

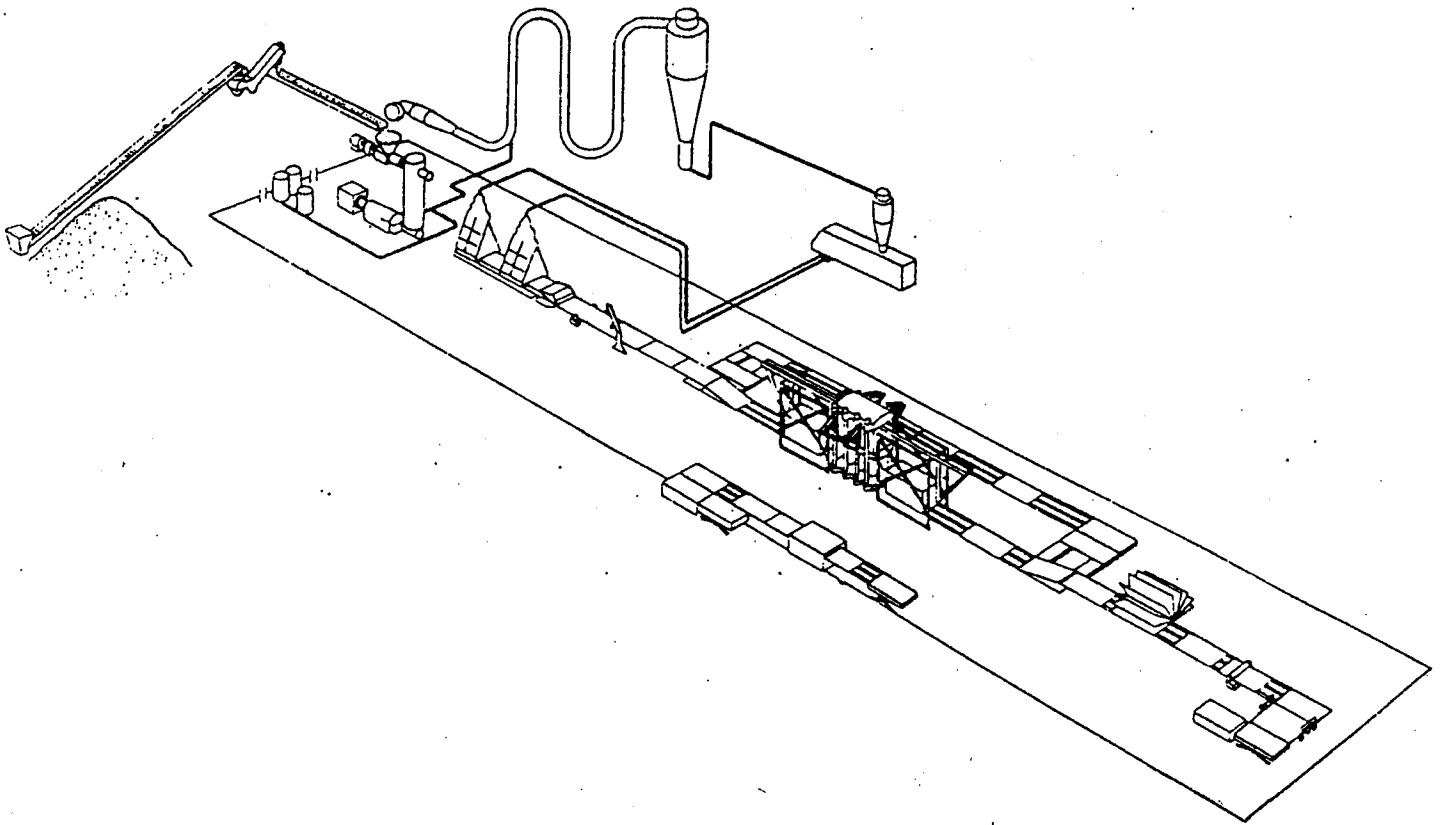
ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ, ΧΡΗΣΕΙΣ

(ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ)

Αθανάσιος Η. Γρηγορίου

Καθηγητής



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Μάϊος 2009

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	Σελ.
A. ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ	1
1. Γενικά - Ορισμοί.....	1
2. Θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες πολυσυμπυκνώσεως...	6
2.1. Συγκολλητική ουσία φαινόλης-φορμαλδεΐδης	
2.2. Συγκολλητική ουσία ρεσορκινόλης (ρεσορκίνης)-φορμαλδεΐδης	
2.3. Συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης	
2.4. Συγκολλητική ουσία μελαμίνης-φορμαλδεΐδης	
3. Συγκολλητικές ουσίες σκληραινόμενες με πολυμερισμό ή αντιδράσεις προσθήκης.....	28
3.1. Εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες	
3.2. Πολυουρεθάνες (πολυισοκυανικοί εστέρες, ισοκυανάτες)	
4. Οξικός πολυβινυλεστέρας (PVAc)	32
5. Συγκολλητικές ουσίες με βάση τις φυτικές ταννίνες.....	34
Βιβλιογραφία.....	38
B. ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ.....	39
1. Γενικά.....	39
1.1. Ορισμοί	
1.2. Ιστορική εξέλιξη - Ανάπτυξη βιομηχανίας μοριοπλακών	
2. Πρώτες ύλες.....	43
2.1. Ξύλο και άλλες λιγνινοκυτταρινικές φυτικές ύλες	
2.2. Διάφορες κατηγορίες ξύλου	
2.3. Υπολείμματα γεωργικών προϊόντων και άλλες πρώτες ύλες	
2.4. Συγκολλητικές ουσίες και άλλα πρόσθετα	
2.4.1. Οργανικές συγκολλητικές ουσίες	
2.4.2. Πρόσθετες χημικές ουσίες	
2.4.3. Ανόργανες συγκολλητικές ουσίες	
3. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής μοριοπλακών.....	55
3.1. Κοινές μοριοπλάκες	57
3.1.1. Αποθήκευση και χειρισμοί της πρώτης ύλης	
3.1.2. Παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων	

3.1.3. Αποθήκευση	
3.1.4. Μεταφορικοί μηχανισμοί	
3.1.5. Εήραση	
3.1.6. Ταξινόμηση	
3.1.7. Ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας	
3.1.8. Στρωμάτωση	
3.1.9. Συμπίεση στην πρέσσα	
3.1.10. Ψύξη-Κλιματισμός	
3.1.11. Παρύφωση-Λείανση-Τεμαχισμός	
3.1.12. Αποθήκευση-Μεταφορά	
3.2. Τεχνολογία παραγωγής μοριοπλακών ωθήσεως	89
4. Έλεγχοι και ρυθμίσεις των παραμέτρων της παραγωγικής διαδικασίας.....	91
5. Ποιοτικός έλεγχος.....	94
6. Ιδιότητες μοριοπλακών.....	95
6.1. Πυκνότητα	
6.2. Υγροσκοπικές ιδιότητες	
6.3. Μηχανικές ιδιότητες	
6.4. Άλλες ιδιότητες	
7. Μηχανική κατεργασία - Συνδέσεις.....	111
8. Βελτιωτικές επεξεργασίες των επιφανειών.....	113
9. Εφαρμογές - Χρήσεις.....	113
10. Χαρακτηριστικά μεγέθη από τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών.....	115
Βιβλιογραφία.....	117
Γ. ΔΟΜΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	120
1. Εισαγωγή.....	120
2. Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες και χρήσεις δομικών πλακών από μεγάλα ξυλοτεμαχίδια με τυχαία διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας..	121
2.1. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής	
2.2. Ιδιότητες	
3. Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες και χρήσεις πλακών με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας.....	127
3.1. Μηχανική μέθοδος προσανατολισμού των ξυλοτεμαχιδίων	
3.2. Ηλεκτρική μέθοδος προσανατολισμού των ξυλοτεμαχιδίων	
3.3. Ιδιότητες	

4. Προοπτικές ανάπτυξης των δομικών πλακών με μεγάλα ξυλοτεμαχί- δια.....	134
Βιβλιογραφία.....	136
Δ. ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟ ΞΥΛΟΦΥΛΛΑ.....	138
1. Γενικά.....	138
2. Ξυλόφυλλα.....	139
2.1. Είδη ξυλοφύλλων	
2.2. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής ξυλοφύλλων	
2.3. Επιδράσεις του ξύλου ως πρώτης ύλης	
3. Συγκολλημένα προϊόντα κατασκευασμένα αποκλειστικώς από ξυλό- φυλλα.....	144
3.1. Είδη συγκολλημένων προϊόντων.....	144
3.2. Συγκολλητικές ουσίες και άλλα πρόσθετα.....	145
3.3. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα.....	151
3.3.1. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα με τις ίνες τους παράλληλες σε μία διεύθυνση	
3.3.2. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων στα οποία οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν γω- νία 90° (αντικολλητά)	
3.3.3. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων με συμπιεσμέ- να ξυλόφυλλα	
3.4. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμένων απο- κλειστικώς από ξυλόφυλλα.....	173
3.4.1. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα με τις ίνες τους παράλληλες σε μία διεύθυνση	
3.4.2. Ιδιότητες αντικολλητών	
3.4.3. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμένων από συμπιεσμένα ξυλόφυλλα	
3.5. Χρήσεις - Εφαρμογές συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμέ- νων από ξυλόφυλλα.....	186
4. Συγκολλημένα προϊόντα με ξυλόφυλλα στις επιφανειακές στρώσεις και πήχεις συμπαγούς ξύλου στη μεσαία στρώση (πηχοπλάκες).....	187
4.1. Γενικά	
4.2. Κατασκευή μεσαίας στρώσης πηχοπλακών	
4.3. Ιδιότητες και χρήσεις	
Βιβλιογραφία.....	193

Ε. ΙΝΟΠΛΑΚΕΣ.....	195
1. Γενικά - Ορισμοί.....	195
2. Παραγωγή ινοπλακών με υγρή στρωμάτωση.....	197
2.2. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής	199
2.3. Ιδιότητες	205
2.3.1. Υγροσκοπικές ιδιότητες	
2.3.2. Μηχανικές ιδιότητες	
2.3.3. Άλλες ιδιότητες	
2.3.4. Χρήσεις - εφαρμογές	
3. Παραγωγή ινοπλακών μέσης πυκνότητας με ξηρή στρωμάτωση.....	213
3.1. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής	214
3.2. Ιδιότητες	222
3.3. Μηχανικές και άλλες βελτιωτικές επεξεργασίες	226
3.4. Χρήσεις - Εφαρμογές	231
4. Τεχνοοικονομική και τεχνολογική σύγκριση μεταξύ της υγρής και ξηρής μεθόδου παραγωγής ινοπλακών.....	235
Βιβλιογραφία.....	236
Ζ. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΜΕ ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ...	238
0. Γενικά.....	238
1. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία το τσιμέντο....	240
2. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία το οξειδίο του μαγνησίου.....	245
3. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία το γύψο.....	245
Βιβλιογραφία.....	248
Η. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ.....	249
1. Βελτιωτικές επεξεργασίες με ρευστά υλικά	249
1.1. Βελτιωτικές επεξεργασίες με επιχρίσματα (βερνίκια)	
1.1.1. Γενικά	
1.1.2. Μέθοδοι επίστρωσης των επιχρισμάτων	
1.1.3. Μέθοδοι ξήρασης των επιχρισμάτων	
1.1.4. Άλλες επεξεργασίες μετά την ξήραση του επιχρίσματος	
2. Βελτιωτικές επικαλύψεις προϊόντων με ξυλόφυλλα.....	266

3. Βελτιωτικές επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα.....	272
3.1. Επικαλύψεις επιφανειών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα με χρήση συγκολλητικών ουσιών	
3.2. Επικαλύψεις επιφανειών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα χωρίς τη χρήση συγκολλητικών ουσιών	
3.2.1. Επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα για εσωτερικούς χώρους	
3.2.2. Επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα για εξωτερικές κλιματικές συνθήκες	
3.2.2.1. Επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα φαινόλης- φορμαλδεΐδης	
3.2.2.2. Επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα από εστέρες του ακρυλικού οξέως	
4. Επικαλύψεις των επιφανειών των προϊόντων ξύλου με δέσμες πλα- στικών φύλλων.....	291
5. Επικαλύψεις των εγκάρσιων διατομών προϊόντων ξύλου με πλαστι- κά φύλλα.....	293
5.1. Επικαλύψεις επίπεδων διατομών	
5.2. Επικαλύψεις μή επίπεδων διατομών	
Βιβλιογραφία.....	299
Θ. ΕΚΚΛΥΣΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ ΑΠΟ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ.....	300
1. Φορμαλδεΐδη (ιδιότητες, παραγωγή, χρήσεις).....	300
2. Βιολογικές και φυσιολογικές επιδράσεις της φορμαλδεΐδης.....	302
3. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.....	303
3.1. Γενικά	
3.2. Έκλυση φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες	
3.2.1. Παράγοντες επηρεάζοντες τα ποσοστά έκλυσης-φορμαλ- δεΐδης από μοριοπλάκες	
3.3. Έκλυση φορμαλδεΐδης από άλλα προϊόντα ξύλου	
3.4. Έκλυση φορμαλδεΐδης από υλικά επικάλυψης επίπλων και άλλων ξυλοκατασκευών	
4. Μέθοδοι προσδιορισμού των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.....	315
4.1. Μέθοδος Perforator	
4.2. Μέθοδος φιάλης (EN 717-3/1996)	
4.3. Μέθοδος αεριοανάλυσης (EN 717-2/1994)	

4.4. Μέθοδος θαλάμου	
4.5. Αναλυτικές μέθοδοι ποσοτικού προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης σε υδάτινα διαλύματα	
4.6. Συσχετίσεις μεταξύ των εργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού των περιεχομένων ποσοστών φορμαλδεΐδης στα συγκολλημένα προϊόντα και της συγκέντρωσής της στον αέρα κλειστών χώρων.	
5. Μέγιστα επιτρεπτά ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.....	326
6. Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.....	328
6.1. Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης με μεταβολή των χαρακτηριστικών της πρώτης ύλης και των τεχνολογικών παραμέτρων της παραγωγής	
6.2. Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης των συγκολλημένων προϊόντων ξύλου μετά την παραγωγή τους	
6.2.1. Χειρισμός προϊόντων ξύλου με αμμωνία	
6.2.2. Χειρισμός προϊόντων ξύλου με ουρία ή χημικές ενώσεις που ελευθερώνουν αμμωνία	
6.2.3. Επίστρωση της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου με βερνίκια που περιέχουν ουσίες δεσμευτικές της φορμαλδεΐδης	
6.2.4. Επικάλυψη της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου με βερνίκια, ξυλόφυλλα και πλαστικά φύλλα	
7. Δυνατότητες μείωσης της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους.....	338
8. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου στην Ελλάδα.....	341
Βιβλιογραφία.....	344

I. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΞΥΛΟΥ.....	349
1. Συγκολλητά προϊόντα ξύλου τύπου ξυλοπλακών	349
2. Μοριοπλάκες και Ινοπλάκες	360
3. Αντικολλητά	406
4. Ποιοτικός έλεγχος της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης του ξύλου	416
5. Ποιοτικός στατιστικός έλεγχος ξυλοπλακών	439
Βιβλιογραφία	441

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I

ΙΝΟΠΛΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (MDF)

	Σελίδα
1. Ορισμοί – Χαρακτηριστικά	443
2. Εξέλιξη της MDF	443
3. Πρώτες ύλες ξύλου	444
4. Συγκολλητικές ουσίες – Πρόσθετα	445
5. Τεχνολογία παραγωγής	447
5.1 Προετοιμασία πρώτων υλών	448
5.2 Παραγωγή ινών – ινομάζας	448
5.3 Ανάμιξη ινών με τη συγκολλητική ουσία	455
5.4 Ξήρανση ινών	457
5.5 Στρωμάτωση ινών	459
5.6 Συμπύεση	462
5.7 Έλεγχοι παραγωγικής διαδικασίας	469
5.8 Ψύξη, Κλιματισμός και Παρύφωση	474
5.9 Λείανση, τεμαχισμός, στοίβαση	475
6. Βελτιωτικές επεξεργασίες των επιφανειών της MDF	477
6.1 Επικάλυψη με θερμοσκληραινόμενα πλαστικοποιημένα φύλλα χαρτιού	477
6.2 Επικάλυψη με φύλλα χαρτιού, συνθετικών πολυμερών και διακοσμητικών ξυλοφύλλων	478
6.3 Επικάλυψη με επιχρίσματα (βερνίκια)	481
7. Μηχανικές κατεργασίες	485
7.1 Κατεργασία με πρίση	485
7.2 Κατεργασία με πλάνη και φρέζα	487
7.3 Λείανση	489
7.4 Έλεγχος ρύπανσης ξυλόσκονης στους χώρους μηχανικής κατεργασίας	490
8. Συνδέσεις	491
9. Ιδιότητες MDF	493
10. Χρήσεις – Εφαρμογές	500
Βιβλιογραφία	502

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΣΗΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 506

ΚΕΦΑΛΑΙΑ : Α,Β,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η και Θ

Δεκέμβριος 2009

A. ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

1. Γενικά - Ορισμοί

Όπως είναι γνωστό το ξύλο αποτελεί μία απ' τις πιο παλιές πρώτες ύλες. Η ευρεία χρησιμοποίησή του στηρίχθηκε μεταξύ των άλλων πλεονεκτημάτων στην ικανότητα συγκόλλησής του έτσι ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή αντικειμένων διάφορου μεγέθους και γεωμετρικής μορφής. Οι πρώτες ουσίες που βρήκαν εφαρμογή στη συγκόλληση του ξύλου ήταν φυτικής ή ζωϊκής προέλευσης π.χ. κόμμια, ρητίνες, άμυλο, κόλλες από ορό αίματος από κόκκαλα και δέρματα ζώων κ.ά. Όμως με την εφεύρεση των πρώτων μηχανικών κατεργασίας του ξύλου στα μέσα του 18^{ου} αιώνα και την ανάπτυξη της χημείας στις αρχές του 19^{ου} αιώνα αρχίζει η παραγωγή νέων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών σε βιομηχανική κλίμακα. Αυτές αποτέλεσαν πλέον τη βάση της βιομηχανικής παραγωγής μιας σειράς νέων προϊόντων ξύλου με μορφή πλάκας δηλ. των αντικολλητών, των ινοπλακών, των μοριοπλακών και άλλων επικολλητών κατασκευών από συμπαγές ξύλο.

Ο όρος συγκολλητική ουσία, η κοινή ονομασία είναι κόλλα ή ρητίνη, αναφέρεται σε ουσία μη μεταλλικής φύσεως που επιτρέπει τη σταθερή σύνδεση δύο υλικών χωρίς τη χρησιμοποίηση άλλων συνθετικών μέσων (καρφιά, πύροι κ.ά.) και χωρίς να μεταβάλλεται κατά τη συγκόλληση η δομή των συγκολλουμένων υλικών.

Η συγκολλητική ουσία αποτελείται: 1) από τα μη πτητικά συστατικά (ρητίνη, καταλύτες, πρόσθετα, βελτιωτικά, χρωστικές ουσίες κ.ά.) και 2) από τα πτητικά συστατικά (διαλυτικό μέσο ή μέσο διασποράς).

Όλες οι γνωστές συγκολλητικές ουσίες είναι ενώσεις με μεγαλομοριακό χαρακτήρα ή περιέχουν τουλάχιστον ένα μεγάλο ποσοστό ενώσεων με μεγάλο μοριακό βάρος γι' αυτό και ανήκουν στην κατηγορία των πολυμερών. Συνήθως κατά τη διάρκεια του μηχανισμού συγκολλησεως από ενώσεις μικρού μοριακού βάρους παράγεται με αντιδράσεις πολυμερισμού ¹⁾ ή πολυσυμπυκνώσεως ²⁾ ή πολυπροσθήκης ³⁾ ένωση μεγάλου μοριακού βάρους.

1) Πολυμερισμός: χημική αντίδραση κατά την οποία όμοια ή ανόμοια μόρια μονομερών συνδέονται μεταξύ τους προς σχηματισμό μακρομορίου (πολυμερούς) με ταυτόχρονη ανόρθωση του διπλού δεσμού και δημιουργία άλλου είδους δεσμών· κατά την αντίδραση δεν αποβάλλεται κανένα συστατικό· παραδείγματα τέτοιων πολυμερών είναι το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), ο οξικός πολυβινυλεστέρας (PVAc), το πολυστυρόλιο, το πολυαιθυλένιο.

2) Πολυσυμπύκνωση: σχηματισμός μακρομορίου από τη χημική ένωση πολλών μικρών μορίων κατά την οποία αποβάλλονται νερό ή άλλες ενώσεις· συγκολλητικές ουσίες που παράγονται με πολυσυμπύκνωση είναι οι αμινοπλάστες, οι φαινολοπλάστες, οι ακόρεστοι πολυεστέρες.

3) Πολυπροσθήκη: σχηματισμός μακρομορίου από την προσθήκη ενεργών μορίων των αντιδρώντων ουσιών σε ενεργές θέσεις διπλών δεσμών· τέτοιες συγκολλητικές ουσίες είναι οι πολυουρεθάνες

Η ανάγκη δημιουργίας ισχυρών δεσμών μεταξύ του ξύλου και της συγκολλητικής ουσίας είχε σαν αποτέλεσμα να ερευνηθεί το φαινόμενο του μηχανισμού συγκόλλησης και να διατυπωθούν διάφορες απόψεις-θεωρίες. Σύμφωνα με μία άποψη η συγκόλληση οφείλεται σε μηχανικά αίτια δηλ. καθώς η συγκολλητική ουσία επιστρώνεται στην επιφάνειά του προς συγκόλληση ξύλου μπαίνει στους πόρους του δηλ. στις κυτταρικές κοιλότητες ή εάν είναι υδατοδιαλυτή και στα κυτταρικά τοιχώματα και αφού σκληρυνθεί αγκιστρώνεται εκεί και συγκρατεί τα δύο συγκολλούμενα μέρη. Σύμφωνα με μία άλλη άποψη η συγκόλληση του ξύλου οφείλεται σε μοριακές δυνάμεις έλξεως (δυνάμεις Van der Waals) αλλά και σε χημικούς δεσμούς (κυρίως δεσμούς υδρογόνου) που αναπτύσσονται μεταξύ ξύλου και συγκολλητικής ουσίας.

Από πρακτικής άποψης ενδιαφέρουν εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των συγκολλητικών δεσμών. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

- Το είδος και η ποιότητα της συγκολλητικής ουσίας.

Όπως είναι ευνόητο τόσο το είδος όσο και η ποιότητα της συγκολλητικής ουσίας πρέπει να είναι κατάλληλα για το σκοπό της συγκόλλησης.

- Η τεχνική και οι συνθήκες επάλειψης.

Αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη εξάπλωση της συγκολλητικής ουσίας σε όλη την επιφάνεια των προς συγκόλληση επιφανειών ξύλου. Η ποσότητα της επαλειφόμενης συγκολλητικής ουσίας πρέπει να είναι ορισμένη ανά m^2 συγκολλούμενων επιφανειών (στην πράξη συνήθως κυμαίνεται από 180 έως 300 g/m^2).

- Η υγρασία του ξύλου.

Η κατάλληλη υγρασία ξύλου για θερμή συγκόλληση κυμαίνεται από 2 έως 8% ενώ για ψυχρή από 8 έως 12%. Τα τεμάχια ξύλου που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να έχουν την ίδια υγρασία για την αποφυγή δημιουργίας τάσεων ρικνώσεως ή διογκώσεως μετά τη συγκόλληση.

- Η κατάσταση της επιφάνειας του ξύλου.

Η επιφάνεια του ξύλου πρέπει να είναι λεία δηλ. να έχει πλανισθεί και λειανθεί ώστε να εφαρμόζει απόλυτα με την αντίστοιχη επιφάνεια που πρόκειται να συγκολληθεί. Επίσης η επιφάνεια του ξύλου πρέπει προ της επάλειψης να απαλλαγεί από ουσίες π.χ. ξυλόσκονη, λίπη και έλαια κ.ά. που μπορεί να δράσουν ως μονωτικές και να εμποδίσουν τη συγκόλληση.

- Οι συνθήκες συμπίεσης κατά τη συγκόλληση.

Η πίεση που ασκείται κατά τη συγκόλληση πρέπει να είναι ομοιόμορφη σε όλη την επιφάνεια συγκόλλησης. Επίσης το ύψος και η διάρκεια συμπίεσης εξαρτώνται από το είδος και το ιξώδες της συγκολλητικής ουσίας και το ειδικό βάρος του ξύλου. Για τη συγκόλληση συμπαγούς ξύλου μικρού ειδικού βάρους συνήθως το ύψος της πίεσης δεν ξεπερνά τα 10 Kp/cm^2 ενώ σε είδη ξύλου με μεγάλο ειδικό βάρος μπορεί να φθάσει τα 15 Kp/cm^2 .

Η αντοχή της συγκόλλησης καθορίζεται από τις δυνάμεις συναφείας ¹⁾ (Adhesion) και συνοχής ²⁾ (Cohesion) της συγκολλητικής ουσίας. Γι' αυτό σε κάθε συγκόλληση πρέπει να επιδιώκεται ώστε οι δυνάμεις συναφείας και συνοχής της συγκολλητικής ουσίας να υπερβαίνουν τις δυνάμεις συνοχής του συγκολλούμενου υλικού* στην περίπτωση αυτή κάθε θραύση στο επίπεδο συγκολλήσεως, μετά από ισχυρή φόρτιση, δεν θα εμφανίζεται μέσα στη στρώση της συγκολλητικής ουσίας (ασθενής συγκόλληση) αλλά στο συγκολλημένο υλικό.

Οι δυνάμεις συναφείας και συνοχής της συγκολλητικής ουσίας αφείλονται κυρίως στις ελκτικές μοριακές δυνάμεις Van der Waals και δευτερευόντως σε δεσμούς (γέφυρα) υδρογόνου με ετεροπολικούς και ομοιοπολικούς δεσμούς (ανταλλαγή ηλεκτρονίων μεταξύ των αντιδρώντων ατόμων).

Οι κυριότερες απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί μια συγκολλητική ουσία για τη δημιουργία ισχυρών δεσμών συγκόλλησης είναι:

1. Η συγκόλληση πρέπει να διαθέτει επαρκή αντοχή σε δυνάμεις εφελκυσμού και διάτμησης, και επί πλέον ανθεκτικότητα σε επίδραση χημικών αντιδραστηρίων και διαφόρων κλιματικών συνθηκών,
2. Η συγκολλητική ουσία πρέπει να επαλείφεται στις συγκολλούμενες επιφάνειες εύκολα, γρήγορα και να τις διαβρέχει ³⁾ ομοιόμορφα,
3. Κατά το στάδιο της επάλειψης η συγκολλητική ουσία πρέπει να εμφανίζει μικρό ιξώδες ενώ κατά τη σκλήρυνση μεγάλο ιξώδες,
4. Στη συγκολλητική ουσία πρέπει να περιέχονται κατά το δυνατόν μόνον ελάχιστες ποσότητες συστατικών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν διάγνωση ή διάβρωση των συγκολλουμένων υλικών,
5. Ο μηχανισμός σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας πρέπει να είναι ελεγχόμενος και να απαιτεί λίγο χρόνο,
6. Η συγκολλητική ουσία δεν πρέπει σε μεγάλα ποσοστά να εισχωρεί στο εσωτερικό των συγκολλουμένων υλικών.

Η ταξινόμηση των συγκολλητικών ουσιών μπορεί να στηριχθεί σε διάφορες αρχές μεταξύ των οποίων η χημική σύσταση και προέλευση των πρώτων υλών της συγκολλητικής ουσίας* σύμφωνα με την αρχή αυτή, που είναι η πιο συνηθισμένη, οι συγκολλητικές ουσίες ταξινομούνται όπως δείχνεται παρακάτω:

-
- 1) Δυνάμεις συναφείας: αναπτύσσονται μεταξύ μορίων διαφορετικών ουσιών π.χ. (Adhesion) μεταξύ της συγκολλητικής ουσίας και της επιφάνειας του συγκολλούμενου υλικού.
 - 2) Δυνάμεις συνοχής: εμφανίζονται μεταξύ των μορίων μιας ουσίας π.χ. η συγκράτηση των μορίων της συγκολλητικής ουσίας μετά τη σκλήρυνσή της οφείλεται στις δυνάμεις συνοχής των μορίων της.
 - 3) Διαβροχή: είναι η ικανότητα ή μη εξάπλωσης της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια του συγκολλούμενου υλικού* ο βαθμός διαβροχής εξαρτάται από το σύνολο των ελκτικών μοριακών δυνάμεων ή των απωθητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ της συγκολλητικής ουσίας και της επιφάνειας του συγκολλούμενου υλικού.

Φυσικές συγκολλητικές ουσίες (πρώτες ύλες από φυσικές ουσίες):

- καζεΐνη
- συγκολλητικές ουσίες αίματος
- " αμύλου
- " από κόκκαλα ή δέρματα

Συνθετικές συγκολλητικές ουσίες (πρώτες ύλες παράγονται συνθετικά):

Θερμοσκληραινόμενες ή θερμοστατικές ¹⁾

- Ουρία-Φορμαλδεΐδη
- Μελαμίνη-Φορμαλδεΐδη
- Φαινόλη-Φορμαλδεΐδη, Κρεσόλη-και Ξυλενόλη-Φορμαλδεΐδη
- Ρεσορκίνη-Φορμαλδεΐδη
- Εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες

- Πολυουρεθάνες

Θερμοπλαστικές ²⁾

- Οξικός πολυβινυλεστέρας (PVAc)

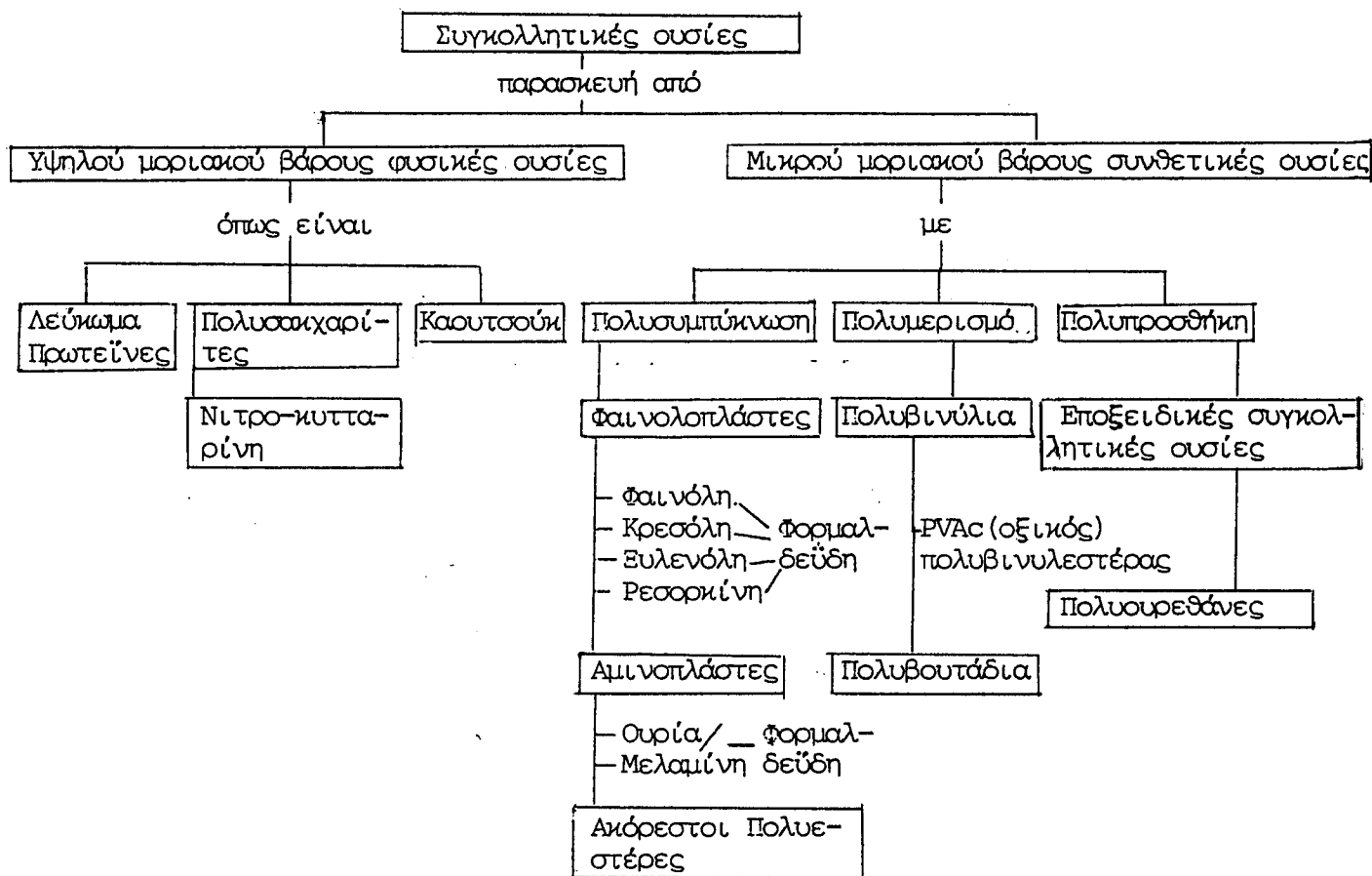
Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των φυσικών και συνθετικών συγκολλητικών ουσιών μπορούν να συναφισθούν ως εξής:

1. Η παραγωγή (σκληρυνση) των συνθετικών συγκολλητικών ουσιών γίνεται με χημική αντίδραση- (Πολυσυμπύκνωση, Πολυμερισμός, Πολυπροσθήκη) μικρού μοριακού βάρους ουσιών, ενώ οι φυσικές συγκολλητικές ουσίες σχηματίζονται κατά τη διάσπαση (προσεκτική υδρόλυση) φυσικών ουσιών υψηλού μοριακού βάρους, και εξάτμιση του διαλυτικού μέσου.
2. Με τη χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων των διαθεσίμων χημικών πρώτων υλών παράγονται συνθετικές συγκολλητικές ουσίες σταθερής ποιότητας.
3. Στην περίπτωση των συνθετικών συγκολλητικών ουσιών με κατάλληλη εκλογή των πρώτων υλών είναι δυνατόν να επηρεασθούν σε επιθυμητή κατεύθυνση οι ιδιότητες τους π.χ. το ιξώδες, η διάρκεια αποθήκευσης, η ανθεκτικότητα στην επίδραση μη βιολογικών (νερό, χημικά αντιδραστήρια) και βιολογικών (μύκητες, βακτήρια) παραγόντων.
4. Οι συγκολλητικές ουσίες που σχηματίζονται με χημική σύνθεση είναι οικονομικότερες των φυσικών συγκολλητικών ουσιών επειδή συνήθως παράγονται σε μαζική παραγωγή.

¹⁾ Θερμοσκληραινόμενες ή θερμοστατικές συγκολλητικές ουσίες: πρόκειται για διδιάστατα ή τριδιάστατα πολυμερή τα οποία μετά το μηχανισμό της σκληρυνσης τους δεν μαλακώνουν με επαναθέρμανση και παρουσιάζουν ανθεκτικότητα έναντι αλκαλίων.

²⁾ Θερμοπλαστικές συγκολλητικές ουσίες: ανήκουν στην κατηγορία των γραμμικών πολυμερών τα οποία θερμαινόμενα μαλακώνουν και παρουσιάζουν σε στατική φόρτιση ερπυσμό.

Στο Σχήμα 1 δείχνονται συνοπτικά οι συγκολλητικές ουσίες ξύλου και προϊόντων ξύλου.



Σχήμα 1. Συνοπτική παρουσίαση συγκολλητικών ουσιών (Autorenkollektiv 1984)

Λόγω της περιορισμένης πλέον χρήσης που έχουν σήμερα οι φυσικές συγκολλητικές ουσίες στη συγκόλληση του ξύλου ακολουθεί στη συνέχεια μία συνοπτική ανάπτυξη των κυριότερων από αυτών.

Συγκολλητική ουσία από αίμα

Η βάση της συγκολλητικής ουσίας είναι τα λευκώματα του αίματος των ζώων τα οποία έχουν καλές συγκολλητικές ιδιότητες. Αυτή η συγκολλητική ουσία είχε χρησιμοποιηθεί παλαιότερα ευρέως στις Η.Π.Α. για συγκολλήσεις αντικολλητών. Συνήθως προσφέρεται στο εμπόριο υπό μορφή κόνης ή πλακιδίων. Για την παρασκευή της προστίθεται 3πλάσια έως 10πλάσια ποσότητα νερού και αφού διογκωθεί σε 1 έως 2 ώρες προστίθεται και 6-10% υδροξείδιο του ασβεστίου. Η διάρκεια επεξεργασίας της κυμαίνεται από 1 έως 2 ώρες. Για τη σιλήρυσή της είναι αναγκαία η εφαρμογή θερμοκρασίας 70^ο C περίπου. Οι συγκολλητικοί δεσμοί της είναι ανθεκτικοί σε συνθήκες υψηλής υγρασίας αλλά έχει δυσάρεστη οσμή, σκού-

ρο χρώμα με αποτέλεσμα να μεταχρωματίζει ανοιχτόχρωμα είδη ξύλου και επί πλέον προσβάλλεται από μύκητες και έντομα. Μπορεί να χρησιμοποιηθείσε μίξη με άλλες συγκολλητικές ουσίες όπως είναι η καζεΐνη, η αμυλόκολλα και η ουρία-φορμαλδεΐδη.

Συγκολλητική ουσία από δέρματα ή κόλλα

Το κύριο συστατικό της συγκολλητικής ουσίας είναι μια πρωτεΐνη που βρίσκεται στα κόλλα και τα δέρματα των ζώων με πολύ καλές συγκολλητικές ιδιότητες. Στο εμπόριο προσφέρεται συνήθως σε μορφή κόνης ή πλακιδίων. Η προετοιμασία της γίνεται με διάλυση της κόνης σε θερμό νερό (60°C). Η σιγήρυνσή της γίνεται με ψύξη του θερμού διαλύματος. Κατά τη συγκόλληση απαιτείται σχετικά μεγάλη διάρκεια συμπίεσης των προς συγκόλληση επιφανειών. Εάν πρόκειται για συγκόλληση μεγάλων επιφανειών ξύλου συνιστάται η προθέρμανση των επιφανειών αυτών περίπου στους 50°C . Η κόλλα έχει υψηλή μηχανική αντοχή αλλά μικρή ανθεκτικότητα σε υγρασία και επί πλέον προσβάλλεται από μύκητες και έντομα.

Καζεΐνη

Το κύριο συστατικό αυτής της συγκολλητικής ουσίας είναι το λεύκιμα που περιέχεται στο γάλα. Προσφέρεται συνήθως σε μορφή κόνης και σε ρευστή μορφή και περιέχει εκτός από το λεύκιμα διάφορα αλκαλικά υδροξείδια συνήθως υδροξείδια του ασβεστίου και του νατρίου τα οποία βελτιώνουν τις ιδιότητές της. Η παρασκευή της συγκολλητικής ουσίας από κόνη καζεΐνης γίνεται με προσθήκη περίπου 1,5 έως 2πλάσιας ποσότητας νερού και πρέπει να αποφεύγονται μεταλλικά δοχεία. Μετά την προετοιμασία της η κόλλα έχει συνολική διάρκεια επεξεργασίας περίπου 6 ώρες. Η συγκόλληση ξύλου με κόλλα καζεΐνης μπορεί να γίνει σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος (ψυχρή συγκόλληση) ή σε θερμές πρέσες (θερμή συγκόλληση σε $95-100^{\circ}\text{C}$). Κατά τη ψυχρή συγκόλληση η συμπίεση των συγκολλημένων τμημάτων της ξυλοκατασκευής πρέπει να διαρκέσει τουλάχιστον 6 ώρες. Η υγρασία του ξύλου που πρόκειται να συγκολληθεί με κόλλα καζεΐνης πρέπει να είναι 5 ως 8%. Η κόλλα είναι ακατάλληλη για χρησιμοποίηση σε συνθήκες υψηλής υγρασίας (μειωμένη αντοχή) και επί πλέον προσβάλλεται από μύκητες και έντομα. Επίσης επειδή περιέχει αλάλα είναι δυνατόν να προκαλέσει μεταχρωματισμό σε ορισμένα είδη ξύλου.

2. Θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες πολυσυμπυκνώσεως

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται - μεταξύ των άλλων χρήσεων-ευρέως στη βιομηχανική παραγωγή των κλασικών προϊόντων ξύλου δηλ. των αντικολλητών, πηχοσανίδων, επικολλητών, μοριοπλακών και ινοπλακών.

Ο μηχανισμός σκλήρυνσης μιας θερμοσκληραϊνόμενης συγκολλητικής ουσίας που εξαρτάται από το βαθμό συμπύκνωσής της μπορεί χρονικά να χωριστεί στις εξής τρεις φάσεις:

A-Φάση: η συγκολλητική ουσία αποτελεί ακόμη ένα προϊόν προ-συμπυκνώσεως μικρού μοριακού βάρους, είναι διαλυτή σε νερό ή άλλους οργανικούς διαλύτες, εύτηκτη, και εμφανίζει κατά τη φάση αυτή μικρά αύξηση του ιξώδους της· περαιτέρω συνέχιση της συμπυκνώσεως οδηγεί τη συγκολλητική ουσία στη B-Φάση.

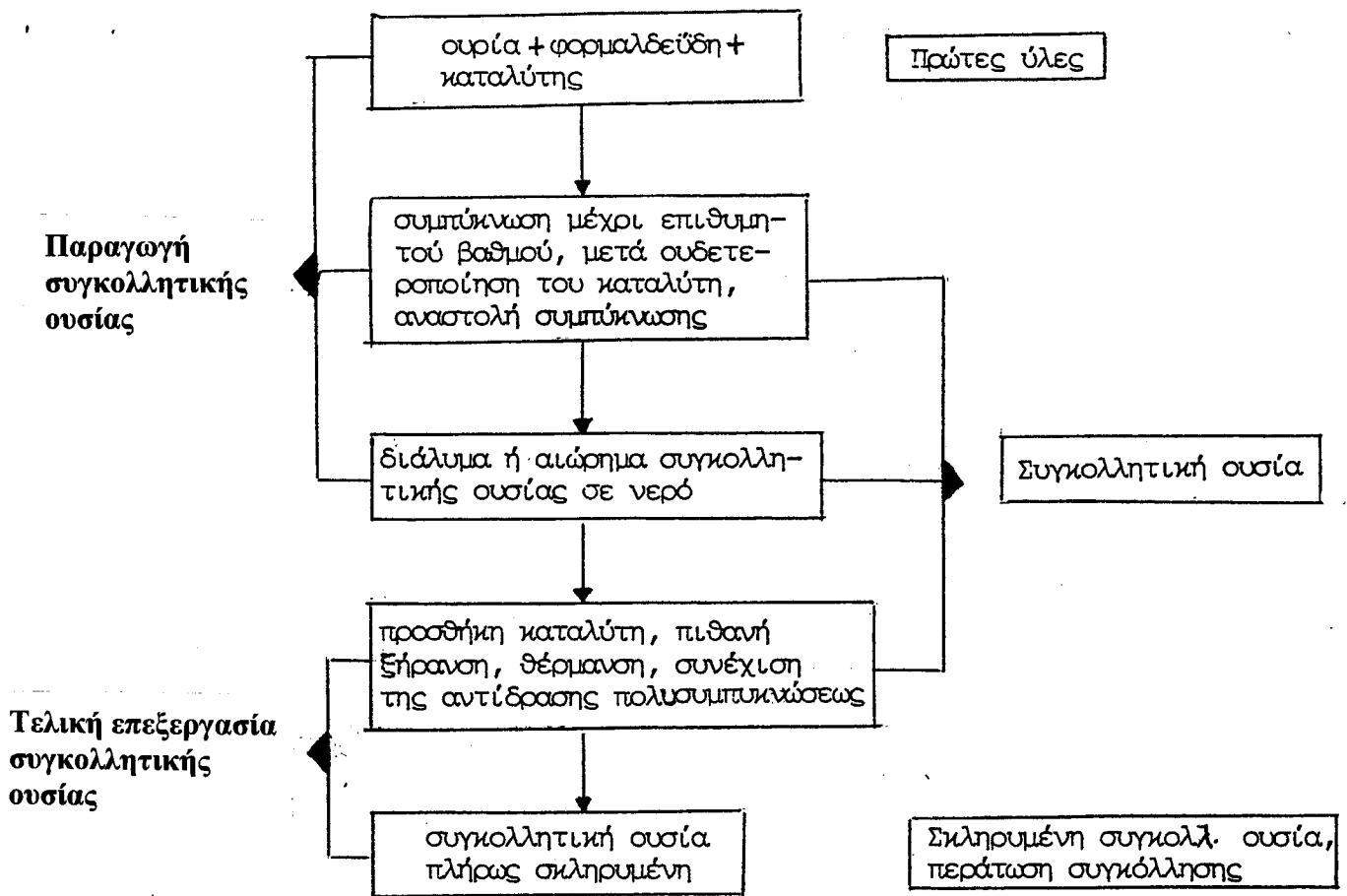
B-Φάση: έχουμε απότομη άνοδο του ιξώδους της συγκολλητικής ουσίας σαν συνέπεια της αύξησης του μοριακού βάρους της· η συγκολλητική ουσία στη φάση αυτή είναι αδιάλυτη σε διαλύτες και εμφανίζει περιορισμένη ικανότητα τήξης και διόγκωσης· συνέχιση της συμπυκνώσεως οδηγεί στη C-Φάση.

C-Φάση: η συγκολλητική ουσία έχει πλήρως σκληρυνθεί (στερεά κατάσταση), είναι αδιάλυτος, δεν τήκεται και δεν διογκώνεται.

Ανάλογα με τη φάση που βρίσκεται ο μηχανισμός σκλήρυνσης έχουν επικρατήσει οι εξής αντίστοιχες ονομασίες για τη συγκολλητική ουσία: Ρεσόλη (A-Φάση), Ρεσιτόλη (B-Φάση), Ρεσίτη (C-Φάση).

Οι παραγωγοί συγκολλητικών ουσιών τις διαθέτουν στο εμπόριο ως Ρεσόλες δηλ. ο μηχανισμός σκλήρυνσης βρίσκεται στην A-Φάση· η μετάβαση της συγκολλητικής ουσίας στην τελική φάση (C-Φάση) σκληρύνσεως δια μέσου της B-Φάσης γίνεται από τον κατασκευαστή των συγκολλημένων προϊόντων σε καθορισμένη θερμοκρασία και, ή χωρίς τη χρησιμοποίηση καταλλήλων καταλυτών (συνήθως οξέα ή ενώσεις που διαίστανται σε οξέα). Ειδικότερα πρέπει να παίρνεται υπ' όψιν ότι η διάρκεια του μηχανισμού σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας επιταχύνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας· σύμφωνα με πληραφορίες από την πράξη ο απαιτούμενος χρόνος για τη σκλήρυνση μπορεί να μειωθεί μέχρι και 50% όταν η θερμοκρασία της συγκολλητικής ουσίας αυξηθεί κατά 10⁰ C. Για το σκοπό αυτό οι συγκολλητικές ουσίες προ της τελικής εφαρμογής τους για συγκόλληση πρέπει να διατηρούνται σε ψυχρούς χώρους, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος πρόωρης σκλήρυνσης με δυσμενείς επιδράσεις στην αντοχή των δεσμών συγκόλλησης. Το μειονέκτημα αυτό των συγκολλητικών ουσιών πολυσυμπυκνώσεως υγρής μορφής, ξεπερνιέται με συγκολλητικές ουσίες που προσφέρονται σε μορφή κόνεως ή φιλμ· τα φιλμ κατασκευάζονται με εμποτισμό χαρτιού συνήθως μεγάλου πορώδους με συγκεκριμένη συγκολλητική ουσία και αφού τοποθετηθούν μεταξύ των συγκολλουμένων υλικών (π.χ. ξυλάριλλα) πετυχαίνουν σε συγκεκριμένες συνθήκες (συνήθως υψηλή θερμοκρασία+πίεση) τη συγκόλληση.

Από τις χημικές βιομηχανίες υπάρχει επίσης η δυνατότητα - ανάλογα με το σκοπό (συνθήκες) χρησιμοποίησης - να παράγονται και συγκολλητικές ουσίες των οποίων η σκλήρυνση είναι δυνατή σε χαμηλές θερμοκρασίες (θερμοκρασία δωματίου).



Σχήμα 2. Σχηματική παράσταση της παραγωγής και επεξεργασίας μιας θερμοσκληραινόμενης συγκολλητικής ουσίας πολυσυμπυκνώσεως (παράδειγμα, ουρία-φορμαλδεΐδη) (Autorenkollektiv 1975)

Η εκτίμηση της αντοχής των δεσμών μιας συγκολλητικής ουσίας που χρησιμοποιήθηκε σε μια συγκόλληση γίνεται με τον προσδιορισμό των δυνάμεων που χρειάζονται για να αποκολληθούν οι δύο συγκολλημένες επιφάνειες ξύλου ή προϊόντων ξύλου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ως μέτρο εκτίμησης των δυνάμεων συναφείας μιας συγκόλλησης η αντοχή σε διάτμηση. Πρόσθετες πληροφορίες για την αντοχή δεσμών μιας συγκόλλησης δίνει, μετά την εκτέλεση της δοκιμής σε διάτμηση, η μακροσκοπική παρατήρηση των αποκολλημένων μετά τη θραύση επιφανειών· ειδικότερα, όταν η αποκόλληση γίνεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό μέσα στη στρώση της συγκολλητικής ουσίας οι επιφάνειες αποκόλλησης καλύπτονται σε μικρό ποσοστό από ίνες ξύλου των συγκολλημένων υλικών πράγμα που σημαίνει ότι η αντοχή δεσμών της συγκόλλησης είναι ανεπαρκής.

Σχετικά με τις συγκολλητικές ουσίες (σε μορφή Ρεσολών) οι κυριότερες ιδιότητες που προσδιορίζονται κατά τον ποιοτικό έλεγχο είναι οι ακόλουθες:

1. Το ιξώδες (έχει σημασία τόσο για την καλή διαβροχή όσο και την εύκολη επάλειψη ή ψεκασμό της συγκολλητικής ουσίας).
2. Η διάφοια καταλληλότητα για χρήση (σχετίζεται με το ιξώδες· η συγκολλητική ουσία θεωρείται ακατάλληλη όταν το ιξώδες της πλησιάσει τα 25.000 mPa.s).

3. Το pH.

4. Η δραστηριότητα (στην πράξη εκτιμάται με τη μέτρηση του χρόνου πήξεως της συγκολλητικής ουσίας).

5. Η Ξηρή μάζα.

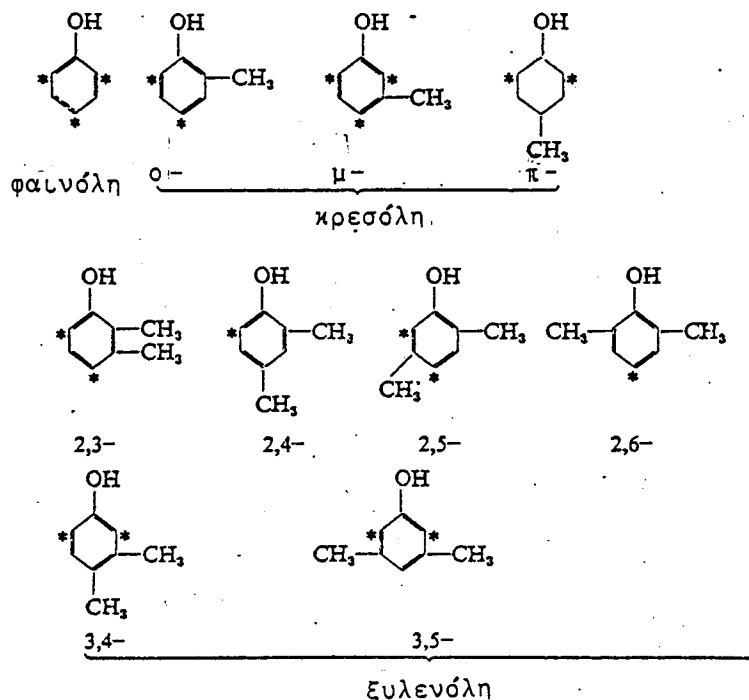
Οι θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες πολυσυμπύκνωσης διακρίνονται : σε Φαινολοπλαστικές (Φαινολοπλάστες) και σε Αμινοπλαστικές (Αμινοπλάστες)

- φαινόλη-φορμαλδεΐδη
- κρεσόλη-φορμαλδεΐδη
- Ξυλενόλη-φορμαλδεΐδη
- Ρεσορκίνη-φορμαλδεΐδη
- ουρία-φορμαλδεΐδη
- μελαμίνη-φορμαλδεΐδη
- ουρία-μελαμίνη-φορμαλδεΐδη

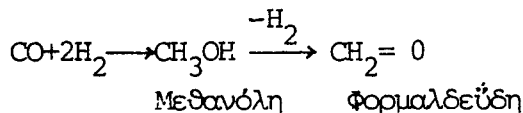
2.1 Συγκολλητική ουσία Φαινόλης-Φορμαλδεΐδης

Οι συγκολλητικές ουσίες της κατηγορίας αυτής ανήκουν στους Φαινολοπλάστες, είναι οι πρώτες που παράχθηκαν συνθετικώς με πολυσυμπύκνωση, και βρίσκουν ευρεία τεχνική εφαρμογή· η μεγάλη εξάπλωσή τους οφείλεται στην ποικιλότητα των ιδιοτήτων που μπορούν να εμφανίζουν ως τελικά προϊόντα ανάλογα με τις εκλεγείσες συνθήκες συμπύκνωσης, το είδος και ποσοστό συμμετοχής των πρώτων υλών και του καταλύτη.

Οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή αυτών των συγκολλητικών ουσιών είναι ορισμένες ενώσεις των φαινολών (κυρίως η φαινόλη, η κρεσόλη και μερικώς Ξυλενόλη) και η φορμαλδεΐδη ή ενώσεις απ' τις οποίες εκλύεται φορμαλδεΐδη (παραφορμαλδεΐδη, εξαμεθυλενοτετραμίνη) (Σχήμα 3). Η φαινόλη είτε παρασκευάζεται συνθετικώς κυρίως από το βενζόλιο είτε παράγεται από τη λιθανθρακόπισσα· η παραγωγή της κρεσόλης γίνεται από τη λιθανθρακόπισσα ενώ της Ξυλενόλης από την πίσσα των λιγνιτών. Η φορμαλδεΐδη παράγεται συνθετικώς από αφυδρογόνωση της μεθανόλης (Σχήμα 4).



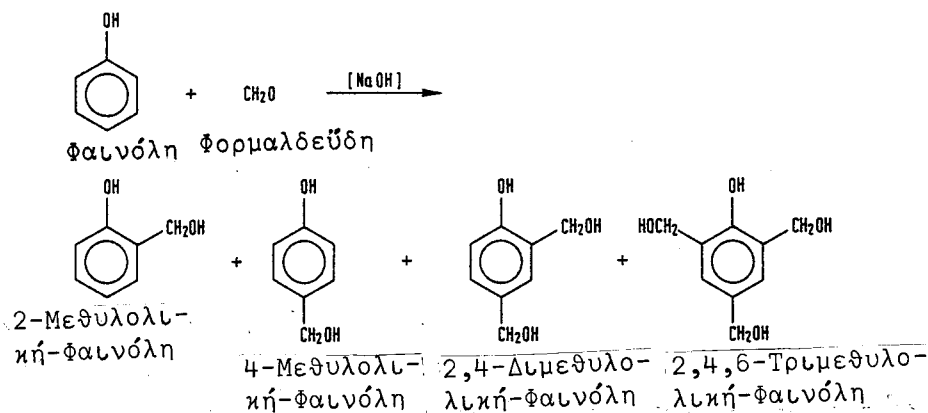
Σχήμα 3. Κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή φαινολικών συγκολλητικών ουσιών (*δείχνουν τις ενεργές θέσεις οι οποίες κατά προτίμηση αντιδρούν με μεθυλολικές ομάδες -CH₂OH και ελεύθερη φορμαλδεΐδη). (Autorenkollektiv 1975).



Σχήμα 4

Οι ιδιότητες της συγκολλητικής ουσίας εξαρτώνται από τη μοριακή σχέση και τη συγκέντρωση των πρώτων υλών - φαινόλης και φορμαλδεΐδης - από τις συνθήκες αντίδρασης τους (θερμοκρασία και διάρκεια της αντίδρασης) όπως επίσης από το είδος και την ποσότητα του καταλύτη.

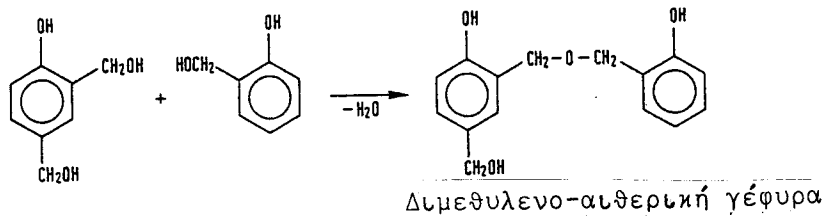
Για τη συγκόλληση του ξύλου και των προϊόντων ξύλου χρησιμοποιούνται συγκολλητικές ουσίες φαινόλης-φορμαλδεΐδης τύπου Ρεσόλης. Η μοριακή αναλογία αυτών των συγκολλητικών ουσιών κυμαίνεται από 1,3-2,8 μόρια - φορμαλδεΐδης ανά μόριο φαινόλης και ως καταλύτες χρησιμοποιούνται αλκαλικά υδροξείδια και ιδίως το NaOH. Το πρώτο βήμα στην παρασκευή αυτών των συγκολλητικών ουσιών είναι η αντίδραση μεταξύ φαινόλης και φορμαλδεΐδης σε αλκαλικό περιβάλλον κατά την οποία προστίθεται στις ενεργές θέσεις της φαινόλης (2-, 4- και 6- θέση) μόρια φορμαλδεΐδης και σχηματίζονται οι μεθυλολικές ενώσεις της φαινόλης (μονό-δι -τριμεθυλολικές φαινόλες) κοινώς φαινολαλκοόλες (Σχήμα 5).



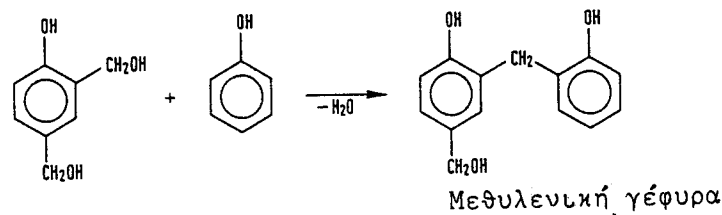
Σχήμα 5

Στη συνέχεια οι φαινολαλκοόλες - επειδή διαθέτουν τις εξαιρετικά δραστικές μεθυλολικές ομάδες (-CH₂OH) - συμπικνώνονται μεταξύ τους είτε με μεθυλενικούς (-CH₂-) είτε με διμεθυλενο-αιθερικούς δεσμούς (-CH₂-O-CH₂-) και ταυτόχρονη αποβολή νερού. Έτσι παράγονται αλυσσοειδούς μορφής προϊόντα συμπύκνωσης τύπου Ρεσόλης. Επειδή τα σχηματιζόμενα μόρια διαθέτουν ελεύθερες δραστικές μεθυλολικές ομάδες, οι οποίες θα μπορούσαν να αντιδράσουν προς περαιτέρω συμπύκνωση και να σχηματίσουν μεγαλομόρια με αποτέλεσμα να αυξηθεί υπερβολικά το ιξώδες και να μειωθεί η ικανότητα της κόλλας προς επεξεργασία, στη φάση

αυτή της Ρεσόλης η ικανότητα περαιτέρω συμπίκνωσης αναστέλλεται με κατάλληλη ψύξη σε θερμοκρασία $< 20^{\circ}\text{C}$ και προσθήκη κατάλληλων ουσιών (επιβραδυντών). Οι φαινολικές ενώσεις τύπου Ρεσόλης προσφέρονται στο εμπόριο ως υδάτινα-αλκαλικά διαλύματα σε κατάσταση προσυμπύκνωσης και αποτελούνται από γραμμικές ενώσεις 2 ή 4 μορίων φαινόλης αλλά επίσης κι από ελεύθερα μόρια φαινόλης και φορμαλδεΐδης (Σχήματα 6 και 7).

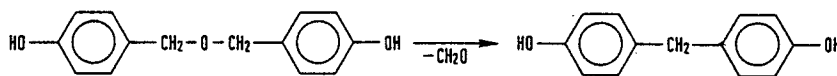


Σχήμα 6

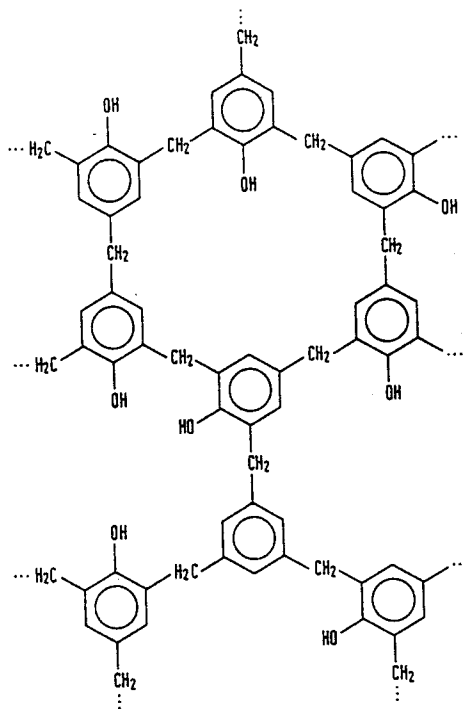


Σχήμα 7

Κατά τη συγκόλληση του ξύλου με εφαρμογή πίεσης και προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας οι Ρεσόλες συμπυκνώνονται περαιτέρω με μεθυλενικούς και μεθυλενο-αιθερικούς δεσμούς και ταυτόχρονη αποβολή νερού. Στη συνέχεια με την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν κατά τη σκλήρυνση οι αιθερικοί δεσμοί διασπώνται σε μεθυλενικούς (Σχήμα 8). Έτσι σχηματίζονται τριδιάστατα μεγαλομόρια τα οποία είναι αδιάλυτα και άτηκτα οπότε η φαινολική συγκολλητική ουσία έχει φθάσει στην τελική φάση πλήρους πολυσυμπύκνωσης (σκλήρυνσης) γνωστή ως φάση Ρεσίτης (Σχήμα 9).



Σχήμα 8



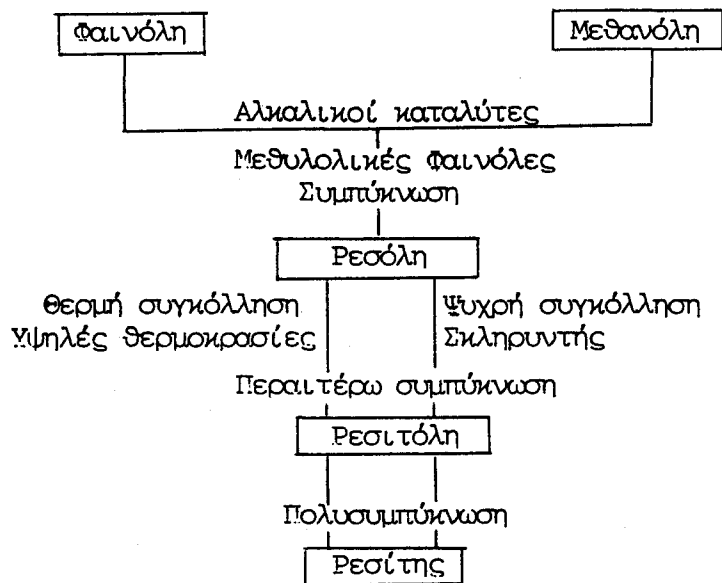
Σχήμα 9

Η ταχύτητα με την οποία γίνεται η μετάβαση της συγκολλητικής ουσίας από την κατάσταση της Ρεσόλης στην Ρεσίτης εξαρτάται:

1. Από τη δραστηριότητα της Ρεσόλης* αυτή είναι μικρότερη όσο μικρότερη η μοριακή αναλογία φορμαλδεΐδης: φαινόλης* Ρεσόλες με μικρή αναλογία φορμαλδεΐδης: φαινόλης παρουσιάζουν μικρή σταθερότητα και μικρή διάρκεια αποθήκευσης* ενώ Ρεσόλες με μεγάλη αναλογία φορμαλδεΐδης-φαινόλης προκαλούν κατά τη σκληρυνσή τους υπερβολική έκλυση φορμαλδεΐδης.
2. Από τη συγκέντρωση της Ρεσόλης.
3. Από τη θερμοκρασία της αντίδρασης συμπύκνωσης.

Συνήθως οι συγκολλητικές ουσίες φαινόλης-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση ξύλου περιέχουν μικρά ποσοστά αλάτων (Πίνακας 1 και 2). Προκειμένου να επιταχυνθεί η αντίδραση πολυσυμπύκνωσης από την Α-φάση στην C-φάση, ώστε είτε να μειωθεί ο χρόνος συμπίεσης των προς συγκόλληση υλικών στην πρέσα είτε να μειωθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι καταλύτες όπως είναι το K_2CO_3 , η παραφορμαλδεΐδη, η ρεσορίνη, το $NaOH$ κ.ά. Ειδικότερα κατά τη συγκόλληση ξυλοσύλων για παραγωγή αντικολλητών στη φαινόλη-φορμαλδεΐδη προστίθενται και άλλες ουδέτερες προσμίξεις όπως π.χ. αλεύρι, κόνη κιμωλίας κ.ά. ώστε να αποκτήσει η συγκολλητική ουσία το κατάλληλο ιξώδες (1500-2500 mPa.s) (Πίνακας 3). Στην περίπτωση που η φαινόλη-φορμαλδεΐδη πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στη συγκόλληση μορισπλακών τότε εκτός του σκληρυντή προστίθενται στη συγκολλητική ουσία και αιώρημα παραφίνης για αδιαβροχοποίηση (Πίνακας 2).

Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζονται σε απλή παράσταση η παρασκευή και σκλήρυνση φαινολικής συγκολλητικής ουσίας.



Σχήμα 10. Στάδια σκλήρυνσης συγκολλητικής ουσίας φαινόλης-φορμαλδεΐδης

Κατά τη σκλήρυνση των Ρεσολών δημιουργούνται νέοι ανθρακικοί δεσμοί (-C-C-) που λόγω της εξαιρετικής χημικής σταθερότητάς τους προσδίνουν στις συγκολλήσεις ανθεκτικότητα σε υδρόλυση (με υγρασία ή νερό) και βρασμό. Επίσης μετά τη σκλήρυνση οι δεσμοί είναι ανθεκτικοί σε διαβρώσεις διαφόρων χημικών αντιδραστηρίων (οξέων, βάσεων μεγάλης συγκέντρωσης, οργανικών διαλυτών, λιπών, ελαίων). Καταστροφή των συγκολλητικών δεσμών από επίδραση υψηλών θερμοκρασιών λόγω υπερσκλήρυνσης (διάσπαση μοριακών δεσμών) συμβαίνει σε θερμοκρασίες $> 240^{\circ}\text{C}$. Σε ορισμένες περιπτώσεις μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη ελαστικότητας των δεσμών συγκόλλησης η οποία μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη στις φαινολικές συγκολλητικές ουσίες αιωρήματα οξικού πολυβινυλεστέρα ή πολυεστέρων του ακρυλικού οξέως. Άλλα μειονεκτήματα των φαινολικών συγκολλητικών ουσιών είναι το σκούρο χρώμα και η έκλυση κάτω από ορισμένες συνθήκες ελεύθερης φορμαλδεΐδης και φαινόλης* η φορμαλδεΐδη σε συγκέντρωση $> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ αέρος προκαλεί ερεθισμούς στα μάτια, στους πνεύμονες και γενικότερα στους επιθηλιακούς ιστούς* η φαινόλη προκαλεί αλλεργίες σε συγκέντρωση $> 19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ αέρος* μείωση των δυσάρεστων αυτών εμφανίσεων μπορεί να γίνει με επαρκή αερισμό των χώρων επεξεργασίας της συγκολλητικής ουσίας (αναμικτήρας, χώρος επάλειψης, πρέσσα) και άλλα προστατευτικά μέτρα (χρήση γαντιών, κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία κ.ά.).

Στην περίπτωση που η συμπύκνωση της φαινόλης και φορμαλδεΐδης γίνεται σε όξινο περιβάλλον τότε σαν καταλύτες χρησιμοποιούνται κυρίως ισχυρά οξέα όπως

το HCl και τα παραγόμενα προϊόντα προσυμπυκνώσεως ονομάζονται Νοβολάνιες. Οι Νοβολάνιες έχουν αναλογία φαινόλης: φορμαλδεΐδης 1:1, είναι εύτηκτα και ευδιάλυτα προϊόντα σε πολικούς διαλύτες. Η πλήρης συμπύκνωσή τους (φάση Ρεσίτη) πετυχαίνεται με την προσθήκη ουσιών οι οποίες ελευθερώνουν φορμαλδεΐδη όπως π.χ. η εξαμεθυλενοτετραμίνη. Οι Νοβολάνιες διαφέρουν από τις Ρεσόλες που περιγράφηκαν παραπάνω στο ότι παρουσία όξινου καταλύτη η πολυσυμπύκνωση οδηγεί σε προϊόντα τα οποία αποτελούνται από φαινολικούς πυρήνες στην πλειονότητα συνδεδεμένους με μεθυλενικούς δεσμούς. Οι Νοβολάνιες χρησιμοποιούνται σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βερνικιών.

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά φαινολικών συγκολλητικών ουσιών οι οποίες χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση προϊόντων ξύλου με μορφή πλάκας (Dunkey et al 1988).

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Για συγκολλήσεις			
	Αντικολλητών	Ελληρών	Ινο-Μοριοπλαστικών	Μεσαία
		πλακών (Υγρή	Επιφανειακές	στρώση
		στρωμάτωση)	στρώσεις	
Χρώμα	σκούρο κόκκινο - καστανό			
Ξηρή μάζα (%) (Προσδιορισμός: 1 ώρα σε 135 °C)	47	43	41	47
Άλκαλι (%)	8	6	3	8
Ιξώδες σε 20 °C (mPa.s)	700	600	400	700
Ειδικό βάρος σε 20 °C (g/cm ³)	1,23	1,22	1,15	1,23
Χρόνος πήξεως σε 100 °C (min)	35	30	26	35
Διάρκεια αποθήκευσης (εβδομάδες)	12-16	3-4	3-4	4-6
pH	10-12	10-12	10-12	10-12

Πίνακας 2. Παράδειγμα σύνθεσης (κατά βάρος) φαινολικής συγκολλητικής ουσίας για συγκόλληση Μορισπλακών (Dunky et al 1988).

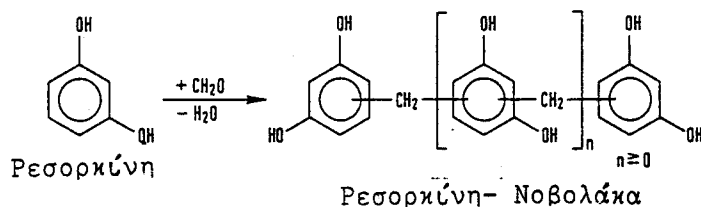
Συστατικά	Με Μυκητοκτόνες - Εντομοκτόνες προστατευτικές ουσίες		Χωρίς Μυκητοκτόνες - Εντομοκτόνες προστατευτικές ουσίες	
	Επιφανειακές στρώσεις	Μεσαία στρώση	Επιφανειακές στρώσεις	Μεσαία στρώση
Συγκολλητική ουσία τύπου I (41% συγέντρωση, 3% Άλκαλι)	-	-	100	-
Συγκολλητική ουσία τύπου II (47% συγέντρωση, 8% Άλκαλι)	100	100	-	100
K ₂ CO ₃ -Διάλυμα (50% συγέντρωση)	-	6	-	6
Παρακρίνη-Αιώρημα (50% συγέντρωση)	12	14	10	14
Μυκητοκτόνα-Εντομοκτόνα (100% συγέντρωση)	5	6	-	-
Νερό	9	-	-	-
Ξηρή μάζα της συγκολλητικής ουσίας (%)	37	39	37	37

Πίνακας 3. Παράδειγμα σύνθεσης φαινολικών συγκολλητικών ουσιών για συγκόλληση αντικολλητών (Dunky et al 1988)

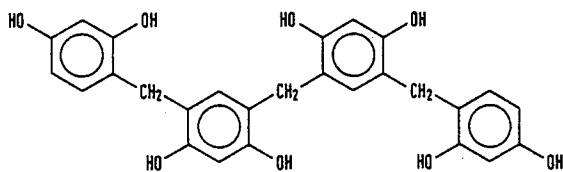
Συστατικά	Συγκολλητική ουσία σε διάφορες θερμοκρασίες συμπίεσης στην πρέσσα			Συγκολλητική ουσία με Μυκητοκτόνες - Εντομοκτόνες προστατευτικές ουσίες
	130-140 °C	120-125 °C	100-110 °C	
Συγκολλητική ουσία	100	100	100	100
Κόνη καθαρής κιμωλίας	12	12	12	12
Κόνη από κελύφη ινδικής καρύδας	6	6	6	6
Παραφορμαλδεΐδη	-	2	2	-
Ρεσορκίνη-Διάλυμα (50%)	-	-	6	-
Μυκητοκτόνες-Εντομοκτόνες προστατευτικές ουσίες	-	-	-	12
Διάρκεια χρήσης (ζωής) της συγκολλητικής ουσίας (ώρες) στους 20 °C	>24	>24	4-6	>24

2.2. Συγκολλητική ουσία Ρεσορκινόλης (Ρεσορκίνης) - Φορμαλδεΐδης

Η κύρια πρώτη ύλη αυτής της συγκολλητικής ουσίας, είναι η ρεσορκινόλη, αρωματική ένωση που ανήκει στην ομάδα των φαινολών. Η ρεσορκινόλη είναι με-τά-παράγωγο του βενζολίου (μ-δι-υδροξυ-βενζόλιο) και παρασκευάζεται συνθε-τώς από το βενζόλιο. Η ύπαρξη των (-OH) ομάδων της ρεσορκινόλης στις θέσεις 1,3-(μετά) του βενζολικού πυρήνα έχει σαν αποτέλεσμα την ιδιαίτερα ταχεία αντίδραση της ρεσορκινόλης με τη φορμαλδεΐδη οπότε η φορμαλδεΐδη με αντι-δράσεις προσθήκης εναποτίθεται στις θέσεις 2,4 και 6 της ρεσορκινόλης. Σε σύγκριση με τη φαινόλη η ρεσορκινόλη - κάτω από τις ίδιες συνθήκες - αντιδρά 10-15 φορές ταχύτερα με τη φορμαλδεΐδη. Αυτό έχει ως συνέπεια να είναι αδύνατη η παρασκευή συγκολλητικών ουσιών ρεσορκινόλης τύπου Ρεσόλης επειδή αυτή στη συνήθη θερμοκρασία (δωματίου) μέσα σε λίγες ώρες σκληραίνεται (πλήρη συμπίκνωση). Γι' αυτό το λόγο παρασκευάζονται από ρεσορκινόλη συγκολ-λητικές ουσίες τύπου Νοβολάνιας η οποία είναι σταθερή και έχει σχετικά μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης στις συνήθεις θερμοκρασίες. Οι Νοβολάνια παρασκευάζονται με ανάμιξη 1 γραμμιορίου ρεσορκινόλης με λιγότερο από 1 γραμμιομόριο φορμαλδε-ΐδης. Στην αρχή της αντίδρασης σχηματίζονται μεθυλολικές ενώσεις της ρεσορ-κινόλης οι οποίες στη συνέχεια συμπυκνώνονται - με ταυτόχρονη αποβολή νερού - σε μεγαλομόρια. Στις Νοβολάνια τα μόρια της ρεσορκινόλης συνδέονται μεταξύ τους με μεθυλενικούς δεσμούς (-CH₂-) και σε αντίθεση με τις Ρεσόλες δεν πε-ριέχουν ούτε ελεύθερες μεθυλολικές ομάδες (-CH₂OH) ούτε διμεθυλο-αιθερικούς δεσμούς (Σχήματα 11 και 12).

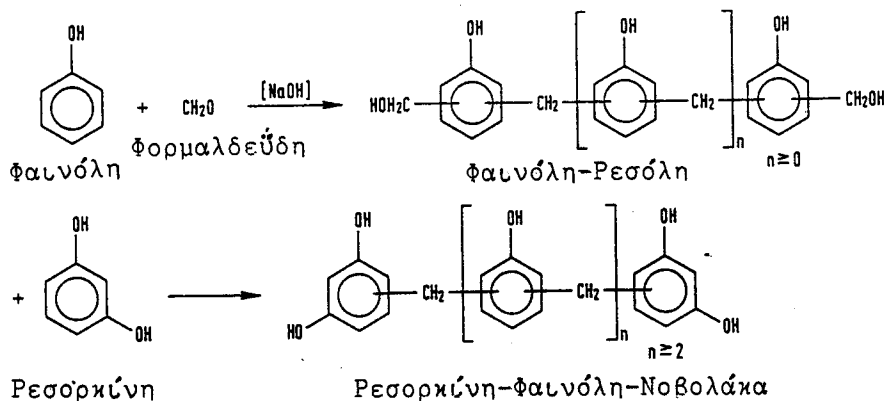


Σχήμα 11



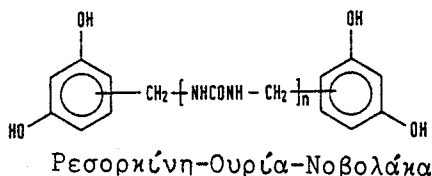
Σχήμα 12

Στην πράξη κατά την παρασκευή συγκολλητικών ουσιών ρεσορκινόλης ένα μέρος της ρεσορκινόλης αντικαθίσταται -για λόγους κόστους - από φαινόλη. Κατά τη σύνθεση της συγκολλητικής ουσίας κατ' αρχήν παρασκευάζεται από φαινόλη και φορμαλδεΐδη συγκολλητική ουσία τύπου Ρεσόλης η οποία σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση αντιδρά με τη ρεσορκινόλη (Σχήμα 13).



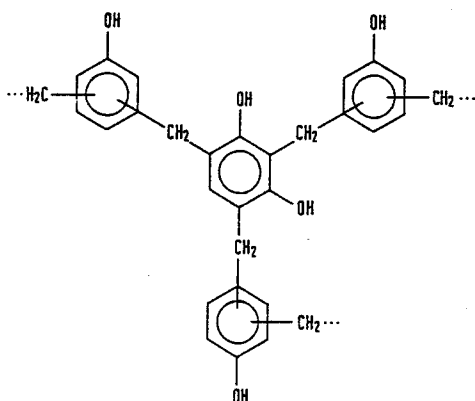
Σχήμα 13

Με ανάλογο τρόπο παρασκευάζονται από ρεσορκινόλη και ουρία-φορμαλδεΐδη Νοβολάνες τύπου ρεσορκινόλης-ουρίας (Σχήμα 14).



Σχήμα 14

Για τη σκλήρυνση της Νοβολάνιας προστίθεται κατάλληλη ποσότητα φορμαλδεΐδης όχι όμως ^{ΟΕ} μονομερή μορφή αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται εκείνες οι ουσίες π.χ. εξαμεθυλενοτετραμίνη ή παραφορμαλδεΐδη οι οποίες με διάσταση ή υδρόλυση ελευθερώνουν σε βραδύ ρυθμό φορμαλδεΐδη. Τα μόρια της φορμαλδεΐδης προστίθενται στις ενεργές θέσεις του μορίου της Ρεσορκίνης οπότε οι Νοβολάνες μετατρέπονται σε Ρεσόλες. Στη συνέχεια οι Ρεσόλες - εντός ολίγων ωρών - σχηματίζουν με ταυτόχρονη αποβολή νερού πολυδιάστατα μόρια με μεθυλενικούς δεσμούς και μεταπίπτουν έτσι στην απόλυτα σκληρωμένη κατάσταση του Ρεσίτη (C-φάση) (Σχήμα 15).



Σχήμα 15

Συγκολλητική ουσία φαινόλης-Ρεσορκίνης μετά τη σκλήρυνση

Η ταχύτητα σκλήρυνσης των συγκολλητικών ουσιών ρεσορκινόλης εξαρτάται:

- από τη μοριακή σχέση των αντιδρώντων ουσιών για το σχηματισμό της Νοβο-
λάνιας
- από την παρουσία αλκοολών π.χ. μεθανόλης, αιθανόλης
- από την ποσότητα του σκληρυντή (φορμαλδεΐδη)
- από την τιμή του pH
- από τη θερμοκρασία

Αλκοόλες όπως μεθανόλη και αιθανόλη βραδύνουν την ταχύτητα σκλήρυνσης επειδή αντιδρούν με τη φορμαλδεΐδη και σχηματίζουν ημιαιεταλικές ομάδες ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_2\text{-OH}$ ή $\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-CH}_2\text{-OH}$). Γι' αυτό το λόγο οι παραπάνω αλκοόλες προστίθενται σε μίγμα συγκολλητικής ουσίας - σκληρυντή ώστε να αυξηθεί η διάρκεια χρήσεως του μίγματος.

Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά συγκολλητικών ουσιών ρεσορκινόλης υγράς μορφής (Dunkey et al 1988)

Χρώμα	καστανό
Ξηρή μάζα (Προσδιορισμός: 1 ώρα στους 135 °C)	50-60 (%)
Διαλύτης	10-25 (%) (<u>μεθανόλη</u> ή <u>αιθανόλη</u>)
Νερό	20-40 (%)
τιμή pH	7-9
Ιξώδες	200-1000 mPa.s
Ειδικό βάρος	1,10-1,15 g/cm ³

Σαν συγκολλητική ουσία η ρεσορκινόλη-φορμαλδεΐδη παρουσιάζει εξαιρετική δραστηριότητα, οι δεσμοί συγκόλλησης είναι ανθεκτικοί σε μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, βρασμό, επίδραση χημικών αντιδραστηρίων (οξέων, βάσεων, διαλυτών) επίδραση μυκήτων και άλλων μικροοργανισμών. Επειδή για τη σκλήρυνσή της δεν χρειάζεται όξινος καταλύτης, κατά τη συγκόλληση δεν συμβαίνει οποιαδήποτε διάβρωση του ξύλου από οξέα. Όμως η συνθετική παραγωγή της είναι πολύπλοκη γι' αυτό παρουσιάζει υψηλό κόστος (5πλάσιο ή 6πλάσιο των φαινολικών συγκολλητικών ουσιών)· σχετική μείωση του κόστους της έχει επιτευχθεί με την προσθήκη διαφόρων προσθετικών και κυρίως αμύλου, ξυλάλευρου, κόνης από κελύχη καρυδιών, κ.ά. Λόγω του μεγάλου κόστους της χρησιμοποιείται εκεί όπου είναι αδύνατη η συγκόλληση με θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες, κι όπου η αντοχή των συγκολλητικών δεσμών φαινόλης-φορμαλδεΐδης δεν είναι επαρκής. Κύριοι τομείς εφαρμογής είναι κατασκευές των οποίων οι συγκολλητικοί δεσμοί υπόκεινται σε διαρκείς φορτίσεις όπως είναι οι επικολλητές κατασκευές ξύλου, η ναυ-

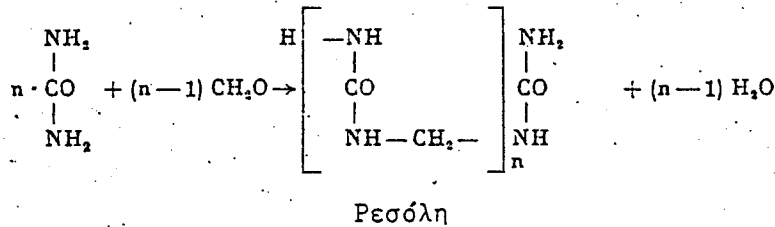
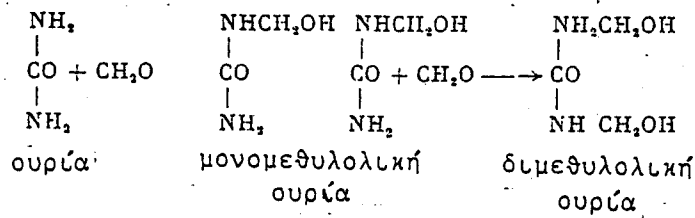
πηγική και κατασκευές που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε τροπικά η υποτροπικά κλίματα.

2.3. Συγκολλητική ουσία Ουρίας-Φορμαλδεΐδης

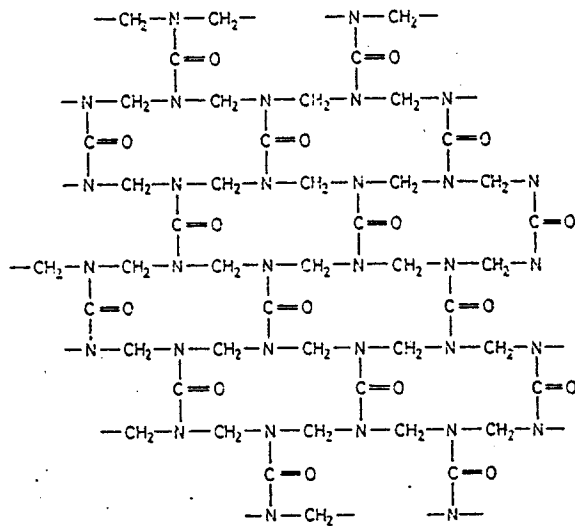
Πρόκειται για τη συχνότερα στη παραγωγή προϊόντων ξύλου χρησιμοποιούμενη συγκολλητική ουσία η οποία ανήκει στην κατηγορία των αμινοπλαστών.

Η συγκολλητική ουσία παρασκευάζεται συνήθως ως εξής:

Στην αρχή η ουρία και η φορμαλδεΐδη αντιδρούν σε ελαφρώς ολκαλικό μέχρι ουδέτερο περιβάλλον οπότε σχηματίζονται ως πρωτογενή προϊόντα οι μεθυλουρίες και κυρίως η μονο-, και η διμεθυλολική ουρία με σχετικά μικρό μοριακό βάρος. Στη συνέχεια σε ελαφρώς όξινο περιβάλλον οι μεθυλουρίες συμπυκνώνονται με ταυτόχρονη αποβολή νερού και σχηματισμό μεθυλενο- και μεθυλενο-αιθερικών δεσμών οπότε σχηματίζουν μονοδιάστατα και μερικώς διδιάστατα μακρομόρια τις Ρεσόλες τα οποία είναι ακόμη ευδιάλυτα και εύτηκτα. Στη συνέχεια - εφόσον επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός συμπυκνώσεως των Ρεσολών - η αντίδραση συμπύκνωσης αναστέλλεται με ψύξη και ουδετεροποίηση δια προσθήκης κατάλληλης ποσότητας αλκαλίων (σταθεροποίηση του pH μεταξύ 7 και 7,5). Η συνέχιση της αντίδρασης συμπύκνωσης της συγκολλητικής ουσίας γίνεται σε pH 3...5 με την προσθήκη καταλύτη και με ή χωρίς εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών (ανάλογο με το είδος του καταλύτη) οπότε η Ρεσόλη συμπυκνώνεται περαιτέρω και σκληρύνεται σε πολυδιάστατα μόρια Ρεσίτης (C-Φάση συμπύκνωσης) (Σχήμα 16). Τα προϊόντα συμπύκνωσης (Ρεσόλες) που προκύπτουν με την παραπάνω διαδικασία προσφέρονται στο εμπόριο υπό μορφή υδατινών διαλυμάτων ή αιωρημάτων με ποσοστά ξηρής συγκολλητικής ουσίας 65...72% και ιξώδες το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 200 μέχρι 3000 mPa.s. Με την κατάλληλη ρύθμιση της μοριακής σχέσης μεταξύ φορμαλδεΐδης και ουρίας η οποία συνήθως είναι $> 1,5$ μπορούν να παραχθούν συγκολλητικές ουσίες επιθυμητής δραστηριότητας. Μικρή περιεκτικότητα σε φορμαλδεΐδη οδηγεί σε μεγάλης δραστηριότητας συγκολλητικές ουσίες οι οποίες όμως παρουσιάζουν μικρή σταθερότητα επειδή οι ευρισκόμενες σε περίσσεια ελεύθερες αμινοομάδες έχουν την τάση να συμπυκνώνονται μεταξύ τους. Αντίθετα συγκολλητικές ουσίες με μεγάλη αναλογία φορμαλδεΐδης χαρακτηρίζονται από μεγάλη σταθερότητα δηλ. έχουν μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης όμως μειονεκτούν από την άποψη ότι κατά τη σκλήρυνση εκλύουν μεγάλα ποσοστά φορμαλδεΐδης. Εκτός όμως της μορφής υδατινών διαλυμάτων η συγκολλητική ουσία προσφέρεται στο εμπόριο ως κόνη ή ως ωίλμ (κατάλληλης ποιότητας χαρτί εμποτισμένο με τη συγκολλητική ουσία) οπότε η διάρκεια αποθήκευσης στις δύο τελευταίες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει από 1 - 3 χρόνια σε θερμοκρασίες από 0 °C - 20 °C.



Σχήμα 16



Ρεσύτες

Τα κυριότερα είδη καταλυτών (σκληρυντών) που χρησιμοποιούνται για την οριστική σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας είναι:

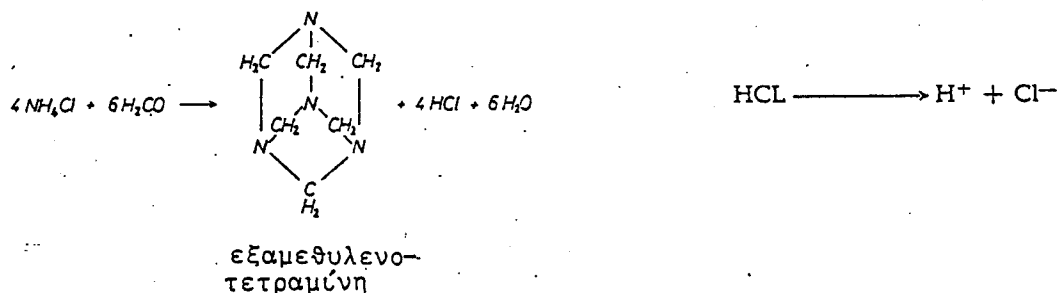
- 1) Διαλύματα οξέων, όπως π.χ. μυρμηγκικό οξύ, κιτρικό οξύ, κ.ά.

Το μειονέκτημα των σκληρυντών αυτών είναι ότι προκαλούν απότομη πτώση του pH με αποτέλεσμα λόγω της ταχείας συμπίκνωσης η συγκολλητική ουσία να έχει περιορισμένη διάρκεια επεξεργασίας και συνήθως λόγω σκλήρυνσης οι συγκολλητικοί δεσμοί να παρουσιάζουν ανεπαρκή αντοχή.

- 2) Άλατα ισχυρών οξέων, όπως π.χ. το χλωριούχο αμμώνιο κ.ά.

Το χλωριούχο αμμώνιο προστιθέμενο σαν καταλύτης αντιδρά στις συνθήκες θερμοκρασίας με την περίσσεια φορμαλδεΐδης της συγκολλητικής ουσίας οπότε σχηματίζεται εξαμεθυλενοτετραμίνη και υδροχλωρικό οξύ· το HCl σε υδατικό

διάλυμα υπόκειται σε διάσπαση των ιόντων του οπότε τα H^+ προκαλούν πτώση του pH του διαλύματος της συγκολλητικής ουσίας και περαιτέρω συμπύκνωση· η ταχύτητα της αντίδρασης πολυσυμπυκνώσεως μετά την προσθήκη του καταλύτη εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία αλλά και το ποσοστό του καταλύτη· το NH_4Cl χρησιμοποιείται ευρέως σαν σκληρυντής σε συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης επειδή έχει χαμηλό κόστος. Ο μηχανισμός δράσης δείχνεται στο Σχήμα 17.



Σχήμα 17. Μηχανισμός δράσης του χλωριούχου αμμωνίου ως σκληρυντή

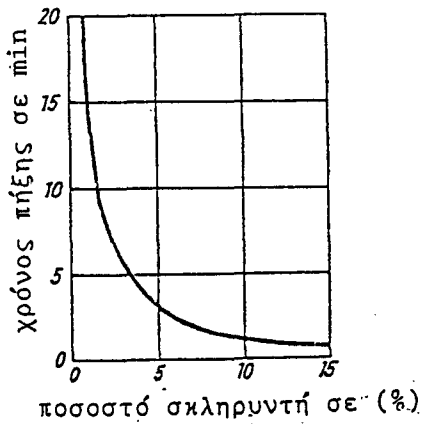
3) Μίγμα χλωριούχου αμμωνίου και εξαμεθυλενοτετραμίνης.

Στην περίπτωση αυτή με την προσθήκη εξαμεθυλενοτετραμίνης εμποδίζεται η διάσπαση του NH_4Cl στα ιόντα του δηλ. η σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος· μόνο η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών οδηγεί σε διάσπαση ιόντων τόσο το χλωριούχο αμμώνιο, όσο και την εξαμεθυλενοτετραμίνη με αποτέλεσμα την οριστική σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας.

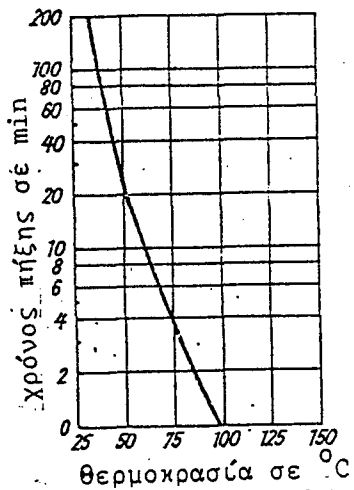
Κατά την τελική επεξεργασία της συγκολλητικής ουσίας οι κατασκευαστές πρέπει να γνωρίζουν σχετικά με την ταχύτητα σκληρύνσεως (πήξεως) τα ακόλουθα:

- η ταχύτητα σκληρύνσεως έχει σχέση σχεδόν ανάλογη με το ποσοστό του προστιθέμενου καταλύτη (Σχήμα 18).
- ευνοείται αυξανόμενη της θερμοκρασίας· σύμφωνα με εκτιμήσεις από την πράξη ανύψωση της θερμοκρασίας κατά $10^{\circ}C$ διπλασιάζει σχεδόν την ταχύτητα της αντίδρασης πολυσυμπυκνώσεώς της (Σχήμα 19).
- αυξανόμενη της συγκέντρωσης της συγκολλητικής ουσίας στο διάλυμα αυξάνει η δραστηριότητα και η ταχύτητα σκλήρυνσής της, επειδή η συχνότητα επαφής των ενεργών (δραστικών) ομάδων στο διάλυμα μεγαλώνει. Γι' αυτό ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην πράξη στο ότι, κατά την επάλειψη του διαλύματος της συγκολλητικής ουσίας στις συγκολλούμενες επιφάνειες του ξύλου ένα ορισμένο ποσοστό του διαλύτη (συνήθως νερό) απορροφάται από το ξύλο με συνέπεια την απότομη αύξηση της συγκέντρωσης της συγκολλητικής ουσίας (Σχήμα 20).
- η προσθήκη στη συγκολλητική ουσία διαφόρων προσθετικών ουσιών (αμύλου, κυτταρίνης, καολίνη, κ.ά.) επιβραδύνει την ταχύτητα σκλήρυνσης. Η συνήθης

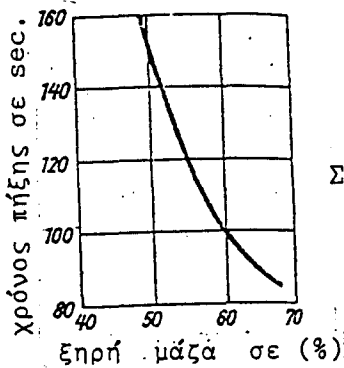
όμως ουσία που χρησιμοποιείται για την επιβράδυνση της αντίδρασης συμπίκνωσης της συγκολλητικής ουσίας μετά την προσθήκη καταλύτη είναι η αμμωνία.



Σχήμα 18. Επίδραση της ποσότητας του σκληρυντή (NH_4Cl) στο χρόνο πήξης της ουρίας-φορμαλδεΐδης



Σχήμα 19. Επίδραση της θερμοκρασίας στο χρόνο πήξης της ουρίας-φορμαλδεΐδης



Σχήμα 20. Επίδραση της ξηρής μάζας της ουρίας-φορμαλδεΐδης στο χρόνο πήξης

Μετά τη σκλήρυνση οι δεσμοί της συγκολλητικής ουσίας ουρίας-φορμαλδεΐδης είναι ανθεκτικοί στην επίδραση αντιδραστηρίων όπως διαλύτες, λίπη, έλαια, άλατα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ενώ έναντι νερού και ασθενών οξέων παρουσιάζουν περιορισμένη ανθεκτικότητα· αντίθετα οι δεσμοί εύκολα προσβάλλονται από ισχυρά οξέα ή βάσεις και τελικά διασπώνται υδρολυτικώς σε ουρία και φορμαλδεΐδη. Επίσης επίδραση υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με υψηλή υγρασία οδηγούν σε ισχυρή υδρολυτική διάσπαση των δεσμών· γι'αυτό η συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης είναι ανατάλληλη για κατασκευές που πρόκειται να εκτεθούν σε μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Η έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένες κατασκευές σε συνθήκες υψηλής υγρασίας αρνείται συχνά στην ανεπαρκή σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας. Οι δεσμοί της συγκολλητικής ουσίας μετά τη σκλήρυνση είναι εξαιρετικά εύθρυπτοι (έλλειψη ελαστικότητας), γι'αυτό συνιστάται το πάχος της στρώσεως της συγκολλητικής ουσίας να είναι $< 0,5$ mm. Βελτίωση της ελαστικότητας των δεσμών πετυχαίνεται με μίξη διαφόρων πρόσθετων ουσιών (κυτταρίνη, άμυλο, καολίνη ή και άλλων συγκολλητικών ουσιών π.χ. οξικού

πολυβινυλεστέρα. Επίσης ανάμιξη με συγκολλητική ουσία μελαμίνης βελτιώνει την ανθεκτικότητα των δεσμών σε υγρασία.

Επειδή στους χώρους επεξεργασίας της συγκολλητικής ουσίας παρατηρείται συχνά έκλυση φορμαλδεΐδης η οποία σε συγκέντρωση $> 5 \text{ mg/m}^3$ αέρος προκαλεί ερεθισμούς στα μάτια και τους επιθηλιακούς ιστούς του προσώπου, συνιστάται να παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα απαφυγής της έκλυσης φορμαλδεΐδης ή εάν εκλύεται πρέπει να γίνεται επαρκής αερισμός ώστε η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης στον αέρα να είναι $< 2 \text{ mg/m}^3$. Παρ' όλα τα αναφερθέντα μειονεκτήματα η συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης παρουσιάζει εξαιρετικά πλεονεκτήματα όπως το ότι είναι άχρωμος, σημαντικά δραστική και αρκετά φθηνή. Γι' αυτό είναι η συχνότερα χρησιμοποιούμενη συγκολλητική ουσία στις βιομηχανίες ξύλου· ειδικότερα χρησιμοποιείται στην παραγωγή αντικολλητών, μορισπλακών και ινοπλακών, για τη συγκόλληση κάθε είδους κατασκευών ή αντικειμένων που προορίζονται για εσωτερικές χρήσεις και ακόμη σαν εμποτιστική ουσία.

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης οι οποίες χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση προϊόντων ξύλου με μορφή πλάκας (Dunkey et al 1988).

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Για συγκολλήσεις			
	Αντικολλητών	Ευλαφύλλων	Μορισπλακών τύπου E ₃ *	Μορισπλακών τύπου E ₂ *
Χρώμα	λευκό	λευκό	λευκό	λευκό
Ξηρή μάζα (%) (προσδιορισμός: 2 ώρες σε 120 °C)	63-66	66-67	66-67	66-67
Ιξώδες σε 20 °C (mPa.s)	500-1000	400-1000	400-1000	400-1000
Ειδικό βάρος σε 20 °C (g/cm ³)	1,27-1,30	1,28-1,29	1,28-1,29	1,28-1,29
Χρόνος πήξεως σε 20 °C (ώρες)	0,5-3	11-14	16-23	21-25
σε 100 °C (Δευτερόλεπτα)	23-30	28-40	35-42	40-48
Διάρκεια αποθήκευσης (Μήνες)	3-6	2-3	2-3	2
Μοριακή σχέση: φορμαλδεΐδης: ουρίας	1,7-2,0	1,4-1,7	1,4-1,5	1,25-1,35
pH	8-9	8-9	8-9	8-9
Ελεύθερη φορμαλδεΐδη (%)	0,8-1,5	max. 0,5	max. 0,4	max. 0,3

* E₂, E₃: Ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης 10-30 και αντίστοιχα 30-60 mg/ανά 100 g ξηρού βάρους μορισπλάκας

Πίνακας 6. Παραδείγματα συνθέσεων συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης για τη συγκόλληση μοριοπλακών (Dunky et al 1988)

Συστατικά	Μεσαία στρώση		Επιφανειακές στρώσεις	
	Ουρία-Φορμαλδεΐδη	100	100	100
Παραφρίνη (αιώρημα)	6	8	5	6
NH ₄ Cl (διάλυμα 15g NH ₄ Cl+85g νερό)	6	8	1	2,5
Αιμωνία (25%)	-	0,7	1	1,3
Νερό	10	3	30	24

Πίνακας 7. Παραδείγματα συνθέσεων συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης για τη συγκόλληση αντικολλητών και ξυλαρύλων σε μοριοπλάκες (Dunky et al 1988)

Συστατικά	Συγκόλληση Ξυλαρύλων σε μοριοπλάκες		Αντικολλητών για εσωτερικούς χώρους (μη ανθεκτικών σε υγρασία)		Αντικολλητών με σχετική ανθεκτικότητα σε υγρασία
	Ουρία-Φορμαλδεΐδη	100	100	100	100
Πρόσθετα (αλεύρι Rogger)	20	40	50	50	7-10
Νερό	-	20	40-50	50	-
Σκληρυντής (διάλυμα 15g NH ₄ Cl+85g νερό)	10	10	10	10	
Σκληρυντής (κόνη Μελαμίνης:NH ₄ Cl=5:1)	-	-	-	-	15-20

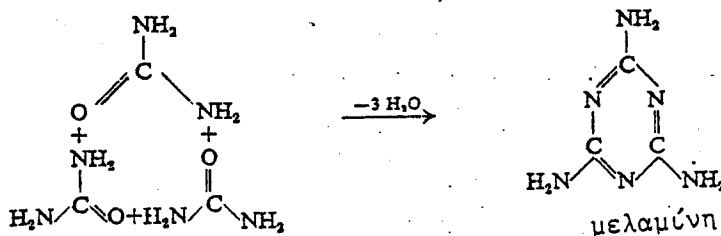
2.4 Συγκολλητική ουσία Μελαμίνης-Φορμαλδεΐδης

Η συγκολλητική ουσία μελαμίνης-φορμαλδεΐδης ανήκει επίσης στην ομάδα των αμινοπ्लाστών όπως η ουρία-φορμαλδεΐδη αλλά λόγω της χημικής δομής της μελαμίνης παρουσιάζει μεγαλύτερη δραστηριότητα.

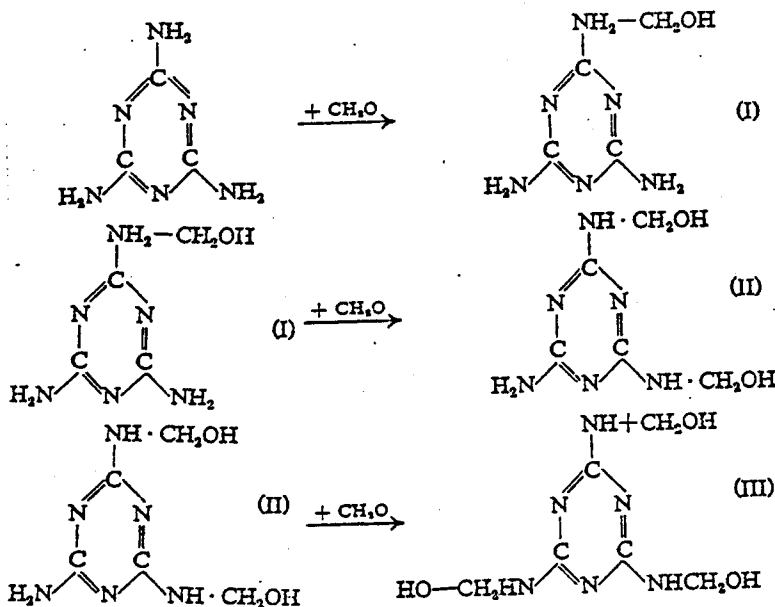
Οι κύριες πρώτες ύλες παρασκευής της είναι η μελαμίνη και η φορμαλδεΐδη. Η μελαμίνη παράγεται από τη συμπύκνωση 3 μορίων ουρίας (Σχήμα 21). Με την προσθήκη φορμαλδεΐδης αντικαθιστούνται τα 6 άτομα Η των 3 αμινοομάδων (-NH₂) της μελαμίνης από μεθυλολικές ομάδες (-CH₂OH) (Σχήμα 22). Στη συνέχεια συμβαίνει συμπύκνωση των μεθυλολικών ομάδων είτε μεταξύ τους είτε με τις ελεύθερες αμινοομάδες οπότε αντίστοιχα σχηματίζονται προϊόντα συμπύκνωσης (Ρεσόλες) με μεθυλενο- ή μεθυλενο-αιθερικούς δεσμούς ή συνδυασμού αυτών (Σχήμα 23). Η

πλήρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας (Ρεσίτη) (Σχήμα 24) μπορεί να γίνει και μόνο με θέρμανση σε θερμοκρασία $> 100^{\circ}\text{C}$ δηλ. δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη καταλύτη πράγμα που οφείλεται στην ισχυρή δραστηριότητα των αμινοσμάδων της μελαμίνης. Όμως είναι επίσης δυνατή η σκλήρυνση στις συνήθεις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος εφόσον χρησιμοποιηθούν καταλύτες ανάλογοι με εκείνους που προαναφέρθηκαν για την ουρία-φορμαλδεΐδη· πάντως η χρησιμοποίηση καταλύτη μειονεκτεί από την άποψη ότι ελαττώνει την ελαστικότητα των δεσμών.

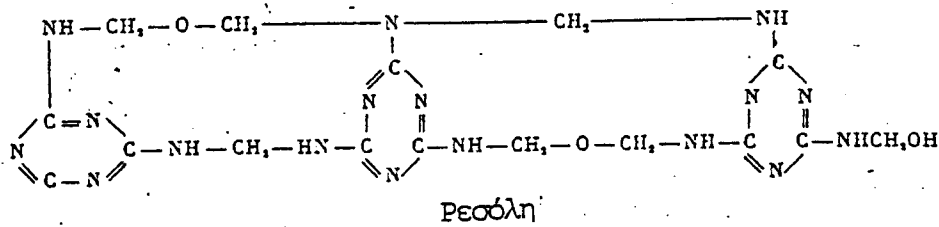
Η συγκολλητική ουσία προαφέρεται στο εμπόριο σε αναλογία μελαμίνης: φορμαλδεΐδης 1:3 συνήθως σε ξηρή κατάσταση (κόνης) επειδή σε υγρή μορφή (Ρεσόλης), λόγω της μεγάλης δραστηριότητάς της ακόμη και στις συνήθεις θερμοκρασίες, τείνει προς πολυσιμπύκνωση (μικρά διάρκεια αποθήκευσης).



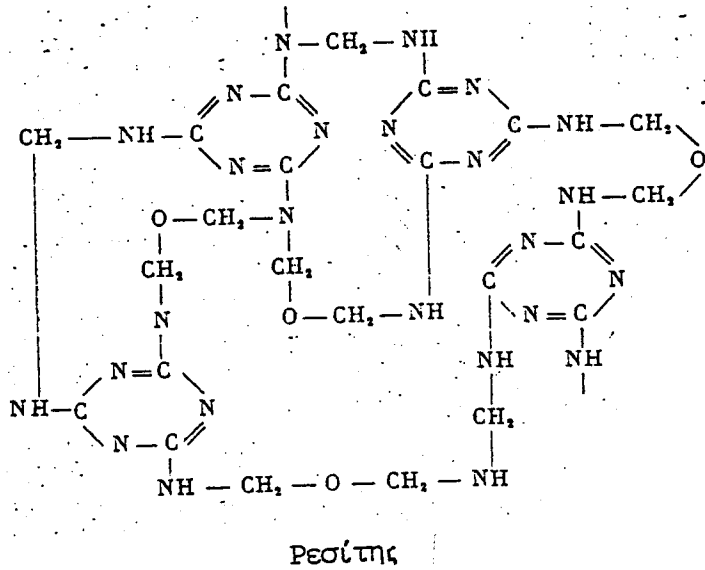
Σχήμα 21
Παραγωγή μελαμίνης
από ουρία



Σχήμα 22
Αρχικά στάδια (I, II, III)
συμπύκνωσης μελαμίνης με
φορμαλδεΐδη



Σχήμα 23



Σχήμα 24

Τα πλεονεκτήματα της μελαμίνης-φορμαλδεΐδης σε σύγκριση με την ουρία-φορμαλδεΐδη είναι:

- η σκληρυνση γίνεται σε θερμοκρασίες 90...140 °C χωρίς καταλύτη,
- οι δεσμοί της συγκολλητικής ουσίας είναι πολύ ανθεκτικότεροι στην επίδραση νερού ή υγρασίας απ'ότι της ουρίας-φορμαλδεΐδης,
- εκλύει μικρότερα ποσοστά φορμαλδεΐδης στα συγκολλημένα προϊόντα.

Το κύριο μειονέκτημα της μελαμίνης-φορμαλδεΐδης είναι το υψηλό κόστος της (4 μέχρι 6 φορές ακριβότερη από την ουρία-φορμαλδεΐδη) και η περιορισμένη, λόγω της υψηλής δραστηριότητάς της, διάρκεια αποθήκευσης* και τα δύο μειονεκτήματα μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη κατάλληλων ποσοτήτων ουρίας-φορμαλδεΐδης, οξικού πολυβινυλεστέρα ή και άλλων αθηνικών συγκολλητικών ουσιών, πράγμα το οποίο συμβαίνει συνήθως στην πράξη.

Η μελαμίνη-φορμαλδεΐδη χρησιμοποιείται κυρίως σε διάφορες μορφές (κυρίως ως φιλμ) σαν βελτιωτικό υλικό της επιφάνειας του ξύλου και προϊόντων ξύλου και ακόμη σε μίξη με άλλες συγκολλητικές ουσίες (κυρίως ουρία-φορμαλδεΐδη) για την παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων.

Η ενισχυτική (βελτιωτική) επίδραση της μελαμίνης κατά τη μίξη της με ουρία-φορμαλδεΐδη οφείλεται στον αρωματικό χαρακτήρα του μορίου της και την καλύτερη ανθεκτικότητα που παρουσιάζει σε επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και υδρόλυσεις. Η παρασκευή μικτών συγκολλητικών ουσιών μελαμίνης-ουρίας-φορμαλδεΐδης μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους 3 τρόπους:

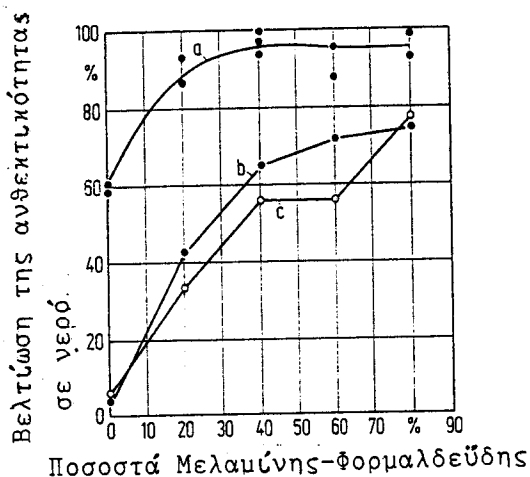
- Κατ'ευθείαν συμπύκνωση μελαμίνης, ουρίας και φορμαλδεΐδης.
- Ανάμιξη συγκολλητικής ουσίας μελαμίνης-φορμαλδεΐδης με ουρία-φορμαλδεΐδη.
- Προσθήκη μελαμίνης σε ουρία-φορμαλδεΐδη υπό τη μορφή σκληρυντή

Πίνακας 8. Συγκριτική αντιπαράθεση των ιδιοτήτων των κυριότερων θερμοσκληραινόμενων συγκολλητικών ουσιών (Autorenkollektiv 1975)

Είδος συγκολλ. ουσίας	Ουρία-Φορμαλδεΐδη		Μελαμίνη-Φορμαλδεΐδη		Φαινόλη-Φορμαλδεΐδη		Ρεσορκινόλη-Φορμαλδεΐδη	
	Ψυχρή	Θερμή	Ψυχρή	Θερμή	Ψυχρή	Θερμή	Ψυχρή	Θερμή
Προσθήκη καταλύτη	+	+	+	-	+	-	-	-
Άριστο ύψος θερμοκρασίας για τη σκλήρυνση (°C)	20...30	>105	20...40	>130	20...40	>130	20...30	>50
Χρώμα της σκληρωμένης συγκολλητικής ουσίας	άχρωμος		άχρωμος		κοκκινο-καστανό		καστανό	
Αντοχή δεσμών συγκολλησεως (Αντοχή σε διάτμηση) (N/mm ²)								
Ξηρή κατάσταση	έως 10	έως 13	έως 10	έως 13	έως 9	έως 12	έως 10	έως 15
μετά από ύγραση	~ 2	έως 8	έως 6	έως 9		~10		~12
Ανθεκτικότητα σε υγρασία και σε μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες	Αποκλειστικά για εσωτερικούς χώρους		Ανθεκτική σε υγρασία, όχι όμως για μακρόχρονη έκθεση σε εξωτερικές συνθήκες		Ανθεκτική (θερμή σκλήρυνση) σε βρασιμό, και εξωτερικές κλιματικές συνθήκες		Ανθεκτική σε βρασιμό και εξωτερικές κλιματικές συνθήκες	
1) Κόστος/Kg	1		4...6		1,5...3		10...12	

1): σαν συγκριτικό μέγεθος κόστους λήφθηκε το κόστος (=1) της ουρίας-φορμαλδεΐδης· το κόστος αφορά διαλύματα των συγκολλητικών ουσιών (Ρεσόλες) εκτός της μελαμίνης-φορμαλδεΐδης της οποίας το κόστος αναφέρεται στην ξηρή μάζα της συγκολλητικής ουσίας.

Η ανθεκτικότητα της συγκολλητικής ουσίας ουρίας-φορμαλδεΐδης σε νερό ή συνθήκες υψηλής υγρασίας μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω με την προσθήκη ορισμένων ποσοστών μελαμίνης (Σχήμα 25).



Σχήμα 25. Βελτίωση της ανθεκτικότητας σε νερό με προσθήκη σε Ουρία-φορμαλδεΐδη ορισμένων ποσοστών Μελαμίνης-φορμαλδεΐδης, α: 2 ώρες σε 20 °C, β: 1 ώρα σε 100 °C, γ: 2 ώρες σε 100 °C.

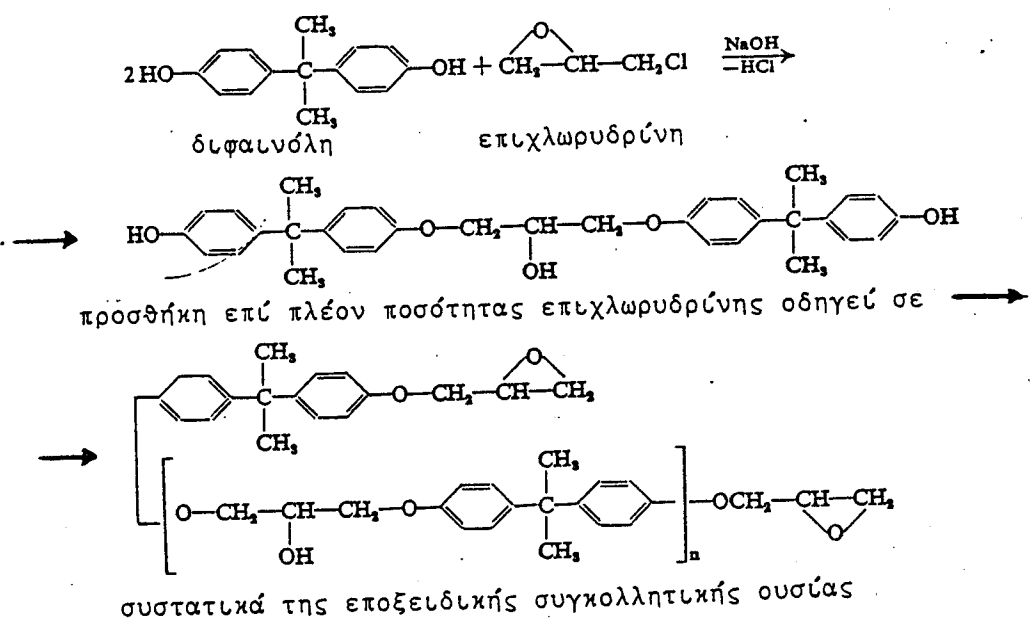
3. Συγκολλητικές ουσίες σκληραινόμενες με πολυμερισμό ή αντιδράσεις προσθήκης

3.1 Εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες

Οι εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες διαθέτουν μεγάλες δυνάμεις συναρμείας, καλή αντοχή δεσμών και καλή ανθεκτικότητα σε προσβολές χημικών αντιδραστηρίων. Χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση μετάλλων και πλαστικών και σε μικρότερο βαθμό στη συγκόλληση του ξύλου με μέταλλα και πλαστικά. Η σκληρυνσή τους μπορεί να γίνει, ανάλογα με τη σύνθεσή τους, είτε σε θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είτε και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Λόγω της ιδιαίτερα μεγάλης μηχανικής αντοχής των δεσμών τους είναι κατάλληλες για την συγκόλληση του ξύλου σε ξύλινες κατασκευές όπου εμφανίζονται τάσεις συμπίεσης των ξύλινων μερών.

Τα βασικά συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των εποξειδικών συγκολλητικών ουσιών είναι η διφαινόλη και η επιχλωρυδρίνη τα οποία αναμιγνύονται παρουσία NaOH (βλ. την παρακάτω χημική αντίδραση). Οι εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες έχουν μικρό μοριακό βάρος και διατίθενται στο εμπόριο συνήθως διαλυμένες σε περίσσεια επιχλωρυδρίνης (Σχήμα 26).

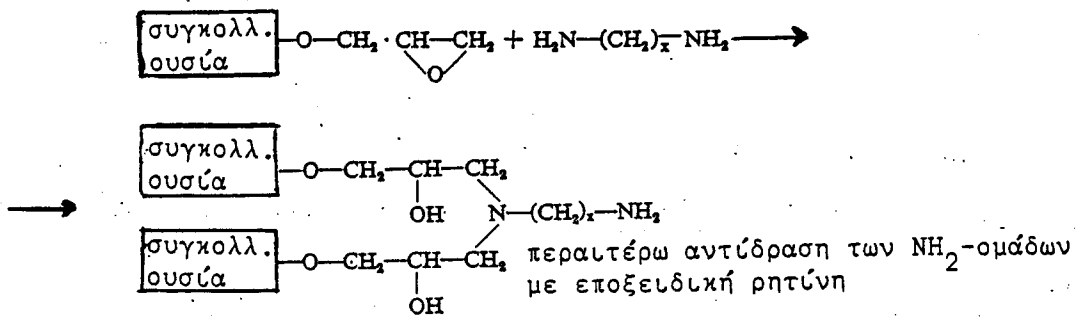
Προκειμένου να γίνει η σκληρυνση προστίθεται ο κατάλληλος σκληρυντής και οι θέσεις στις οποίες αντιδρούν μεταξύ τους η συγκολλητική ουσία κι ο σκληρυντής είναι είτε εποξειδικός δακτύλιος ($\text{CH}-\text{CH}_2$) είτε τα ενδιάμεσα υδροξύλια της εποξειδικής ουσίας. Για τη σκληρυνση σε συνθήκες περιβάλλοντος (υψηλή συγκόλληση) χρησιμοποιούνται σαν σκληρυντές οι πολυαμίνες* στην περίπτωση αυτή η σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών μακρομορίων της εποξειδικής ουσίας γίνεται με



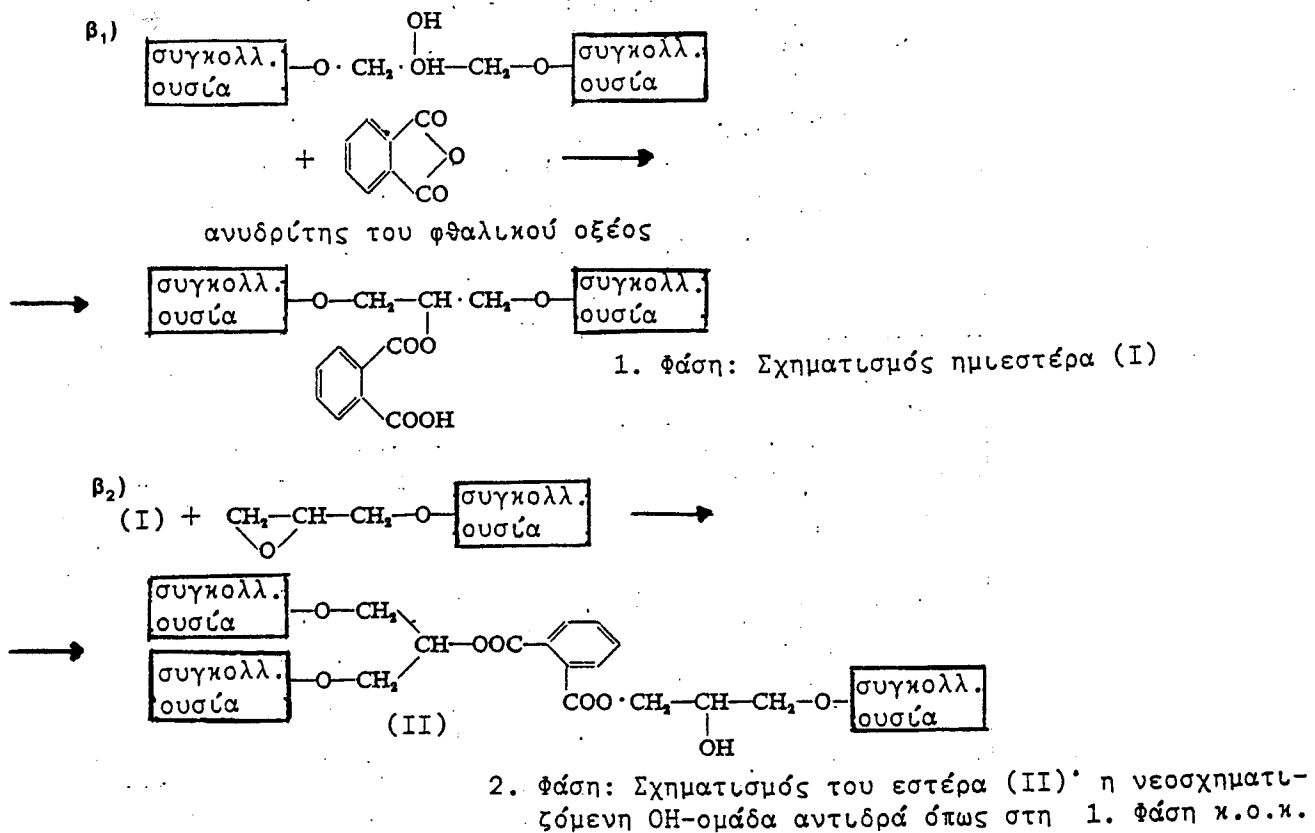
Σχήμα 26
 Παρασκευή εποξειδικής συγκολλητικής ουσίας

προσθήκη της αμίνης στον εποξειδικό δακτύλιο (βλ. παρακάτω αντίδραση). Για τη σκλήρυνση της εποξειδικής ουσίας σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται σαν σκληρυντές οι ανυδρίτες των πολυκαρβονικών οξέων και η σκλήρυνση ολοκληρώνεται σε δύο φάσεις: στην πρώτη φάση σχηματίζεται ημιστέρας, στη δεύτερη φάση γίνεται προσθήκη του καρβονικού οξέος σε τρίτο μοριακό εποξειδικής ουσίας με αποτέλεσμα το σχηματισμό εστέρος ενώ η υδροξυλική ομάδα που νεο-σχηματίζεται αντιδρά περαιτέρω όπως στην πρώτη φάση, κ.ο.κ. (βλ. παρακάτω αντιδράσεις) (Σχήμα 27)

α) ψυχρή σκλήρυνση με πολυαμίνες



β) σκλήρυνση σε υψηλές θερμοκρασίες με ανυδρίτες οξέων



Σχήμα 27. Σκλήρυνση της εποξειδικής συγκολλητικής ουσίας

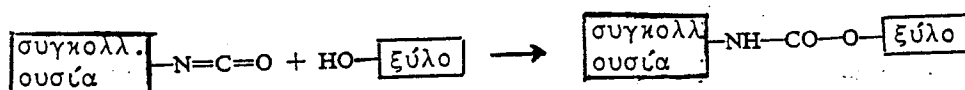
Οι εποξειδικές συγκολλητικές ουσίες διακρίνονται για το σχετικά μικρό ιξώδες τους (200 μέχρι 2000 mPa.s) είναι άχρωμες και εμφανίζουν καλή ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, καλή αντοχή δεσμών, αναπτύσσουν μεγάλες δυνάμεις συναφείας όχι μόνο με το ξύλο και τα προϊόντα ξύλου αλλά και με άλλα υλικά όπως είναι οι πολυεστερικές ρητίνες, άλλες θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες κ.ά. Πρόσθετες ουσίες που συνήθως αναμιγνύονται με αυτές τις συγκολλητικές ουσίες είναι ο ασβέστης, ο χαλαζίας, ο καολίνης, η κόνη πορσελάνης, η κόνη θερμοπλαστικών ρητινών και το καουτσούκ.

Το κυριότερο μειονέκτημα των εποξειδικών συγκολλητικών ουσιών είναι το μεγάλο κόστος τους και η μικρή διάρκεια επεξεργασίας τους (διάρκεια μέσα στην οποία είναι δυνατή ακόμη η επεξεργασία τους μετά την προσθήκη του σκληρυντή). Ένα άλλο σοβαρό μειονέκτημα είναι ότι οι σκληρυντές τους ερεθίζουν την επιδερμίδα και τους επιθηλιακούς ιστούς του απασχολούμενου με την επεξεργασία τους προσωπικού* επίσης η ίδια η συγκολλητική ουσία είναι γνωστό ότι προκαλεί σοβαρές αλλεργικές παθήσεις. Λόγω αυτών των μειονεκτημάτων επιβάλλεται κατά την επεξεργασία και χρήση αυτών των συγκολλητικών ουσιών να παίρνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα προστασίας της υγείας στους χώρους εργασίας του προσωπικού.

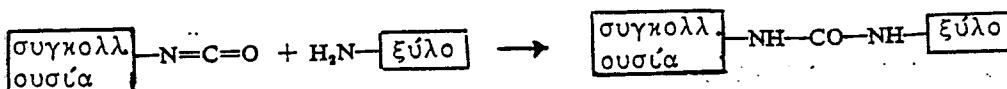
3.2 Πολυουρεθάνες (Πολυισοκυανικοί εστέρες, Ισοκυανότες)

Οι πολυουρεθάνες είναι πολυεστέρες του καρβαμιδικού οξέος και διακρίνονται για τη μεγάλη χημική δραστηριότητά τους και την ικανότητα να χρησιμοποιούνται σε μεγάλα πάχη στρώσεων κατά τις συγκολλήσεις διαφόρων υλικών. Παρ' όλο ότι είναι ακριβότερες σε σύγκριση με τις άλλες θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες οι εξαιρετικές ιδιότητες τους (η καλή ανθεκτικότητα σε νερό, οι μεγάλες δυνάμεις συναρμείας που αναπτύσσουν και η ικανότητα να παράγουν διάφορα ακράδη προϊόντα) υπόσχονται μελλοντικά μια ευρύτερη συμμετοχή τους στη συγκόλληση του ξύλου και των προϊόντων ξύλου.

Η ισοκυανική ομάδα ($-N=C=O$) της συγκολλητικής ουσίας είναι εκείνη που αντιδρά με ορισμένες χημικές ομάδες του προς συγκόλληση υλικού (ξύλο, κυτταρίνη, ύαλος, μέταλλο, πλαστικά, βεονίκια) και σχηματίζει ισχυρές δυνάμεις συναρμείας (βλ. παρακάτω αντίδραση) (Σχήμα 28).



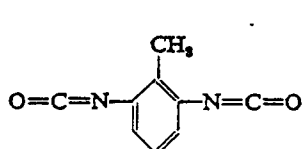
χημική ένωση της συγκολλητικής ουσίας με το ξύλο με σχηματισμό δεσμών ουρεθάνης



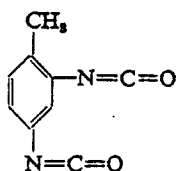
χημική ένωση της συγκολλητικής ουσίας με το ξύλο με σχηματισμό δεσμών ουρίας

Σχήμα 28

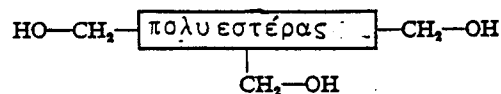
Στην περίπτωση που οι πολυουρεθάνες σχηματίζονται από τη μίξη δύο συστατικών το ρόλο του σκληρυντή έχουν οι ισοκυανάτες (εστέρες του ισοκυανικού οξέος $R-N=C=O$) που συνήθως είναι η δι- και τριϊσοκυανάτη ενώ το ρόλο της βασικής συγκολλητικής ουσίας έχουν συνήθως οι πολυεστέρες ή οι πολυαιθέρες που περιέχουν υδροξυλιανές ομάδες (Σχήμα 29). Η ταχύτητα της χημικής αντίδρασης που συμβαίνει με την ανάμιξη των δύο συστατικών (Σχήμα 30) μπορεί να επηρεασθεί με κατάλληλους καταλύτες.



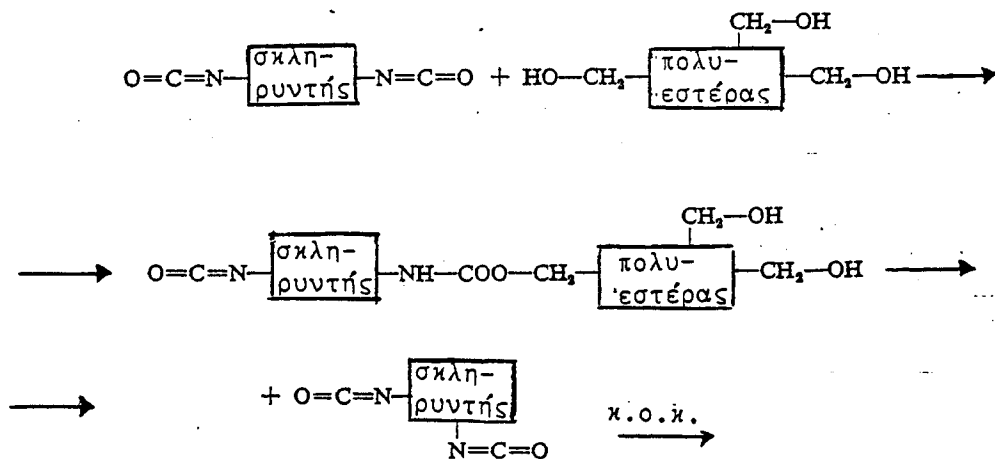
2,6- διϊσοκυανάτη του τολουενίου



2,4- διϊσοκυανάτη του τολουενίου



Σχήμα 29



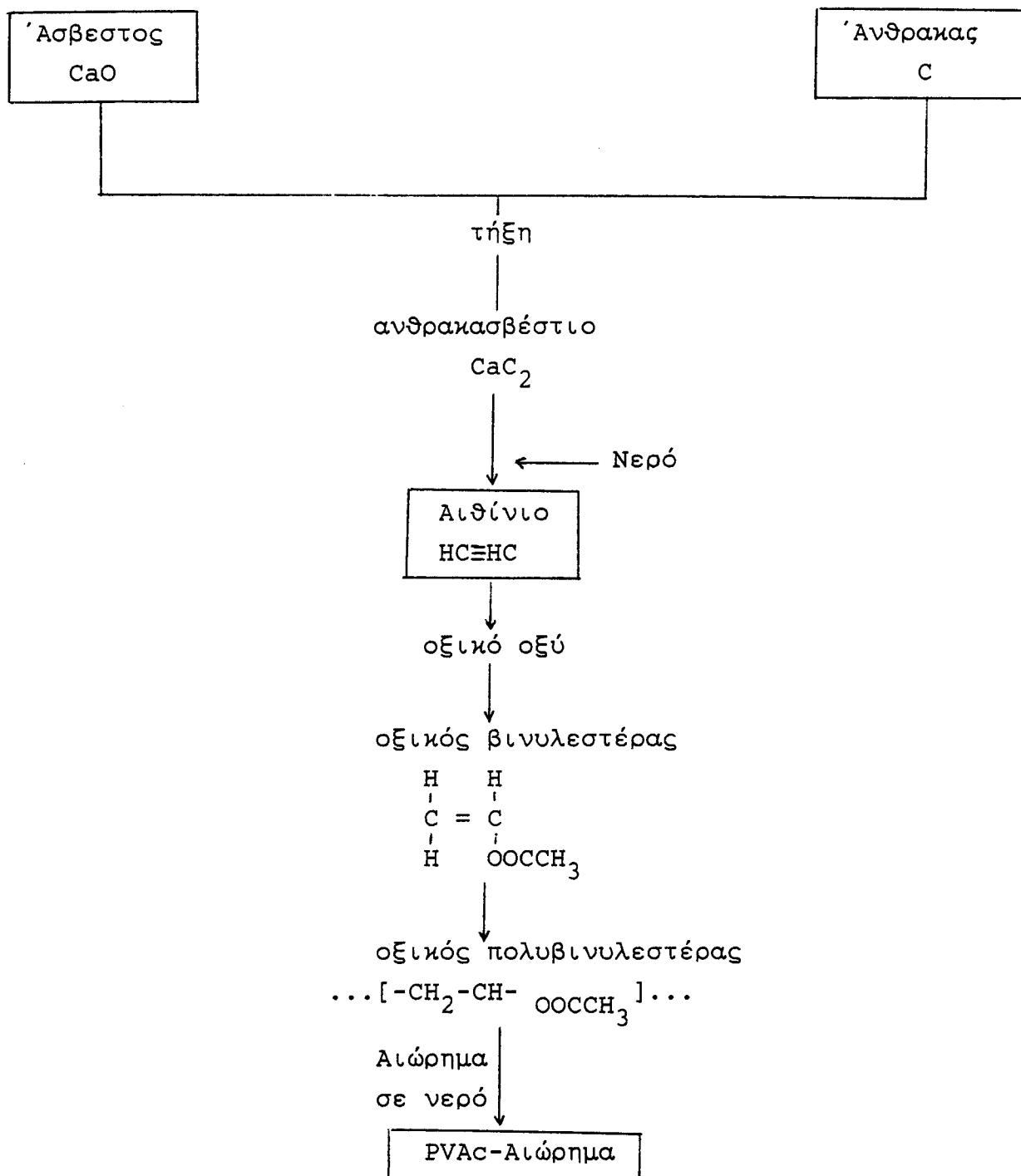
Σχήμα 30

Οι κοινές πολυουρεθάνες έχουν διάρκεια επεξεργασίας από 4-8 ώρες στους 20 °C και διάρκεια θερμής συμπίεσης κατά τη συγκόλληση από 4 ώρες μέχρι 2 ημέρες· είναι ευνόητο ότι μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη σκλήρυνση συνεπάγεται και αντίστοιχη μείωση της διάρκειας συμπίεσης. Για το σκοπό της επιτάχυνσης της σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας συνιστάται να επαλείφεται η επιφάνειά του προς συγκόλληση υλικού με διάλυμα ουρίας (20% συγκέντρωση), οπότε η διάρκεια σκλήρυνσης μειώνεται σε 2-3 ώρες σε θερμοκρασία 20 °C. Οι πολυουρεθάνες σαν συγκολλητικές ουσίες διακρίνονται για τις εξαιρετικές ιδιότητές τους μεταξύ των σποίων οι κυριότερες είναι: δεν προσβάλλουν και δεν μεταχρωματίζουν το ξύλο, κατάλληλες για συγκόλληση διαφορετικών υλικών, δεν διαβρώνουν τα μέταλλα, δεν εκλύουν φορμαλδεΐδη, η συγκόλληση είναι ανθεκτική σε ζεστό νερό, σε επιδράσεις χημικών αντιδραστηρίων και σε προσβολές από μύκητες και βακτήρια.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματά τους είναι το μεγάλο κόστος τους και η αναγκαιότητα να παίρνονται κατάλληλα μέσα προστασίας για να αποφευχθούν ασθένειες των αναπνευστικών οργάνων των εργαζομένων που προκαλούνται από πτητικές ενώσεις των ισοκυανικών εστέρων.

4. Οξικός Πολυβινυλεστέρας (PVAc)

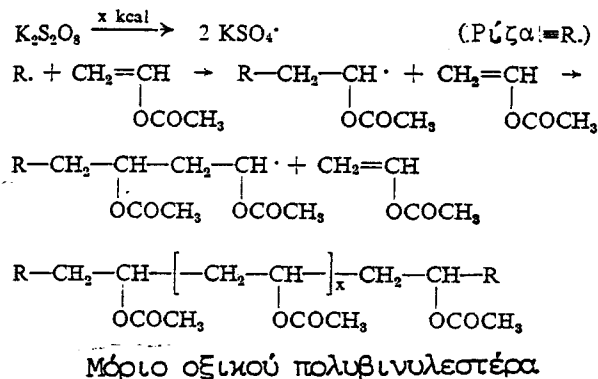
Πρόκειται για θερμοπλαστική συγκολλητική ουσία που σκληρύνεται σχετικά γρήγορα ακόμη και σε θερμοκρασίες του περιβάλλοντος και παρουσιάζει μακρά διάρκεια επεξεργασίας μετά την προσθήκη του σκληρυντή. Είναι άχρωμη, κυκλοφορεί συνήθως σαν γαλάκτωμα σε νερό, έχει το πλεονέκτημα ότι δεν είναι εύφλεκτος, είναι ακίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία, έχει καλή ελαστικότητα δεσμών, είναι άοσμος, έχει μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης, και μεγάλη αντοχή δεσμών. Τα μειονεκτήματά της είναι ότι έχει μεγαλύτερο κόστος από τις συγκολλητικές ουσίες πολυσιμπικνώσεως (με εξαίρεση τη ρεσορκινόλη), ότι εμφανίζει ερπυσμό όταν η συγκόλληση υπόκειται επίδραση υψηλών θερμοκρασιών ή τάσεων εφελκυσμού



Σχηματική παράσταση σύνθεσης οξικού πολυβινυλεστέρα (PVAc)

με αποτέλεσμα την εξασθένιση των δεσμών· ένα σημαντικό επίσης μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι ανθεκτική σε επίδραση υγρασίας ή νερού και σε προσβολές βακτηρίων ή μυκήτων. Η ανθεκτικότητα σε υγρασία ή νερό μπορεί να βελτιωθεί με προσθήκη κατάλληλων συγκολλητικών ουσιών πολυσυμπυκνώσεως.

Σαν πρώτη ύλη για την παρασκευή αυτής της συγκολλητικής ουσίας χρησιμοποιείται ο οξικός βινυλεστέρας ο οποίος παρουσιάζει γαλακτοποιητών (πολυβινυλική αλκοόλη ή υδροξυαιθυλική κυτταρίνη) και με τη βοήθεια μηχανικών μέσων καταμερίζεται (διασπείρεται) σε νερό. Η έναρξη της αντίδρασης του πολυμερισμού γίνεται με την προσθήκη υπερξειϊκού νατρίου ή καλίου και σύγχρονη αύξηση της θερμοκρασίας. Το είδος του προστιθέμενου γαλακτοποιητή καθορίζει τη διάμετρο των μεριδίων διασποράς της συγκολλητικής ουσίας των οποίων η διάμετρος, στην περίπτωση που η συγκολλητική ουσία προορίζεται για συγκόλληση ξύλου, κυμαίνεται από 1 μέχρι 2 μμ. Η αντοχή των δεσμών συγκόλλησης εξαρτάται από το είδος και την κατάσταση επιφάνειας των προς συγκόλληση υλικών, από τις πρόσθετες ουσίες, από το βαθμό πολυμερισμού της συγκολλητικής ουσίας και τις συνθήκες επεξεργασίας της.

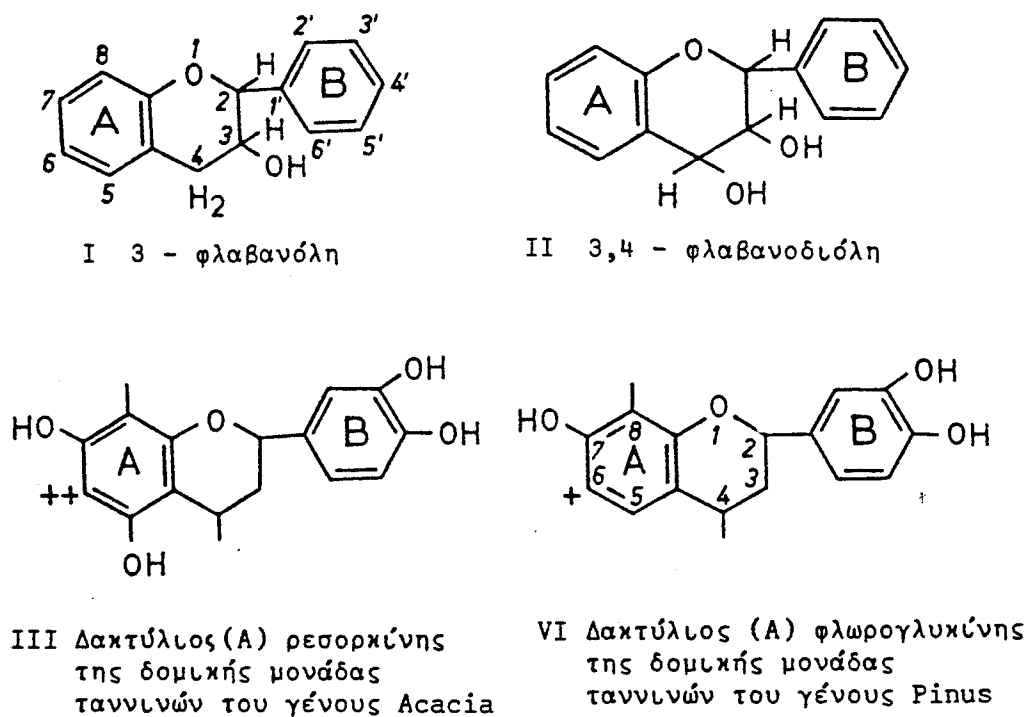


Η συγκόλληση συνήθως γίνεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (ψυχρή συγκόλληση) με γαλάκτωμα της συγκολλητικής ουσίας· όμως είναι δυνατή επίσης και θερμή συγκόλληση σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C.

5. Συγκολλητικές ουσίες με βάση τις φυτικές ταννίνες

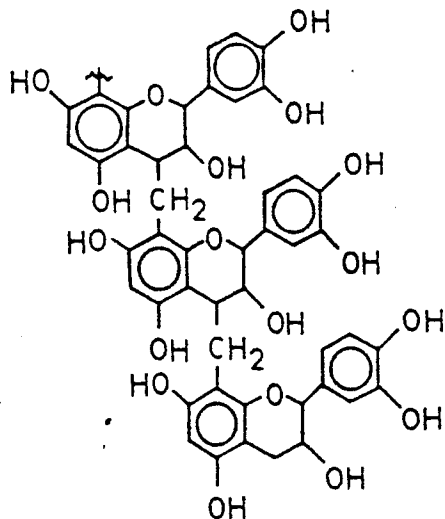
Ήδη από τη δεκαετία του 50 αρχίζει να διαφαίνεται το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση ταννινών σαν πρώτων υλών στην παραγωγή συγκολλητικών ουσιών ξύλου. Βασικός στόχος είναι η αντικατάσταση των συνθετικών συγκολλητικών ουσιών τύπου φαινόλης που παράγεται από το πετρέλαιο από άλλες οργανικές ενώσεις παρόμοιας δομής και ιδιοτήτων που προέρχονται από διαρκώς ανανεούμενες φυτικές ύλες. Το ενδιαφέρον αυτό ιδιαίτερα εντάθηκε μετά την ενεργειακή κρίση (κρίση πετρελαίου) του 1973. Σήμερα σε αρκετές χώρες παράγονται και αξιοποιούνται βιομηχανικώς από τις ταννίνες κατάλληλες συγκολλητικές ουσίες ξύλου με φαινολικό χαρακτήρα ενώ σε άλλες χώρες έχει σχεδιασθεί η βιομηχανική παραγωγή τους. Η παραγωγή των ταννινών από τις φυτικές ύλες όπου περιέχονται (κυρίως φλοιός διαφόρων δασικών ειδών) γίνεται με εκχύλιση με χρησιμοποίηση

διαφόρων διαλυτών όπως είναι το νερό, το βενζόλιο, η αιθανόλη, ο αιθέρας και το καυστικό νάτριο. Οι ταννίνες από χημικής άποψης διακρίνονται στις υδρολύσιμες και τις συμπτυκνυμένες. Ενδιαφέρον για την αξιοποίησή τους στην παραγωγή συγκολλητικών ουσιών παρουσιάζουν μόνο οι συμπτυκνυμένες ταννίνες επειδή δείχνουν ισχυρή ικανότητα αντίδρασης με τη φορμαλδεΐδη και ευρίσκονται στη φύση σε μεγάλες ποσότητες. Οι συμπτυκνυμένες ταννίνες παράγονται κυρίως από τα φλοιό ή το ξύλο διαφόρων δασικών ειδών από τα οποία τα κυριότερα ανήκουν στα γένη *Acacia*, *Schinopsis*, *Rhizophora*, *Brugiera*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Picea*, *Larix* και *Pinus*. Οι συμπτυκνυμένες ταννίνες είναι κυρίως ολιγομερή ή πολυμερή προϊόντα συμπτυκνώσεως της πολυυδρξυφλαβόνης τύπου κατεχίνης (I) ή λευκοανθοκυανιδίνης (II), και η χημική δομή τους διαφέρει ανάλογα με τη φυτική ύλη που προέρχονται κι απ' το βαθμό συμπτυκνώσεως των δομικών μονάδων τους. Έτσι π.χ. ο δακτύλιος A της δομικής μονάδας των ταννινών του γένους *Acacia* έχει κυρίως τη δομή της ρεσορκίνης (III) ενώ ο αντίστοιχος δακτύλιος των ταννινών του γένους *Pinus* τη δομή της φλωρογλυκίνης (VI) (Σχήμα 31).



Σχήμα 31. Δομικές μονάδες συμπτυκνυμένων ταννινών (Ayla/Weissmann 1982)

Οι συμπτυκνυμένες ταννίνες συμπεριφέρονται κατά την αντίδρασή τους με αλδεΐδες όπως και οι φαινόλες. Τα προϊόντα της αντίδρασης είναι αδιάλυτα υψηλού μοριακού βάρους προϊόντα συμπτυκνώσεως. Η φορμαλδεΐδη η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σαν σκληρυντής των συγκολλητικών ουσιών ξύλου μπορεί να αντιδράσει με τα ενεργά άτομα C του δακτυλίου A της δομικής μονάδας των ταννινών και να συνδεθεί με σχηματισμό μεθυλοσμάδων. Οι εξαιρετικά δραστηκές μεθυλοσμάδες μπορούν στη συνέχεια με αποβολή νερού και σχηματισμό μεθυλενικών δεσμών να ενωθούν με άλλα μόρια των ταννινών και να σχηματίσουν πολυδιάστατα μόρια (Σχήμα 32).



Σχήμα 32. Πολυδιάστατο μόριο Ταννίνης - Φορμαλδεΐδης (Dix/Marutzky 1982)

Η εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα αντίδρασης των ταννινών με τη φορμαλδεΐδη αποτελεί μειονέκτημα από την άποψη ότι μετά την αντίδραση η διάρκεια ζωής του μίγματος της συγκολλητικής ουσίας είναι εξαιρετικά μικρή. Γι' αυτό το λόγο προτιμότερη είναι η χρησιμοποίηση της ολιγότερο δραστικής παραφορμαλδεΐδης ή εξαμεθυλοτετραμίνης σαν σκληρυντών.

Ένα άλλο μειονέκτημα των ταννινών αφορά το ιξώδες τους το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο απ' ό,τι συνθετικές φαινόλες της ίδιας συγκέντρωσης. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη εκτός των φαινολικών συστατικών και μη φαινολικών συνοδών ουσιών όπως είναι τα σάκχαρα και οι πηκτίνες. Η μείωση του μεγάλου ιξώδους των ταννινών έχει επιτευχθεί στην πράξη με διάφορους τρόπους όπως π.χ. η προσθήκη μικρών ποσοτήτων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών π.χ. φαινόλης ή ουρίας ή ο χειρισμός των ταννινών με οξέα ή αλκάλια με σκοπό την υδρόλυση των υπαρχόντων μεγαλομοριακών μη φαινολικού χαρακτήρα συνοδών ενώσεων.

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η σημασία των ταννινών σαν αμιγών συγκολλητικών ουσιών ξύλου, εξ' αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων αλλά και των σχετικά εύθροπτων συγκολλητικών δεσμών που παρουσιάζουν, είναι μικρή. Αντίθετα η χρήση τους είναι δυνατή - κι αυτό γίνεται στην πράξη - όταν χρησιμοποιούνται σε μίξη με άλλες συνθετικές ενώσεις τους λεγόμενους "ενισχυτές" όπως είναι οι φαινόλη, η κρεσόλη, η ξυλενόλη και οι ισοκυανικοί εστέρες. Όπως προκύπτει από διάφορες έρευνες που έγιναν σε ξένες χώρες και στην Ελλάδα ο φλοιός ορισμένων δασπονικών ειδών πεύκης που φύονται στην Ελλάδα (*Pinus halepensis* και *Pinus brutia*) είναι κατάλληλος για την παραγωγή συγκολλητικών ουσιών ταννίνης-φορμαλδεΐδης.

Πίνακας 9. Ιδιότητες συγκολλητικών ουσιών μετά την πλήρη σκλήρυνσή τους

Συγκολλητικές ουσίες	Αντοχή σε διάτμηση (Kp/cm ²)		PH	Προσρόφηση νερού μετά 24 ώρες εμ- βάπτισης(%)	Όριο ελα- στικότητας Mp/cm ²	Χρώμα	Ανθεκτικότητα έναντι					
	Ξηρή κατάσταση	24 ώρες εμβά- πτιση σε νερό					Νερού 20°C	Νερού 100°C	Αλκοόλης (96%)	Οργανικών διαλυμάτων	Οξέων (10%)	Αλκαλίων (2%)
Καζεΐνη	80	10	10	7...10	38	κίτρινο	-	-	+	+	-	-
Γλουτολίνη	100	0	6			καστανό	-	-	-	+	-	-
Δεξτρίνη	80	0	5			κίτρινο	-	-	-	-	-	-
Νιτροκυτταρίνη	100	10	6	0,6	10...30	κίτρινο	(+)	-	-	-	-	-
Φαινόλη-φορμαλδεΐδη												
- ψυχρής σκλήρυνσης	100	80	3	0	10...100	καστανό	+	(+)	+	+	+	(+)
- θερμής σκλήρυνσης	100	90	10	0	10...100	καστανό	+	(+)	+	+	+	+
Ρεσορκίνη-φορμαλδεΐδη	100	90	7,5	0	10...100	καστανό	+	+	+	+	+	+
Ουρία-φορμαλδεΐδη												
- ψυχρής σκλήρυνσης	100	10	5	0,8	80	άχρωμο	(+)	-	+	+	-	-
- θερμής σκλήρυνσης	100	30...60	6	0,8	80	άχρωμο	(+)	-	+	+	-	-
Μελαμίνη-φορμαλδεΐδη	100	70	7,5	0,1	80...100	άχρωμο	+	(+)	+	+	-	-
Ακόρεστος Πολυεστέρας	80	20	4,5	0,2	40...60	ασθενώς κίτρινο	+	-	+	+	(+)	(+)
Εποξειδική ρητίνη												
- ψυχρής σκλήρυνσης	80	60	8	0	40...50	άχρωμο	+	(+)	+	+	+	+
- θερμής σκλήρυνσης	100	80	6	0	40...60	άχρωμο	+	(+)	+	+	+	+
Πολυουρεθάνη	100	80	7	0	40	άχρωμο	+	+	+	+	+	+
Οξικός Πολυβινυλεστέρας	100	5	5	2	25	άχρωμο	-	-	-	-	-	-
Χλωριομένο Καουτσούκ			7	0		κίτρινο	+	(+)	+	(+)	+	+
Εύτηκτη θερμοπλαστική ρητίνη (Πολυαιθυλένιο/Οξι- κός Πολυβινυλεστέρας)	80	6	7	0,6	10	άχρωμο μέχρι καστανό	-	-	-	-	-	-

-: μη ανθεκτική, (+): μέτρια ανθεκτική, +: ανθεκτική

Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv 1975. Werkstoffe aus Holz. VFB Fachbuchverlag, Leipzig
- Autorenkollektiv 1984. Wissenspeicher Holztechnik. VEB Fachbuchverlag, Leipzig
- Ayla G., Weissmann, G. 1981. Verwendung der Polyphenole aus der Rinde von Pinus brutia Ten. zur Herstellung von Holzleimen. Holz als Roh-Werkstoff 39: 91-95
- Deppe H-J, Ernst, K. 1964. Technologie der Spanplatten
- Dix B., Marutzky, R. 1982. Möglichkeiten der Verleimung von Holz mit Klebstoffen auf der Basis von natürlichen Polyphenolen. Adhäsion Nr. 12.
- Dunky, M., Eissfeldt D., Henke H., Müller R., Munk E., Nicolay A. 1988. Duroplastische Leime und Holzwerkstoffe. Band 10. Duroplaste in Becker/Braun. Kunststoff-Handbuch. Carl Hanser Verlag München, Wien
- Houwink R., Salomon G. 1965. Adhesion and Adhesives. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York
- Κάββουρας Π. 1985. Εγκυλίσματα φλοιού τραχείας και χαλεπίου πεύκης σαν συστατικά ξυλόκολλας. Δασική Έρευνα VI (1): 21-42
- Pizzi A., Scharfetter H., Kes W. 1981. Adhesives and techniques open new possibilities for the wood processing industry. Experience with tannin based adhesives. Holz Roh-Werkstoff 39: 85-89
- Seifert K. 1960. Angewandte Chemie und Physikochemie der Holztechnik VEB Fachbuchverlag, Leipzig
- Voulgaridis, E., Grigoriou A., Passialis C. 1985. Investigations on bark extractives of Pinus halepensis M. Holz Roh-Werkstoff 43: 269-272.
-
- Τσουμής, Γ. 1986. Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου. Τόμος Β. Βιομηχανική αξιοποίηση. Θεσσαλονίκη.

B. ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ

1. Γενικά

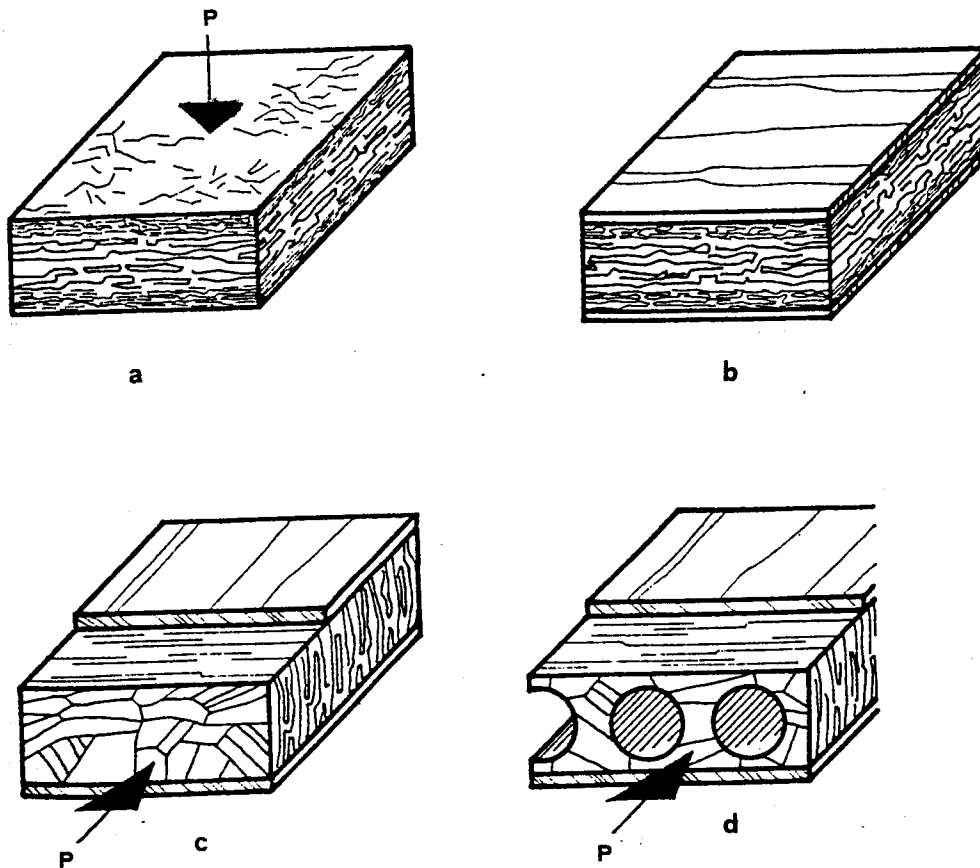
1.1. Ορισμοί

Η μοριοπλάκα ή μοριοσανίδα είναι ένα προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας το οποίο αποτελείται από τεμαχίδια ξύλου ή άλλων φυτικών υλών τα οποία αφού αναμιχθούν με κατάλληλη συγκολλητική ουσία συγκολλούνται με συμπίεση σε θερμή πρέσσα. Με βάση τις διαστάσεις του ξύλου το οποίο συμμετέχει ως πρώτη ύλη η μοριοπλάκα κατέχει μία ενδιάμεση θέση μεταξύ του αντικολλητού και της ινοπλάκας, ενώ από την άποψη της χρονικής εμφάνισης στην αγορά αποτελεί το νεότερο συγκολλημένο προϊόν ξύλου. Ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος της πρέσσας το μήκος της μπορεί να φθάσει τα 12 μ. και το πλάτος τα 2,5 μ. το πάχος της κυμαίνεται από 4 mm έως 120 mm αλλά συνήθως δεν υπερβαίνει τα 40 mm. Ανάλογα με την πυκνότητα οι μοριοπλάκες διακρίνονται σε μικρής (έως 0,60 g/cm³) μέσης (0,60 έως 0,80 g/cm³) και μεγάλης (άνω των 0,80 g/cm³) πυκνότητας. Στη πλειονότητά τους οι μοριοπλάκες που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχουν μέση πυκνότητα.

Ανάλογα με τη θέση των ξυλοτεμαχιδίων στο επίπεδο της πλάκας και τη μέθοδο στρωματώσεως και συμπίεσεως διακρίνονται κοινές και μοριοπλάκες ωθήσεως (βλ. Σχήμα). Στις κοινές μοριοπλάκες η στρωμάτωση των τεμαχιδίων γίνεται παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας και η συμπίεση κάθετα προς αυτό έτσι ώστε τα τεμαχίδια στο μεγαλύτερο ποσοστό τους να έχουν θέση παράλληλη στο επίπεδο της πλάκας. Αντίθετα στις μοριοπλάκες ωθήσεως η στρωμάτωση γίνεται κάθετα ενώ η συμπίεση παράλληλα στο επίπεδο της πλάκας. Γι' αυτό τα ξυλοτεμαχίδια έχουν θέση κάθετη προς το επίπεδο της μοριοπλάκας. Ο συνήθης τύπος των παραγομένων μοριοπλακών είναι οι κοινές μοριοπλάκες ενώ οι μοριοπλάκες ωθήσεως παράγονται παγκοσμίως σε ελάχιστες ποσότητες και χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς στην οικοδομική.

Οι κοινές μοριοπλάκες συνήθως αποτελούνται από σχετικά μικρού μεγέθους ξυλοτεμαχίδια αλλά ορισμένες από αυτές που προορίζονται για ειδικές χρήσεις κατασκευάζονται από ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων στρωματωμένα τυχαίως (Waferboard) ή προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση (κατά μήκος ή πλάτος της πλάκας) (Strandboard).

Ανάλογα με τη δομή που εμφανίζει η εγκάρσια τομή κατά την έννοια του πάχους των πλακών οι μοριοπλάκες διακρίνονται σε μονόστρωμες, τριόστρωμες, πολύστρωμες ή βαθμιδωτής δομής. Οι μονόστρωμες κατασκευάζονται από ξυλοτεμαχίδια ενός τύπου ενώ στις πολύστρωμες τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων έχουν μικρότερες διαστάσεις σε σχέση με εκείνα των μεσαίων στρώσεων και



Κοινές μοριοπλάκες (α. τρίστρωμη γυμνή, β. τρίστρωμη επενδυμένη με ξυλόφυλλο) και μοριοπλάκες ωθήσεως (γ. πλήρης επενδυμένη με ξυλόφυλλο, δ. διάτρητη επενδυμένη με ξυλόφυλλο). p. διεύθυνση της πίεσης κατά την παραγωγή.

η διάκριση μεταξύ των διαφόρων στρώσεων είναι σαφής. Στην περίπτωση των βαθμιδωτής δομής μοριοπλακών δεν υπάρχουν σαφώς διαμορφωμένες στρώσεις στην εγκάρσια τομή αλλά παρατηρείται μία βαθμιδωτή αύξηση των διαστάσεων των ξυλοτεμαχιδίων από τις επιφάνειες προ το κέντρο της πλάκας.

Ανάλογα με το είδος της συγκολλητικής ουσίας διακρίνονται μοριοπλάκες συγκολλημένες με οργανικές πολυμερείς ενώσεις (αμινοπλάστες, φαινολοπλάστες, ισοκυανικοί εστέρες κ.ά.) και με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες (τσιμέντο, γύψος, μαγνησίτης κ.ά.).

Ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειάς τους οι μοριοπλάκες διακρίνονται σε γυμνές, επικαλυμμένες με βερνίκια και επενδυμένες με ξυλόφυλλα ή πλαστικά φύλλα.

Ανάλογα με το σκοπό που προορίζονται να υπηρετήσουν κατά τη χρήση τους διακρίνονται μοριοπλάκες επιπλοποιίας και μοριοπλάκες δομικών κατασκευών στην οικοδομική. Οι κύριες επιθυμητές ιδιότητες των μοριοπλακών επιπλοποιίας είναι: ομοιογενείς, κλειστές και μεγάλης πυκνότητας επιφανειακές στρώσεις αποτελούμενες από μικροξυλοτεμαχίδια ή ίνες, κλειστές εγκάρσιες

τομές (στην έννοια του πάχους της πλάκας), και μικρές διακυμάνσεις του πάχους των πλακών. Οι κύριες απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρούν οι μοριοπλάκες που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν στην οικοδομική είναι: μεγάλη μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα σε επίδραση υψηλής υγρασίας και σε προσβολές μικροοργανισμών.

1.2. Ιστορική εξέλιξη - Ανάπτυξη βιομηχανίας μοριοπλακών

Το κύριο κίνητρο στην ανάπτυξη της μοριοπλάκας υπήρξε η ιδέα να αξιοποιηθούν τα υπολείμματα άλλων βιομηχανιών κατεργασίας ξύλου με τη δημιουργία ενός νέου προϊόντος. Προσπάθειες υλοποίησης τέτοιων σκέψεων στην πράξη με τη χρησιμοποίηση φυσικών συγκολλητικών ουσιών είναι γνωστές στις Η.Π.Α. και την Ευρώπη ήδη από τις αρχές του αιώνα μας. Όμως η τεχνική εφαρμογή της ιδέας αυτής αρχίζει να υλοποιείται μόνο μετά την ανάπτυξη των συνθετικών συγκολλητικών ουσιών. Βασική συμβολή στην ολοκλήρωση της τεχνολογίας παραγωγής των κοινών μοριοπλακών αποτελούν οι εργασίες του Pfohl μέχρι το 1936 στη Τσεχοσλοβακία, του Fahrni από το 1940 στην Αυστρία και αργότερα στην Ελβετία, του Himmelheber κ.ά. από το 1946 στη Γερμανία και τέλος του Klauditz και των συνεργατών του από το 1946 στη Γερμανία. Η πρώτη μονάδα παραγωγής μοριοπλακών από πριονίδια ξύλου άρχισε το 1941 στη Βρέμη (Γερμανία). Μία μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής τρίστρωμων μοριοπλακών ιδρύθηκε από τον Fahrni το 1944 στο Κλιγκάου (Ελβετία). Την ίδια περίπου χρονική περίοδο αρχίζει η λειτουργία βιομηχανικής παραγωγής μοριοπλακών στο Γουϊλμινγκτον και Βόρειο Σακραμέντο των Η.Π.Α. Το 1947 αρχίζει να λειτουργεί στο Βέλγιο το πρώτο εργοστάσιο μοριοπλακών με βάση υπολείμματα κατεργασίας λιναριού. Η πρώτη μονάδα παραγωγής μοριοπλακών στην Ελλάδα άρχισε να λειτουργεί στις αρχές της δεκαετίας του 1960.

Η βιομηχανία μοριοπλακών από την εμφάνισή της μέχρι σήμερα έχει γνωρίσει μία αλματώδη ανάπτυξη εάν λάβει κανείς υπ'όψη ότι η παγκόσμια παραγωγή μοριοπλακών από 3941 εκ. m³ το 1960 ανήλθε σε 96268 εκ. m³ το 2004 (βλ. Πίνακα). Η εντυπωσιακή αυτή ανάπτυξη ιδιαίτερα στην Ευρώπη αποδίδεται στους ακόλουθους παράγοντες:

- Δυνατότητες χρησιμοποίησης της μοριοπλάκας σε ποικίλες εφαρμογές,
- Αξιοποίηση στρογγύλης ξυλείας μικρών διαστάσεων και ιδιαίτερα υπολειμμάτων άλλων μορφών κατεργασίας ξύλου· επίσης αξιοποίηση των λιγνινοκυτταρινικών υπολειμμάτων διαφόρων γεωργικών καλλιεργειών,
- Ανάπτυξη κατάλληλων μηχανημάτων και συνθετικών συγκολλητικών ουσιών,
- Η σχεδόν πλήρως μηχανοποιημένη και αυτοματοποιημένη παραγωγή του προϊόντος στο εργοστάσιο γεγονός που εξασφαλίζει υψηλό βαθμό παραγωγικότητας.

Εκτός των παραπάνω αναφερθέντων η ευρεία αποδοχή της μοριοπλάκας ως κατασκευαστικού υλικού στην επιπλοποιΐα και την οικοδομική οφείλεται σε μια σειρά ευνοϊκών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών όπως είναι: ομοιομορφία ιδιοτήτων κατά το μήκος και το πλάτος της, καλή διαστασιακή σταθερότητα, ικανοποιητικές υγροσκοπικές και μηχανικές ιδιότητες, δυνατή η κατασκευή της σε μεγάλο εύρος πάχους, και μικρότερο κόστος σε σύγκριση με τα άλλα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.

Ο επόμενος Πίνακας δείχνει τη διαχρονική εξέλιξη της παραγωγής μοριοπλακών παγκοσμίως και σε ορισμένες ηπείρους και χώρες του κόσμου.

Διαχρονική εξέλιξη της παραγωγής μοριοπλακών* από το 1960 έως το 2004 σε ορισμένες χώρες, ηπείρους και παγκοσμίως (σε 1000 m³)

	1960	1970	1980	1990	2000	2004
Αφρική	14,4	169,0	400,8	460,5	460,8	955,3
Ασία	133,8	603,2	2057,0	3233,0	8219,0	12834,5
Β. Αμερική	631,9	3410,0	6628,0	9989,0	31525,9	32933,6
Ευρώπη	2812,0	12264,0	23888,0	27882,0	40400,0	45076,8
Γερμανία	1146,2	4357,8	6978,0	7939,0	10341,0	9800,0
ΗΠΑ	578,0	3127,0	5361,0	6877,0	21162,0	21169,0
Ελλάς	-	70	288	275	593,9	820,8
Παγκοσμίως	3941,0	19141,0	40335,0	50464,3	84817,0	96267,9

*Συμπεριλαμβάνεται και η OSB

Από τη διαχρονική εξέλιξη της παραγωγής μοριοπλακών σε σχέση με τη πριστή ξυλεία, τα ξυλόφυλλα και τα άλλα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου όπως αυτή παρουσιάζεται στον επόμενο Πίνακα είναι εμφανής η ταχύτατη ανάπτυξη της βιομηχανίας μοριοπλακών παγκοσμίως.

Παγκόσμια παραγωγή των κυριότερων προϊόντων ξύλου από το 1960 έως το 2004 (σε 1000 m³)

	1960	1970	1980	1990	2000	2004
Ξυλόφυλλα	1149,8	3202,9	4440,0	5210,4	8038,4	9522,4
Αντικολλητά	16519,9	33413,7	32432,1	48156,8	58199,0	68067,4
Μοριοπλάκες	3941,0	19141,00	40335,0	50464,3	84817,0	96267,9
Ινοπλάκες	4674,5	14021,8	16961,4	20215,6	33714,5	51071,6
Πριστή Ξυλεία	77966,5	98546,4	115633,3	131838,1	107907,4	102957,7

2. Πρώτες ύλες

2.1. Ξύλο και άλλες λιγνινοκυτταρινικές φυτικές ύλες

Η κύρια πρώτη ύλη για μοριοπλάκες είναι το ξύλο· όμως είναι δυνατή η χρησιμοποίηση κι άλλων λιγνινοκυτταρινικών φυτικών υλών όπως είναι τα ξυλώδη υπολείμματα των φυτών της βαμβακιάς, του λιναριού, του ζαχαροκάλαμου, τα άχυρα των δημητριακών, η τροπική κάλαμος (μπαμπού) κ. ά.

Δασικά είδη

Ένας ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός δασικών ειδών αξιοποιείται παγκοσμίως στην παραγωγή μοριοπλακών. Παρόλο που από τεχνολογικής άποψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε δασικό είδος στην επιλογή του βαρύνουσα σημασία έχει η διαθεσιμότητα (συνεχής τροφοδότηση της βιομηχανίας) και το κόστος αγοράς. Εφόσον υπάρχουν επαρκείς ποσότητες και οι τιμές αγοράς είναι συμφέρουσες προτιμούνται λόγω μειωμένων μεταφορικών εξόδων δασικά είδη που φύονται στην περιοχή του εργοστασίου παραγωγής. Συνήθως η πρώτη ύλη στις βιομηχανίες μοριοπλακών αποτελείται από περισσότερα του ενός δασικά είδη τα οποία συμμετέχουν σε ορισμένες αναλογίες μείξεως. Προκειμένου να εξασφαλισθεί στη μοριοπλάκα μία σταθερή ποιότητα οι αναλογίες μείξεως των διαφόρων δασικών ειδών και των κατηγοριών ξύλου (στρογγύλη ξυλεία, διάφορες μορφές υπολειμμάτων κατεργασίας ξύλου) πρέπει να διατηρούνται κατά το δυνατόν σταθερές. Είναι προφανές ότι η εξασφάλιση μοριοπλακών αρίστων ιδιοτήτων προϋποθέτει την κατάλληλη προσαρμογή των τεχνολογικών παραμέτρων παραγωγής τους π.χ. προσθήκη υδρόφοβων και συγκολλητικών ουσιών, συνθήκες συμπίεσης κ.ά. στις ιδιαιτερότητες του ξύλου των δασικών ειδών π.χ. πυκνότητα, δομή, τιμή-pH. Έτσι π.χ. αναφορικά με το pH δυσκολίες μπορεί να εμφανισθούν κατά τη συγκόλληση του ξύλου της λεύκης με ουρία-φορμαλδεΐδη και του ξύλου της δρυός με φαινόλη-φορμαλδεΐδη.

Μεταξύ μοριοπλακών της ίδιας πυκνότητας τη μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη εμφανίζουν αυτές που κατασκευάζονται από δασικά είδη μικρότερης πυκνότητας γεγονός που αποδίδεται στον υψηλότερο βαθμό συμπιεστικότητας των ξυλοτεμαχιδίων τους. Ο εγκάρσιος εφελκυσμός της μοριοπλάκας επηρεάζεται από την πυκνότητα της μεσαίας στρώσης και την ποιότητα της συγκόλλησης ενώ η αντοχή σε κάμψη από την πυκνότητα των επιφανειακών στρώσεων. Για τον παραπάνω λόγο συνήθως χρησιμοποιούνται όπου αυτό είναι δυνατό δασικά είδη μικρής πυκνότητας ξύλου στις επιφανειακές στρώσεις και μεγαλύτερης πυκνότητας στη μεσαία στρώση. Δασικά είδη μεγάλης πυκνότητας συνεπάγονται υψηλότερο κόστος μεταφοράς, αμβλύνουν γρηγορότερα τα κοπτικά μέσα και απαιτούν περισσότερη ενέργεια κατά τον τεμαχισμό τους στους σπαστήρες. Δακτυλιόπορα

είδη όπως π.χ. η δρυς λόγω της δομής τους επηρεάζουν δυσμενώς τη γεωμετρία των ξυλοτεμαχιδίων τα οποία επι πλέον λόγω ηυξημένης διαπερατότητας απορροφούν μεγαλύτερες ποσότητες συγκολλητικής ουσίας.

Τα κυριότερα δασικά είδη που χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α. είναι τα διάφορα είδη πεύκης, η ψευδοτσούγκα, η ερυθρελάτη, η σεκβόϊα, η λεύκη, η σημύδα κ.ά., ενώ στην Ευρώπη η δασική πεύκη, η ερυθρελάτη, η ελάτη, η οξιά, η λεύκη, η σημύδα κ.ά. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η λεύκη, τα διάφορα είδη πεύκης, η οξιά, η ελάτη και διάφορα τροπικά είδη υπό μορφή υπολειμμάτων παραγωγής ξυλοφύλλων και αντικολλητών.

Ο όγκος του απαιτούμενου ξύλου για την παραγωγή ενός m^3 μονόστρωμης μοριοπλάκας δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V = \frac{\rho \cdot \text{Καπ.}\xi \cdot 10^4}{(100+u) (100+P+Z) \cdot R}$$

όπου,

V: ο όγκος του ξύλου (υγρασίας > 30%) σε m^3 που απαιτείται για την παραγωγή $1 m^3$ μοριοπλάκας,

ρ : η πυκνότητα της μοριοπλάκας (υγρασίας u) σε Kg/m^3

Καπ.ξ: συντελεστής απωλειών ξύλου στις διάφορες φάσεις παραγωγής της μοριοπλάκας,

P: το ποσοστό της ξηρής μάζας της συγκολλητικής ουσίας (με βάση τη ξηρή μάζα των ξυλοτεμαχιδίων) σε (%),

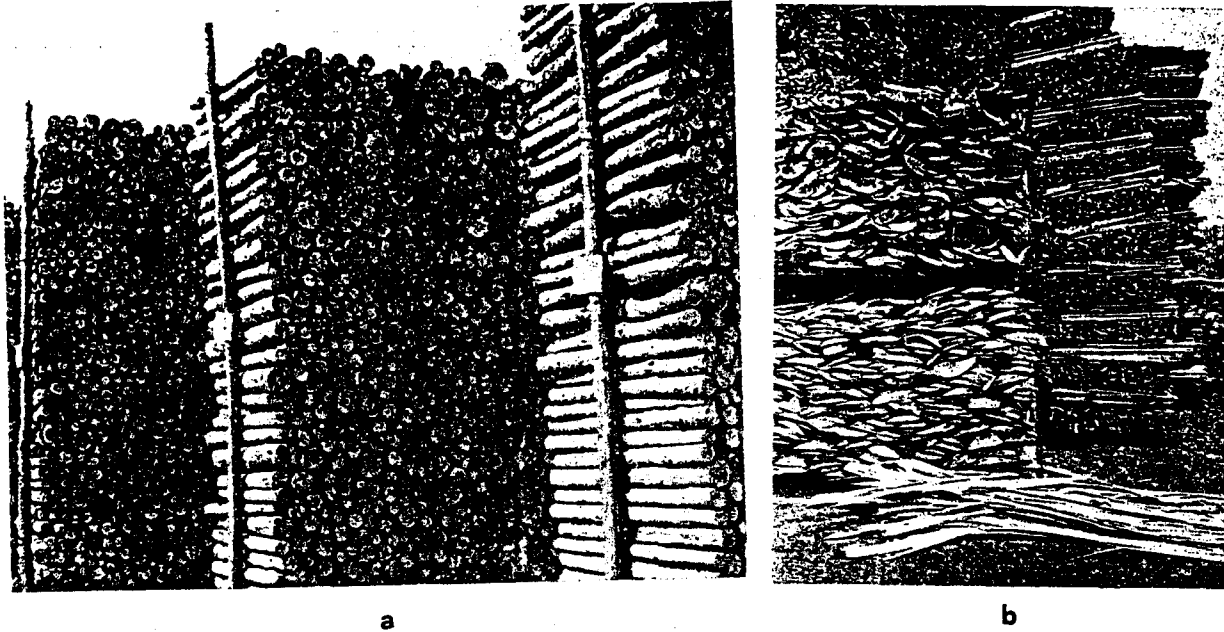
Z: το ποσοστό του σκληρυντή και των άλλων πρόσθετων (με βάση τη ξηρή μάζα των ξυλοτεμαχιδίων), σε (%),

u: η υγρασία της μοριοπλάκας, σε (%),

R: η βασική πυκνότητα του ξύλου του συγκεκριμένου δασικού είδους (ξηρή μάζα/χλωρός όγκος), σε Kg/m^3

2.2. Διάφορες κατηγορίες ξύλου

Το ξύλο ως πρώτη ύλη παραγωγής ξυλοτεμαχιδίων για μοριοπλάκες μπορεί να αξιοποιείται σε διάφορες μορφές όπως είναι: στρογγύλη ξυλεία, υπολείμματα υλοτομιών στα δάση, βιομάζα ισταμένων δασικών δέντρων ή φυτειών ταχυαυξών ειδών, υπολείμματα από άλλες πρωτογενείς και δευτερογενείς κατεργασίες του ξύλου (πριστήρια, μονάδες παραγωγής ξυλοφύλλων, επιπλοποιείων, κ.ά.). Η δυνατότητα ελέγχου της γεωμετρίας των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων εξαρτάται άμεσα από τη μορφή και τις διαστάσεις της προσφερόμενης πρώτης ύλης.



Στοίβαση κορμοτεμαχίων (α) και εξακριδίων (β) σε εργοστάσιο μοριοπλακών.

Γενικώς ισχύει, ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις της πρώτης ύλης (στρογγύλη ξυλεία ή άλλη μορφή συμπαγούς ξύλου) τόσο ευκολότερη είναι η παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων επιθυμητών διαστάσεων.

Στρογγύλη ξυλεία μικρής έως μέσης διαμέτρου αποτελεί μία ευπρόσδεκτη πρώτη ύλη επειδή επιτρέπει την παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων με επιθυμητές διαστάσεις. Αντίθετα στρογγύλη ξυλεία πολύ μικρής διαμέτρου $\ll 10$ cm στερείται του παραπάνω πλεονεκτήματος και επί πλέον περιέχει φλοιό σε μεγαλύτερη αναλογία· γι' αυτό η συμμετοχή της ως πρώτης ύλης στην παραγωγή μοριοπλακών είναι δυνατή σε ορισμένα ποσοστά και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις.

Η αξιοποίηση υπολειμμάτων υλοτομιών του δάσους και ολόκληρης της βιομάζας ισταμένων δένδρων διευρύνει τις πηγές πρώτων υλών και αναμένεται μελλοντικά να αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία. Ο τεμαχισμός των υπολειμμάτων υλοτομιών και των ισταμένων δένδρων μπορεί να γίνει στο δάσος με κατάλληλους αυτοκινούμενους σπαστήρες. Στην περίπτωση των ισταμένων δένδρων του τεμαχισμού προηγείται συγκομιδή (συνήθως εκρίζωση) με ειδικά μηχανήματα. Τα ξυλοτεμαχίδια που παράγονται από τον τεμαχισμό των παραπάνω πρώτων υλών παρουσιάζουν σε σύγκριση με τα τεμαχίδια της στρογγύλης ξυλείας τις ακόλουθες ιδιομορφίες:

- τεμαχίδια γενικώς μικρότερων διαστάσεων,
- ύπαρξη βελονών ή φύλλων,
- μεγαλύτερες ποσότητες φλοιού λόγω της ύπαρξης κλάδων,
- ύπαρξη ξένων ανόργανων προσμίξεων (άμμος, χώμα, κ.ά.).

Οι ιδιομορφίες του υλικού αυτού και ιδιαίτερα η ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων φλοιού και βελονών (φύλλων) επηρεάζει αρνητικά τις ιδιότητες των μοριοπλακών. Επί πλέον η ύπαρξη ξένων ανόργανων προσμίξεων επιταχύνει σημαντικά

την άμβλυση (φθορά) των κοπτικών μέσων. Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις π.χ. συμμετοχή μόνο στη μεσαία στρώση, το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποσοστά 10-15% χωρίς να μειωθούν οι φυσικομηχανικές ιδιότητες των μοριοπλακών. Περαιτέρω αύξηση της συμμετοχής του επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των μοριοπλακών· η εξισορρόπηση της αρνητικής αυτής επίδρασης μπορεί να επιτευχθεί με αύξηση είτε της πυκνότητας είτε της ποσοστιαίας αναλογίας της συγκολλητικής ουσίας αλλά οι λύσεις αυτές είναι οικονομικά ασύμφωρες. Όμως σύμφωνα με σχετικές έρευνες το υλικό τεμαχισμού υπολειμμάτων υλοτομιών και ισταμένων δένδρων μπορεί να αξιοποιηθεί πληρέστερα εφόσον με κατάλληλους μεθόδους διαχωρισμού γίνεται δυνατή η απομάκρυνση των μεγαλύτερων ποσοστών των αρνητικών υλικών που συμπεριέχει (φύλλα, βελόνες, κορυφές κλάδων, φλοιός, άμμος).

Ο φλοιός είτε ως ενσωματωμένος στη στρογγύλη ξυλεία είτε ως υπόλειμμα αποφλοιώσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική πρώτη ύλη στην παραγωγή μοριοπλακών. Όμως λόγω της δομής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του παρουσιάζει σε σύγκριση με το ξύλο ορισμένα μειονεκτήματα ως πρώτη ύλη για μοριοπλάκες από τα οποία τα κυριότερα είναι: αδυναμία παραγωγής τεμαχιδίων επιθυμητών διαστάσεων, παραγωγή μεγάλων ποσοστών σκόνης (συνεπάγεται απορρόφηση μεγάλων ποσοστών συγκολλητικής ουσίας), αμβλύνει γρήγορα τα κοπτικά μέσα (λόγω ύπαρξης άμμου, χώματος και λιθωδών κυττάρων), προσδίδει σκοτεινό χρώμα στις επιφανειακές στρώσεις των μοριοπλακών, αυξάνει τη διόγκωση και μειώνει τις μηχανικές ιδιοτητές τους (ιδιαίτερα την αντοχή σε κάμψη). Για τους παραπάνω λόγους η συμμετοχή του φλοιού στις μοριοπλάκες περιορίζεται στη μεσαία στρώση και σε ποσοστά από 10 έως 15% ανάλογα με την γεωμετρία των φλοιοτεμαχιδίων και το ποσοστό της φλοιόσκονης. Συμμετοχή του φλοιού σε μεγαλύτερα ποσοστά είναι δυνατή, όμως αυτή απαιτεί μεγαλύτερη πυκνότητα μοριοπλακών και αύξηση των ποσοστών της συγκολλητικής ουσίας. Μοριοπλάκες κατασκευασμένες αμιγώς από φλοιό σε σχετικά μικρές πυκνότητες είναι δυνατόν να υπερτερούν των μοριοπλακών ξύλου σε ορισμένες ιδιότητες π.χ. θερμομόνωση και ηχομόνωση και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ειδικούς σκοπούς όπως είναι η μόνωση δαπέδων.

Τα υπολείματα των πριστηρίων όπως είναι τα εξακρίδια και τα παρυφοτεμάχια αποτελούν πλέον μια παραδοσιακή πρώτη ύλη της βιομηχανίας μοριοπλακών. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως όταν η συμμετοχή τους σε σχέση με τις άλλες πρώτες ύλες είναι υπερβολικά μεγάλη είναι δυνατόν, εξ' αιτίας των μεγάλων ποσοστών του φλοιού τους (μπορεί να φθάσει το 35%), να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα των μοριοπλακών. Ακόμη τα υπολείματα παραγωγής ξυλοφύλλων (πυρήνας κορμοτεμαχίου, υπολείματα από την κυλινδρομόρφωση ή την πριματοποίηση των κορμοτεμαχίων) αποτελούν κατάλληλη πρώτη ύλη για παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων. Επίσης κι άλλες μορφές υπολειμάτων των πριστηρίων και των

επιπλοποιείων όπως είναι τα πριονίδια, τα ροκανίδια, κ.ά. έχουν καθιερωθεί ως συμπληρωματικές πρώτες ύλες για μοριοπλάκες. Τα υπολείμματα αυτά και ειδικότερα τα πριονίδια, των οποίων η μορφή και οι διαστάσεις εξαρτώνται από το είδος και το μέγεθος της μηχανής πρίσεως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μεσαία στρώση των μοριοπλακών σε ποσοστά έως και 50%. Η μικρή μείωση που προκαλούν στην αντοχή σε κάμψη μπορεί να εξισορροπηθεί με αντίστοιχη μικρή αύξηση της πυκνότητας των μοριοπλακών. Ακόμη τα υπολείμματα αυτά χρησιμεύουν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή, μετά από θρυμματισμό τους σε κατάλληλους σπαστήρες, μικροτεμαχιδίων για τις επιφανειακές στρώσεις των μοριοπλακών.

2.3. Υπολείμματα γεωργικών προϊόντων και άλλες πρώτες ύλες.

Οι συνεχώς αυξανόμενες τιμές του ξύλου, ο ανταγωνισμός μεταξύ των βιομηχανιών μοριοπλακών και των βιομηχανιών παραγωγής χαρτοπολτού όσο αφορά την προμήθεια τους με ξύλο, οδήγησαν εδώ και αρκετές δεκαετίες τη βιομηχανία μοριοπλακών στην προσπάθεια εξεύρεσης νέων συμπληρωματικών πρώτων υλών. Προϋπόθεση χρησιμοποίησης των νέων εκτός του ξύλου πρώτων υλών είναι η διαθεσιμότητα όπως επίσης η οικονομικότητα της συγκομιδής και μεταφορά τους στα εργοστάσια μοριοπλακών.

Μία ενδιαφέρουσα και πολλά υποσχόμενη πρώτη ύλη για μοριοπλάκες είναι η λιγνινοκυτταρινική πρώτη ύλη των υπολειμμάτων ορισμένων γεωργικών καλλιεργειών. Στη μέση Ευρώπη (Βέλγιο) ήδη από το 1947 παράγονται μοριοπλάκες από τα ξυλώδη υπολείμματα του λιναριού. Σε τροπικές και άλλες θερμές χώρες προσφέρονται μεγαλύτερες δυνατότητες, λόγω των διαθέσιμων ποσοτήτων, αξιοποίησης υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών. Τέτοια υπολείμματα είναι τα ξυλώδη τμήματα του σακχαροκάλαμου, της όρυζας, της κνάβης, της βαμβακιάς, του πάπυρου, της γιούτας κ.ά. Επίσης, είναι γνωστές ερευνητικές προσπάθειες για την αξιοποίηση του τροπικού καλαμιού (μπαμπού), των περιβλήματων των σπόρων διαφόρων φυτών (ηλιόσπορου, φυσικιάς, ορύζης), και του άχυρου των δημητριακών. Ιδιαίτερα βαρύνουσα σημασία για την αξιοποίηση των αναφερθέντων υπολειμμάτων έχει ο θρυμματισμός τους σε κατάλληλους σπαστήρες για την παραγωγή τεμαχιδίων ομοιόμορφης κατά το δυνατόν μορφής και διαστάσεων. Η αξιοποίηση των λιγνινοκυτταρινικών υπολειμμάτων γεωργικών φυτών συναντά σε ορισμένες περιπτώσεις πρόσθετες δυσκολίες σε σχέση με το ξύλο. Έτσι π.χ. υπολείμματα ορισμένων γεωργικών φυτών κατά την αποθήκευσή τους αντιμετωπίζουν κίνδυνο εκτεταμένης προσβολής από σηπτικούς μύκητες· οι προσβολές αυτές μπορεί να περιορισθούν με τη χρήση κατάλληλων προστατευτικών ουσιών των μυκητοκτόνων. Επίσης ορισμένες κατηγορίες γεωργικών υπολειμμάτων όπως είναι τα άχυρα των δημητριακών και τα περιβλή-

ματα διαφόρων σπόρων λόγω εμπλουτισμού της επιφάνειάς τους με υδρόφοβες ουσίες παρουσιάζουν μειωμένη ικανότητα συγκόλλησης με τις συνήθεις συγκολλητικές ουσίες (αμινοπλάστες και φαινολοπλάστες) των μοριοπλακών ξύλου. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες το μειονέκτημα αυτό αποφεύγεται με τη χρήση ως συγκολλητικών ουσιών των πολυϊσοκυανικών εστέρων. Στην Ελλάδα εκτός από ορισμένα υπολείμματα γεωργικών φυτών που προαναφέρθηκαν (άχυρα δημητριακών, ξυλώδη στελέχη βαμβακιάς) ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως πρώτη ύλη μοριοπλακών παρουσιάζει η αξιοποίηση των κλαδιών των διαφόρων οπωρώνων τα οποία παράγονται ετησίως σε μεγάλες ποσότητες και παραμένουν ανεκμετάλευτα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως συμπληρωματικές πρώτες ύλες μοριοπλακών πιθανόν να αποκτήσουν στο μέλλον τα πολλαπλώς ανακυκλωμένα χαρτιά και χαρτόνια και το μικρής πυκνότητας κλάσμα των οικιακών απορριμάτων. Το πολλαπλώς ανακυκλωμένο χαρτί, το οποίο λόγω του μικρού μήκους των ινών δεν προσφέρεται πλέον για παραγωγή χαρτιού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μεσαία στρώση των μοριοπλακών σε ένα ποσοστό μέχρι 20%. Προϋπόθεση αξιοποίησης των οικιακών απορριμάτων είναι ο διαχωρισμός τους σε κλάσματα διαφορετικής σύστασης και ειδικού βάρους (μέταλλα, πλαστικά, οργανικές ύλες, ίνες χαρτιού κ.ά.). Το ελαφρύ (μικρής πυκνότητας) κλάσμα των οικιακών απορριμάτων αποτελείται κατά 85% περίπου από χαρτί+χαρτόνι και το υπόλοιπο από υφάσματα και άλλα οργανικής φύσεως απορρίματα. Το κλάσμα αυτό σε μορφή ινώδους μάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως έδειξαν σχετικές έρευνες μέχρι ενός ποσοστού 20% στη μεσαία στρώση των τρίστρωμων μοριοπλακών. Τόσο το πολλαπλώς ανακυκλωμένο χαρτί όσο και το ελαφρύ κλάσμα των οικιακών απορριμάτων λόγω της ιδιαίτερης χημικής σύστασής τους απαιτούν για τη δημιουργία ισχυρών δεσμών συγκόλλησης ειδικές συγκολλητικές ουσίες όπως είναι οι πολυϊσοκυανικοί εστέρες και οι μεικτές ρητίνες μελαμίνης-ουρίας-φαινόλης φορμαλδεΐδης. Η χρησιμοποίηση των δύο αυτών πρώτων υλών στις επιφανειακές στρώσεις των μοριοπλακών μειώνει σημαντικά την ποιότητά τους και ως εκ τούτου δεν ενδείκνυται.

2.4. Συγκολλητικές ουσίες και άλλα πρόσθετα

Όπως προαναφέρθηκε η αλματώδης ανάπτυξη της βιομηχανίας μοριοπλακών θα ήταν αδύνατη χωρίς την ανάπτυξη και παραγωγή νέων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών κατάλληλων για τη συγκόλληση του προϊόντος αυτού. Οι συγκολλητικές ουσίες των μοριοπλακών είναι κυρίως οργανικής φύσεως ενώ οι ανόργανες συγκολλητικές ουσίες χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη έκταση.

2.4.1. Οργανικές συγκολλητικές ουσίες

Η συγκόλληση των μοριοπλακών πραγματοποιείται με συνθετικές

συγκολλητικές ουσίες κυρίως αμινοπλάστες (ουρία - και μελαμίνη - φορμαλδεΐδη) και φαινολοπλάστες (φαινόλη-φορμαλδεΐδη). Σε πολύ μικρή κλίμακα, κυρίως σε χώρες του τρίτου κόσμου και ορισμένες χώρες του νοτίου ημισφαιρίου έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται βιομηχανικώς φυσικές συγκολλητικές ουσίες με βάση τις φυτικές ταννίνες.

Το ποσοστό συμμετοχής της συγκολλητικής ουσίας στη μοριοπλάκα επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητές της. Όμως το κόστος συμμετοχής της συγκολλητικής ουσίας στο συνολικό κόστος παραγωγής της μοριοπλάκας είναι αρκετά υψηλό και μπορεί να φθάσει το 20%. Για καθαρά οικονομικούς λόγους λοιπόν το ανώτατο ποσοστό συμμετοχής της συγκολλητικής ουσίας δεν μπορεί να υπερβεί ορισμένα ανώτατα όρια τα οποία είναι περίπου 7-9% (ξηρή μάζα συγκολλητικής ουσίας ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων) για μονόστρωμες μοριοπλάκες ενώ στις τρίστρωμες κυμαίνεται σε 9-12% για τις επιφανειακές στρώσεις και 6-9% για τη μεσαία στρώση.

Ουρία - Φορμαλδεΐδη

Πρόκειται για τη σπουδαιότερη συγκολλητική ουσία (από την άποψη του κόστους και των ιδιοτήτων) με την οποία παράγεται περίπου το 85-90% της παγκόσμιας παραγωγής μοριοπλάκων. Για την παραγωγή της αναμιγνύεται υδάτινο διάλυμα ουρίας με φορμαλδεΐδη παρουσία όξινων καταλυτών σε κατάλληλα υψηλή θερμοκρασία. Η αντίδραση αυτή της συμπυκνώσεως δεν συνεχίζεται μέχρι της πλήρους σκλήρυνσης (πολυσυμπύκνωσης) αλλά την κατάλληλη χρονική στιγμή αναστέλλεται με ψύξη. Το προϊόν προσυμπύκνωσης της συγκολλητικής ουσίας το οποίο περιέχει σε μικρές ποσότητες περίσσεια φορμαλδεΐδης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πολύ 8 έως 12 εβδομάδες μετά την παραγωγή του εφόσον αποθηκευθεί σε θερμοκρασία <20 °C. Η πλήρη σκλήρυνση (περάτωση της αντίδρασης πολυσυμπύκνωσης) του προσυμπυκνώματος της συγκολλητικής ουσίας γίνεται μετά την ανάμιξή του με τα ξυλοτεμαχίδια κατά τη συμπίεση στη θερμή πρέσσα κάτω από τη συνεπίδραση της περίσσειας φορμαλδεΐδης, της προσθήκης κατάλληλου καταλύτη και των υψηλών θερμοκρασιών της πρέσσας. Ο χρόνος συμπίεσης των ξυλοτεμαχιδίων στη πρέσσα ανάλογα με το ύψος της θερμοκρασίας της, το ποσοστό του καταλύτη, την περιεκτικότητα της συγκολλητικής ουσίας σε φορμαλδεΐδη και την υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων κυμαίνεται από 0,10 έως 0,20 min / ανά mm πάχους μοριοπλάκας. Κατά τη συμπίεση στη πρέσσα εκτός από ένα μέρος της περίσσειας φορμαλδεΐδης εκλύεται και φορμαλδεΐδη η οποία δεν έχει πλήρως συμπυκνωθεί με την ουρία. Η έκλυση φορμαλδεΐδης η οποία επηρεάζεται άμεσα από την μοριακή αναλογία ουρίας: φορμαλδεΐδης είναι δυνατόν να συνεχίζεται από τη μοριοπλάκα και μετά την παραγωγή της δηλ. μετά την ενσωμάτωσή της ως δομικού υλικού σε κάποια κατασκευή π.χ. έπιπλα.

Όπως είναι ευνόητο, εφόσον η μοριοπλάκα έχει τοποθετηθεί σε κατοικίσιμους χώρους, υψηλά ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλές συγκεντρώσεις οι οποίες λόγω τοξικότητας της φορμαλδεΐδης δυνατόν να επηρεάζουν δυσμενώς την υγεία του ανθρώπου. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ενώ πριν 20 περίπου χρόνια η μοριακή αναλογία ουρίας: φορμαλδεΐδης ήταν 1: 1,6 έως 2,0 σήμερα η μοριακή αναλογία έχει μειωθεί σε 1: 1,00 έως 1,15. Συγκολλητικές ουσίες με μειωμένη μοριακή αναλογία σε φορμαλδεΐδη έχουν μικρότερο βαθμό πολυσυμπύκνωσης και μπορεί να επηρεάζουν δυσμενώς ορισμένες ιδιότητες των μοριοπλακών π.χ. αυξημένη κατά πάχος διόγκωση σε νερό· η βελτίωση των ιδιοτήτων αυτών των συγκολλητικών ουσιών συνήθως επιτυγχάνεται με προσθήκη μικρών ποσοστών μελαμίνης. Επί πλέον συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης με μειωμένα ποσοστά φορμαλδεΐδης απαιτούν προσεκτικότερη ρύθμιση των τεχνολογικών παραμέτρων παραγωγής όπως είναι: μικρότερα ποσοστά υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων, μικρότερη διάρκεια αποθήκευσης των αναμιγμένων με τη συγκολλητική ουσία ξυλοτεμαχιδίων, προσθήκη μεγαλύτερων ποσοστών καταλύτη κ.ά.

Μοριοπλάκες συγκολλημένες με ουρία-φορμαλδεΐδη λόγω της μειωμένης ανθεκτικότητας αυτής της συγκολλητικής ουσίας σε συνθήκες υψηλής υγρασίας είναι κατάλληλες μόνο για χρήση σε εσωτερικούς χώρους.

Μελαμίνη - Φορμαλδεΐδη

Η βελτίωση της ανθεκτικότητας των μοριοπλακών σε συνθήκες υψηλής υγρασίας επιτυγχάνεται με μεικτές συγκολλητικές ουσίες ουρίας-μελαμίνης-φορμαλδεΐδης. Στην περίπτωση αυτή τα ποσοστά της μελαμίνης κυμαίνονται από 30-40% ανάλογα με το βαθμό της βελτίωσης που επιδιώκεται. Λόγω του υψηλού κόστους της η αμιγής μελαμίνη-φορμαλδεΐδη δεν χρησιμοποιείται στη συγκόλληση μοριοπλακών.

Φαινόλη - Φορμαλδεΐδη

Μετά την ουρία-φορμαλδεΐδη η σημαντικότερη συγκολλητική ουσία μοριοπλακών είναι η φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Αυτή χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικώς σε μοριοπλάκες οι οποίες πρόκειται να εκτεθούν σε συνθήκες υψηλής υγρασίας. Η παραγωγή της φαινόλης-φορμαλδεΐδης γίνεται με μίξη φαινόλης και φορμαλδεΐδης (σε μοριακή αναλογία 1:2,5) παρουσία αλάλεως (NaOH). Η προσθήκη του αλάλεως προσδίνει στην προσυμπυκνωμένη συγκολλητική ουσία καλή υδατοδιαλυτότητα. Αύξηση της προστιθέμενης ποσότητας του αλάλεως βελτιώνει το βαθμό συμπύκνωσης της συγκολλητικής ουσίας, την καθιστά χημικώς δραστικότερη με αποτέλεσμα τη μείωση των χρόνων συμπίεσης στη θερμή πρέσσα. Η προσθήκη του αλάλεως όμως, λόγω της υγροσκοπικότητάς του, επηρε-

άζει αρνητικά ορισμένες ιδιότητες των μοριοπλακών. Έτσι μοριοπλάκες συγκολλημένες με φαινόλη-φορμαλδεΐδη που περιέχουν άλκαλι εμφανίζουν υψηλότερη υγρασία ισορροπίας από το συμπαγές ξύλο και γενικώς αυξημένη υγροσκοπικότητα. Αυτό οδηγεί σε μείωση της μηχανικής αντοχής και της διαστασιακής σταθερότητας των μοριοπλακών και σε εντονότερη προσβολή τους από μύκητες. Για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων αυτών έχουν αναπτυχθεί ειδικοί τύποι φαινόλης-φορμαλδεΐδης με μικρά ποσοστά αλκάλειας οι ανώτατες ποσότητες του οποίου προδιαγράφονται· έτσι π.χ. σύμφωνα με τις γερμανικές προδιαγραφές DIN 68763 η μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα αλκάλειας είναι 1,7% για τις επιφανειακές στρώσεις (με βάση τη ξηρή μάζα της μοριοπλάκας) και 2,2% για τη μεσαία στρώση των μοριοπλακών.

Στις Η.Π.Α. η συγκολλητική ουσία φαινόλης-φορμαλδεΐδης προστίθεται σε ξηρή μορφή (κόνη) στα ξυλοτεμαχίδια των μοριοπλακών ενώ στην Ευρώπη συνήθως προστίθεται υπό μορφή υδατινίου διαλύματος.

Μοριοπλάκες συγκολλημένες με φαινόλη-φορμαλδεΐδη εκλύουν ελάχιστες ποσότητες φορμαλδεΐδης αλλά έχουν μεγαλύτερο κόστος σε σύγκριση με μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης.

Ισοκυανικοί εστέρες

Πριν 20 περίπου χρόνια άρχισε η πειραματική κατασκευή μοριοπλακών με συγκολλητική ουσία από ισοκυανικούς εστέρες. Ειδικότερα πρόκειται για πολυμερή οργανική ένωση του διϊσοκυανικού εστέρα του διφαινολομεθανίου ο οποίος σχηματίζει ισχυρούς δεσμούς συγκόλλησης οφειλομένους στη χημική σύνδεση των NCO-ομάδων του με τα ελεύθερα υδροξύλια των χημικών συστατικών του ξύλου. Άλλα πλεονεκτήματα του ισοκυανικού εστέρα είναι ότι ως οργανική ένωση δεν εισάγει επιπλέον νερό στα ξυλοτεμαχίδια όπως οι συγκολλητικές ουσίες πολυσυμπυκνώσεως και ότι είναι απαλλαγμένος από φορμαλδεΐδη.

Εκτός από το υψηλό κόστος προβλήματα δημιουργεί η ιδιαιτερότητα του ισοκυανικού εστέρα να σχηματίζει ισχυρούς δεσμούς συγκόλλησης με μέταλλα. Ειδικότερα στην περίπτωση παραγωγής μοριοπλακών με ισοκυανικούς εστέρες προκύπτουν δυσκολίες αποχωρισμού των έτοιμων μοριοπλακών από τις μεταλλικές ταινίες στρωμάτωσης και από τις μεταλλικές πλάκες της πρέσσας. Το μειονέκτημα αυτό παρακάμπτεται είτε με επικάλυψη των μεταλλικών επιφανειών με κατάλληλη μονωτική ουσία ώστε να αποφευχθεί η επαφή του ισοκυανικού εστέρα με το μέταλλο είτε με χρησιμοποίηση των κλασικών συγκολλητικών ουσιών πολυσυμπυκνώσεως (ουρία-φορμαλδεΐδη, ή φαινόλη-φορμαλδεΐδη) για τη συγκόλληση μόνο των επιφανειακών στρώσεων των μοριοπλακών.

Οι ισοκυανικοί εστέρες χρησιμοποιούνται όπως και οι ρητίνες φαινόλης-φορμαλδεΐδης όταν πρόκειται να παραχθούν μοριοπλάκες με ιδιαίτερα καλή

ανθεκτικότητα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας. Σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης η συμμετοχή των ισοκυανικών εστέρων στην κατασκευή μοριοπλακών καταλαμβάνει την τρίτη θέση μετά την ουρία-, και φαινόλη-φορμαλδεΰδη.

Λιγνινοσουλφονικά άλατα

Ήδη από 20ετίας και με αφορμή την ενεργειακή κρίση του 1973 άρχισαν πειραματικές προσπάθειες αξιοποίησης των λιγνινοσουλφονικών αλάτων που απομένουν ως υπολείμματα κατά την παραγωγή ξυλοπολτού με τη θειώδη μέθοδο. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες ο φαινολικός χαρακτήρας των λιγνινοσουλφονικών αλάτων επιτρέπει μία αντικατάσταση μέχρι και 30% της φαινόλης-φορμαλδεΰδης στις μοριοπλάκες χωρίς να επηρεάζονται αρνητικά οι ιδιότητές τους. Πάντως μέχρι σήμερα τα λιγνινοσουλφονικά άλατα δεν έχουν αξιοποιηθεί στη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών.

Ταννίνες

Οι ταννίνες ορισμένων φυτικών ειδών επειδή περιέχουν υψηλά ποσοστά πολυφαινόλων αξιοποιούνται σε ορισμένες χώρες του νοτίου ημισφαιρίου π.χ. Νότιο Αφρική ως συγκολλητικές ουσίες στη βιομηχανική παραγωγή μοριοπλακών.

2.4.2. Πρόσθετες χημικές ουσίες

Καταλύτες (επιταχυντές ή επιβραδυντές της σκλήρυνσης των συγκολλητικών ουσιών)

Κατά τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών πρέπει να εξασφαλίζονται αφ' ενός μεγάλη διάρκεια χρήσεως του διαλύματος της συγκολλητικής ουσίας και των αναμιγμένων με αυτή ξυλοτεμαχιδίων και αφετέρου μικροί χρόνοι σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας στη θερμή πρέσσα. Στην περίπτωση της ουρίας-φορμαλδεΰδης ως καταλύτες (επιταχυντές) της χημικής αντίδρασης πολυσυμπύκνωσης χρησιμοποιούνται αμμωνιακά άλατα κυρίως χλωριούχο αμμώνιο και σπανίως θειϊκό αμμώνιο. Από αυτά με την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας στην πρέσσα και της φορμαλδεΰδης της συγκολλητικής ουσίας σχηματίζονται εξαμεθυλενοτετραμίνη και υδροχλωρικό ή θειϊκό οξύ αντίστοιχα. Η παρουσία των οξέων αυτών λόγω μείωσης του pH του διαλύματος επιταχύνει την αντίδραση πολυσυμπύκνωσης της συγκολλητικής ουσίας. Ο βαθμός πολυσυμπύκνωσης της συγκολλητικής ουσίας είναι καλύτερος όταν χρησιμοποιείται ως καταλύτης χλωριούχο αμμώνιο σε σύγκριση με το θειϊκό αμμώνιο. Εκτός από τα αμμωνιακά άλατα ως επιταχυντής της χημικής αντίδρασης πολυσυμπύκνωσης χρησιμοποιείται και η εξαμεθυλενοτετραμίνη. Αυτή λόγω του μεγαλύτερου κόστους της προτιμάται μόνο τότε όταν η χρήση του χλωριούχιου αμμωνίου δεν είναι ικανοποιητική. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν επιδιώκεται π.χ.

επιβράδυνση του ρυθμού πολυσυμπύκνωσης της ουρίας-φορμαλδεΐδης προκειμένου να εμποδισθεί μία ανεπιθύμητη πρόωρη σκλήρυνσή της προστίθενται διάφορες ουσίες όπως η αμμωνία και η ουρία οι οποίες ονομάζονται επιβραδυντές.

Η αντίδραση πολυσυμπύκνωσης συγκολλητικών ουσιών φαινόλης-φορμαλδεΐδης παρουσία αλκάλειω μπορεί να γίνει κατά τη θερμή συμπίεση στην πρέσσα χωρίς την προσθήκη καταλυτών. Όσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά αλκάλειω της συγκολλητικής ουσίας και όσο υψηλότερη η θερμοκρασία της πρέσσας τόσο ταχύτερα περατώνεται η πολυσυμπύκνωση (σκλήρυνση). Περαιτέρω επιτάχυνση της σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων καταλυτών (επιταχυντών) όπως είναι το ανθρακικό κάλιο και η ρεσορκινόλη. Συνήθως προστίθεται 5% ανθρακικό κάλιο με βάση την ξηρή μάζα της συγκολλητικής ουσίας.

Παραδείγματα σύνθεσης διαλυμάτων συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης και φαινόλης-φορμαλδεΐδης για μοριοπλάκες.

ουρία - φορμαλδεΐδη		
Διάλυμα ουρίας-φορμαλδεΐδης (66%)	100 Kg	Διάλυμα καταλύτη
Διάλυμα καταλύτη (15% NH ₄ Cl)	10 Kg	Επιφανειακές στρώσεις:
Γαλάκτωμα παραφίνης (50%)	10 Kg	5% NH ₄ Cl
Νερό	12 Kg	10% NH ₃
Διάλυμα συγκολλητικής ουσίας (50%)	132 Kg	85% H ₂ O
		Μεσαία στρώση:
		10% NH ₄ Cl
		5% NH ₃
		85% H ₂ O
φαινόλη-φορμαλδεΐδη		
Διάλυμα φαινόλης-φορμαλδεΐδης (45%)	100 Kg	Διάλυμα καταλύτη.
Διάλυμα καταλύτη (50% K ₂ CO ₃)	5 Kg	Επιφανειακές στρώσεις:
Γαλάκτωμα παραφίνης (50%)	15 Kg	χωρίς καταλύτη
Νερό	-	Μεσαία στρώση:
		50% K ₂ CO ₃
		50% H ₂ O
Διάλυμα συγκολλητικής ουσίας (37,5%)	120	

Υδρόφοβες ουσίες

Οι μοριοπλάκες επειδή αποτελούνται από 90% περίπου από ξύλο χαρακτηρίζονται από το γνωστό μειονέκτημα του ξύλου δηλ. την υγροσκοπικότητα. Σε πολλές περιπτώσεις η ταχύτητα προσρόφησης υγρασίας ή νερού μπορεί να είναι μεγαλύτερη στις μοριοπλάκες απ'ότι στο συμπαγές ξύλο λόγω του μεγάλου

πορώδους των εγκάρσιων διατομών που αντιστοιχούν στη μεσαία στρώση. Η προσθήκη υδρόφοβων ουσιών δεν αποκλείει την προσρόφηση υγρασίας ή την είσοδο νερού στις μοριοπλάκες αλλά απλώς αναστέλλει την ταχύτητα του ρυθμού προσρόφησης.

Ως υδρόφοβες ουσίες χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικώς παραφίνες οι οποίες προστίθενται σε αμιγή μορφή (μετά από τήξη τους) ή υπό μορφή γαλακτωμάτων ή αιωρημάτων σε νερό. Η προσθήκη των αμιγών παραφινών μετά από προηθείσα τήξη τους γίνεται με ψεκασμό τους στα ξυλοτεμαχίδια. Η προσθήκη των παραφινών υπό μορφή γαλακτωμάτων γίνεται είτε άμεσα δηλ. μετά από τον απ'ευθείας ψεκασμό τους στα ξυλοτεμαχίδια είτε μετά την ανάμιξή τους με το διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας. Στην περίπτωση των μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΐδης το ποσοστό της παραφίνης κυμαίνεται από 0,3 έως 0,6% (ξηρή μάζα παραφίνης ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων) ενώ σε μοριοπλάκες φαινόλης-φορμαλδεΐδης προστίθενται λόγω της ισχυρής αλκαλικότητάς τους μεγαλύτερα ποσοστά τα οποία κυμαίνονται από 1,0 έως 2,0%.

Ιδιαίτερα σε μοριοπλάκες συγκολλημένες με φαινολικές συγκολλητικές ουσίες βελτίωση της υδρόφοβίας τους μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλους θερμικούς χειρισμούς των πλακών.

Μυκητοκτόνες και Έντομοκτόνες ουσίες

Για την προστασία των μοριοπλακών από μύκητες και έντομα προστίθενται στα ξυλοτεμαχίδια διάφορες προστατευτικές ουσίες από τις οποίες κυριότερες είναι η πενταχλωροφαινόλη και διάφορες ενώσεις φθορίου.

Αντιπυρικές ουσίες

Η αντιπυρική προστασία των μοριοπλακών επιτυγχάνεται είτε με την προσθήκη διαφόρων αντιπυρικών ουσιών στο διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας με το οποίο στη συνέχεια ψεκάζονται τα ξυλοτεμαχίδια είτε με εμποτισμό ή επάλειψη της μοριοπλάκας μετά την παραγωγή της με κατάλληλες προστατευτικές ουσίες. Η ποσότητα και το είδος της προστιθέμενης αντιπυρικής ουσίας δεν πρέπει να επιδρά αρνητικά στη μηχανική αντοχή των μοριοπλακών, διαφορετικά θα πρέπει η προκαλούμενη μείωση να εξισορροπείται με ανάλογη αύξηση της πυκνότητάς τους.

Ως αντιπυρικές ουσίες για μοριοπλάκες συνήθως χρησιμοποιούνται τα διάφορα άλατα του αμμωνίου, το βορικό οξύ και διάφορες ενώσεις του βρωμίου.

Προσδιορισμός της ποσότητας της συγκολλητικής ουσίας ανά m^3 μονόστρωμης μοριοπλάκας

Η μάζα της συγκολλητικής ουσίας μπορεί να υπολογισθεί με τον ακόλουθο τύπο:

$$M = \frac{\rho \cdot P \cdot \text{Καπ.συγκ.} \cdot 10^2}{(100+u) (100+P)} \quad \text{όπου,}$$

M: η ξηρή μάζα της συγκολλητικής ουσίας ανά m^3 μονόστρωμης μοριοπλάκας σε Kg

ρ : η πυκνότητα της μοριοπλάκας (υγρασίας u), σε Kg/m^3

P: το ποσοστό της ξηρής μάζας της συγκολλητικής ουσίας (ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων), σε (%)

u: η περιεχόμενη υγρασία της μοριοπλάκας, σε (%)

Καπ.συγκ.: συντελεστής απωλειών της συγκολλητικής ουσίας κατά την ανάμιξη της με τα ξυλοτεμαχίδια

2.4.3. Ανόργανες συγκολλητικές ουσίες

Οι κυριότερες ανόργανες ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως συγκολλητικές ουσίες στην παραγωγή μοριοπλακών για ειδικές κατασκευές στην οικοδομική είναι το τσιμέντο, ο γύψος και το οξειδίο του μαγνησίου. Αυτές οι συγκολλητικές ουσίες και οι αντίστοιχες τεχνολογίες παραγωγής των μοριοπλακών αναπτύσσονται σε ιδιαίτερο κεφάλαιο.

3. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής μοριοπλακών

Γενικά

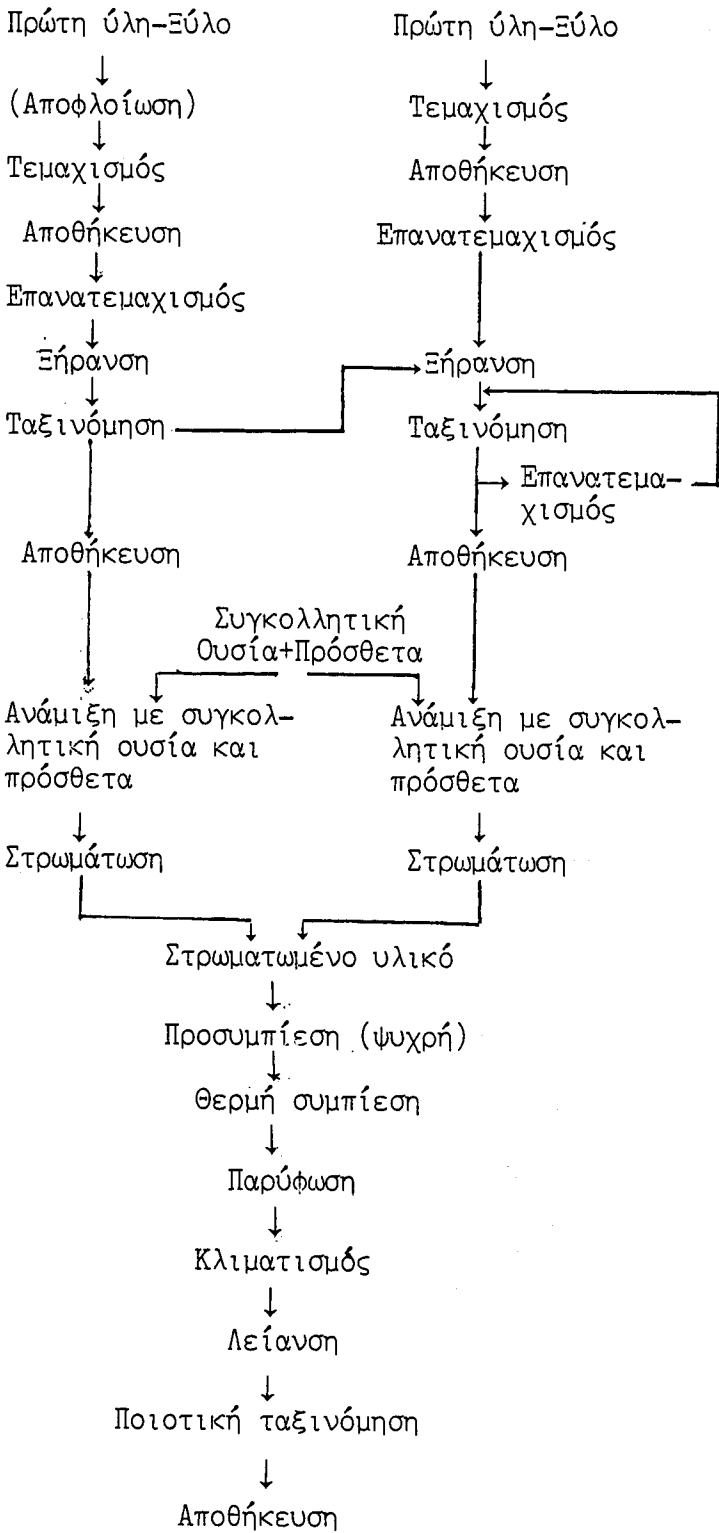
Η τεχνολογία παραγωγής των μοριοπλακών μπορεί να διαφοροποιείται σε ορισμένες φάσεις ανάλογα με τον τύπο της μοριοπλάκας π.χ. κοινή μοριοπλάκα ή μοριοπλάκα ωθήσεως (βλ. επόμενο Σχήμα) όμως σε γενικές γραμμές ακολουθείται συνοπτικά η ακόλουθος μεθοδολογία:

Από ξυλώδη πρώτη ύλη παράγονται σε ειδικούς σπαστήρες με τεμαχισμό και επανατεμαχισμό (εάν απαιτείται) ξυλοτεμαχίδια ορισμένης μορφής και διαστάσεων. Τα ξυλοτεμαχίδια ξηραίνονται σε ειδικά ξηραντήρια ώστε η υγρασία τους να μη υπερβαίνει το 5%, και ακολούθως αναμειγνύονται σε αναμεικτήρες με ορισμένες ποσότητες συγκολλητικών και άλλων πρόσθετων ουσιών. Στη συνέχεια στρωματώνονται επάνω σε μεταλλικά ελάσματα ή πλέγματα και μετά τη στρωμάτωση συμπίεζονται σε θερμές πρέσες μέχρι προκαθορισμένου πάχους. Ακολουθεί η παρύφωση των ακμών, ο κλιματισμός, η λείανση των επιφανειών και η αποθήκευση (βλ. επόμενη σχηματική παράσταση).

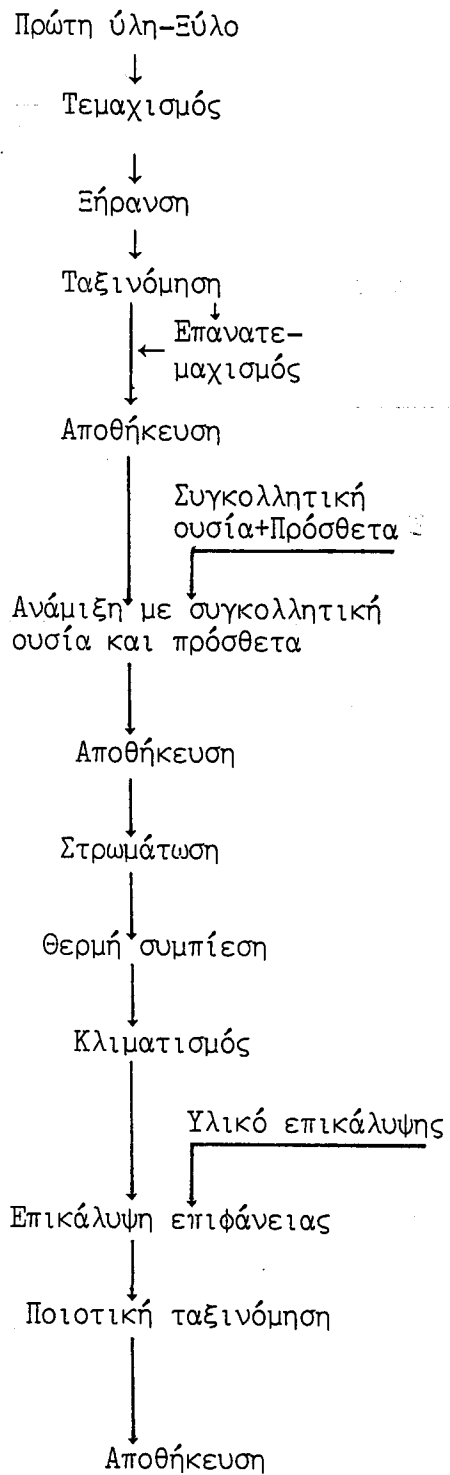
Σήμερα η βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών διακρίνεται για τον υψηλό

Κοινές μοριοπλάκες

Επιφανειακές στρώσεις



Μοριοπλάκες ωθήσεως



Απλοποιημένη σχηματική παράσταση των φάσεων παραγωγής κοινών μοριοπλακών και μοριοπλακών ωθήσεως.

βαθμό μηχανοποίησης και αυτοματισμού των διαφόρων φάσεων παραγωγής. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση στο ελάχιστο των απαιτούμενων ανθρωποωρών εργασίας. Έτσι ενώ το 1950 για παραγωγή 120 m³ μοριοπλακών πάχους 19mm σε τρεις βάρδιες εργασίας απαιτούνταν περισσότεροι από 100 εργάτες σήμερα απαιτούνται λιγότεροι από 15. Όπως είναι ευνόητο η πλήρης μηχανοποίηση και ο αυτοματισμός της παραγωγής απαιτεί σήμερα προσωπικό με κατάλληλη εξειδίκευση και τεχνογνωσία.

3.1. Κοινές μοριοπλάκες

3.1.1. Αποθήκευση και χειρισμοί της πρώτης ύλης

Κατά την αποθήκευση συμπαγούς ξύλου μεγάλων διαστάσεων όπως είναι τα κορμοτεμάχια, οι πυρήνες κορμοτεμαχίων που απομένουν μετά την παραγωγή ξυλοφύλλων και τα εξακρίδια από την παραγωγή πριστής ξυλείας πρέπει να αποφεύγεται η άμεση επαφή με το έδαφος γιατί έτσι ευνοείται η προσβολή από μύκητες και έντομα. Γι' αυτό συνιστάται η αποθήκευση του συμπαγούς ξύλου να γίνεται επάνω σε βάρια (από μπετόν ή ξύλο εμποτισμένο με προστατευτικές ουσίες) τα οποία έχουν ύψος τουλάχιστον 30 cm από το έδαφος.

Η αποθήκευση ξυλοτεμαχιδίων μεγάλων διαστάσεων (chips, Hackschnitzeln) πριονιδίων και πλανιδίων γίνεται συνήθως υπαίθρια σε μεγάλους σωρούς το ύψος των οποίων μπορεί να φθάνει τα 12m. Πολύμηνη αποθήκευση των ξυλοτεμαχιδίων σε σωρούς προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των σωρών (μπορεί να φθάσει τους 70 °C) και ηυξημένη προσβολή από μικροοργανισμούς.

Η συνδυασμένη δράση των δύο αυτών παραγόντων οδηγεί σε απώλειες ξύλου μέχρι και 1% μηνιαίως και στην ποσοστιαία αύξηση του κλάσματος ξυλοτεμαχιδίων (<1,0mm)· επί πλέον το pH του ξύλου μειώνεται οπότε είναι δυνατόν να επηρεασθεί δυσμενώς η ποιότητα των υπογείων υδάτων και να επηρεασθούν δυσμενώς ορισμένες ιδιότητες των μοριοπλακών ιδίως όταν στη συγκόλλησή τους χρησιμοποιούνται οι σκληραινόμενες σε αλκαλικό περιβάλλον ρητίνες της φαινόλης-φορμαλδεΐδης. Οι παραπάνω αναφερθείσες δυσμενείς συνέπειες από την υπαίθρια αποθήκευση σε σωρούς είναι εντονότερες όταν μαζί με τα ξυλοτεμαχίδια συνυπάρχουν βελόνες, φύλλα και φλοιός επειδή τα συστατικά αυτά αποικοδομούνται ταχύτερα από τους μικροοργανισμούς. Ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων αποθήκευσης ξυλοτεμαχιδίων σε σωρούς μπορεί να επιτευχθεί με τη συνεχή αναμόχλευση των σωρών, την κατά το δυνατόν μη πολύμηνη αποθήκευσή τους και με ασφαλτόστρωση του εδάφους.

Αποφλοιώση κορμοτεμαχίων ακολουθείται μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις όπου η συνύπαρξη φλοιού είναι ανεπιθύμητος π.χ. όταν πρόκειται να παραχθούν ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων για δομικές πλάκες (Waferboards, και Strandboards), και όταν τα ξυλοτεμαχίδια προορίζονται αποκλειστικά για τις επιφανειακές στρώσεις των μοριοπλακών.

Η υγρασία του ξύλου προ του τεμαχισμού του για την παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων πρέπει τουλάχιστον να φθάνει την υγρασία ινοκόρου (~30%). Υγρασία ξύλου μικρότερη του 30% έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων κακής ποιότητας (μη λείες επιφάνειες, ηξημένη παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων μικρών διαστάσεων και ανομοιογενούς μορφής) και την ταχύτερη άμβλυση των κοπτικών μέσων· το τελευταίο οδηγεί σε μειωμένη ποσοτική απόδοση και σε αύξηση των ενεργειακών αναγκών των μηχανημάτων τεμαχισμού. Αντίθετα υγρασία ξύλου άνω του 60% μειονεκτεί από την άποψη ότι συνεπάγεται ηξημένες ενεργειακές δαπάνες κατά την μετέπειτα ξήρανση των ξυλοτεμαχιδίων. Για τους παραπάνω λόγους ιδανική υγρασία ξύλου θεωρείται αυτή που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60%. Εάν η υγρασία του ξύλου είναι μικρότερη του 30% τότε για να αποφευχθούν τα παραπάνω αναφερθέντα μειονεκτήματα επιβάλλονται ραντισμοί της πρώτης ύλης με νερό.

Οι ποσότητες της αποθηκευμένης πρώτης ύλης στο εργοστάσιο μοριοπλακών θα πρέπει να καλύπτουν την παραγωγή για τουλάχιστον 30 ημέρες.

3.1.2. Παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων

Γενικά

Προτού αρχίσει η διαδικασία παραγωγής των ξυλοτεμαχιδίων στους σπαστήρες (μηχανήματα τεμαχισμού ή θρυμματισμού) η πρώτη ύλη πρέπει να απαλλαγεί από τυχόν μέταλλα με τη βοήθεια μαγνητικών ανιχνευτών. Ο καθαρισμός της πρώτης ύλης από μη μεταλλικά αντικείμενα όπως είναι η άμμος, οι πέτρες κ.ά. επιβάλλεται επίσης διότι αυτά αμβλύνουν ταχέως τα κοπτικά μέσα και αυξάνουν τις ενεργειακές ανάγκες των σπαστήρων· η απομάκρυνσή τους μπορεί να γίνει είτε με πλύση της πρώτης ύλης με νερό είτε με κατάλληλους δονητές οι οποίοι διαθέτουν μεταλλικά πλέγματα δια των οποίων αποχωρίζονται οι ξένες προσμίξεις.

Η πρώτη ύλη παραγωγής ξυλοτεμαχιδίων για μοριοπλάκες μπορεί να ανήκει στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες: συμπαγές ξύλο μεγάλων διαστάσεων (στρογγύλη ξυλεία ή υπολείμματα άλλων κατεργασιών ξύλου), μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια, πριονίδια και πλανίσματα. Από τέτοιες πρώτες ύλες με διαφορετικές διαστάσεις, διαφορετική υγρασία, διαφορετική συμπεριφορά σε δυνάμεις τομής και κρούσης, θα πρέπει να παραχθούν ξυλοτεμαχίδια κατά το δυνατόν ομοιογενούς κλασματικής σύνθεσης για τις επιφανειακές στρώσεις, τη μεσαία στρώση και τις ενδιάμεσες στρώσεις των μοριοπλακών. Αυτό επιτυγχάνεται σε κατάλληλα μηχανήματα τα οποία κυρίως με τομή ή κρούση παράγουν ξυλοτεμαχίδια επιθυμητών διαστάσεων. Κατά κανόνα απαιτείται συνδυασμένη χρήση σπαστήρων διαφόρων τύπων η εκλογή των οποίων εξαρτάται από τον τύπο και

την ποιότητά της προς παραγωγή μοριοπλάκας, το είδος της διαθέσιμης πρώτης ύλης, την απόδοση του μηχανήματος και τις υπάρχουσες συνθήκες παραγωγής στο εργοστάσιο.

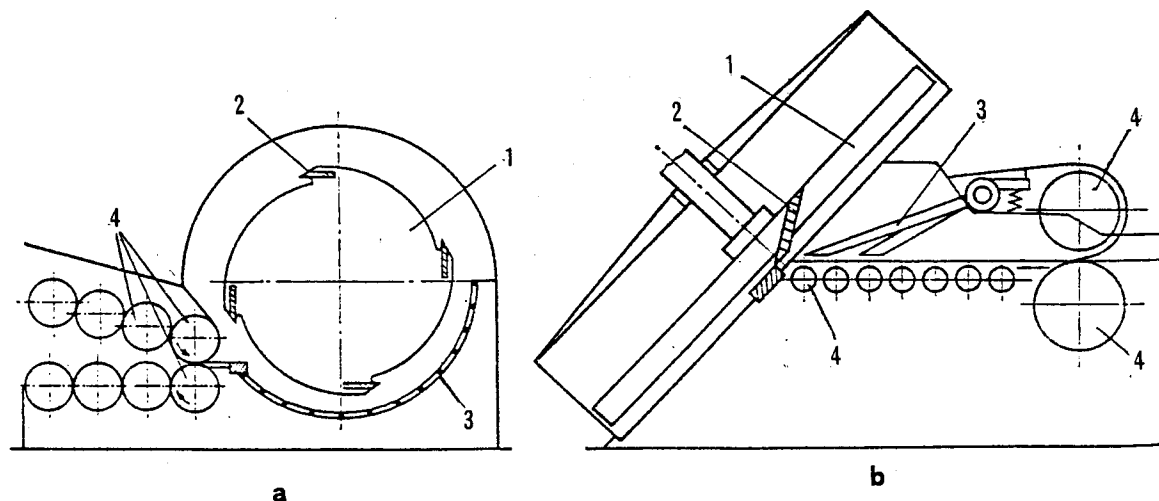
Η αρχή παραγωγής των ξυλοτεμαχιδίων με τομή είναι η εξής: η πρώτη ύλη ξύλο προωθείται κατά το δυνατόν με σταθερή ταχύτητα τροφοδοσίας έναντι των κοπτικών μέσων (μαχαιριών) του μηχανήματος τα οποία με περιστροφική τομή αποχωρίζουν από το ξύλο όμοιου πάχους ξυλοτεμαχίδια. το πάχος αυτό προκαθορίζεται κατά βούληση με την κατάλληλη ρύθμιση της θέσης των κοπτικών μέσων του σπαστήρα προ του τεμαχισμού.

Μηχανήματα παραγωγής ξυλοτεμαχιδίων

Οι κυριότεροι τύποι μηχανημάτων που χρησιμοποιεί η βιομηχανία μοριοπλάκων στην παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων περιγράφονται στη συνέχεια.

1) Μηχανήματα προτεμαχισμού του ξύλου (Chippers, Hackmaschinen)

Τα μηχανήματα αυτά κατεργάζονται στοργγύλη ξυλεία ή υπολείμματα άλλων κατεργασιών του ξύλου (πριστής ξυλείας, ξυλοφύλλων, κ.ά.) και παράγουν ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων (chips, Hackschnitzeln) παρόμοιων με αυτά που χρησιμοποιεί η βιομηχανία παραγωγής χαρτοπολτού. Με μετέπειτα τεμαχισμό των ξυλοτεμαχιδίων αυτών σε ειδικούς σπαστήρες παράγονται ξυλοτεμαχίδια κατάλληλων διαστάσεων για μοριοπλάκες. Διακρίνονται δύο τύποι μηχανημάτων προτεμαχισμού ανάλογα εάν τα κοπτικά τους μέσα είναι στερεωμένα στην περιφέρεια ενός περιστρεφόμενου κυλίνδρου ή ακτινικά τοποθετημένα σε έναν περιστρεφόμενο δίσκο (βλ. επόμενα Σχήματα). Κάτω από το φορέα των κοπτικών



Μηχανήματα προτεμαχισμού του ξύλου α. με κύλινδρο, β. με δίσκο. α. 1. κύλινδρος, 2. μαχαίρι, 3. διάτρητο μεταλλικό πλαίσιο εξόδου ξυλοτεμαχιδίων 4. τύμπανα προωθήσεως του ξύλου, β. 1. δίσκος, 2. μαχαίρι, 3. μεταλλικά ελάσματα σταθεροποίησης του ξύλου, 4. τύμπανα προωθήσεως του ξύλου.

μέσων είναι συνήθως στερεωμένο κατάλληλο μεταλλικό πλαίσιο με ανοίγματα ορισμένων διαστάσεων για τον έλεγχο του μεγέθους των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων. Το μέγεθος των τεμαχιδίων θεωρείται κατάλληλο όταν το μήκος τους κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60 mm. Σε μηχανήματα προτεμαχισμού με κύλινδρο το μήκος των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων είναι ανάλογο με την ταχύτητα τροφοδοσίας της πρώτης ύλης και αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των στροφών του κυλίνδρου και του αριθμού των κοπτικών μέσων.

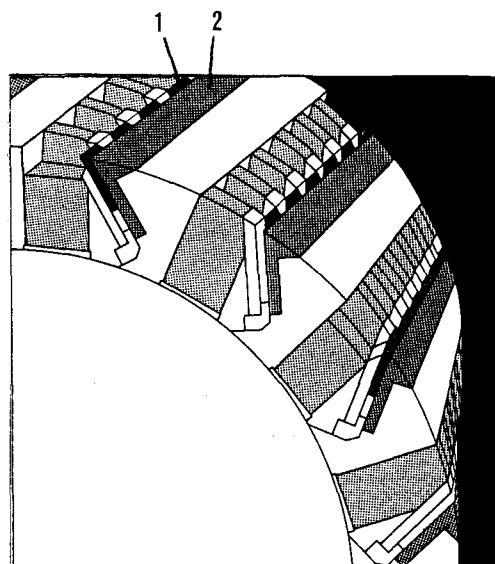
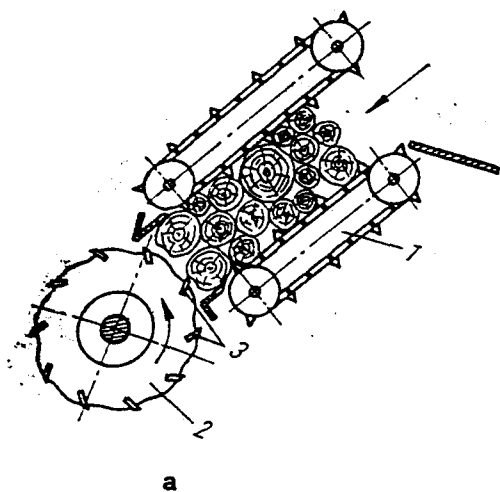
2) Μηχανήματα τεμαχισμού του ξύλου (Flakers, Zerspaners)

Με τα μηχανήματα αυτά παράγονται ξυλοτεμαχίδια μορφής πλανιδίων με σχετικά μικρό πάχος. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά διακρίνονται δύο βασικοί τύποι μηχανημάτων.

α) Μηχανήματα στα οποία τα κοπτικά μέσα είναι στερεωμένα επάνω σε δίσκο (ακτινικώς) ή στην περιφέρεια κυλίνδρου.

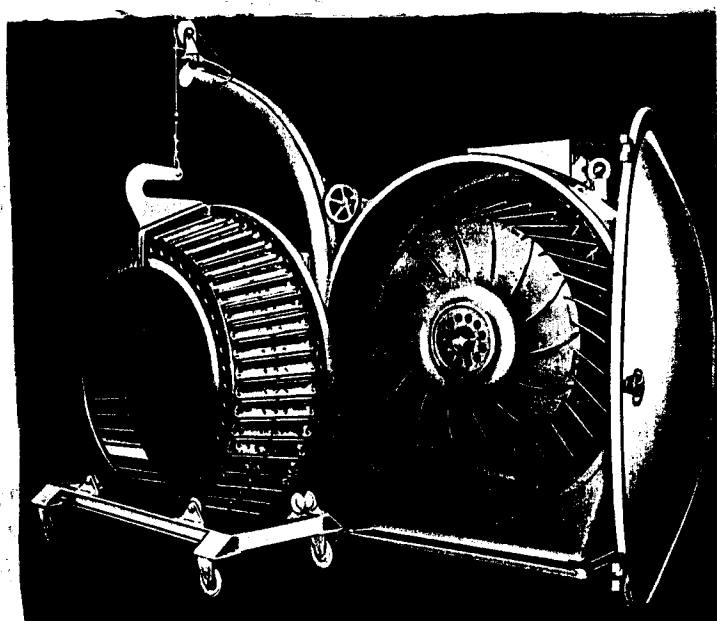
Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται στρογγύλη ξυλεία ή άλλες μορφές συμπαγούς ξύλου μεγάλων διαστάσεων. Με κατάλληλη μηχανική διάταξη η πρώτη ύλη συμπιέζεται έναντι του περιστρεφόμενου δίσκου ή κυλίνδρου στον οποίο είναι στερεωμένα τα μαχαίρια. Τα μαχαίρια ή φέρουν σε ορισμένες αποστάσεις εγκοπές ή είναι διακεκομμένα έτσι ώστε να προκαθορίζεται το μήκος των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων. Για τον καθορισμό του πάχους των ξυλοτεμαχιδίων τα μαχαίρια τοποθετούνται στο δίσκο ή τον κύλινδρο έτσι ώστε να προεξέχουν τόσο όσο το επιθυμητό πάχος των ξυλοτεμαχιδίων.

Τα μηχανήματα τεμαχισμού με δίσκο παρ'όλο που παράγουν καλής ποιότητας και ομοιογενούς σύνθεσης ξυλοτεμαχίδια, λόγω της μειωμένης απόδοσης χρησιμοποιούνται σήμερα ολοένα και σπανιότερα και μόνο όταν πρόκειται να παραχθούν ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων για την κατασκευή ορισμένων δομικών μοριοπλακών (Waferboards, Strandboards).

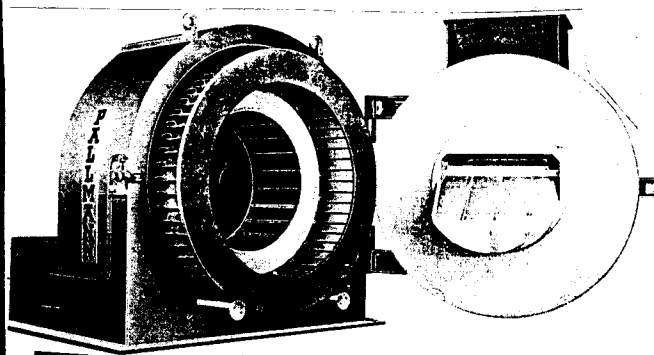


α. Μηχανήματα τεμαχισμού του ξύλου με τα μαχαίρια στερεωμένα στην περιφέρεια κυλίνδρου. 1. σύστημα προώθησης των κορμοτεμαχίων, 2. κύλινδρος, 3. μαχαίρια. β. Τμήμα της κεφαλής του μηχανήματος τεμαχισμού. 1. διακεκομμένα μαχαίρια, 2. μεταλλική πλάκα στερέωσης των μαχαιριών.

β) Μηχανήματα τεμαχισμού των μεγάλων ξυλοτεμαχιδίων που παράγονται από τον προτεμαχισμό του ξύλου (Knife-ring flakers, Messerringzerspaners). Παλαιότερα τα μηχανήματα αυτά αποτελούνταν από έναν περιστρεφόμενο περυγωτό μύλο ο οποίος περιβαλλόταν από δακτύλιο (ακίνητο ή κινούμενο αντίθετα προς τη διεύθυνση των βραχιόνων του μύλου) στην περιφέρεια του οποίου ήταν στερεωμένα τα μαχαίρια. Σήμερα ο συνήθης τύπος των μηχανημάτων αυτών περιλαμβάνει δύο δακτυλίους εκ των οποίων ο ένας είναι ακίνητος ενώ ο άλλος ο οποίος φέρει τα μαχαίρια περιστρέφεται εντός του ακίνητου δακτυλίου· έτσι τα εισερχόμενα προς τεμαχισμό μεγάλα ξυλοτεμαχίδια με τις φυγόκεντρες δυνάμεις που αναπτύσσονται από τον περιστρεφόμενο δακτύλιο οδηγούνται στη περιφέρεια του σταθερού δακτυλίου όπου μετά τη σταθεροποίησή τους κατά θέσεις τεμαχίζονται (βλ. Σχήμα). Τα ξυλοτεμαχίδια που παράγονται με τα μηχανήματα αυτά προορίζονται για τη μεσαία στρώση των μοριοπλακών. Οι διαστάσεις και γενικότερα η κλασματική σύνθεσή τους επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία και τις διαστάσεις της πρώτης ύλης· ειδικότερα εάν τα προς τεμαχισμό ξυλοτεμαχίδια έχουν υγρασία <30% ή και μήκος <20mm τότε παράγονται μεγάλα ποσοστά ξυλόσκονης· αντίθετα ξυλοτεμαχίδια μεγάλου μήκους (>60mm) δημιουργούν προβλήματα κατά τον τεμαχισμό τους επειδή σφηνώνονται και συμπιέζονται μεταξύ των δύο δακτυλίων του σπαστήρα.



a



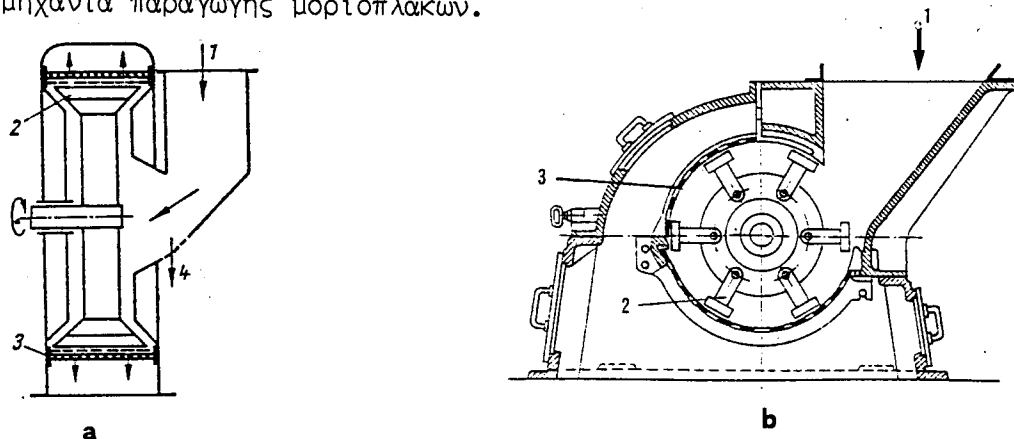
b

Μηχανήματα επανατεμαχισμού μεγάλων ξυλοτεμαχιδίων. Περιστρεφόμενος δακτύλιος με μαχαίρια στην περιφέρειά του. α. κωνικής μορφής, β. κυλινδρικής μορφής.

3) Μηχανήματα επανατεμαχισμού ή θρυμματισμού των ξυλοτεμαχιδίων (Mills, Mühlen).

Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τη μείωση των διαστάσεων, κυρίως του μήκους και του πλάτους ξυλοτεμαχιδίωντα οποία έχουν παραχθεί με τα παραπάνω αναφερθέντα μηχανήματα τεμαχισμού ή και ορισμένων μικρού πάχους υπολειμμάτων κατεργασίας του συμπαγούς ξύλου όπως είναι τα πριονίδια και τα υπολείμματα πλανίσματος. Οι δυνάμεις που δρουν στο ξύλο κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων αυτών είναι δυνάμεις τομής, κρούσης ή τριβής αλλά συνήθως πρόκειται για συνδυασμένη δράση αυτών των δυνάμεων. Ο τύπος και η αρχή λειτουργίας του μηχανήματος σε συνδυασμό με το είδος της πρώτης ύλης καθορίζουν τη μορφή και τις διαστάσεις των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων. Το τελικό υλικό ανάλογα με τις διαστάσεις του χρησιμοποιείται για τις επιφανειακές ή τη μεσαία στρώση των μοριοπλακών.

Ως μηχανήματα επανατεμαχισμού ή θρυμματισμού χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι μύλων η αρχή λειτουργίας των οποίων είναι η εξής: οι περιστρεφόμενες περί έναν κεντρικό άξονα σφύρες θρυμματίζουν το υλικό τροφοδοσίας σε τέτοιο βαθμό μέχρις ότου αποκτήσει τις διαστάσεις που θα το επιτρέψουν να διέλθει δια μέσου μιας διάτρητης μεταλλικής πλάκας ευρισκομένης κάτω από τις σφύρες η μορφή και οι διαστάσεις των οπών της μεταλλικής πλάκας καθορίζουν και το τελικό μέγεθος των παραγομένων ξυλοτεμαχιδίων. Ο θρυμματισμός του αρχικού υλικού (ξυλοτεμαχιδίων) μπορεί να γίνει προ ή μετά την ξήρανό του· ο θρυμματισμός μετά από προηγηθείσα ξήρανη αυξάνει το ποσοστό του κλάσματος μικρών διαστάσεων γι' αυτό χρησιμοποιείται κυρίως όταν επιδιώκεται η παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων μικρών διαστάσεων (μικροτεμαχιδίων) για τις επιφανειακές στρώσεις· αντίθετα θρυμματισμός αρχικού υλικού με μεγάλη υγρασία οδηγεί σε μειωμένες ποσοτικές αποδόσεις των μηχανημάτων και περι- κλείει τον κίνδυνο συχνών διακοπών της λειτουργίας τους λόγω σφηνώσεων της πρώτης ύλης μεταξύ των σφυρών και της διάτρητης πλάκας. Τα επόμενα Σχήματα απεικονίζουν ορισμένους τύπους μύλων θρυμματισμού που χρησιμοποιεί η βιομηχανία παραγωγής μοριοπλακών.



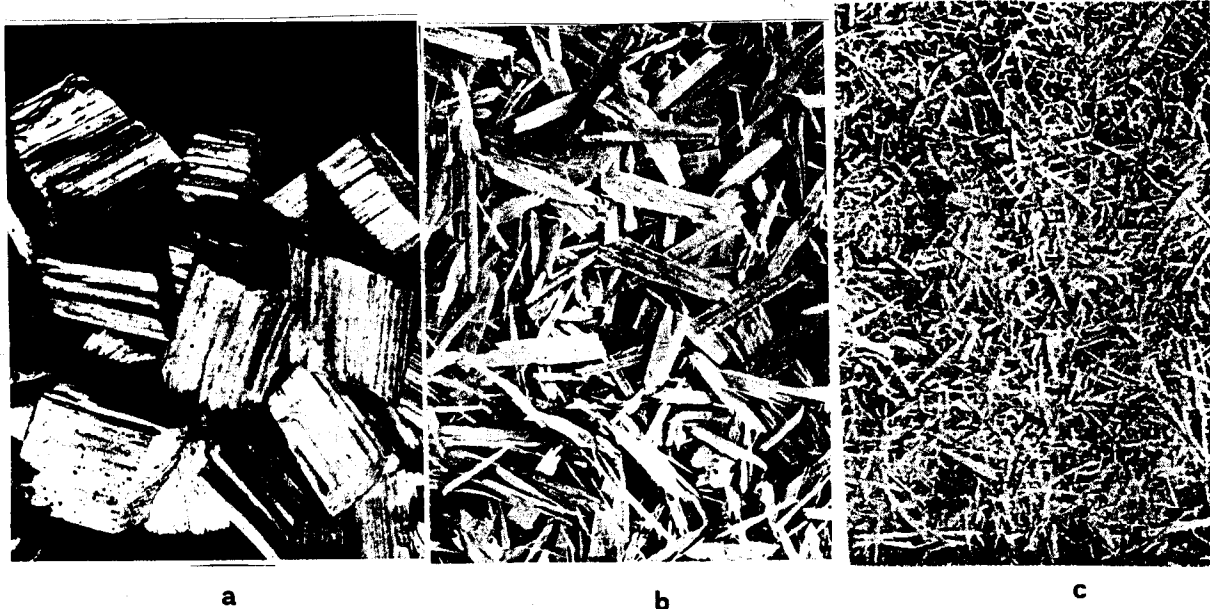
Μύλοι θρυμματισμού ξυλοτεμαχιδίων. α. περυγωτός μύλος, β. σφυρόμυλος. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. περύγιο και αντίστοιχα σφύρες, 3. διάτρητη μεταλλική πλάκα εξόδου των ξυλοτεμαχιδίων μετά το θρυμματισμό, 4. απομά- κρυνση ξένων αντικειμένων.

Είδη Ξυλοτεμαχιδίων

Ανάλογα με τη μεθοδολογία της παραγωγής διακρίνονται ξυλοτεμαχίδια που παράγονται με τεμαχισμό ή κρούση. Γενικώς με τομή προκύπτουν ξυλοτεμαχίδια πίο ομοιόμορφου πάχους και πίο λείων επιφανειών σε σύγκριση με εκείνα που παράγονται με κρούση. Τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων έχουν μικρότερο πάχος (περίπου 0,20 mm) σε σύγκριση με τα ξυλοτεμαχίδια της μεσαίας στρώσης για τα οποία επιθυμητό είναι ένα πάχος 0,4 έως 0,6mm. Τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων κατά τα πρώτα χρόνια εμφάνισης του προϊόντος κατασκευάζονταν με σχετικά μεγάλο μήκος και πλάτος για λόγους αισθητικής επειδή τότε η επικάλυψη των μεγάλων επιφανειών των πλακών με πλαστικά φύλλα δεν ήταν διαδεδομένη. Με την πάροδο των ετών έγινε ολοένα και συχνότερη η επικάλυψη των μεγάλων επιφανειών των πλακών με πλαστικά φύλλα. Επειδή το είδος αυτό της επικάλυψης απαιτεί ιδιαίτερα καλής λειότητας επιφάνειες τα παραγόμενα σήμερα για τις επιφανειακές στρώσεις ξυλοτεμαχίδια των κοινών μοριοπλακών έχουν εκτός του μικρού πάχους (το πολύ έως 0,25mm) και μικρό μήκος και πλάτος (έως 6 mm), γι'αυτό και ονομάζονται μικροξυλοτεμαχίδια. Στην περίπτωση που οι επιφάνειες των πλακών πρόκειται να επικαλυφθούν με ξυλόφυλλα τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων μπορεί να έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις από τα μικροξυλοτεμαχίδια. Ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων στις επιφανειακές στρώσεις απαιτούνται όταν πρόκειται για την κατασκευή ορισμένων μοριοπλακών ειδικών χρήσεων όπως είναι οι δομικές πλάκες με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια τύπου Waferboard και Strandborard. Το μήκος και το πλάτος των ξυλοτεμαχιδίων που προορίζονται για τη μεσαία κυμαίνεται σε ευρέα όρια αλλά το πάχος τους στις κοινές μοριοπλάκες δεν πρέπει να υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή (0,60 mm) προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία μεσαίας στρώσης με μεγάλο πορώδες.

Η σκόνη που παράγεται κατά τη λείανση των επιφανειών των μοριοπλακών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη παραγωγής των μοριοπλακών ιδίως στις επιφανειακές στρώσεις όμως μόνο σε ορισμένα ποσοστά επειδή η μεγάλη επιφάνειά της συνεπάγεται προσρόφηση μεγάλων ποσοστών κόλλας. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται διάφορα είδη ξυλοτεμαχιδίων.

Η ποιότητα των παραγομένων στους διάφορους σπαστήρες ξυλοτεμαχιδίων (από την άποψη των διαστάσεων και άλλων χαρακτηριστικών) εκτός από τον τύπο του μηχανήματος μπορεί να επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους: υγεία της πρώτης ύλης, διαστάσεις, μορφή και υγρασία της πρώτης ύλης, και κατάσταση των κοπτικών μέσων (μαχαιριού) από την άποψη της άμβλυνσής τους. Πρώτη ύλη ξύλου με έντονη προσβολή από μικροοργανισμούς παράγει κατά τον τεμαχισμό της σε μεγάλη αναλογία ανεπιθύμητο υλικό μικρών διαστάσεων· επίσης το ίδιο συμβαίνει όταν η υγρασία της πρώτης είναι μικρότερη



Είδη ξυλοτεμαχιδίων α. μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια παραγόμενα με σπαστήρες προτεμαχισμού, β. ξυλοτεμαχίδια μεσαίας στρώσης, γ. ξυλοτεμαχίδια εξωτερικών (επιφανειακών) στρώσεων.

του 30% ή τα μαχαίρια του σπαστήρα έχουν αμβλυνθεί υπέρμετρα. Όσο μεγαλύτερες οι διαστάσεις του συμπαγούς ξύλου τόσο ευκολότερη είναι η παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων επιθυμητών διαστάσεων.

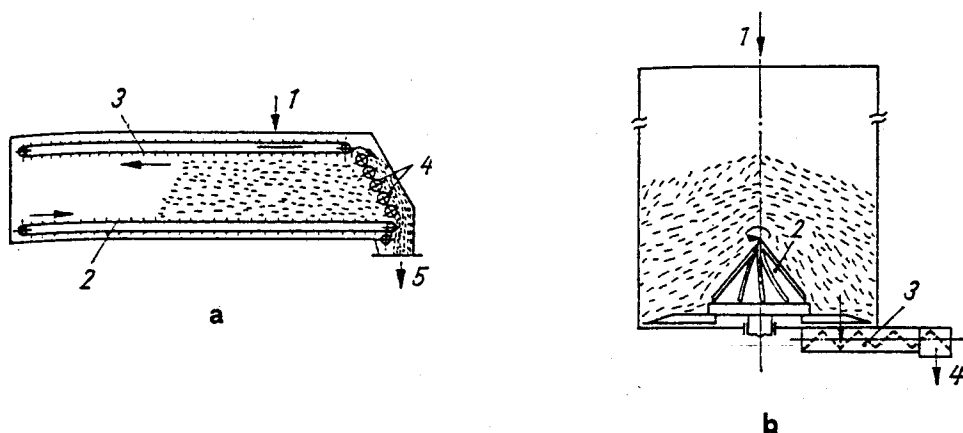
Γενικώς τα ξυλοτεμαχίδια πρέπει να έχουν τις επιδιωκόμενες διαστάσεις και να αποτελούν ένα ομοιογενές υλικό. Τα χαρακτηριστικά αυτά προσδιορίζονται με μετρήσεις των διαστάσεων των ξυλοτεμαχιδίων και με προσδιορισμό της ποσοστιαίας αναλογίας των διαφόρων κλασμάτων τους. Μία άλλη χαρακτηριστική ιδιότητα είναι η φαινομενική πυκνότητα των ξυλοτεμαχιδίων, η οποία μαζί με την κλασματική σύνθεση, τη γεωμετρία και τις διαστάσεις τους επηρεάζουν τις ιδιότητες των μοριοπλακών.

3.1.3. Αποθήκευση

Η ύπαρξη επαρκών αποθηκευτικών χώρων (silo) για ξυλοτεμαχίδια αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση σε μία πλήρως αυτοματοποιημένη παραγωγή όπως αυτή των μοριοπλακών. Ανάλογα με την κατάσταση των ξυλοτεμαχιδίων από άποψη υγρασίας διακρίνονται, αποθηκευτικοί χώροι για υγρά ξυλοτεμαχίδια (τοποθετούνται μετά τους σπαστήρες), αποθηκευτικοί χώροι για ξηρά ξυλοτεμαχίδια (τοποθετούνται μετά τα ξηραντήρια) και αποθηκευτικοί χώροι των αναμιγμένων

με τη συγκολλητική ουσία ξυλοτεμαχιδίων (τοποθετούνται μετά τους αναμικτήρες). Οι αποθηκευτικοί χώροι προσφέρουν τις εξής υπηρεσίες: εξασφαλίζουν την ακώλυτη και συνεχή τροφοδοσία των διαφόρων εν σειρά μηχανημάτων με ξυλοτεμαχίδια ακόμη κι αν υπάρξει βλάβη σε κάποια προηγούμενα εξ αυτών και συμβάλλουν στην ομοιογενοποίηση των ξυλοτεμαχιδίων τα οποία συνήθως παράγονται από ανομοιογενείς πρώτες ύλες ξύλου.

Ανάλογα με το σχήμα τους οι αποθηκευτικοί χώροι μπορεί να είναι κατακόρυφοι (χωρητικότητα από 20 έως 600 m³) ή οριζόντιοι (χωρητικότητα έως 50 m³) (Σχήμα). Η επιλογή του ενός ή άλλου τύπου εξαρτάται από το μέγεθος των διαθέσιμων χώρων του εργοστασίου και από την επιδιωκόμενη ακρίβεια τροφοδοσίας των ξυλοτεμαχιδίων προς τα διάφορα μηχανήματα (είναι καλύτερη στους οριζόντιους αποθηκευτήρες). Η αποθήκευση υγρών ξυλοτεμαχιδίων συνήθως γίνεται σε κατακόρυφους ενώ των ξηρών σε οριζόντιους αποθηκευτικούς χώρους. Η έξοδος των ξυλοτεμαχιδίων επιτυγχάνεται στους κατακόρυφους αποθηκευτήρες με περιστρεφόμενους κοχλίες ενώ στους οριζόντιους με κινούμενους ιμάντες (βλ. Σχήματα).



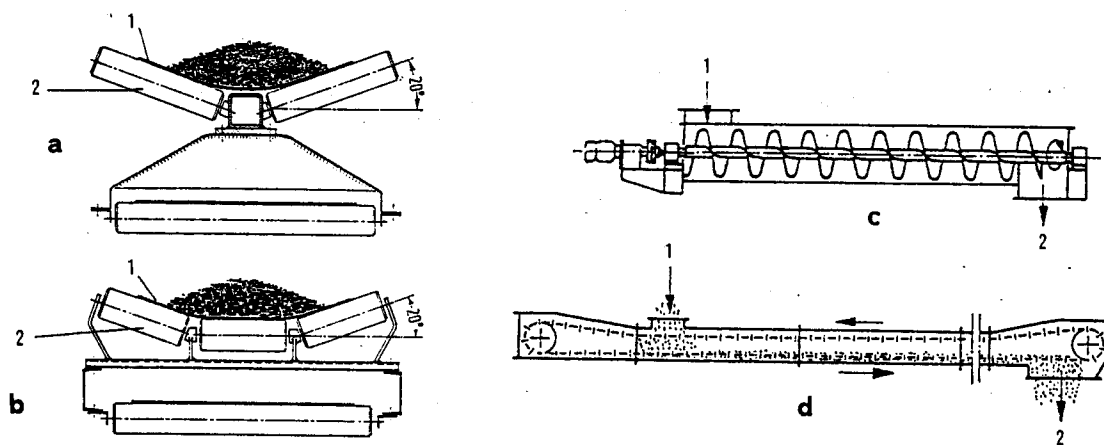
Αποθηκευτικοί χώροι ξυλοτεμαχιδίων. α. οριζόντιου τύπου. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. μεταφορική ταινία, 3. ταινία ομοιόμορφης κατανομής των ξυλοτεμαχιδίων, 4. κύλινδροι προώθησης ξυλοτεμαχιδίων, 5. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων. β. κατακόρυφου τύπου 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. πτερύγια περιστροφικής κατανομής, 3. κοχλίας προώθησης των ξυλοτεμαχιδίων, 4. έξοδος των ξυλοτεμαχιδίων.

3.1.4. Μεταφορικοί μηχανισμοί

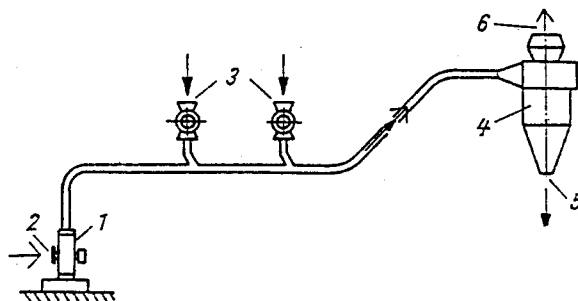
Η μεταφορά των ξυλοτεμαχιδίων μεταξύ των μηχανημάτων γίνεται με διάφορους μεταφορικούς μηχανισμούς οι οποίοι διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες δηλ. αυτούς που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα και αυτούς που χρησιμοποιούν αέρα (πνευματικοί μεταφορείς). Για την επιλογή του συγκεκριμένου μεταφορικού τύπου βαρύνουν ορισμένοι παράγοντες όπως είναι: η δαπάνη αγοράς, τα έξοδα λειτουργίας, τα έξοδα επιδιορθώσεων και ανταλλακτικών στη περίπτωση βλάβης και η ικανότητα του μεταφορέα να περιορίζει στο ελάχιστο το θρυμματισμό των διακινούμενων ξυλοτεμαχιδίων.

Οι μεταφορείς που λειτουργούν με μηχανικά μέσα διακρίνονται: στους μεταφορικούς ιμάντες, στους ατέρμονες κοχλίες, και στους σκαφοειδούς τύπου μεταφορείς με κινούμενες αλυσσους (βλ. Σχήματα).

Οι μεταφορικοί μηχανισμοί που χρησιμοποιούν αέρα πλεονεκτούν έναντι αυτών με μηχανικά μέσα στο ότι έχουν μικρό κόστος αγοράς, δεν καταλαμβάνουν μεγάλους χώρους, και μεταφέρουν τα ξυλοτεμαχίδια σε όλες τις διευθύνσεις ακόμη και κατακορύφως. Τα μειονεκτήματά τους είναι: μεγάλο ενεργειακό κόστος, συχνές εμφράξεις των στενών τμημάτων των αγωγών κατά τη διακίνηση υγρών ξυλοτεμαχιδίων, πιθανή ρύπανση του περιβάλλοντος αέρα με λεπτή ξυλόσκονη οπότε επιβάλλεται η τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων. Ορισμένοι τύποι πνευματικών μεταφορέων για ξυλοτεμαχίδια δείχνονται στα επόμενα Σχήματα.



Μεταφορείς ξυλοτεμαχιδίων με μηχανικά μέσα. α, β. μεταφορικοί ιμάντες (1. ιμάντες, 2. περιστρεφόμενα τύμπανα). γ. μεταφορέας τύπου κοχλίας, δ. σκαφοειδούς τύπου μεταφορέας με κινούμενη αλυσσο (1. είσοδος, 2. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων).



Μεταφορέας ξυλοτεμαχιδίων πνευματικού τύπου (με αέρα). 1. αεροσυμπιεστής 2. απορρόφηση αέρα, 3. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 4. διαχωριστήρας, 5. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων, 6. έξοδος αέρα.

3.1.5. Ξήρανση

Τα ξυλοτεμαχίδια κατά την ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία, τη στρωμάτωση και τη συμπίεσή τους στη θερμή πρέσσα θα πρέπει να έχουν ορισμένη υγρασία. Από μία υγρασία 30-100% που μπορεί να έχουν μετά την παραγωγή τους στους διάφορους σπαστήρες, η υγρασία πρέπει να μειωθεί σε ποσοστά 2 έως 6%. Μεγάλη υγρασία ξυλοτεμαχιδίων (>6,0%) δημιουργεί προβλήματα κατά τη διακίνηση και στρωμάτωσή τους, απαιτεί μεγαλύτερη διάρκεια συμπίεσης και είναι υπεύθυνη για εγκλωβισμό φυσαλλίδων ατμού στο εσωτερικό της πλάκας κατά τη θερμή συμπίεση με αποτέλεσμα την καταστροφή των συγκολλητικών δεσμών. Αντιθέτως ξυλοτεμαχίδια με μικρά ποσοστά υγρασίας (<2,0%) αυξάνουν τον κίνδυνο πυρκαγιάς, προσροφούν στο εσωτερικό τους μεγάλα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας οπότε μειώνεται η απαιτούμενη ποσότητα για την επιφανειακή συγκόλλησή τους και επί πλέον έχουν μειωμένη πλαστικότητα κατά τη θερμή συμπίεσή τους στην πρέσσα. Επειδή τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων επιβάλλεται να έχουν μεγαλύτερη υγρασία σε σύγκριση με τα της μεσαίας στρώσης και επειδή διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις η ξήρανσή τους γίνεται σε ξεχωριστά ξηραντήρια.

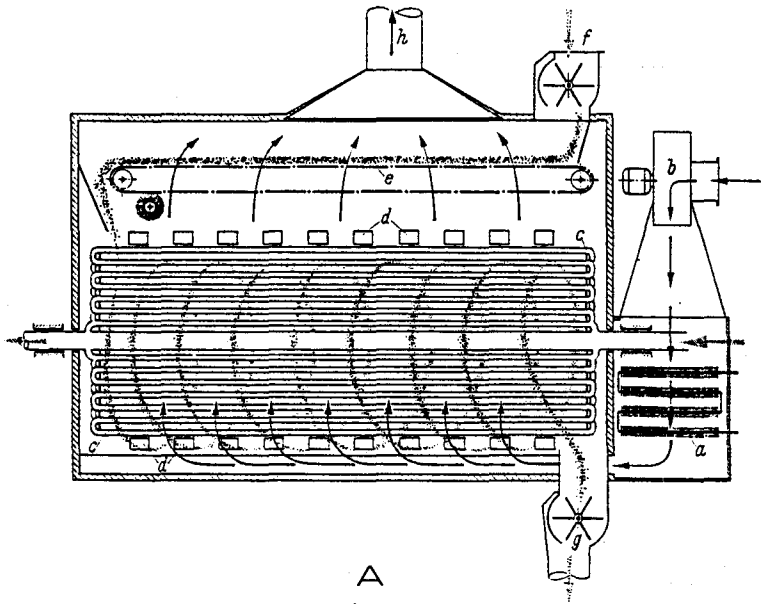
Η αρχή της ξήρανσης βασίζεται στη διοχέτευση θερμότητας στα ξυλοτεμαχίδια, εξαίτιση της υγρασίας τους και απαγωγή του υγρού αέρα. Η διάρκεια ξήρανσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των ξυλοτεμαχιδίων και τις συνθήκες ξήρανσης και ειδικότερα: από την αρχική υγρασία, από την πυκνότητα και το είδος του ξύλου, τις διαστάσεις των ξυλοτεμαχιδίων (ιδιαίτερα το πάχος), τη θερμοκρασία ξήρανσης και την ταχύτητα του θερμού αέρα στο ξηραντήριο.

Διακρίνονται οι ακόλουθοι κύριοι τύποι ξηραντηρίων για ξυλοτεμαχίδια: -Ξηραντήρια μορφής περιστρεφόμενου τυμπάνου μέσα στα οποία υπάρχει σύστημα σωληνώσεων όπου κινείται το θερμαντικό μέσο (νερό ή ατμός). Τα ξυλοτεμαχίδια καθώς εισέρχονται στο εσωτερικό του ξηραντηρίου λόγω της περιστροφής του τυμπάνου και επί πλέον βοηθούμενα από πτερύγια τα οποία είναι προσαρμμένα στη περιφέρεια αυτού ωθούνται σε σπειροειδή κίνηση. Έτσι, κινούμενα από την είσοδο προς την έξοδο του τυμπάνου έρχονται άμεσα σε επαφή με τους θερμαντικούς σωλήνες και ξηραίνονται. Η απόδοση των ξηραντηρίων αυτών κυμαίνεται από 1,0 έως 6,0 t εξατμιζόμενου νερού ανά ώρα. Τα πλεονεκτήματά τους είναι: ο μειωμένος κίνδυνος πυρκαγιών λόγω της σχετικά μικρής θερμοκρασίας του θερμαντικού μέσου (περίπου 200°C), και ο μικρότερος βαθμός ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα εξερχόμενα καυσαέρια. Σύμφωνα με μία παραλλαγή αυτού του τύπου το ξηραντήριο αποτελείται από δύο τύμπανα εκ των οποίων το εσωτερικό του είναι περιστρεφόμενο και θερμαίνεται με σωληνώσεις ενώ το εξωτερικό τύμπανο που περιβάλλει το εσωτερικό είναι

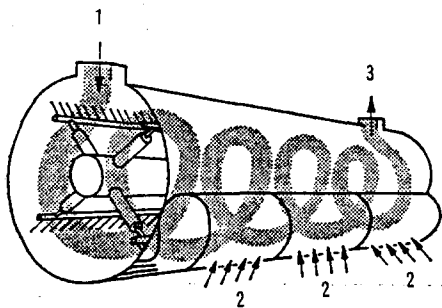
σταθερό. Τα ξυλοτεμαχίδια κινούνται επάνω στη θερμαινόμενη επιφάνεια του περιστρεφόμενου εσωτερικού τυμπάνου, δηλ. στο χώρο μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού τυμπάνου.

-Ξηραντήρια μορφής τυμπάνου όπου τα ξυλοτεμαχίδια θερμαίνονται ερχόμενα σε άμεση επαφή με θερμό αέρα που διοχετεύεται από κατάλληλους εκτοξευτήρες. Τα ξυλοτεμαχίδια καθώς εισέρχονται στο ξηραντήριο ωθούμενα από το θερμό αέρα διαγράφουν σπειροειδή κίνηση κατά μήκος του τυμπάνου κατευθυνόμενα προς την έξοδο. Η θερμοκρασία του θερμού αέρα στο σημείο εισόδου των υγρών ξυλοτεμαχιδίων μπορεί να φθάσει τους 500 °C, έτσι στα ξηραντήρια αυτά επιτυγχάνονται εξαιρετικά μικροί χρόνοι ξήρανσης (από 0,5 έως 3 min). Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτών των ξηραντηρίων είναι η μεγάλη ποσοτική τους απόδοση που μπορεί να φθάσει τους 10 t εξατμιζόμενου νερού ανά ώρα. Προβλήματα που μπορεί να εμφανισθούν κατά τη λειτουργία ξηραντηρίων αυτού του τύπου είναι: η παραγωγή, εξ αιτίας της υπερθέρμανσης μικρών διαστάσεων ξυλοτεμαχιδίων, επικίνδυνων αερίων οργανικών ενώσεων οι οποίες εξέρχονται μαζί με τα καυσαέρια στο περιβάλλον· κατά την έναρξη και λήξη λειτουργίας του ξηραντηρίου λόγω μειωμένης υγρασίας στο εσωτερικό του ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι ηξημένος.

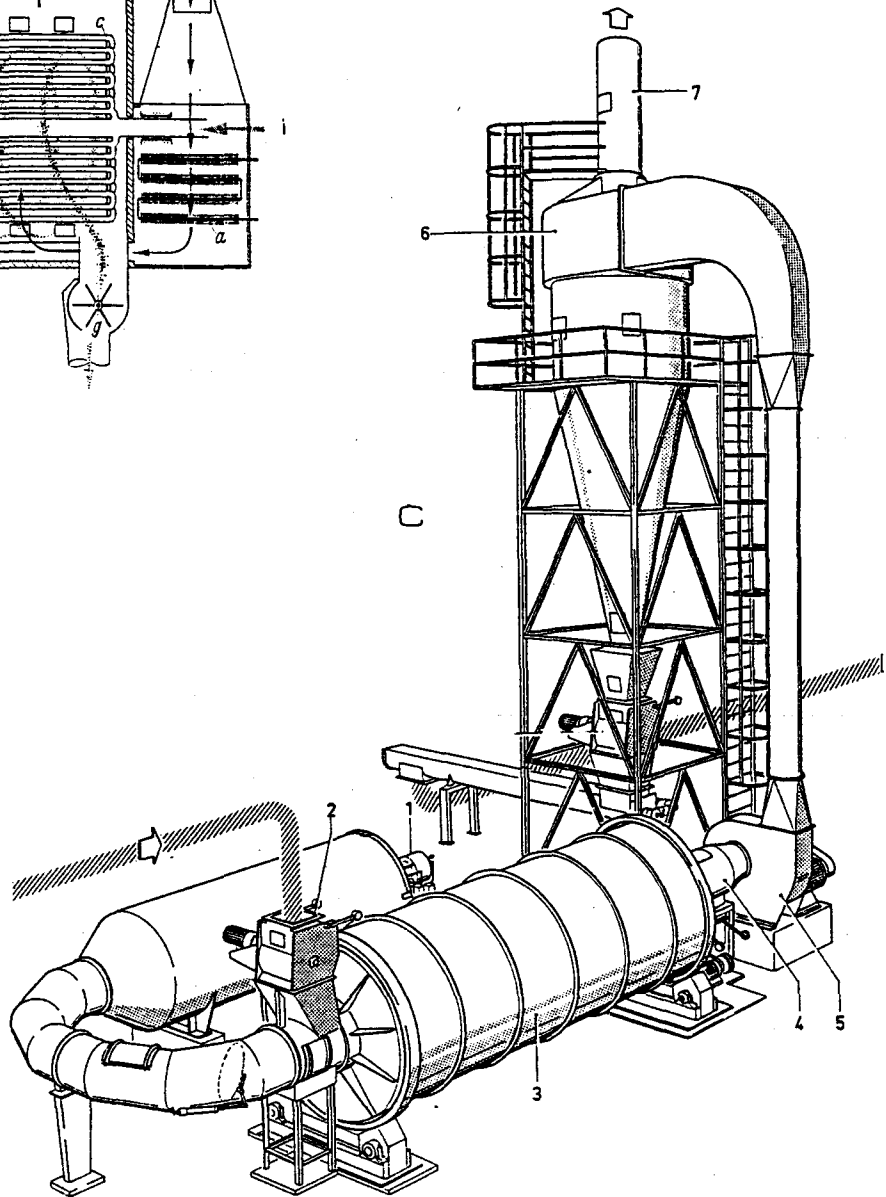
-Ξηραντήρια μορφής περιστρεφόμενου τυμπάνου στα οποία η ξήρανση των ξυλοτεμαχιδίων επιτυγχάνεται με θερμό αέρα. Ο θερμός αέρας παράγεται σε κατάλληλο καυστήρα που βρίσκεται εκτός του τυμπάνου και εισάγεται με σωλήνωση στο σημείο εισόδου των ξυλοτεμαχιδίων. Καθώς τα ξυλοτεμαχίδια κινούνται από την είσοδο προς την έξοδο του ξηραντηρίου έρχονται σε άμεση επαφή με το θερμό αέρα ο οποίος κινείται στην ίδια κατεύθυνση υποβοηθούμενα στη κίνησή τους από ορισμένα πτερύγια κατανομής που είναι τοποθετημένα κατά μήκος του τυμπάνου. Με κατάλληλες κατασκευαστικές τροποποιήσεις στο εσωτερικό του ξηραντηρίου μπορεί να επιτευχθεί ώστε τα μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια (κυρίως μεγάλου πάχους) να κινούνται βραδύτερα προς την έξοδο από τα μικρότερων διαστάσεων· με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιογενής ξήρανση ακόμη και ανομοιογενούς υλικού ξυλοτεμαχιδίων. Τα ξηραντήρια αυτού του τύπου εμφανίζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: μειωμένες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, δυνατότητα επιλεκτικής ξήρανσης μικρών και μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχιδίων, μειωμένο κίνδυνο πυρκαγιών, σχετικά μεγάλη απόδοση (20 t εξατμιζόμενου νερού ανά ώρα). Το μεγάλο μειονέκτημά τους είναι οι μεγάλοι χρόνοι ξήρανσης που μπορεί να φθάσουν τα 20-30 min. Σύμφωνα με μία παραλλαγή αυτού του τύπου το ξηραντήριο αποτελείται από τρία το ένα εντός του άλλου περικλειόμενα τύμπανα· τα ξυλοτεμαχίδια έρχονται σε άμεση επαφή με το θερμό αέρα και ωθούνται να κινηθούν από το



A



B



C

A. Ξηραντήρια με περιστρεφόμενο τύμπανο. α. θερμαντικά σώματα, b. απορρόφηση αέρα από το περιβάλλον, c. θερμαντικοί σωλήνες, d. πτερύγια προώθησης και κατανομής των ξυλοτεμαχιδίων, e. μεταφορική ταινία, f. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων g. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων, h. έξοδος καυσαερίων, i. είσοδος θερμού νερού. B. Ξηραντήρια μορφής τυμπάνου, θέρμανση ξυλοτεμαχιδίων με εκτοξευτήρες θερμού αέρα. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. εκτοξευτήρες θερμού αέρα, 3. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων. C. Ξηραντήριο αποτελούμενο από τρία (το ένα εντός του άλλου) περιστρεφόμενα τύμπανα. 1. καυστήρας για παραγωγή θερμού αέρα, 2. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 3. περιστρεφόμενα τύμπανα, 4. αποχωρισμός μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχιδίων και ξένων αντικειμένων, 5. ανεμιστήρας, 6. διαχωρισμός, 7. έξοδος καυσαερίων.

εσωτερικό, στο μεσαίο και τέλος στο εξωτερικό τύμπανο • με το ξηραντήριο αυτού του τύπου επιτυγχάνονται χρόνοι ξήρανσης 5 έως 7 min.

Η καύσιμος ύλη με την οποία λειτουργούν τα ξηραντήρια είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο αλλά και διάφορα υπολλείμματα όπως η ξυλόσκηνη, ο φλοιός κ.ά. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης είναι απαραίτητος ο έλεγχος και η ρύθμιση των συνθηκών ξηράνσεως ώστε να επιτυγχάνεται η επιδιωκόμενη τελική υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων, να αποφεύγονται πυρκαγιές και να μειώνεται κατά το δυνατό η έκλυση ξυλόσκονης και επικίνδυνων αερίων οργανικών ενώσεων στο ελεύθερο περιβάλλον. Για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών του ξηραντηρίου μπορεί να γίνει επαναχρησιμοποίηση των θερμών καυσαερίων αφού προηγουμένως καθαρισθούν από την ξυλόσκηνη. Οι έλεγχοι των συνθηκών ξήρανσης περιλαμβάνουν τα εξής: τον προσδιορισμό της υγρασίας και της θερμοκρασίας των ξυλοτεμαχιδίων στα διάφορα σημεία του ξηραντηρίου, την παρακολούθηση της κατάστασης του εσωτερικού του ξηραντηρίου όπου πρέπει να αποφεύγεται η συσσώρευση κρούστας από ξυλόσκηνη η οποία με αυτανάφλεξη οδηγεί σε πυρκαγιές, τον προσδιορισμό των ποσοτών ξυλόσκονης όπως επίσης και το είδος και το ποσοστό διάφορων επικίνδυνων ρυπαντών που εκλύονται μαζί με τα καυσαέρια. Για την απαλλαγή των καυσαερίων από την ξυλόσκηνη χρησιμοποιούνται διάφοροι διαχωριστήρες-συλλέκτες ενώ ο καθαρισμός από τις διάφορες αέριες οργανικές ενώσεις όπως είναι τα πτητικά εκχυλίσματα του ξύλου, η φορμαλδεΐδη κ.ά. γίνεται με την τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων.

Εκτός από τους παραπάνω αναφερθέντες τύπους ξηραντηρίου υπάρχουν κι άλλοι τύποι όπως ξηραντήρια όπου τα ξυλοτεμαχίδια ξηραίνονται επάνω σε περιστρεφόμενους δίσκους ή σε μετακινούμενους ιμάντες, ή όπου η ξήρανση επιτυγχάνεται με αιώρηση των ξυλοτεμαχιδίων σε κατακόρυφους σωλήνες.

3.1.6. Ταξινόμηση

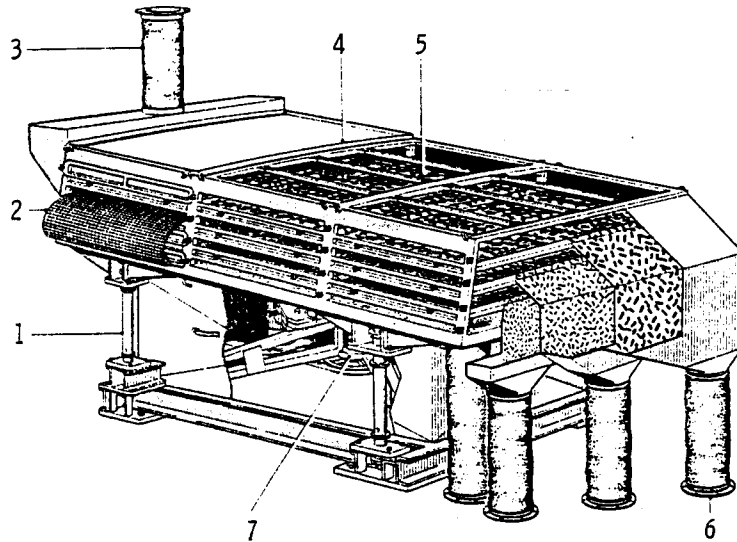
Μετά την παραγωγή τους στους διάφορους σπαστήρες τεμαχισμού και θρυμματισμού όλα τα ξυλοτεμαχίδια δεν έχουν τις ίδιες επιθυμητές διαστάσεις αλλά μπορεί να υπάρχουν ξυλοτεμαχίδια υπερβολικά μεγάλων ή μικρών διαστάσεων (ξυλόσκηνη) τα οποία δεν πρέπει να συμμετάσχουν στην κατασκευή της μοριοπλάκας. Επίσης λόγω του πιθανού θρυμματισμού των ξυλοτεμαχιδίων κατά τη διάρκεια της ξήρανσης αυτά μπορεί να μην εμφανίζουν τις επιθυμητές διαστάσεις. Ακόμη είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν από το υλικό των ξυλοτεμαχιδίων διάφορα μη ξυλώδη υλικά όπως είναι τεμαχίδια μετάλλων, άμμος, πέτρες, κ.ά.

Ειδικότερα ξυλοτεμαχίδια πάχους $>0,30$ mm πρέπει να απομακρυνθούν από υλικό που προορίζεται για επιφανειακές στρώσεις διότι δημιουργούν πορώδεις και τραχιές επιφάνειες. Επίσης από το υλικό των ξυλοτεμαχιδίων που προορίζεται

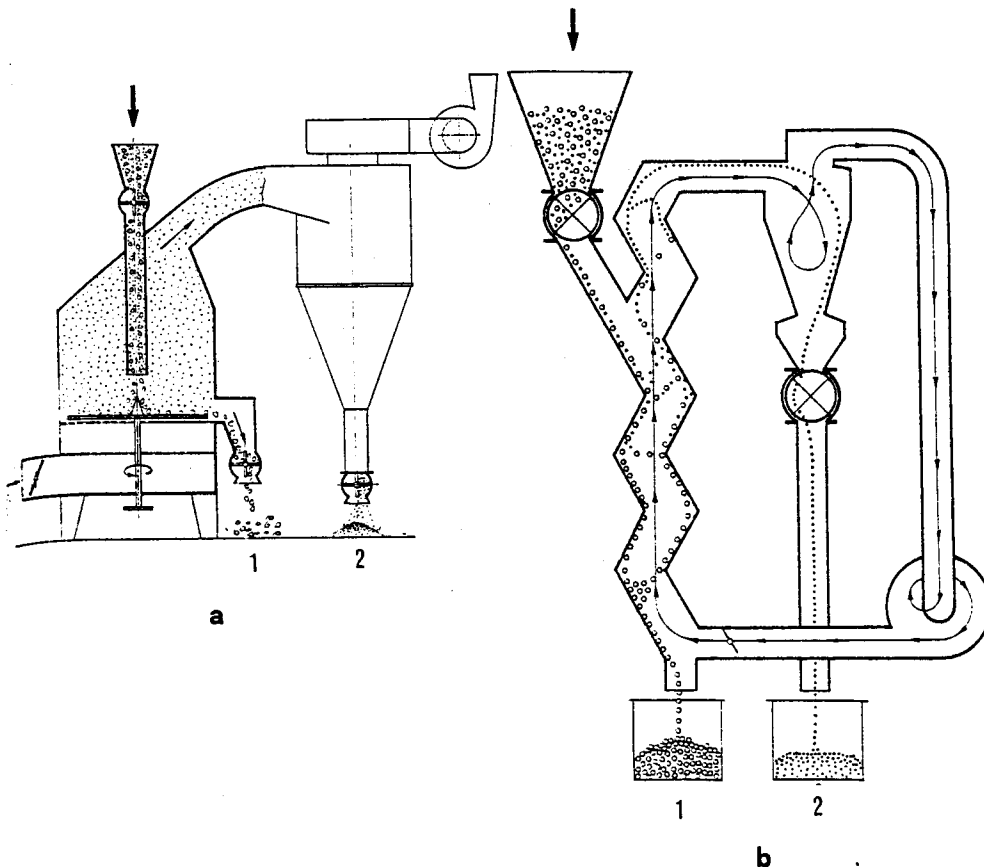
για τη μεσαία στρώση πρέπει να απομακρυνθούν ξυλοτεμαχίδια πάχους $>0,8$ mm. και σε ορισμένες περιπτώσεις η ξυλόσκονη ($<0,3$ mm) εφόσον υπάρχει σε μεγάλα ποσοστά. Μετά το διαχωρισμό τα ξυλοτεμαχίδια μεγάλου πάχους, αφού επαναθρυμματισθούν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθούν ενώ η ξυλόσκονη σε ένα ορισμένο ποσοστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις επιφανειακές στρώσεις ή ως καύσιμος ύλη για παραγωγή ενέργειας.

Ο διαχωρισμός των ανεπιθύμητων κλασμάτων από το υλικό των ξυλοτεμαχιδίων γίνεται είτε με δονητές που φέρουν ταλαντευόμενα κόσκινα είτε με ρεύμα αέρος. Η ταξινόμηση με ταλαντευόμενα κόσκινα αποτελεί τη συνήθη μέθοδο διαχωρισμού κλασμάτων στη βιομηχανία μοριοπλακών. Η ταλάντωση των κοσκίων ανάλογα με τον τύπο του δονητή μπορεί να είναι οριζόντια, κατακόρυφη ή παλινδρομική κίνηση σε διάφορα επίπεδα. Τα κόσκινα τίθενται στο δονητή το ένα επί του άλλου (συνήθως πρόκειται για 2 ή 3 κόσκινα) και φέρουν στον πυθμένα τους πλέγματα με ανοίγματα διαφόρου μορφής (συνήθως ορθογωνικής ή κυκλικής) και διαστάσεων διαμέσου των οποίων διέρχονται μόνο τα μικρότερων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια (βλ. Σχήμα). Η ικανοποιητική λειτουργία των μηχανημάτων αυτών επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους: τη δυναμικότητα του μηχανήματος, την ποσότητα του τροφοδοτούμενου υλικού στη μονάδα χρόνου, τη μορφή και την υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων και τη διάρκεια κοσκίνησης. Υγρά ξυλοτεμαχίδια και μεγάλη τροφοδοσία οδηγούν σε ανεπαρκή διαχωρισμό των κλασμάτων ενώ η αύξηση της διάρκειας κοσκίνησης βελτιώνει το βαθμό ομοιογένειας των ξυλοτεμαχιδίων κάθε κλάσματος. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους τα ταλαντευόμενα κόσκινα διαχωρίζουν τα ξυλοτεμαχίδια με βάση το μήκος και το πλάτος και ολιγότερα με βάση το πάχος τους. Η ιδιαιτερότητα αυτή δεν εμφανίζεται στους διαχωριστήρες που λειτουργούν με αέρα όπου ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται κυρίως με βάση το πάχος των ξυλοτεμαχιδίων. Στην απλούστερη μορφή τους οι διαχωριστήρες αέρος αποτελούνται από έναν κατακόρυφο ή περισσότερους μεταξύ τους υπό γωνία συνδεδεμένους σωλήνες· τα ξυλοτεμαχίδια ρίπτονται από το άνω μέρος του σωλήνα ενώ από τη βάση του διοχετεύεται ρεύμα αέρος ορισμένης ταχύτητας· τα ξυλοτεμαχίδια ανάλογα με το βάρος τους διαχωρίζονται σε δύο κλάσματα, στα επιθυμητών διαστάσεων και εκείνα με υπερβολικά μεγάλο πάχος (βλ. Σχήμα).

Όπως προαναφέρθηκε στις βιομηχανίες μοριοπλακών προτιμούνται τα ταλαντευόμενα κόσκινα επειδή, παρόλο που τα κλάσματά τους έχουν μικρότερο βαθμό ομοιογένειας, απαιτούν μικρότερα ποσοστά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ολιγότερο θορυβώδη, εκλύουν μικρότερα ποσοστά ξυλόσκονης σε σύγκριση με τους διαχωριστήρες αέρος, και δεν καταλαμβάνουν μεγάλους χώρους.



Μηχανήματα ταξινόμησης ξυλοτεμαχιδίων σε κλάσματα με ταλαντευόμενα κόσκινα.
1. άξονες ταλαντώσεως, 2. δικτυωτό πλέγμα κοσκίνου, 3. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 4. χώρος τοποθέτησης κοσκίνων, 5. κόσκινα, 6. στηρίγματα των δοχείων συλλογής των διαχωριζομένων κλασμάτων.



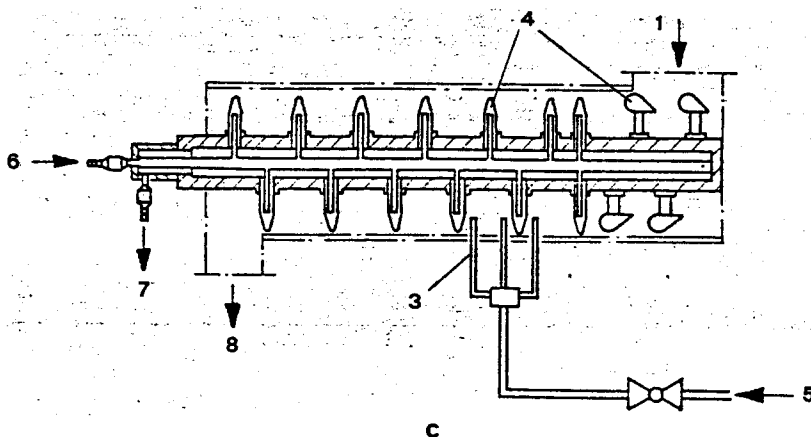
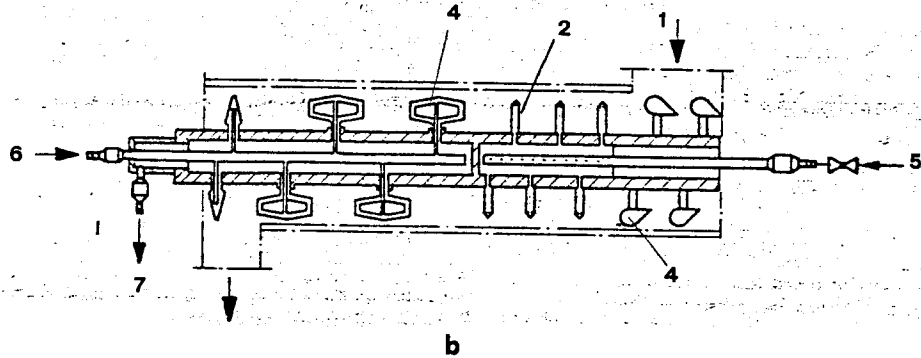
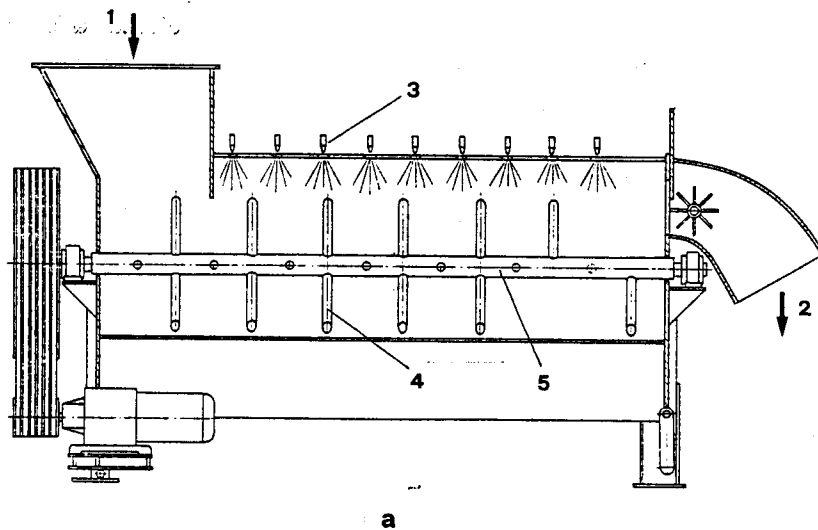
Ταξινομητές ξυλοτεμαχιδίων σε κλάσματα με αέρα. α. απλός τύπος με ένα κατακόρυφο σωλήνα, β. ταξινομητής με περισσότερους σωλήνες τύπου ζίκ-ζάκ.
1. χονδρόκοκκο κλάσμα, 2. λεπτόκοκκο κλάσμα.

3.1.7. Ανάμιξη Ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας

Λόγω του υψηλού κόστους των συγκολλητικών ουσιών χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση των μοριοπλακών σχετικά μικρές ποσότητες γι' αυτό στη σχετικά μεγάλη επιφάνεια των ξυλοτεμαχιδίων αντιστοιχεί μικρή ποσότητα συγκολλητικής ουσίας. Εάν π.χ. η συγκολλητική ουσία πρόκειται να αναμιχθεί σε ποσοστό 10% (ξηρό βάρος ανά ξηρό βάρος ξυλοτεμαχιδίων) με ξυλοτεμαχίδια δασικής πεύκης πάχους 0,25 mm τότε αντιστοιχούν ανά 1 m² επιφάνειας ξυλοτεμαχιδίων μόνο 6 g συγκολλητικής ουσίας. Όπως είναι ευνόητο η μικρή αυτή ποσότητα δεν επαρκεί για να καλύψει όλη την επιφάνεια των τεμαχιδίων ξύλου. Γι' αυτό κατά την ανάμιξη επιδιώκεται η κατά το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια των ξυλοτεμαχιδίων έτσι ώστε με δεδομένη τη μικρή ποσότητα της συγκολλητικής ουσίας να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή συγκόλληση.

Κατά την ανάμιξη πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα μικρών διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια π.χ. η ξυλόσκονη λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειάς τους απαιτούν μεγαλύτερα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας σε σύγκριση με ίσου βάρους ξυλοτεμαχίδια μεγαλύτερων διαστάσεων. Αυτό αποτελεί τον κύριο λόγο για τον οποίο η ανάμιξη της συγκολλητικής ουσίας με τα ξυλοτεμαχίδια της μεσαίας στρώσης και των επιφανειακών στρώσεων γίνεται σε χωριστούς αναμικτήρες. Συνήθως η συγκολλητική ουσία προστίθεται υπό μορφή υδατικού διαλύματος με συγκέντρωση στερεών (40-60%) στο οποίο εκτός της ρητίνης περιέχεται ο καταλύτης (σκληρυντής) και συνήθως και η υδρόφοβη ουσία. Σε ορισμένες βιομηχανίες η προσθήκη της συγκολλητικής ουσίας γίνεται υπό μορφή κόνης. Παλαιότερα η ανάμιξη των ξυλοτεμαχιδίων με τη συγκολλητική ουσία γινόταν σχεδόν αποκλειστικά σε δοχεία μεγάλου όγκου στα οποία η συγκολλητική ουσία ψεκαζόταν με ειδικά ακροφύσια (με πεπιεσμένο αέρα). Η ανάμιξη των ξυλοτεμαχιδίων υποβοηθούνταν με περιστρεφόμενους (30-60 στροφές/μίν) μεικτικούς βραχίονες οι οποίοι ήταν στερεωμένοι στον κεντρικό άξονα του δοχείου (βλ. Σχήμα). Ο ψεκασμός με ορισμένη ποσότητα συγκολλητικής ουσίας άρχιζε εφόσον προηγουμένως είχε εισαχθεί στον αναμικτήρα η ανάλογη ποσότητα ξυλοτεμαχιδίων ο όγκος των οποίων δεν υπερέβαινε το 1/3 της χωρητικότητας του δοχείου. Οι αναμικτήρες αυτοί πλεονεκτούσαν από την άποψη της πολύ καλής κατανομής της συγκολλητικής ουσίας και της δυνατότητας προσθήκης από ξεχωριστά ακροφύσια του καταλύτη και της υδρόφοβης ουσίας. Τα κύρια μειονεκτήματά τους ήταν ο βραδύς ρυθμός λειτουργίας και το γεγονός ότι απαιτούσαν την παρουσία προσωπικού για το καθάρισμα των ακροφυσίων από τις συχνές αποφράξεις.

Τα παραπάνω μειονεκτήματα αποφεύγονται στους καθιερωμένους σήμερα στην



Αναμικτήρας ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας. α. κατανομή της συγκολλητικής ουσίας με ψεκασμό. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων, 3. ψεκασμός με ακροφύσια, 4. μεικτικοί βραχίονες, 5. περιστρεφόμενος κεντρικός άξονας. β. κατανομή της συγκολλητικής ουσίας με τη φυγοκεντρική περιστροφή σωληνίσκων τοποθετημένων στον κεντρικό άξονα. γ. κατανομή της συγκολλητικής ουσίας με τη φυγοκεντρική κίνηση των ξυλοτεμαχιδίων. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. σωληνίσκοι κατανομής της συγκολλητικής ουσίας, 3. σωληνίσκοι προσθήκης της συγκολλητικής ουσίας από τα τοιχώματα, 4. μεικτικοί βραχίονες, 5. είσοδος συγκολλητικής ουσίας, 6. είσοδος ψυχρού νερού, 7. έξοδος νερού, 8. έξοδος ξυλοτεμαχιδίων.

πράξη νέου τύπου αναμικτήρες. Οι αναμικτήρες αυτοί αποτελούνται από ένα κυλινδρικό δοχείο σχετικά μικρού όγκου στο οποίο οι μεικτικοί βραχίονες μπορούν να περιστρέφονται με μεγάλο αριθμό στροφών (700 έως 1500 στροφές/min). Οι μεγάλες ταχύτητες περιστροφής των βραχιόνων και η τοποθέτηση τους σε κατάλληλα σημεία του αναμικτήρα ωθούν τα εισερχόμενα στο δοχείο ξυλοτεμαχίδια σε μία σπειροειδή κίνηση καθώς κατευθύνονται προς την έξοδο. Η προσθήκη της συγκολλητικής ουσίας μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους: 1) με σωληνίσκους οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στα τοιχώματα του δοχείου, και 2) με σωληνίσκους στερεωμένους στον κεντρικό περιστρεφόμενο άξονα του αναμικτήρα οι οποίοι με τη φυγοκεντρική κίνησή τους εξασφαλίζουν την κατανομή της συγκολλητικής ουσίας στα ξυλοτεμαχίδια. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας των ξυλοτεμαχιδίων αναπτύσσονται τριβές στα τοιχώματα και τους μεικτικούς βραχίονες του αναμικτήρα οι οποίοι οδηγούν σε υψηλές θερμοκρασίες· εξ αιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και των δυνάμεων τριβής η συγκολλητική ουσία υπόκειται σε πρόωρη σκλήρυνση προ της συμπίεσης στη θερμή πρέσα ενώ τα τοιχώματα και οι μεικτικοί βραχίονες φθείρονται ταχέως λόγω διαβρώσεων του μετάλλου· επιπλέον απαιτείται συχνό καθάρισμα του αναμικτήρα από επικαλύψεις (κρούστες) λεπτόκοκκων ξυλοτεμαχιδίων. Η άρση των μειονεκτημάτων αυτών εξασφαλίζεται με συνεχή ψύξη τόσο των τοιχωμάτων όσο και των μεικτικών βραχιόνων με νερό (βλ. Σχήματα).

3.1.8. Στρωμάτωση

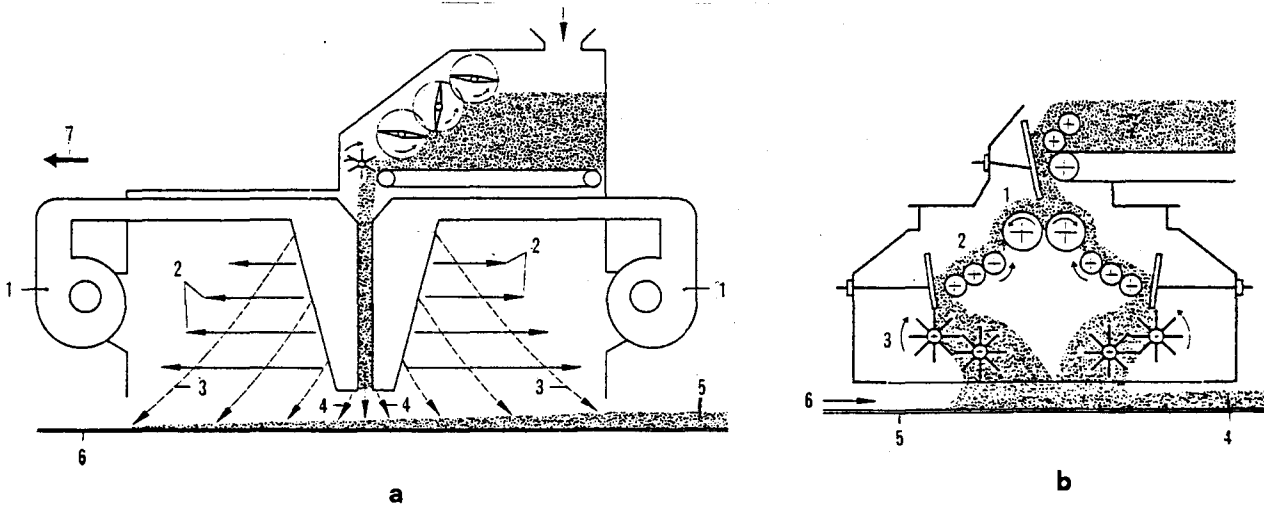
Μετά την ανάμιξη με τη συγκολλητική ουσία τα ξυλοτεμαχίδια αποθηκεύονται σε οριζόντιους αποθηκευτικούς χώρους προκειμένου στη συνέχεια να οδηγηθούν στις μηχανές στρωματώσεως. Η στρωμάτωση μπορεί να επηρεάσει αποφασιστικά τις ιδιότητες της μοριοπλάκας· έτσι π.χ. μία ανομοιόμορφη κατανομή των ξυλοτεμαχιδίων κατά το μήκος (πλάτος) ή το πάχος της πλάκας δημιουργεί μεγάλες διακυμάνσεις της πυκνότητας με αποτέλεσμα να διαφέρουν οι ιδιότητες της μοριοπλάκας στις διάφορες θέσεις της.

Κατά τη φάση της στρωμάτωσης καθορίζεται και το είδος της μοριοπλάκας δηλ. εάν θα είναι μονόστρωμη, πολύστρωμη ή βαθμιαίας μεταβολής των διαστάσεων των ξυλοτεμαχιδίων από τις επιφάνειες προς το εσωτερικό της πλάκας. Επίσης στη φάση αυτή καθορίζεται η πυκνότητα και η ποσοστιαία αναλογία μεταξύ επιφανειακών και μεσαίας στρώσης της μοριοπλάκας η οποία εξαρτάται από το πάχος της· η αναλογία αυτή για πλάκες πάχους 20 mm ανέρχεται από 1:1,3 έως 1:1,8, ενώ για πλάκες πάχους 10 mm είναι περίπου 1:1.

Η στρωμάτωση μιας ορισμένης ποσότητας ξυλοτεμαχιδίων, ανάλογα με την επι-

διωκόμενη πυκνότητα της μοριοπλάκας, γίνεται επάνω σε μεταλλικά ελάσματα, ατέρμονες ιμάντες ή δικτυωτά πλέγματα με βάση το βάρος ή τον όγκο των ξυλοτεμαχιδίων. Για την εξακρίβωση τυχόν σφαλμάτων η στρωματωμένη ποσότητα ξυλοτεμαχιδίων ζυγίζεται προτού οδηγηθεί στην πρέσσα.

Στην περίπτωση των κοινών μοριοπλακών επιδιώκεται σήμερα με τα διάφορα συστήματα στρωμάτωσης μία συμμετρική κατασκευή της μοριοπλάκας κατά την έννοια του πάχους της και ειδικότερα μία βαθμιαία μείωση των διαστάσεων των ξυλοτεμαχιδίων από το εσωτερικό προς τις επιφάνειες της πλάκας. Ο σκοπός αυτός εξασφαλίζεται με ειδικές μηχανές στρωματώσεως οι οποίες ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: αυτές που χρησιμοποιούν αέρα κι αυτές που κατανέμουν τα ξυλοτεμαχίδια με κεφαλές ρίψεως. Οι μηχανές στρωματώσεως με αέρα λειτουργούν ως εξής: με σύστημα περιστρεφόμενων κεφαλών προωθήσεως τα ξυλοτεμαχίδια ρίπτονται κατακορύφως· κατά τη διάρκεια της πτώσης τους τα ξυλοτεμαχίδια ωθούνται από ρεύματα αέρος σε διάφορες αποστάσεις και ειδικότερα σε μεγαλύτερες αποστάσεις τα μικρότερων διαστάσεων (επιφανειακών στρώσεων) και σε μικρότερες τα μεγαλύτερων διαστάσεων (βλ. Σχήμα). Κατά τη στρωμάτωση με κεφαλές ρίψεως τα ξυλοτεμαχίδια προωθούνται σε αυτές με σύστημα περιστρεφόμενων κεφαλών προωθήσεως· οι κεφαλές ρίψεως εκσφενδονίζουν με περιστροφική κίνηση τα ξυλοτεμαχίδια σε διάφορες αποστάσεις ανάλογα με τη σχέση του βάρους, προς τη μορφή και το μέγεθος της επιφάνειάς τους (τα βαρύτερα σε μεγαλύτερες αποστάσεις)· οι αποστάσεις που διαγράφουν κατά τη ρίψη τους τα ξυλοτεμαχίδια μπορούν να μεγιστοποιηθούν ή ελαχιστοποιηθούν με κατάλληλη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής ή την επιλογή κεφαλών ρίψεως ειδικής μορφής (βλ. Σχήμα). Οι δύο αυτές κατηγορίες των μηχανών στρωματώσεως μπορεί να



Μηχανές στρωματώσεως ξυλοτεμαχιδίων α. με αέρα. 1. ανεμιστήρας, 2. ρεύματα αέρος, 3. ξυλοτεμαχίδια μικρών διαστάσεων, 4. ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων, 5. στρωματωμένα ξυλοτεμαχίδια (βαθμιαία αύξηση του μεγέθους των ξυλοτεμαχιδίων από τις επιφάνειες προς το εσωτερικό), 6. μεταφορική ταινία, 7. διεύθυνση κίνησης μηχανής στρωματώσεως. β. με κεφαλές ρίψεως, 1. κεφαλές προωθήσεως, 2. κεφαλές ρίψεως, 3. κεφαλές κατανομής, 4. στρωματωμένα ξυλοτεμαχίδια, 5. μεταφορική ταινία, 6. διεύθυνση παραγωγής.

συνδυάζονται στην παραγωγή. Συνήθως η στρωμάτωση των επιφανειακών στρώσεων γίνεται με αέρα (επιτυγχάνεται καλύτερος διαχωρισμός των ξυλοτεμαχιδίων ανάλογα με τις διαστάσεις τους) ενώ για τη στρωμάτωση της μεσαίας στρώσης χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανές με κεφαλές ρίψεως.

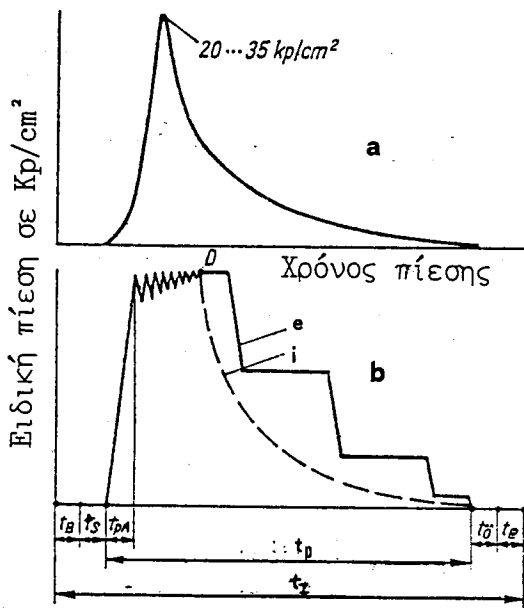
3.1.9. Συμπίεση στην πρέσσα

Ανάλογα με τη φαινομενική πυκνότητα των ξυλοτεμαχιδίων, την κλασματική σύνθεσή τους και το τελικό πάχος της μοριοπλάκας το ύψος (πάχος) του στρωματωμένου υλικού μπορεί να φθάσει το 3πλάσιο ή και το 5πλάσιο του τελικού πάχους της πλάκας. Όπως είναι ευνόητο το στρωματωμένο υλικό κατά τη μετακίνησή του στη θερμή πρέσσα θα πρέπει να διαθέτει ικανοποιητική σταθερότητα ώστε να μη συμβούν βλάβες ιδίως στις ακμές της στρωματωμένης πλάκας. Ο βαθμός σταθερότητας εκτός από το ύψος του στρωματωμένου υλικού επηρεάζεται από τη συγκολλητική ικανότητα της συγκολλητικής ουσίας και την υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων. Συνήθως εξασφαλίζεται καλύτερη σταθερότητα με μία προπίεση του στρωματωμένου υλικού προτού αυτό οδηγηθεί για θερμή πίεση. Επί πλέον η προπίεση, λόγω μείωσης του ύψους του στρωματωμένου υλικού, συμβάλλει σε ταχύτερους ρυθμούς κλεισίματος της πρέσσας έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος της πρόωρης σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας από μία ενδεχομένως μακρά παραμονή του στρωματωμένου υλικού χωρίς συμπίεση στις πλάκες της θερμής πρέσσας. Η προπίεση του στρωματωμένου υλικού γίνεται συνήθως κατά συνεχή τρόπο ανάμεσα σε περιστρεφόμενα τύμπανα ή ατέρμονες χαλύβδινους ιμάντες. Η διάρκεια συμπίεσης στις προπρέσσες κυμαίνεται από 0,1 έως 0,2 min και το ύψος της πίεσης σε $10 - 35 \text{ Kp/cm}^2$. Η προπίεση συνήθως γίνεται σε ψυχρές προπρέσσες (θερμοκρασία περιβάλλοντος) αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις όπως όταν επιδιώκεται μείωση του χρόνου συμπίεσης στις θερμές πρέσσες ή λόγω του υπερβολικά μεγάλου τελικού πάχους των μοριοπλακών η προπίεση γίνεται σε θερμαινόμενες προπρέσσες.

Κατά τη συμπίεση των στρωματωμένων ξυλοτεμαχιδίων στις θερμές πρέσσες η σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας αρχίζει από τις επιφανειακές στρώσεις και σταδιακά ολοκληρώνεται τελικά στο κέντρο της μεσαίας στρώσης. Το τελικό πάχος της πλάκας προκαθορίζεται με μεταλλικές ράβδους τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής (οδηγούς) οι οποίοι τοποθετούνται στα άκρα των πλακών της πρέσσας· ολοένα και περισσότερο όμως κερδίζει έδαφος η ηλεκτρονική ρύθμιση της τελικής απόστασης των πλακών της πρέσσας (καθορίζει το πάχος της μοριοπλάκας) μεταξύ των οποίων συμπιέζεται το στρωματωμένο υλικό. Η επίδραση της πίεσης επί του στρωματωμένου υλικού σε συνάρτηση με το χρόνο όπως επίσης η ταχύτητα της συμπίεσης και απομάκρυνσης της πίεσης προκαθορίζονται από το διάγραμμα πίεσης-χρόνου (Σχήμα). Η μορφή του διαγράμ-

ματος επηρεάζει τις ιδιότητες της μοριοπλάκας και εξαρτάται από το πάχος και την πυκνότητά της, από την υγρασία και τα άλλα χαρακτηριστικά των ξυλοτεμαχιδίων. Μετά το κλείσιμο της πρέσσας (επαφή της άνω επιφανειακής στρώσης με την άνω πλάκα της πρέσσας) η πίεση αυξάνεται μέχρι μία μέγιστη προκαθορισμένη τιμή η οποία διατηρείται για ορισμένο χρόνο· στη συνέχεια η πίεση μειώνεται βαθμιαία μέχρι μία ελάχιστη πίεση ώστε να διευκολυνθεί η έξοδος της υγρασίας (υπό μορφή ατμού) από τη μοριοπλάκα· η ελάχιστη τελική πίεση εμποδίζει τυχόν διόγκωση της πλάκας και παραμένει έως ότου σκληρυνθεί πλήρως η συγκολλητική ουσία.

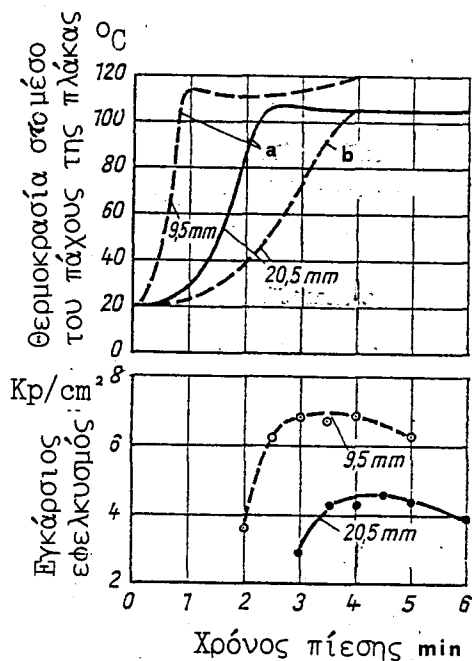
Το ύψος της πίεσης καθορίζεται κυρίως με βάση την πυκνότητα της μοριοπλάκας· συνήθως για μοριοπλάκες μέσης πυκνότητας η μέγιστη πίεση κυμαίνεται από 15 έως 35 Kp/cm².



- a. Μεταβολή της πίεσης όπως καταγράφεται στο εσωτερικό του στρωματωμένου υλικού κατά τη συμπίεσή του στην πρέσσα
- b. Διάγραμμα πίεσης-χρόνου
 - t_B . τοποθέτηση στρωματωμένου υλικού στις πλάκες της πρέσσας,
 - t_S . κλείσιμο της πρέσσας, t_{PA} . αύξηση της πίεσης, D . συμπίεση στο προκαθορισμένο τελικό πάχος,
 - e . σταδιακή μείωση της πίεσης,
 - i . μείωση σύμφωνα με την πίεση που ασκείται στο εσωτερικό του στρωματωμένου υλικού, t_P . κυρίως χρόνος παραμονής στην πρέσσα,
 - t_Z . συνολικός χρόνος παραμονής στην πρέσσα, t_D . άνοιγμα πλακών πρέσσας,
 - t_E . απομάκρυνση συμπιεσμένων πλακών

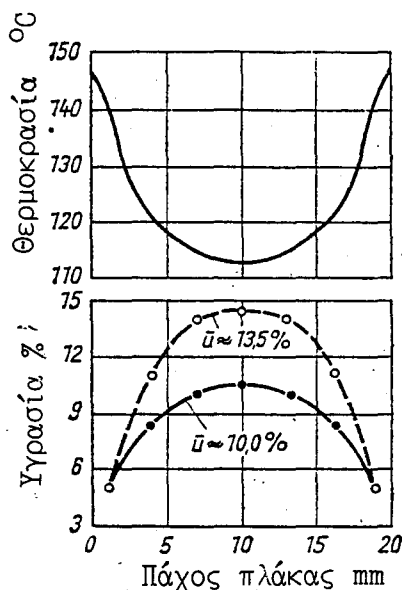
Η διάρκεια συμπίεσης εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας των πλακών της πρέσσας, από το είδος της συγκολλητικής ουσίας και την ποσότητα του σκληρυντή, από το τελικό πάχος της πλάκας και από την υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων. Σε πολυόροφες πρέσσες με θερμοκρασία 180 °C αναφέρονται οι ακόλουθες ενδεικτικές τιμές: για μοριοπλάκες συγκολλημένες, με ουρία-, ή μελαμίνη φορμαλδεΰδη 0,18 έως 0,22 min /ανά mm πάχους της πλάκας, με φαινόλη-φορμαλδεΰδη 0,20 έως 0,22 min και με ισοκυανικούς εστέρες 0,18 έως 0,22 min. Σε μονοόροφες πρέσσες με θερμοκρασία 220 °C η διάρκεια συμπίεσης ανάλογα με τη συγκολλητική ουσία καθορίζεται ως εξής: για μοριοπλάκες συγκολλημένες

με ουρία-, μελαμίνη-φορμαλδεΐδη και ισοκυανικούς εστέρες 0,12 έως 0,14 πίν/ανά mm πάχους της πλάκας και με φαινόλη-φορμαλδεΐδη 0,15 έως 0,18 πίν. Σχετική μείωση της διάρκειας συμπίεσης επιτυγχάνεται με ηυξημένη υγρασία των επιφανειακών στρώσεων (σε σύγκριση με τη μεσαία στρώση). αυτή εξασφαλίζεται είτε με τη κατάλληλη ρύθμιση της τελικής υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων κατά την ξήρανσή τους, είτε με ρύθμιση της συγκέντρωσης του υδατοδιαλύματος της συγκολλητικής ουσίας, είτε με πρόσθετο ψεκασμό της άνω και κάτω επιφανειακής στρώσης της πλάκας (συνήθως με 100 g/m²) πριν οδηγηθεί στη θερμή πρέσσα (Σχήμα). Η ηυξημένη υγρασία των επιφανειακών στρώσεων ευνοεί την ταχύτερη διείσδυση της θερμότητας, μέσω του ατμού που παράγεται, στο εσωτερικό της πλάκας, και συνεπάγεται ταχύτερη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας στη μεσαία στρώση· επί πλέον οδηγεί σε επιφανειακές στρώσεις πιο λείες και μεγαλύτερης πυκνότητας.



Μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό μιας τρίστρωμης μοριοπλάκας (άνω) και αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (κάτω) σε σχέση με το χρόνο πίεσης. Θερμοκρασία πλακών πρέσσας 155 °C. α. ψεκασμός των επιφανειών με 100 g νερού/m² επιφάνειας β. χωρίς ψεκασμό, πυκνότητα 0,58 g/cm³ για πάχος 20,5 mm και 0,62 g/cm³ για πάχος 9,5 mm.

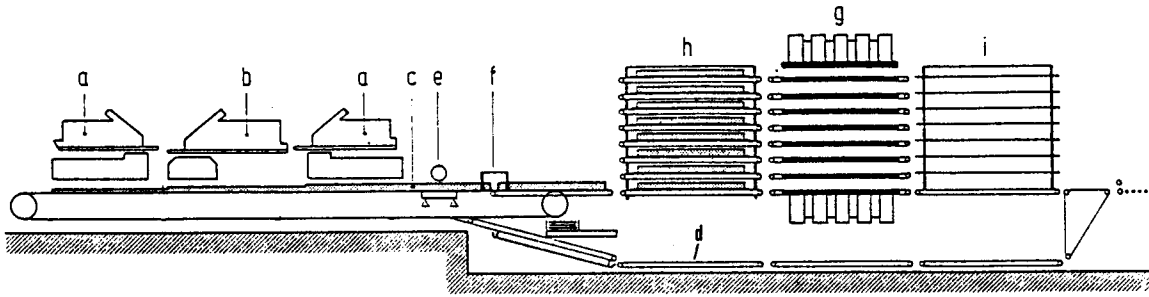
Η θερμοκρασία των πλακών της πρέσσας σε μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης κυμαίνεται από 150 έως 220 °C και σε φαινόλης-φορμαλδεΐδης από 160 έως 220 °C. Το ύψος της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με το ποσοστό υγρασίας των επιφανειακών στρώσεων καθορίζουν την ταχύτητα διείσδυσης της θερμότητας στο εσωτερικό της πλάκας. Κατά τη διάρκεια της θερμής συμπίεσης παρατηρείται κατά την έννοια του πάχους της μοριοπλάκας μία βαθμιαία διακύμανση της θερμοκρασίας (προφίλ θερμοκρασίας) και της υγρασίας (προφίλ υγρασίας) από τις επιφανειακές στρώσεις προς το εσωτερικό της πλάκας (Σχήμα). Για μία δεδομένη θερμοκρασία των πλακών της πρέσσας η μέγιστη διάρκεια συμπίεσης μπορεί να διαπιστωθεί πειραματικά με τον προσδιορισμό της αντοχής της πλάκας σε εγκάρσιο εφελκυσμό η τιμή του οποίου δεν πρέπει να υπολείπεται μιας ελάχιστης οριακής τιμής (συνήθως 0,35 N/mm²) για κοινές μοριοπλάκες).



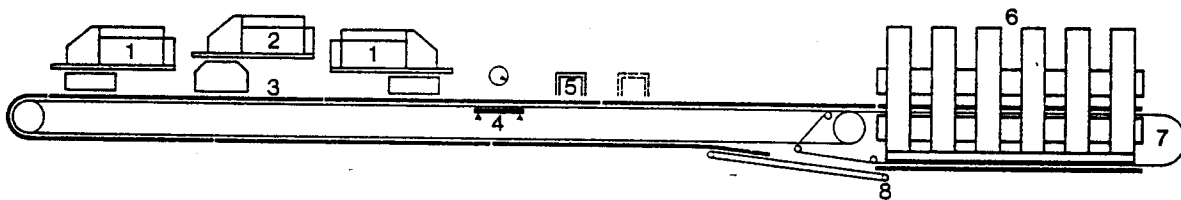
Κατανομή θερμοκρασίας (άνω) και κατανομή της υγρασίας (κάτω) στην εγκάρσια διατομή τρίστρωμης μοριοπλάκας στην περίπτωση δύο διαφορετικών ποσοστών υγρασίας της προ της θερμής συμπίεσης. Θερμοκρασία πλακών πρέσσας 155 °C, χρόνος πίεσης 7 min, πυκνότητα μοριοπλάκας 0,60-0,65 g/cm³

Οι θερμές πρέσες της βιομηχανίας μοριοπλάκων ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε ασυνεχείς και συνεχείς. Ανάλογα με τη μορφή τους και τον αριθμό των διαχωρισμάτων (ορόφων) διακρίνονται σε μονόροφες ή πολυόροφες. Οι πολυόροφες πρέσες λειτουργούν μόνο ασυνεχώς ενώ οι μονόροφες μπορεί να είναι ασυνεχούς ή συνεχούς τύπου.

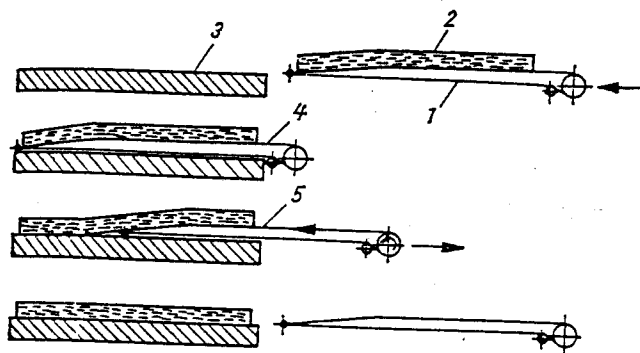
Η διαδικασία συμπίεσης σε πολυόροφες πρέσες είναι η εξής: οι στρωματωμένες πλάκες τοποθετούνται επάνω σε κατάλληλο μεταφορικό σύστημα (φορτωτή) ο οποίος φέρει τόσα διαχωρίσματα όσα και οι όροφοι της πλάκας· ο φορτωτής αφού προωθήσει κάθε μία πλάκα στον αντίστοιχο όροφο της πρέσσας επιστρέφει στη θέση του· αφού περατωθεί η θερμή συμπίεση οι συμπιεσμένες πλάκες παραλαμβάνονται από τον εκφορτωτή ενώ ο φορτωτής προωθεί νέα σειρά στρωματωμένων πλακών στην πρέσσα κ.ο.κ. (βλ. Σχήμα). Οι πολυόροφες πρέσες μπορεί να φέρουν μέχρι και 22 ορόφους και οι διαστάσεις των πλακών τους μπορεί να κυμαίνονται μέχρι 2,5 m πλάτος και μέχρι 10 m μήκος. Το κλείσιμο των πλακών (διαχωρισμάτων) της πρέσσας συνήθως γίνεται ταυτόχρονα αλλά υπάρχουν και πρέσες όπου τα διαχωρίσματά τους κλείνουν διαδοχικά από τα κάτω προς τα πάνω. Σε ασυνεχούς τύπου πρέσες το στρωματωμένο υλικό είναι τοποθετημένο επάνω στα μεταλλικά ελάσματα στρωματώσεως, ενώ στις συνεχούς τύπου επάνω σε ατέρμονες χαλύβδινους ιμάντες ή χαλύβδινα πλέγματα. Τα μεταλλικά ελάσματα επάνω στα οποία συμπιέζονται τα στρωματωμένα ξυλοτεμαχίδια κατασκευάζονται από μίγμα AlMgSi και εμφανίζουν τα ακόλουθα μειονεκτήματα: 1) λόγω συστολής και διαστολής αφ' ενός, και μηχανικών φθορών λόγω δυνάμεων τριβής αφ' ετέρου, η επιφάνεια των ελασμάτων χάνει την επιπεδότητά της και το πάχος τους δεν είναι ομοιόμορφο με αποτέλεσμα να παράγονται μοριοπλάκες ανομοιόμορφου πάχους, 2) προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν απαιτείται ψύξη τους μετά την έξοδο από τη θερμή πρέσσα.



Πολυόροφη πρέσσα. α. μηχανές στρωμάτωσης των επιφανειακών στρώσεων β. μηχανή στρωμάτωσης της μεσαίας στρώσης, γ. μηχανή στρωμάτωσης της μεσαίας στρώσης, δ. μεταλλικά πλέγματα στρωμάτωσης, ε. προσδιορισμός βάρους στρωματωμένης πλάκας, ς. τεμαχισμός παράλληλα με το πλάτος της πλάκας, ζ. φορτωτής στρωματωμένων πλακών, η. εκφορτωτής πλακών μετά τη συμπίεσή τους, θ. πολυόροφη θερμή πρέσσα.



Μονοόροφη πρέσσα. 1. μηχανές στρωμάτωσης των επιφανειακών στρώσεων, 2. μηχανή στρωμάτωσης της μεσαίας στρώσης, 3. μεταλλικό πλέγμα στρωμάτωσης, 4. ζυγός για προσδιορισμό βάρους στρωματωμένου υλικού, 5. τεμαχισμός παράλληλα με το πλάτος της πλάκας, 6. μονοόροφη πρέσσα, 7. προωθητής και εκφορτωτής των πλακών, 8. προωθητής μεταλλικών πλεγμάτων για επαναχρησιμοποίηση.



Τεχνική προώθησης του στρωματωμένου υλικού στις πλάκες της πρέσσας. 1. προωθητήρας, 2. στρωματωμένο υλικό, 3. πλάκα πρέσσας, 4. μεταφορά στην πρέσσα, 5. τοποθέτηση επάνω στην πλάκα της πρέσσας.

Οι μονορόφες πρέσες κατασκευάζονται σε μεγάλες διαστάσεις που μπορεί να φθάσουν τα 30 m μήκος και τα 3 m πλάτος. Για τη μείωση της διάρκειας συμπίεσης, η οποία μπορεί να φθάσει για μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΰδης τα 7 έως 9 sec/mm πάχους, στις μονορόφες πρέσες εφαρμόζονται υψηλές θερμοκρασίες 220-230 °C και συχνά προβλέπεται θερμή προπίεση του στρωματωμένου υλικού. Όπως δείχνει ο επόμενος Πίνακας οι συνθήκες συμπίεσης των μοριοπλακών καθορίζονται ανάλογα με τον τύπο της πρέσας.

Ποσοστά υγρασίας ξυλοτεμαχιδίων, θερμοκρασία και διάρκεια συμπίεσης μοριοπλακών σε μονορόφες και πολυρόφες πρέσες.

Είδος πρέσας	1) Υγρασία ξυλοτεμαχιδίων (%)	Θερμοκρασία πλακών πρέσας (°C)	Διάρκεια συμπίεσης (min/mm)
Μονορόφη	9...11	έως 220	0,12...0,20
Πολυρόφη	2) επ.στρ. 14...16 3) μεσ.στρ. 10...12	150...190	0,20...0,40

1): Μετά την ανάμιξη με τη συγκολλητική ουσία

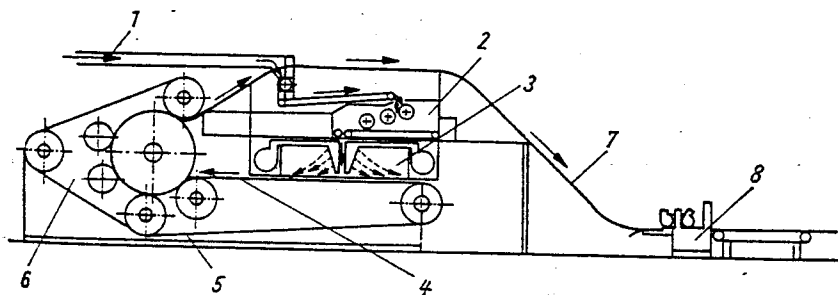
2): επ.στρ.: επιφανειακές στρώσεις, 3): μεσ.στρ.: μεσαία στρώση

Για όλα τα είδη πρέσας αποφασιστικής σημασίας είναι η επίτευξη μιας ομοιόμορφης πίεσης σε όλη την επιφάνεια του στρωματωμένου υλικού και η ομοιόμορφη θέρμανση όλης της επιφάνειας των πλακών της πρέσας (διακύμανση $< \pm 3$ °C). Η θέρμανση των πλακών της πρέσας γίνεται συνήθως με ατμό ή σπανιότερα με έλαιο το οποίο κυκλοφορεί σε σύστημα σωληνώσεων τοποθετημένων κάτω από την επιφάνεια της πλάκας. Σε περίπτωση παραγωγής μοριοπλακών μεγάλου πάχους η θέρμανση των πλακών της πρέσας με υψίσυχο ρεύμα πλεονεκτεί από την απόψη της επίτευξης μικρότερων χρόνων συμπίεσης, πίο ομοιόμορφης θέρμανσης του στρωματωμένου υλικού και πίο ομοιόμορφης κατανομής της υγρασίας κατά το πάχος της πλάκας, αλλά μειονεκτεί διότι συνεπάγεται μεγαλύτερο ενεργειακό κόστος.

Ενώ μέχρι το 1980 στις βιομηχανίες μοριοπλακών επικρατούσαν οι πρέσες ασυνεχούς τύπου μετά το 1980 αποκτούν ιδιαίτερη σημασία διάφορα συνεχούς τύπου συστήματα συμπίεσης σε μονορόφες πρέσες · τα νέου τύπου συστήματα περιγράφονται στη συνέχεια.

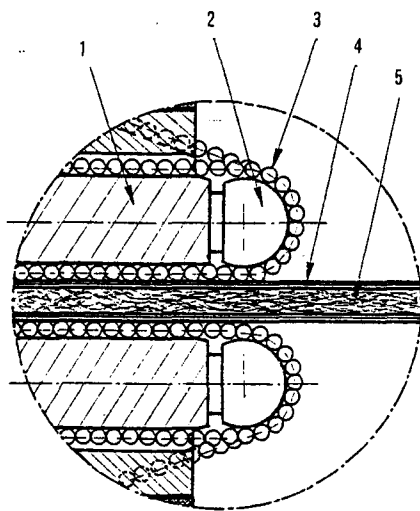
Μία από τις πρώτες πρέσες συνεχούς τύπου που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή μοριοπλακών μικρού πάχους (2 έως 12 mm) με τη μέθοδο Mende ήταν η πρέσα τύπου Kalandar. Μετά τη στρωμάτωση των ξυλοτεμαχιδίων με ρεύμα

αέρος επάνω σε ατέρμονα χαλύβδινο ιμάντα το στρωματωμένο υλικό διέρχεται ενός θερμαινόμενου τυμπάνου και σειράς θερμαινόμενων πιεστικών κυλίνδρων (160.....200 °C) όπου συμπιέζεται (35 Kp/cm^2) μέχρι του επιθυμητού τελικού πάχους. Η ταχύτητα του χαλύβδινου ιμάντα ρυθμίζεται ανάλογα με το τελικό πάχος της μοριοπλάκας και μπορεί να φθάσει τα 25 m/min . Η διάμετρος του τυμπάνου της πρέσας (Kalander) καθορίζει το πάχος των παραγομένων πλακών· έτσι με διάμετρο τυμπάνου 3 m παράγονται πλάκες πάχους 2 έως 6,4 mm ενώ με διάμετρο 5 m είναι δυνατή η κατασκευή πλακών πάχους έως και 12 mm. Οι προϋποθέσεις για παραγωγή μοριοπλακών ικανοποιητικής ποιότητας με την πρέσα αυτή είναι: ομοιόμορφη στρωμάτωση και ακρίβεια κατά τη συμπίεση ώστε κατά το στάδιο λειάνσεως της πλάκας να αφαιρεθεί από τις επιφάνειές της στρώση κατά το δυνατόν πολύ μικρού πάχους (Σχήμα).



Τεχνική παραγωγής μοριοπλακών μικρού πάχους με τη μέθοδο Mende. 1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. χώρος συγκέντρωσης των ξυλοτεμαχιδίων, 3. μηχανή στρωμάτωσης (με αέρα), 4. στρωματωμένο υλικό, 5. ατέρμον μεταλλική ταινία, 6. πρέσα με τύμπανα τύπου Kalander, 7. έτοιμη μετά τη συμπίεση μοριοπλάκα, 8. τεμαχισμός του συνεχούς φύλλου της μοριοπλάκας σε κατάλληλα μήκη.

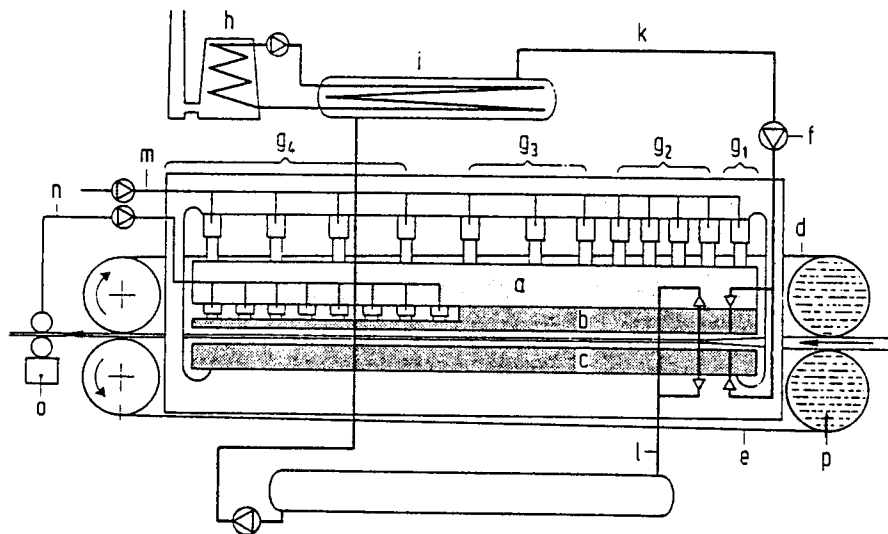
Μία άλλου τύπου συνεχής πρέσα η Contipress είναι μονοόροφη πρέσα μεταξύ των πλακών της οποίας κινούνται δύο ατέρμονες χαλύβδινοι ιμάντες· οι δύο πλάκες της πρέσας περιβάλλονται από ατέρμονες αλύσσους αποτελούμενες από κυλινδρικούς ράβδους επάνω στους οποίους κυλίνουν και στηρίζονται οι χαλύβδινοι ιμάντες (Σχήμα). η θερμοκρασία και η πίεση των πλακών της πρέσας μεταφέρεται με ομοιόμορφο τρόπο δια μέσου των αλύσεων και των χαλύβδινων ιμάντων στο στρωματωμένο υλικό· με την πρέσα αυτή αποφεύγεται η πρόωρη σκλήρυνση των επιφανειακών στρώσεων των μοριοπλακών και επιτυγχάνονται ανοχές πάχους των έτοιμων πλακών $\pm 0,15 \text{ mm}$.



Πρέσσα τύπου Contipress . 1. θερμαντική πλάκα πρέσσας, 2. περιστρεφόμενο τύμπανο, 3. ατέρμον αλυσσος με κυλινδρικούς ράβδους, 4. μεταλλικό έλασμα, 5. στρωματωμένο υλικό.

Η πρέσσα Hydro -Dyn είναι μία συνεχούς τύπου μονοόροφη πρέσσα ανάμεσα από τις πλάκες της οποίας κινούνται δύο ατέρμονες χαλύβδινοι ιμάντες· για την ακώλυτη κύλιση (χωρίς τριβές) των ιμάντων επάνω στις μεταλλικές πλάκες της πρέσσας διοχετεύεται και κατανέμεται σε όλη την επιφάνεια των πλακών με σωληνίσκους λιπαντικό έλαιο· το έλαιο αυτό θερμαίνεται σε κατάλληλες θερμοκρασίες και αποτελεί το μέσο μεταφοράς θερμότητας προς το στρωματωμένο υλικό για τη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας· η πίεση σταδιακά αυξάνεται από την είσοδο προς το κέντρο της πρέσσας και στη συνέχεια μειώνεται προς την έξοδο της πράγμα το οποίο συμβάλλει ώστε να επιτυγχάνονται ανοχές πάχους της έτοιμης πλάκας της τάξεως των $\pm 0,15\text{mm}$ (Σχήμα). Η πρέσσα αυτή χρησιμοποιείται και στην παραγωγή ινοπλακών μέσης πυκνότητας (MDF).

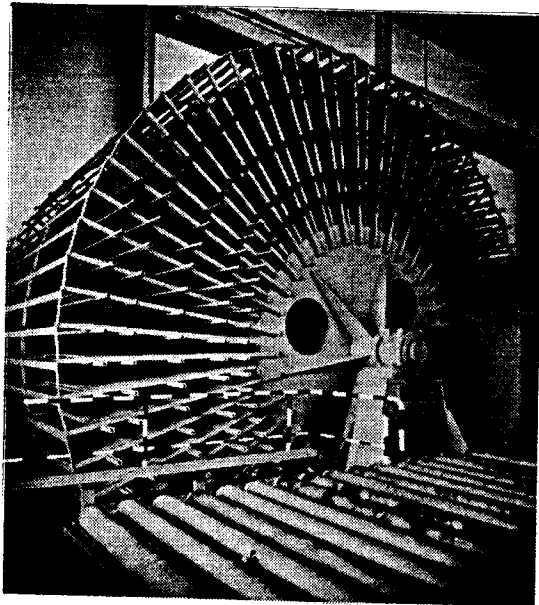
Μία άλλου τύπου μονοόροφη πρέσσα που εμφανίσθηκε τα τελευταία χρόνια προβλέπει κατά τη διάρκεια της συμπίεσης διοχέτευση ατμού κάθετα προς το στρωματωμένο υλικό των ξυλοτεμαχιδίων· ο ατμός διοχετεύεται με πίεση από οπές που βρίσκονται κατανεμημένες σε ορισμένες αποστάσεις στην επιφάνεια των θερμαντικών πλακών της πρέσσας· για την καλύτερη κατανομή του ατμού μεταξύ πλακών πρέσσας και στρωματωμένου υλικού παρεμβάλλονται χαλύβδινα πλέγματα· μετά το πέρας της διάρκειας συμπίεσης σταματά η διοχέτευση ατμού και εφαρμόζεται κενό για την απομάκρυνση της περίσσειας ατμού ώστε να ελαττωθεί η υγρασία της μοριοπλάκας στα επιθυμητά ποσοστά· με την τεχνική αυτή η θερμοκρασία φθάνει ταχύτερα στο εσωτερικό του στρωματωμένου υλικού έτσι ώστε να απαιτείται μικρότερη διάρκεια συμπίεσης.



Πρέσσα τύπου Hydro-Dyn. α. τμήμα στερέωσης της άνω θερμαντικής πλάκας, β. άνω θερμαντική πλάκα, γ. κάτω θερμαντική πλάκα, δ. άνω ατέρμον μεταλλική ταινία, ε. κάτω ατέρμον μεταλλική ταινία, ς. αντλία λιπαντικού ελαίου, ζ. πιέσεις ($g_1: 1,5 \text{ MPa}$, $g_2: 3 \text{ MPa}$, $g_3: 2 \text{ MPa}$, $g_4: 1 \text{ MPa}$), η. λεβητοστάσιο, θ. εναλλακτήρας θερμότητας, ι. σωλήνας μεταφοράς λιπαντικού ελαίου, κ. σωλήνας απαγωγής λιπαντικού ελαίου, λ. υδραυλικό σύστημα πρέσσας, μ. ρύθμιση υδραυλικού συστήματος, ν. συσκευή μέτρησης του πάχους της πλάκας μετά τη συμπίεση, ο. περιστρεφόμενο θερμαινόμενο τύμπανο στερέωσης της ατέρμονας μεταλλικής ταινίας, π. περιστρεφόμενο θερμαινόμενο τύμπανο στερέωσης της ατέρμονας μεταλλικής ταινίας.

3.1.10. Ψύξη-Κλιματισμός

Μετά τη συμπίεση στη θερμή πρέσσα οι μοριοπλάκες παρουσιάζουν κατά το πάχος τους μία ανισοκατανομή θερμοκρασίας και υγρασίας. Ειδικότερα οι επιφανειακές στρώσεις έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία και μικρότερη υγρασία σε σύγκριση με τη μεσαία στρώση (βλ. Σχήμα Κεφ. 3.1.9). Συνολικά η θερμοκρασία της μοριοπλάκας μετά την έξοδό της από την πρέσσα υπερβαίνει τους $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Μία άμεση λοιπόν στοίβαση μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΰδης σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες οδηγεί λόγω υδρόλυσης της συγκολλητικής ουσίας σε ποιοτική υποβάθμιση των πλακών (κιτρίνισμα επιφανειακών στρώσεων, μείωση αντοχής). Για το λόγο αυτό οι μοριοπλάκες πρό της στοίβασης θα πρέπει να ψυχθούν σε θερμοκρασία $< 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Η ψύξη αυτή επιτυγχάνεται με τοποθέτηση των πλακών σε κατάλληλους ψυκτικούς χώρους ή συνήθως με τοποθέτηση των πλακών σε περιστρεφόμενα ράφια. Κατά την ψύξη εμφανίζονται τάσεις διογκώσεως στις επιφανειακές στρώσεις των πλακών λόγω προσρόφησης υγρασίας από τον περιβάλλοντα αέρα ή από τη μεσαία στρώση ενώ στη μεσαία στρώση



Ψύξη μοριοπλακών μετά την έξοδό τους από την πρέσα σε περιστρεφόμενα ράφια

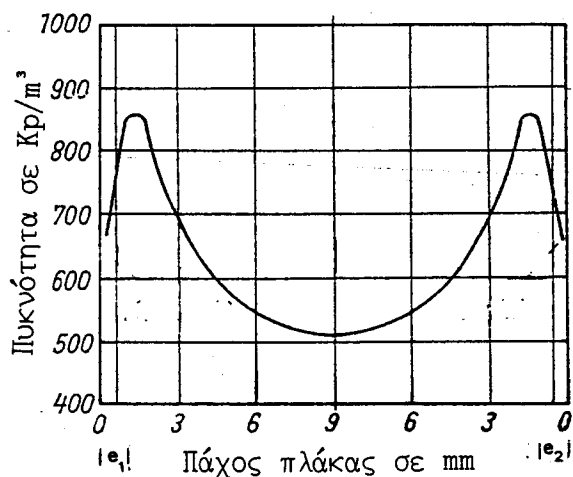
λόγω μείωσης της υγρασίας αναπτύσσονται τάσεις ρικνώσεως. Στη περίπτωση ασυμμετρίας των πλακών (σφάλματα στρωματώσεως) ή απότομης ψύξης μετά την έξοδό τους από την πρέσα είναι δυνατόν οι τάσεις αυτές να δημιουργήσουν μόνιμες παραμορφώσεις δηλ. στρεβλώσεις των πλακών· για το λόγο αυτό η ψύξη θα πρέπει να γίνεται βαθμιαίως κι όχι απότομα. Μετά την ψύξη και προτού αρχίσει η λείανση συνιστάται στοίβαση των μοριοπλακών προκειμένου να αποκατασταθεί η ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας κατά το πάχος των πλακών.

Στην περίπτωση των μοριοπλακών φαινόλης-φορμαλδεΐδης ενδείκνυται άμεση στοίβαση μετά την έξοδό τους από την πρέσα διότι η υψηλή θερμοκρασία ευνοεί την περαιτέρω πολυσυμπύκνωση αυτής της συγκολλητικής ουσίας με αποτέλεσμα τη βελτίωση της μηχανικής αντοχής των πλακών.

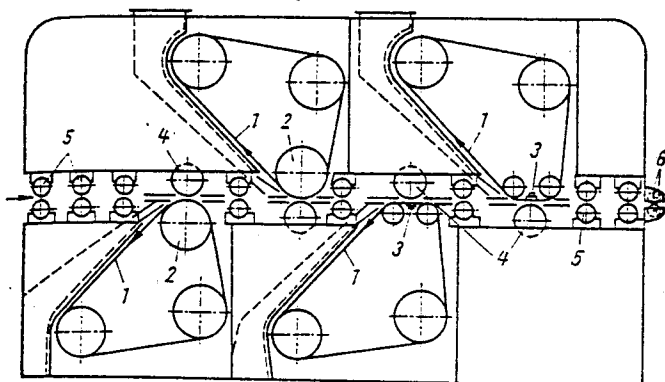
3.1.11. Παρύφωση - Λείανση - Τεμαχισμός

Η παρύφωση αποσκοπεί στον ορθογωνισμό των τεσσάρων πλευρών των πλακών και μπορεί να γίνει προ ή μετά τον κλιματισμό τους. Κατά την παρύφωση αφαιρούνται από τις πλευρές των πλακών λωρίδες πλάτους 15 έως 30mm με με δισκοπρίονες τοποθετημένους σε κατάλληλες θέσεις ώστε να παρυφώνουν τις πλάκες παράλληλα και κάθετα προς το μήκος τους. Η ακρίβεια της πρίσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε οι ανοχές ορθογωνικότητας των πλευρών των πλακών να μην ξεπερνούν τα ± 2 mm ανά μήκος πλευράς 1m. Τα υπολείμματα παρυφώσεως είτε επαναχρησιμοποιούνται στην παραγωγή μοριοπλακών μετά από θρυμματισμό είτε χρησιμεύουν ως καύσιμη ύλη για τις ενεργειακές ανάγκες του εργοστασίου.

Μετά τον κλιματισμό ακολουθεί η λείανση των επιφανειών των πλακών η οποία αποσκοπεί στη βελτίωση της επιφανειακής εμφάνισης αλλά και στη μείωση των αποκλίσεων του πάχους που τυχόν υπάρχουν στις διάφορες θέσεις της πλάκας. Κατά τη λείανση επιδιώκεται να απομακρυνθεί από τις επιφανειακές στρώσεις η εξωτερική λεπτή στρώση τους η οποία είναι χαλαρή πορώδης και μικρής αντοχής έτσι ώστε να αποκαλυφθεί η στρώση με τη μέγιστη πυκνότητα όπως προκύπτει από το προφίλ πυκνότητας του πάχους της μοριοπλάκας (Σχήμα). Η λείανση των επιφανειών της μοριοπλάκας μέχρι τη στρώση με τη μέγιστη πυκνότητα (μέγιστη αντοχή, μικρό πορώδες) είναι απαραίτητη ιδίως όταν η μοριοπλάκα πρόκειται να επενδυθεί με πλαστικά φύλλα ή να επαλειφθεί με βερνίκια. Οι ανοχές του πάχους της μοριοπλάκας μετά τη λείανση δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα $\pm 0,3\text{mm}$. Για τη λείανση των επιφανειών των μοριοπλακών χρησιμοποιούνται λειαντικά μηχανήματα τα οποία φέρουν ατέρμονες λειαντικές ταινίες (συριδόχαρτα) περιστρεφόμενες με σύστημα κυλίνδρων (Σχήμα). Η πρώτη σειρά κυλίνδρων των μηχανημάτων αυτών επιτελεί μία προλείανση των πλακών γιατί είναι εφοδιασμένη με χονδρό συριδόχαρτο (No 40-60) ενώ η δεύτερη σειρά η οποία ολοκληρώνει τη λείανση φέρει λεπτών κόκκων συριδόχαρτο (No 90 έως 120). Ο βαθμός λείανσης και γενικώς η επιφανειακή εμφάνιση των μοριοπλακών εξαρτώνται από τη δομή των επιφανειακών στρώσεων αλλά κι από την ακρίβεια λειτουργίας των λειαντικών μηχανημάτων. Μετά τη λείανση οι μοριοπλάκες ταξινομούνται σε διάφορες ποιότητες ανάλογα με το πάχος και την εμφάνιση των επιφανειών τους.

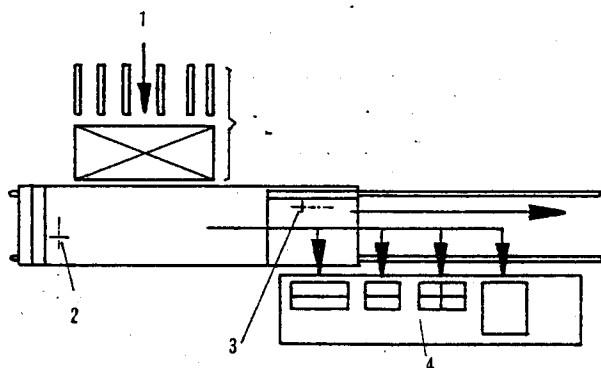


Επιδίωξη να απομακρυνθούν με τη λείανση οι μικρής πυκνότητας ακραίες στρώσεις e_1 και e_2 από την άνω και κάτω επιφανειακή στρώση των μοριοπλακών.



Μηχάνημα λείανσης των επιφανειών των μοριοπλακών. 1. λειαντική ταινία (συριδόχαρτο), 2. κύλινδροι επαφής, 3. πιεστικός οδηγός, 4. πιεστικός κύλινδρος, 5. τύμπανα προωθήσεως, 6. ψύκτρες καθαρισμού

Λόγω των μεγάλων αρχικών διαστάσεών τους (μήκος έως 30 m , πλάτος έως 3m) οι μοριοπλάκες προκειμένου να μεταφερθούν εκτός του εργοστασίου με τα συνήθη μεταφορικά μέσα τεμαχίζονται σε μικρότερες διαστάσεις οι οποίες μπορεί να καθορίζονται από τους αγοραστές των πλακών. Ο τεμαχισμός των πλακών διενεργείται σε ξεχωριστό τμήμα του εργοστασίου με σύστημα δισκοπριόνων εκ των οποίων άλλοι τεμαχίζουν τις πλάκες παράλληλα κι άλλοι κάθετα προς το μήκος τους (Σχήμα).

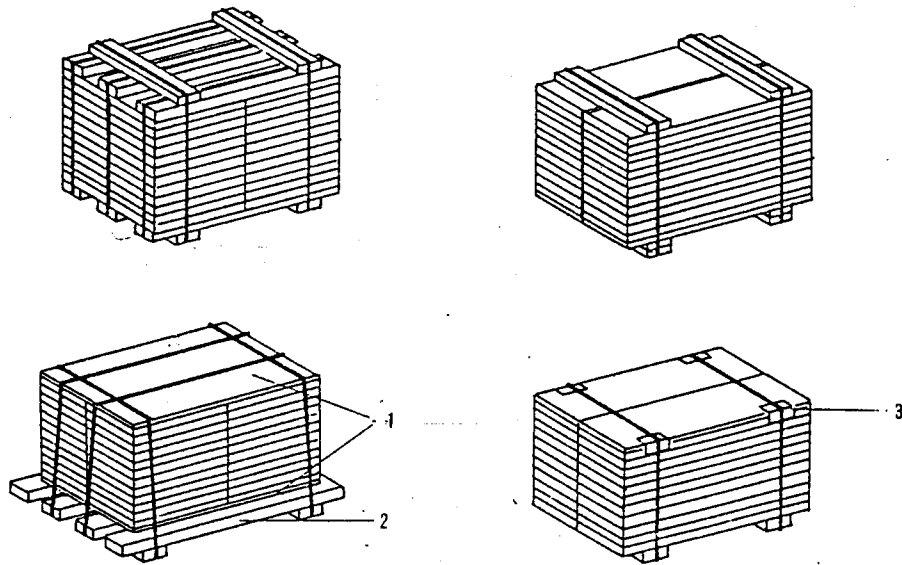


Τεμαχισμός των μοριοπλακών
1. προώθηση πλακών, 2. δισκοπρίων κατά μήκος τομής, 3. δισκοπρίων κατά πλάτους τομής, 4. ταξινόμηση κατά διαστάσεις και στοίβαση.

3.1.12. Αποθήκευση - Μεταφορά

Η αποθήκευση των μοριοπλακών πρέπει να γίνεται σε κλειστούς χώρους όπου βάσει των επικρατουσών κλιματικών συνθηκών η υγρασία ισορροπίας των μοριοπλακών δεν υπερβαίνει ορισμένες οριακές τιμές οι οποίες είναι 6% η ελάχιστη και 12% η μέγιστη. Οι αποδεκτές τιμές υγρασίας των μοριοπλακών (6 έως 12%) αντιστοιχούν σε θερμοκρασία 15...25 °C και υγρασία 45...65% των χώρων αποθήκευσης. Οι πλάκες στοιβάζονται οριζόντια προσεκτικά η μία επί της άλλης ώστε να μην προεξέχουν οι ακμές τους και η όλη στοιβάδα η οποία αποτελείται από πλάκες του ίδιου πάχους και της ίδιας ποιότητας στηρίζεται σε παλέττες ή σε πριστοτεμάχια ορθογωνικής διατομής.

Η μεταφορά των μοριοπλακών εκτός του εργοστασίου θα πρέπει να γίνεται με οριζόντια τοποθέτηση των πλακών σε κλειστά οχήματα ιδίως όταν υπάρχουν δυσμενείς κλιματικές συνθήκες. Οι πλάκες τοποθετούνται υπό μορφή στοιβάδας επάνω σε παλέττες και σταθεροποιούνται καταλλήλως με χαλύβδινα ελάσματα (βλ. Σχήματα).



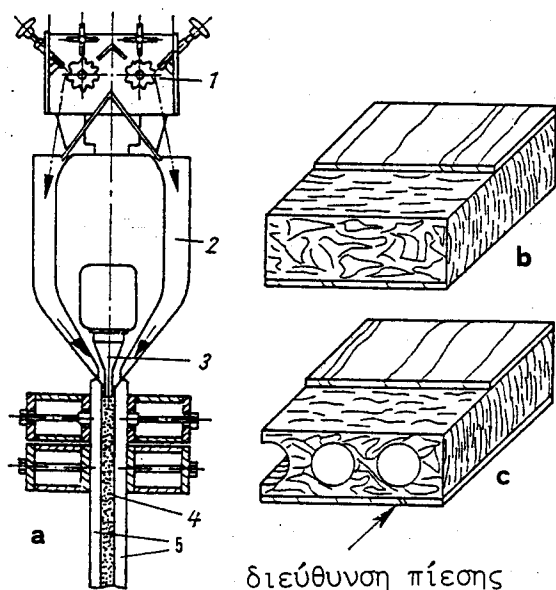
Παραδείγματα συσκευασίας στοιβάδων μοριοπλακών προ της μεταφοράς τους. 1. προστατευτικές πλάκες εφόσον πρόκειται για επενδυμένες μοριοπλάκες με πλαστικά φύλλα, 2. παλέττα, 3. προστασία των ακμών.

3.2. Τεχνολογία παραγωγής μοριοπλακών ωθήσεως

Στις μοριοπλάκες ωθήσεως τα ξυλοτεμαχίδια έχουν θέση κάθετη και προς το επίπεδο της πλάκας και προς τη διεύθυνση που ασκείται η συμπίεσή τους στην πρέσσα. Η μεθοδολογία παραγωγής των μοριοπλακών ωθήσεως αναπτύχθηκε από τον Kreibaum (Γερμανία) από το 1947 έως το 1949 και είναι γνωστή ως μέθοδος OKAL-Kreibaum .

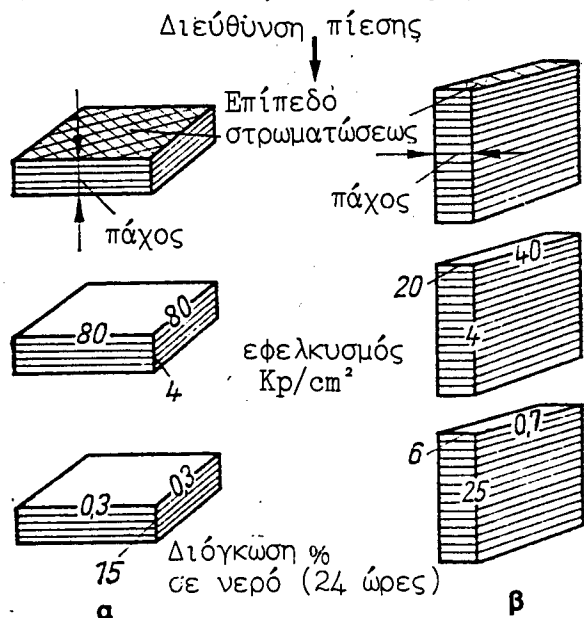
Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων χρησιμοποιούνται διάφορες μορφές και κατηγορίες ξύλου και κυρίως υπολείμματα άλλων κατεργασιών ξύλου (εξακρίδια, πριονίδια, υπολείμματα ξυλοφύλλων) και γεωργικών καλλιεργειών. Τα ξυλοτεμαχίδια αφού ξηραθούν μέχρι υγρασίας 5% αναμιγνύονται με τη συγκολλητική ουσία (συνήθως ουρία-φορμαλδεΰδη) σε ποσοστά 4 έως 6% με βάση την ξηρή μάζα των ξυλοτεμαχιδίων. Η στρωμάτωση και συμπίεση των ξυλοτεμαχιδίων γίνεται συγχρόνως σε ειδικό μηχάνημα το οποίο αποτελεί και τη μοναδική ειδοποιό διαφορά των τεχνολογικών φάσεων παραγωγής μεταξύ των κοινών και των μοριοπλακών ωθήσεως. Τα ξυλοτεμαχίδια ρίπτονται με περιστρεφόμενες κεφαλές κατακόρυφα δια μέσου χωάνης και στρωματώνονται ανάμεσα σε δύο κατακόρυφα ιστάμενες θερμαινόμενες πλάκες της πρέσσας· η συμπίεση

των ξυλοτεμαχιδίων επιτυγχάνεται με κατάλληλο έμβολο που κινείται παλινδρομικά μεταξύ των πλακών · το πλάτος των πλακών (συνήθως 125 έως 185cm) καθορίζει το πλάτος των παραγομένων μοριοπλακών ενώ το πάχος τους καθορίζεται από την απόσταση μεταξύ των πλακών. Οι μοριοπλάκες ωθήσεως παράγονται ως ομοιογενείς πλάκες σε πάχη από 8 έως 22mm ή ως διάτρητες σε πάχη από 23 έως 50mm (Σχήμα). Για την κατασκευή των διάτρητων πλακών τοποθετούνται μεταξύ των πλακών της πρέσσας θερμαινόμενοι σωλήνες σε διεύθυνση παράλληλη προς την κατεύθυνση παραγωγής.



α. Πρέσα παραγωγής μοριοπλακών ωθήσεως 1. κεφαλές προώθησης ξυλοτεμαχιδίων. 2. αγωγοί ξυλοτεμαχιδίων στις πλάκες της πρέσσας, 3. πιεστικό έμβολο, 4. χώρος στρωμάτωσης, 5. θερμαντικές πλάκες της πρέσσας. β. μοριοπλάκα ωθήσεως πλήρη, γ. μοριοπλάκα ωθήσεως διάτρητη.

Λόγω της θέσης των ξυλοτεμαχιδίων στο επίπεδο της πλάκας οι μοριοπλάκες ωθήσεως έχουν υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό κάθετο προς το επίπεδό τους αλλά μικρή αντοχή σε κάμψη · όσο αφορά τη διόγκωσή τους μετά από προσρόφηση υγρασίας ή νερού αυτή είναι σχετικά μικρή κατά τη διεύθυνση του πάχους αλλά σχετικά μεγάλη κατά τη διεύθυνση του μήκους ή του πλάτους της πλάκας (Σχήμα) · για τη βελτίωση της αντοχής σε κάμψη και για τη μείωση της κατά μήκος διόγκωσης σχεδόν πάντοτε οι μοριοπλάκες ωθήσεως επενδύονται αμφίπλευρα με ξυλόφυλλα, ινοπλάκες ή και άλλα υλικά επικαλύψεων.



Σύγκριση ιδιοτήτων μεταξύ κοινών και μοριοπλακών ωθήσεως α. κοινές, β. μοριοπλάκες ωθήσεως.

4. Έλεγχοι και ρυθμίσεις των παραμέτρων της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι έλεγχοι των διαφόρων παραμέτρων κατά τη διάρκεια παραγωγής των μοριοπλακών αποσκοπούν στον περιορισμό του εύρους κυμάνσεως των ιδιοτήτων τους από προκαθορισμένες επιθυμητές τιμές, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών και στον περιορισμό των διακοπών λειτουργίας. Η ποιότητα των μοριοπλακών, η οποία καθορίζεται από μία σειρά φυσικο-μηχανικών και υγροσκοπικών ιδιοτήτων, επηρεάζεται από διάφορους παραμέτρους οι οποίοι σχετίζονται με τις πρώτες ύλες και τη συγκεκριμένη τεχνολογία παραγωγής (Πίνακας). Κάθε μία από τις κύριες ιδιότητες των μοριοπλακών (πυκνότητα, μηχανικές και υγροσκοπικές ιδιότητες, διόγκωση, λειότητα επιφάνειας, έκλυση φορμαλδεΐδης, πορώδες εγκάρσιων τομών) επηρεάζεται συνήθως από περισσότερες της μιάς παραμέτρους και σε διαφορετικό βαθμό. Πρόκειται δηλ. για πολλαπλή συσχέτιση την οποία πρέπει να γνωρίζουμε επακριβώς ώστε να επεμβαίνουμε διορθωτικά στις επιδρούσες παραμέτρους όταν οι αποκλίσεις τους από ορισμένες οριακές τιμές είναι δυνατόν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες αποκλίσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητή η σημασία της συνεχούς παρακολουθήσης και ελέγχου των διαφόρων παραμέτρων. Για τον άμεσο προσδιορισμό των τιμών αυτών των παραμέτρων επιβάλλεται η εφαρμογή ταχύτατων κατά το δυνατόν μη καταστρεπτικών μεθόδων και η συμμετοχή ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ορισμένα παραδείγματα ελέγχου των διαφόρων παραμέτρων κατά φάση παραγωγής αναπτύσσονται στη συνέχεια.

Η ποιότητα των ξυλοτεμαχιδίων (κλασματική σύνθεση, εύρος διαστάσεων) επηρεάζεται από το βαθμό άμβλυσης των κοπτικών μέσων των μηχανημάτων τεμαχισμού. Ο βαθμός άμβλυσης όμως συσχετίζεται άμεσα με την ενεργειακή κατανάλωση του μηχανήματος. Η συνεχής λοιπόν καταγραφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των μηχανημάτων τεμαχισμού αποτελεί άμεσο κριτήριο αλλαγής των κοπτικών μέσων και έμμεσο κριτήριο εκτίμησης της ποιότητας των ξυλοτεμαχιδίων. Παράλληλα όμως απαραίτητος είναι η εφαρμογή και άμεσων μεθόδων προσδιορισμού της ποιότητας των ξυλοτεμαχιδίων · για το σκοπό αυτό παίρνονται τυχαία δείγματα κατά τη διάρκεια της παραγωγής στα οποία μετρούνται οι διαστάσεις (κυρίως πάχος και μήκος) και προσδιορίζεται με κοσκίνηση η κλασματική σύνθεση των ξυλοτεμαχιδίων.

Ο συνεχής έλεγχος του βαθμού πληρώσεως των αποθηκευτικών χώρων των πρώτων υλών επιβάλλεται προκειμένου να εξασφαλισθεί η ακώλυτη και συνεχής τροφοδοσία των μηχανημάτων. Ο προσδιορισμός του βαθμού πληρώσεως γίνεται με την εγκατάσταση ειδικών συσκευών σε κατάλληλες θέσεις των αποθηκευτικών χώρων οι οποίες λειτουργούν με μηχανικό τρόπο, με φωτοηλεκτρικά κύτταρα ή με υπερήχους.

Παράμετροι επιδρούσες στις ιδιότητες των μοριοπλακών

Παράμετροι των πρώτων υλών

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Ξύλο | 1.1. Δασικά είδη, Κατηγορία ξύλου, Ποιότητες, Υγρασία
1.2. Ποσοστά φλοιού
1.3. Ποσοστά ξένων προσμίξεων (άμμος κ.ά.)
1.4. Τιμή-pH, Περιεκτικότητα σε λίπη, Σάκχαρα, Φυσικές ρητίνες |
| 2. Συγκολλητική ουσία | 2.1. Ρητίνη
2.2. Σκληρυντής, Πρόσθετα
2.3. Ιξώδες, Συγκέντρωση, Τιμή pH
2.4. Χρόνος πήξεως |

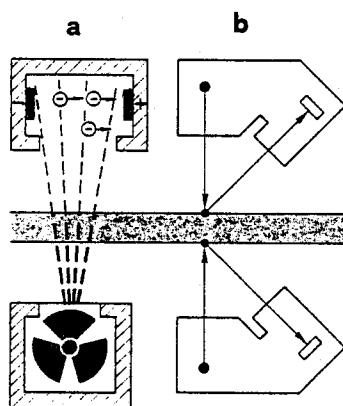
Τεχνολογικές παράμετροι

- | | |
|----------------------------------|---|
| 3. Παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων | 3.1. Διαστάσεις και μορφή ξυλοτεμαχιδίων
3.2. Κλασματική σύνθεση |
| 4. Ξήρανση | 4.1. Υγρασία και θερμοκρασία εισόδου και εξόδου των ξυλοτεμαχιδίων στο ξηραντήριο
4.2. Μέσο ξήρανσης
4.3. Διαστάσεις ξυλοτεμαχιδίων |
| 5. Ανάμιξη με συγκολλητική ουσία | 5.1. Είδος και ποσοστό συγκολλητικής ουσίας
5.2. Θερμοκρασία και υγρασία ξυλοτεμαχιδίων μετά την ανάμιξη
5.3. Διάρκεια που μεσολαβεί από την ανάμιξη των ξυλοτεμαχιδίων μέχρι τη συμπίεσή τους στη θερμή πρέσσα |
| 6. Στρωμάτωση | 6.1. Ποσότητες στρωματωμένου υλικού ξυλοτεμαχιδίων
6.2. Δομή στρωματωμένου υλικού
6.3. Πάχος στρωματωμένου υλικού
6.4. Εμφάνιση κυματοειδών επιφανειών κατά τη στρωμάτωση |
| 7. Θερμή συμπίεση | 7.1. Διάγραμμα πίεσης-χρόνου
7.2. Θερμοκρασία και διάρκεια συμπίεσης
7.3. Διάρκεια παραμονής στρωματωμένου υλικού στην πρέσσα προτού αρχίσει η συμπίεση |
| 8. Ψύξη/Κλιματισμός | 8.1. Θερμοκρασία και υγρασία των πλακών κατά τη στοίβαση
8.2. Διάρκεια κλιματισμού |
-

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων στο ξηραντήριο συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά υγρόμετρα (αρχή της διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ ξύλου και νερού) ή συσκευές με υπέρυθρο ακτινοβολία (αρχή της διαφορετικής προσρόφησης ενέργειας μεταξύ ξύλου και νερού). Για την έγκαιρη διαπίστωση κριτικών συνθηκών εντός του ξηραντηρίου, που μπορεί να οδηγήσουν σε εκρήξεις ή πυρκαγιές, είναι αναγκαίοι εκτός από το συνεχή έλεγχο της υγρασίας και της θερμοκρασίας προσδιορισμοί των ποσοστών CO_2 , CO και O_2 που περιέχονται στα αέρια ξηράνσεως.

Κατά την ανάμιξη των ξυλοτεμαχιδίων με τη συγκολλητική ουσία οι έλεγχοι αποσκοπούν: στη διατήρηση της σύνθεσης της συγκολλητικής ουσίας στα επιθυμητά ποσοστά (ποσοστιαία αναλογία ρητίνης, νερού, σκληρυντή, πρόσθετων), στη διατήρηση της σταθερής προκαθορισμένης αναλογίας ξυλοτεμαχιδίων:συγκολλητικής ουσίας, στην εκτίμηση των ιδιοτήτων της συγκολλητικής ουσίας (συγκέντρωση, ιξώδες κ.ά.), στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού που ψύχει τα τοιχώματα του αναμικτήρα ώστε η θερμοκρασία των ξυλοτεμαχιδίων κατά την έξοδό τους να μη υπερβαίνει μία μέγιστη τιμή.

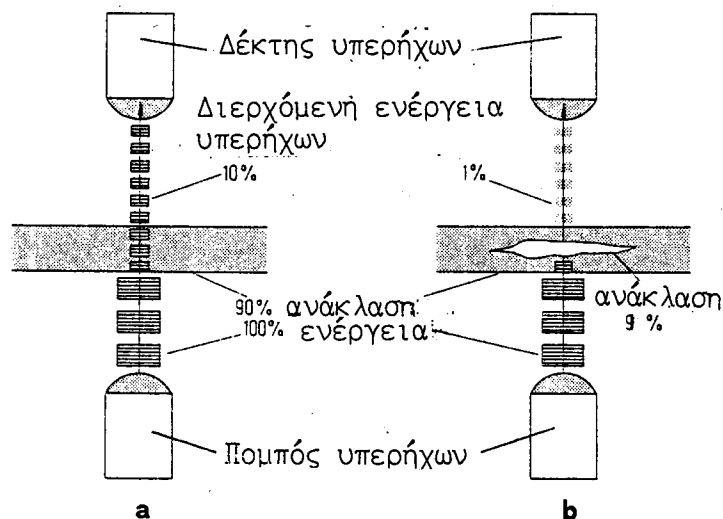
Για την ομοιόμορφη κατανομή της πυκνότητας κατά το μήκος και το πλάτος της στρωματωμένης πλάκας γίνονται συνεχείς έλεγχοι οι οποίοι περιλαμβάνουν, την ποσότητα των ξυλοτεμαχιδίων που προωθούνται προς στρωμάτωση στη μονάδα του χρόνου και την κατανομή του βάρους του στρωματωμένου υλικού στις διάφορες θέσεις της πλάκας· οι τιμές των παραμέτρων αυτών αλλά και το συνολικό βάρος της στρωματωμένης πλάκας προσδιορίζονται με ηλεκτρικούς ζυγούς ή με ακτινοβολία ισοτόπων.



Προσδιορισμός α. του βάρους του στρωματωμένου υλικού με ακτινοβολία ισοτόπων, και β. του πάχους με ακτίνες λέιζερ.

Κατά τη φάση της συμπίεσης των στρωματωμένων πλακών στη θερμή πρέσσα εκτός της συνεχούς καταγραφής των συνθηκών συμπίεσης (ύψος και διάρκεια πίεσης, θερμοκρασία πλακών πρέσσας) πρέπει να προσδιορισθούν κι άλλες παραμέτροι όπως είναι: η υγρασία και το βάρος της μοριοπλάκας προ και μετά την έξοδο

από την πρέσσα, το πάχος της μοριοπλάκας (μηχανικώς ή με ακτίνες λέιζερ), ανίχνευση ύπαρξης τυχόν διακένων σε μή συγκολλημένες θέσεις στο εσωτερικό της πλάκας (με υπερήχους). η τυχόν απόκλιση των τιμών των παραμέτρων αυτών από τις προκαθορισμένες τιμές τους αντιμετωπίζεται με κατάλληλες διορθωτικές επεμβάσεις σε άλλες παραμέτρους. έτσι π.χ. η ανίχνευση διακένων στο εσωτερικό της πλάκας μπορεί να διορθωθεί με μείωση της υγρασίας του υλικού στρωματώσεως ή με αύξηση της διάρκειας συμπίεσεως ή με συνδυασμό και των δύο.



Ανίχνευση διακένων στο εσωτερικό της μοριοπλάκας με υπερήχους α. μοριοπλάκα χωρίς διάκενο, b. μοριοπλάκα με διάκενο.

Οι τιμές των παραμέτρων που περιγράφηκαν παραπάνω είναι δυνατόν να επιδρούν θετικά σε ορισμένες αλλά αρνητικά σε άλλες ιδιότητες των μοριοπλακών. Έτσι π.χ. ξυλοτεμαχίδια μεγάλου μήκους στις επιφανειακές στρώσεις αυξάνουν την αντοχή της μοριοπλάκας σε κάμψη αλλά μειώνουν το βαθμό λειότητας των επιφανειών τους. Η μεταβολή των τιμών μιας παραμέτρου λοιπόν μπορεί να επηρεάζει περισσότερες της μιας ιδιότητες των μοριοπλακών και μάλιστα σε διαφορετική κατεύθυνση δηλ. πρόκειται για μία σχέση πολλαπλής συμμεταβλητότητας την οποία απαραίτητως πρέπει να γνωρίζουμε κατά τις διορθωτικές επεμβάσεις μας στην παραγωγή.

5. Ποιοτικός έλεγχος έτοιμου προϊόντος

Η ποιότητα των μοριοπλακών καθορίζεται από μία σειρά ιδιοτήτων όπως είναι: το πάχος, η υγρασία και πυκνότητα, οι αντοχές σε κάμψη, εγκάρσιο

εφελκυσμό μεσαίας στρώσης, εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων, εξαγωγή βίδας και καρφιού, συμπίεση, η κατά πάχος και κατά μήκος διόγκωση, ο βαθμός λειότητας των επιφανειών, και η έκλυση φορμαλδεΐδης. Επειδή ο προσδιορισμός όλων αυτών των ιδιοτήτων απαιτεί σημαντικό χρόνο και δαπάνες, δεδομένου ότι σχεδόν όλες εξετάζονται με καταστρεπτικές μεθόδους, συνήθως κατά τον τρέχοντα ποιοτικό έλεγχο στο εργοστάσιο ελέγχονται ορισμένες από αυτές όπως είναι: πάχος, πυκνότητα, υγρασία, αντοχή σε κάμψη, αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό της μεσαίας και των επιφανειακών στρώσεων, ο βαθμός λειότητας των επιφανειών και η έκλυση φορμαλδεΐδης.

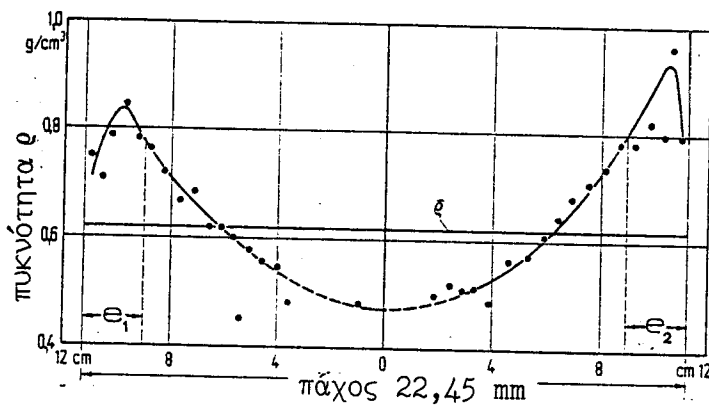
Κατά τον ποιοτικό έλεγχο παίρνεται με τυχαία δειγματοληψία από την τρέχουσα παραγωγή ένας αριθμός πλακών που κυμαίνεται μεταξύ 0,1 έως 0,5% της παραγωγής. Από τις πλάκες αυτές διαμορφώνεται ένας ικανός αριθμός δοκιμίων στα οποία προσδιορίζονται οι προαναφερθείσες ιδιότητες. Για κάθε ιδιότητα υπολογίζεται ο μέσος όρος (\bar{x}) και η τετραγωνική απόκλιση (s). Εάν οι τιμές αυτές αποκλίνουν από τις επιτρεπτές τιμές που έχουν προκαθορισθεί για κάθε ιδιότητα τότε ερευνώνται τα αίτια των αποκλίσεων αυτών τα οποία μπορεί να οφείλονται σε ανεπιθύμητες μεταβολές των παραμέτρων της πρώτης ύλης ή των τεχνολογικών παραμέτρων παραγωγής. Μετά τον εντοπισμό των αιτίων γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές επεμβάσεις στην παραγωγική διαδικασία. Εκτός από τις μέσες τιμές (\bar{x}) ιδιαίτερη σημασία έχουν οι τετραγωνικές αποκλίσεις των ιδιοτήτων τους (s) το μέγεθος των οποίων εκφράζει το βαθμό ομοιογένειας των μοριοπλακών.

6. Ιδιότητες των μοριοπλακών

6.1. Πυκνότητα

Η πυκνότητα της πλειονότητας μοριοπλακών βιομηχανικής παραγωγής κυμαίνεται συνήθως από 0,650 έως 0,750 g/cm³ δηλ. είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα των δασικών ειδών που συμμετέχουν στην κατασκευή τους. Λόγω της δομής και της τεχνολογίας παραγωγής η μοριοπλάκα παρουσιάζει διακυμάνσεις της πυκνότητας παράλληλα με το επίπεδό της (κατά το μήκος ή πλάτος) και κάθετα προς αυτό (κατά το πάχος της πλάκας). Οι διακυμάνσεις της πυκνότητας κατά το μήκος ή το πλάτος της μοριοπλάκας εξαρτώνται άμεσα από τις συνθήκες στρωμάτωσης των ξυλοτεμαχιδίων· έτσι μεγάλη διακύμανση της πυκνότητας στις διάφορες θέσεις της πλάκας οφείλεται σε σφάλματα στρωματώσεως. Η πυκνότητα κατά το πάχος της μοριοπλάκας προφίλ-πυκνότητας χαρακτηρίζεται από ανομοιόμορφη κατανομή με δύο μέγιστες τιμές στις επιφανειακές στρώσεις και μία ελάχιστη στη μεσαία στρώση της πλάκας· μεταξύ των επιφανειών (άνω και κάτω) και των δύο μέγιστων υπάρχει μία στρώση χαμηλής πυκνότητας

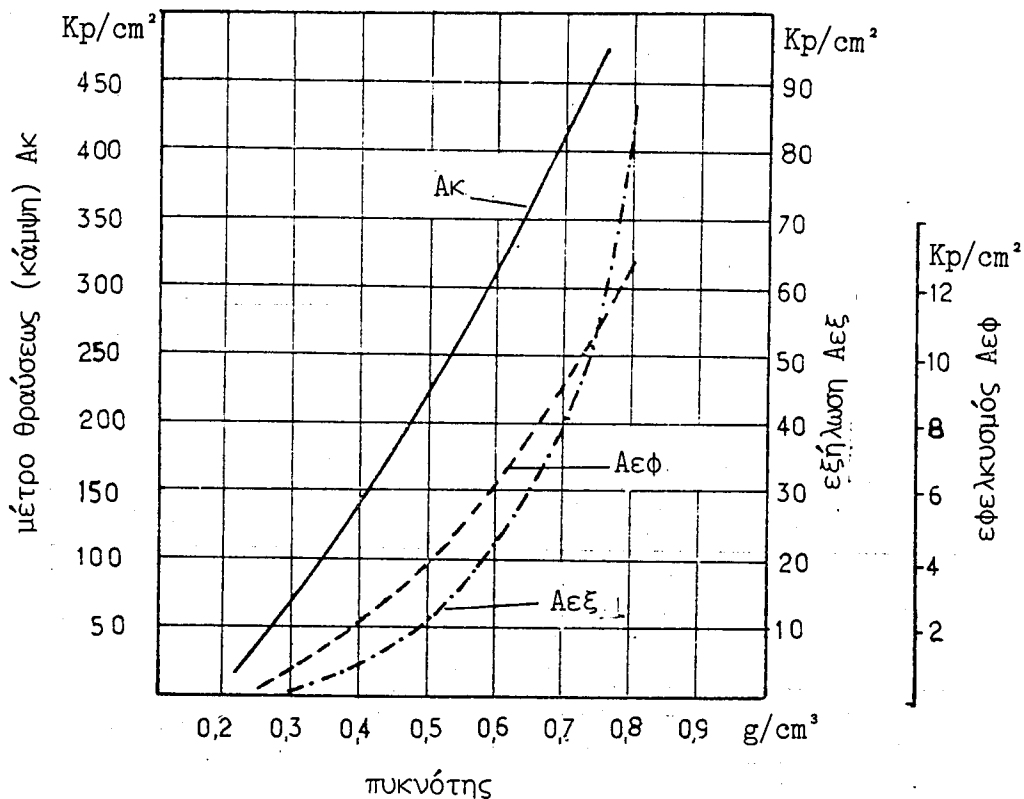
η οποία πρέπει να απομακρύνεται κατά τη λείανση των πλακών διαφορετικά είναι πιθανό να δημιουργηθούν προβλήματα (αποκολλήσεις) κατά την επικάλυψη των επιφανειών της πλάκας με πλαστικά φύλλα (Σχήμα). Η διαμόρφωση του προφίλ-πυκνότητας εξαρτάται από διάφορους παραμέτρους όπως είναι: οι διαστάσεις και ο βαθμός συμπίεστικότητας των ξυλοτεμαχιδίων, η ταχύτητα σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας, η υγρασία του στρωματωμένου υλικού και ιδιαίτερα η διαφορά υγρασίας μεταξύ ξυλοτεμαχιδίων της μεσαίας και των επιφανειακών στρώσεων, και οι συνθήκες συμπίεσης (ταχύτητα κλεισίματος πρέσας και θερμοκρασία).



Κατανομή πυκνότητας κατά το πάχος της μοριοπλάκας (προφίλ πυκνότητας)
 e_1 : άνω επιφανειακή στρώση, e_2 : κάτω επιφανειακή στρώση $\bar{\rho}$: μέση πυκνότητα

Τόσο η μέση πυκνότητα της μοριοπλάκας όσο και η διαμόρφωση του προφίλ πυκνότητας επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα όλες σχεδόν τις ιδιότητές της. Έτσι π.χ. η αντοχή σε κάμψη αυξάνεται με τη μέση πυκνότητα και ιδιαίτερα με την πυκνότητα των επιφανειακών στρώσεων και η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό με την πυκνότητα της μεσαίας στρώσης. Επίσης η αντοχή σε εξαγωγή καρφιού ή βίδας αυξάνεται με την πυκνότητα της μοριοπλάκας. Οι υγροσκοπικές ιδιότητες επηρεάζονται από την πυκνότητα κατά διαφορετικό τρόπο. Έτσι π.χ. η κατά πάχος διόγκωση σε νερό αυξάνεται με την πυκνότητα ενώ το ποσοστό προσρόφησης υγρασίας της μοριοπλάκας μετά την έκθεση σε υγρό περιβάλλον είναι αντιστρόφως ανάλογα της πυκνότητάς της.

Ο προσδιορισμός της μέσης πυκνότητας και του προφίλ πυκνότητας κατά το πάχος της μοριοπλάκας μπορεί να γίνει με την κλασική μέθοδο (μέτρηση του όγκου και του αντίστοιχου βάρους ενός δείγματος με ακριβές γεωμετρικό σχήμα) ή με νεώτερες μεθόδους που χρησιμοποιούν ακτινοβολία Röntgen ή ακτίνες-γ.



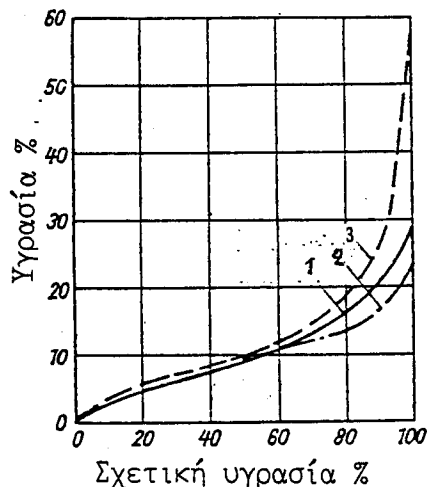
Επίδραση της πυκνότητας στο μέτρο θραύσεως σε στατική κάμψη (Ακ), στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (Αεφ) και σε εξήλωση κάθετα προς το επίπεδο της μοριοπλάκας (Αεξ).

6.2. Υγροσκοπικές ιδιότητες

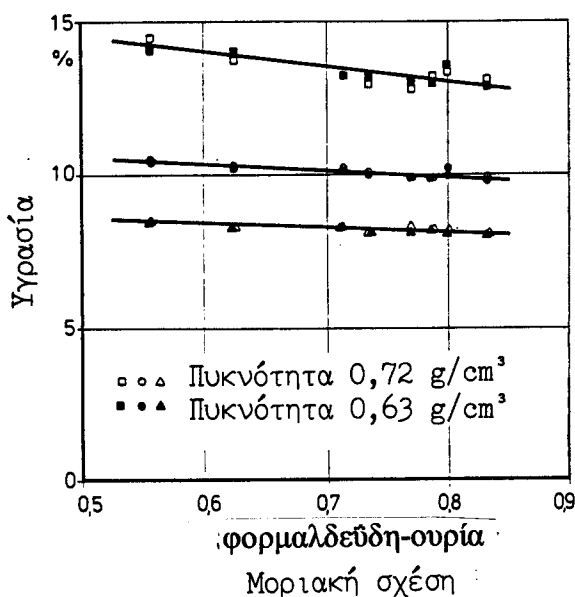
Περιεχόμενη υγρασία - Προσρόφηση υγρασίας και νερού

Τα περιεχόμενα ποσοστά υγρασίας των μοριοπλακών σε κανονικές κλιματικές συνθήκες (20 °C/65% σχετ. υγρασία) κυμαίνονται από 6,0 έως 12,0%. Η υγρασία ισορροπίας των μοριοπλακών σε μία δεδομένη κλιματική κατάσταση μπορεί να είναι χαμηλότερη (μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΰδης) ή υψηλότερη (μοριοπλάκες φαινόλης-φορμαλδεΰδης) από την αντίστοιχη υγρασία του συμπαγούς ξύλου (Σχήμα). η χαμηλότερη υγρασία μοριοπλακών συγκολλημένων με ουρία-φορμαλδεΰδη σε σχέση με το συμπαγές ξύλο οφείλεται στην ύπαρξη της συγκολλητικής ουσίας και στη θερμική επίδραση που υπόκειται κατά τη συμπίεσή της στην πρέσσα. αντίθετα τα μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας μοριοπλακών φαινόλης-φορμαλδεΰδης αποδίδονται στην υψηλή υγροσκοπικότητα του αλκάλεως

που περιέχει αυτή η συγκολλητική ουσία. Μοριοπλάκες συγκολλημένες με την ίδια συγκολλητική ουσία παρουσιάζουν διαφορές στην υγρασία ισορροπίας τους ανάλογα με τα περιεχόμενα ποσοστά της συγκολλητικής ουσίας. Επίσης σε μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης η προσροφούμενη υγρασία επηρεάζεται κι από τη μοριακή αναλογία της ουρίας προς τη φορμαλδεΐδη (Σχήμα).



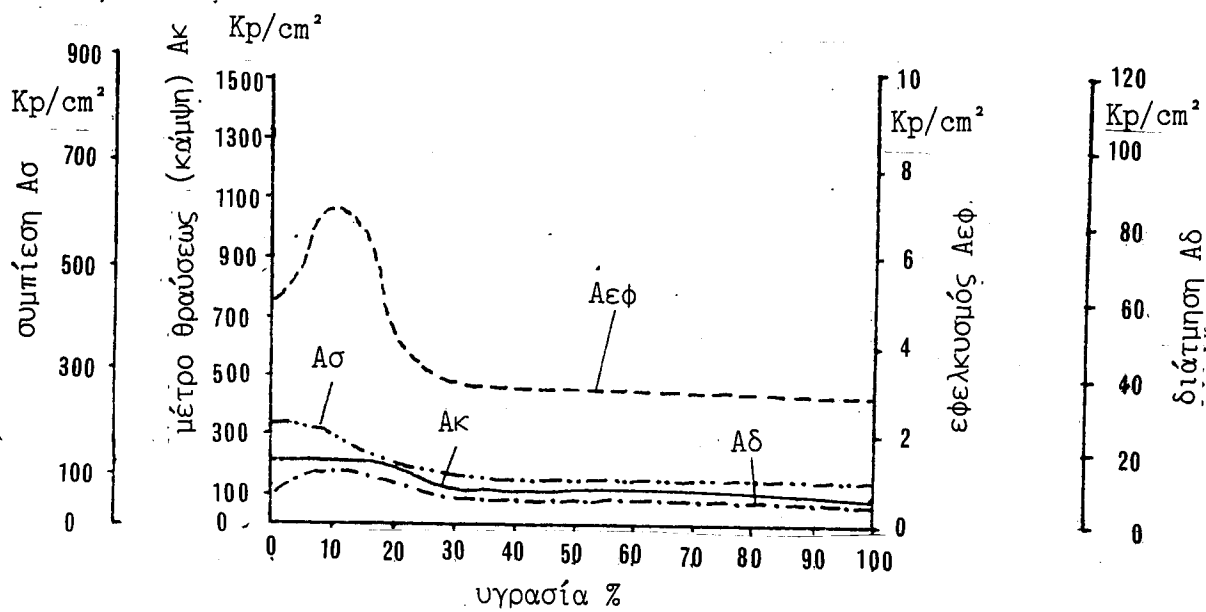
Υγρασία ισορροπίας συμπαγούς ξύλου και μοριοπλακών. 1. συμπαγές ξύλο κωνοφόρου, 2. μοριοπλάκα ουρίας-φορμαλδεΐδης, 3. μοριοπλάκα φαινόλης-φορμαλδεΐδης.



Επίδραση της μοριακής αναλογίας φορμαλδεΐδης-ουρίας στην υγρασία ισορροπίας μοριοπλακών μετά τον κλιματισμό τους σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. ●○: Κανονικό κλίμα (20°C και 65% σχετ. υγρασία), □■: Υγρό κλίμα (20°C και 85% σχετ. υγρασία), Δ▲: Ξηρό κλίμα (20°C και 35% σχετ. υγρασία).

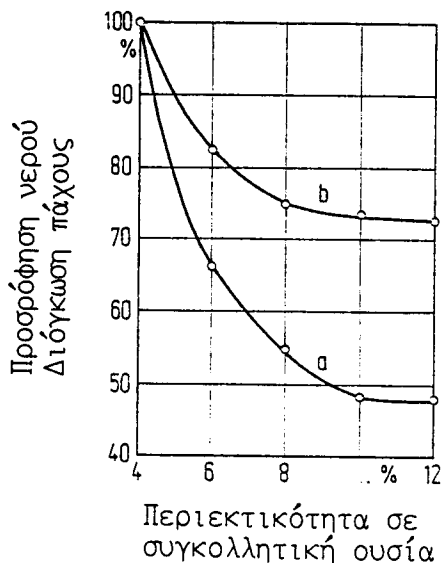
Το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας της μοριοπλάκας επηρεάζει τις κυριότερες ιδιότητές της: με αύξηση της υγρασίας αυξάνεται η κατά πάχος διόγκωση της πλάκας, η αντοχή σε κάμψη μειώνεται όταν η υγρασία υπερβεί το 15%, η αντοχή σε εγκάρσιο, εφελκυσμό και διάτμηση μειώνεται όταν η υγρασία αυξηθεί πέρα του 10%, η αντοχή σε συμπίεση έχει τη μέγιστη τιμή της σε απόλυτη ξηρή κατάσταση της μοριοπλάκας (υγρασία 0%) και μειώνεται με περαιτέρω αύξηση της υγρασίας (Σχήμα).

Οι μοριοπλάκες κατά την προσρόφηση και εκρόφηση υγρασίας παρουσιάζουν το γνωστό φαινόμενο της υστέρησης όπως και το συμπαγές ξύλο.

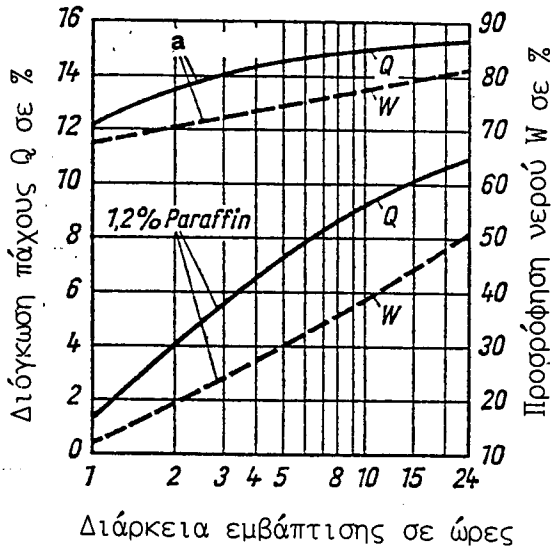


Επίδραση της περιεχόμενης υγρασίας των μοριοπλακών στο μέτρο θραύσεως στατικής κάμψης, στον εγκάρσιο εφελκυσμό, στην αντοχή σε διάτμηση και στην αντοχή σε συμπίεση παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας.

Η προσρόφηση νερού επηρεάζεται από το είδος και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας, το ποσοστό της υδρόφοβης ουσίας και από την πυκνότητα της μοριοπλάκας (βλ. Σχήματα). Μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό προσροφούν 5 έως 20% νερό ενώ ύστερα από 24 ώρες τα ποσοστά μπορεί να κυμαίνονται από 20 έως 40% σε μοριοπλάκες φαινόλης-φορμαλδεΐδης τα ποσοστά αυτά είναι πολύ μεγαλύτερα.



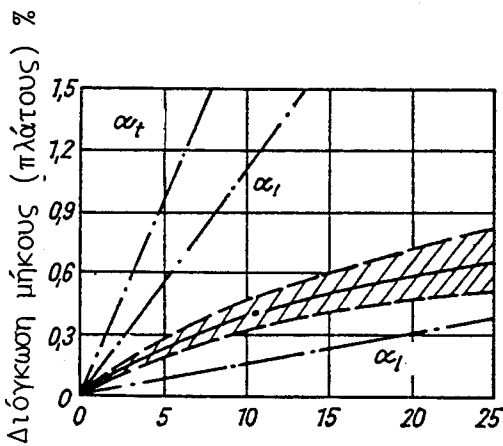
Συσχέτιση μεταξύ της προσρόφησης νερού της κατά πάχος διόγκωσης και της περιεκτικότητας σε συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης α. κατά πάχος διόγκωση, b. προσρόφηση νερού



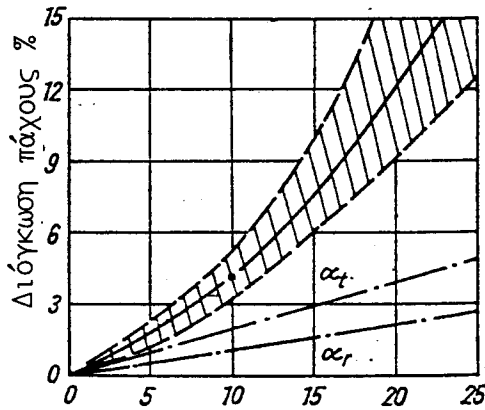
Επίδραση του ποσοστού της υδρόφοβης ουσίας στην κατά πάχος διόγκωση (Q) και την προσρόφηση νερού (W) μονόστρωμης μοριοπλάκας φαινόλης-φορμαλδεΰδης σε σχέση με τη διάρκεια εμβάπτισης σε νερό α. χωρίς παραφίνη

Διαστασιακές μεταβολές

Όπως όλα τα προϊόντα ξύλου έτσι και οι μοριοπλάκες υπόκεινται σε αυξομειώσεις (διόγκωση ή ρίκνωση) των διαστάσεών τους με την πρόσληψη ή απώλεια υγρασίας ή νερού. Το μέγεθος της διόγκωσης (ρίκνωσης) των μοριοπλακών επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους: τη θέση των τεμαχιδίων στο επίπεδο της μοριοπλάκας, την πυκνότητα της μοριοπλάκας, τις πρώτες ύλες κατασκευής, τις διαστάσεις των ξυλοτεμαχιδίων και τις συνθήκες συμπίεσης στην πρέσσα.

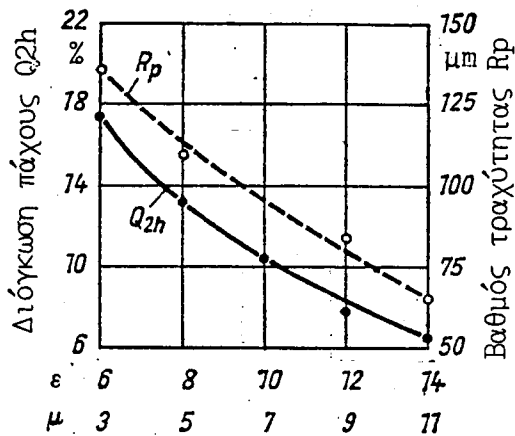


α



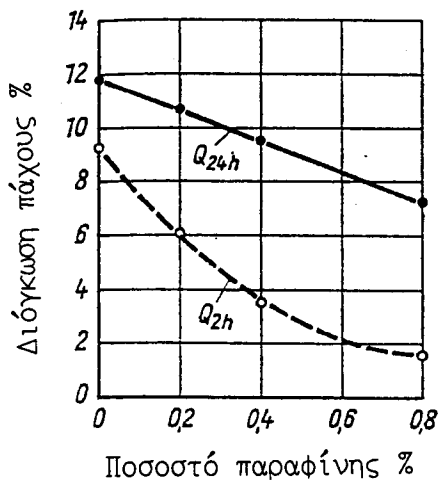
β

Μέσες τιμές α) της κατά μήκος (πλάτος) και β) της κατά πάχος διόγκωσης μοριοπλακών 19 mm πάχους σε διάφορα ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας. Για σύγκριση παρουσιάζονται οι αντίστοιχες διαστασιακές μεταβολές για συμπαγές ξύλο δασικής πεύκης. α_τ: εφαπτομενική κατεύθυνση, α_α: ακτινική κατεύθυνση, α_ρ: αξονική κατεύθυνση.



Επίδραση του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας στην κατά πάχος διόγκωση σε νερό (2 ώρες) και στο βαθμό τραχύτητας της επιφάνειας τρίστρωμων μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΰδης. ε. επιφανειακές στρώσεις, μ. μεσαία στρώση

Ποσοστά συγκολλητικής ουσίας %

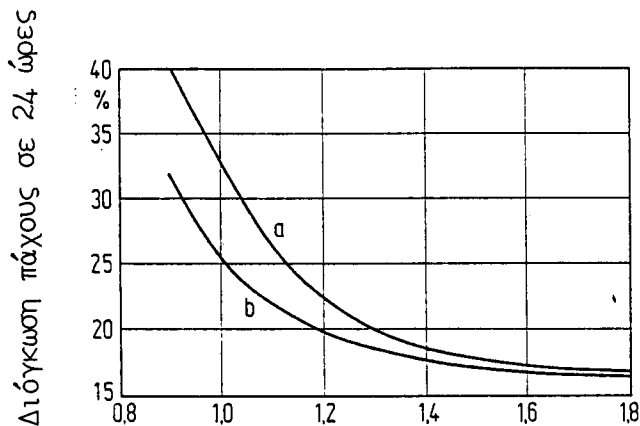


Επίδραση του ποσοστού της υδρόφοβης ουσίας (παραφίνης) στην κατά πάχος διόγκωση τρίστρωμων μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΰδης Q_{2h}. 2 ώρες εμβάπτιση σε νερό.

Q_{24h}. 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό.

Όπως και στην περίπτωση του συμπαγούς ξύλου οι διαστασιακές μεταβολές των μοριοπλακών αυξάνονται μετά της πυκνότητας.

Όσο αφορά τις πρώτες ύλες η διόγκωση των μοριοπλακών επηρεάζεται από τη διόγκωση του δασικού είδους από το οποίο προέρχονται τα ξυλοτεμαχίδια. Γενικώς μοριοπλάκες από είδη μικρής πυκνότητας π.χ. λεύκη διογκώνονται περισσότερο από μοριοπλάκες κατασκευασμένες από μεγαλύτερης πυκνότητας είδη π.χ. δασική πεύκη ή δρύ. Αύξηση του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας μειώνει τις διαστασιακές μεταβολές των μοριοπλακών (Σχήμα). Στην περίπτωση των μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΰδης η κατά πάχος διόγκωση μειώνεται αυξανομένης της μοριακής αναλογίας φορμαλδεΰδης: ουρίας (Σχήμα). Επίσης η προσθήκη υδρόφοβων ουσιών στις μοριοπλάκες (συνήθως παραφίνης) επιβραδύνει το ρυθμό προσρόφησης υγρασίας ή νερού και κατ'επέκταση την ταχύτητα των διαστασιακών μεταβολών χωρίς όμως να προκαλεί μόνιμο και σταθερή μείωσή τους (Σχήμα). Σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές η αύξηση του πάχους των ξυλοτεμαχιδίων αυξάνει την κατά πάχος διόγκωση ενώ η αύξηση του μήκους των μειώνει την κατά μήκος (πλάτος) διόγκωση των μοριοπλακών.



Επίδραση της μοριακής αναλογίας φορμαλδεΐδης: ουρίας στην κατά πάχος διόγκωση μοριοπλακών. α. κανονικές συνθήκες συμπίκνωσης της συγκολλητικής ουσίας. β. άριστες συνθήκες συμπίκνωσης

Μοριακή αναλογία φορμαλδεΐδης: ουρίας

Στις κοινές μοριοπλάκες όπου τα ξυλοτεμαχίδια είναι στρωματωμένα παράλληλα προς το επίπεδο της πλάκας η κατά μήκος και κατά πλάτος διόγκωση είναι περίπου ίδια και πολύ μικρή (από 0,3 έως 0,6%) σε σχέση με την κατά πάχος διόγκωση η οποία μπορεί να ξεπεράσει το 50πλάσιο της κατά μήκος.

Η κατά πάχος διόγκωση της μοριοπλάκας μετά από προσρόφηση υγρασίας ή νερού αποτελείται αθροιστικά: 1) από τη διόγκωση των ξυλοτεμαχιδίων και 2) από τη διόγκωση που οφείλεται στην ελευθέρωση τάσεων οι οποίες δημιουργήθηκαν κατά τη θερμή συμπίεση στην πρέσσα· στην ύπαρξη των τάσεων αυτών αποδίδεται η παραμένουσα ή μόνιμος διόγκωση (springback), δηλ. το ότι κάθε ρίκνωση μετά από προηγηθείσα διόγκωση δεν επαναφέρει ακριβώς το αρχικό πάχος της πλάκας. Οι μοριοπλάκες ωθήσεως λόγω της θέσης των ξυλοτεμαχιδίων κάθετα προς το επίπεδο της πλάκας παρουσιάζουν πολύ μικρή κατά πάχος διόγκωση αλλά συγκριτικά με τις κοινές μοριοπλάκες μεγάλη κατά μήκος (πλάτος) διόγκωση (Σχήμα).

Σχετικά με την επίδραση των συνθηκών της πρέσσας αύξηση της θερμοκρασίας της πρέσσας από 140 °C σε 220 °C οδηγεί σε μείωση της κατά πάχος διόγκωσης μοριοπλακών φαινόλης-φορμαλδεΐδης. Αντίθετα στην περίπτωση μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΐδης δεν υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων συμπίεσης και των διαστασιακών μεταβολών τους.

Ανθεκτικότητα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες

Για τη συμπεριφορά των μοριοπλακών στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες αποφασιστική σημασία έχει το είδος της συγκολλητικής ουσίας. Μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης έχουν περιορισμένη ανθεκτικότητα έναντι της συνεχούς επίδρασης υγρού αέρα ή νερού. Επαναλαμβανόμενη ξήρανση και ύγρανση, έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και βροχή, και ιδίως η συμπίκνωση της υγρασίας στο εσωτερικό της πλάκας καταστρέφουν σχετικά γρήγορα τη μηχανική αντοχή των μοριοπλακών. Ήδη μετά από 1 έως 2 χρόνια έκθεσης

στο εξωτερικό περιβάλλον (άμεση επίδραση κλιματικών παραμέτρων) οι μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης καταστρέφονται ολοσχερώς. Κύρια αιτία αυτής της συμπεριφοράς είναι ο εύθρυπτος χαρακτήρας των δεσμών της σκληρυμένης ουρίας-φορμαλδεΐδης εξ' αιτίας του οποίου αδυνατεί να παρακολουθήσει τις διογκώσεις και ρικνώσεις του ξύλου που προκαλούνται από τις κλιματικές μεταβολές· επί πλέον η καταστροφή επιταχύνεται από την υδρόλυση εκείνων των δεσμών της συγκολλητικής ουσίας οι οποίοι ανεπαρκώς έχουν πολυσυμπυκνωθεί. Για τους παραπάνω λόγους μοριοπλάκες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες πρέπει να είναι συγκολλημένες με συγκολλητικές ουσίες ανθεκτικές σε συνθήκες υψηλής υγρασίας· τέτοιες συγκολλητικές ουσίες είναι η φαινόλη-φορμαλδεΐδη και οι πολυϊσοκυανικοί εστέρες (Πίνακας).

Ιδιότητες μοριοπλακών ουρίας-φορμαλδεΐδης και φαινόλης-φορμαλδεΐδης μετά την έκθεσή τους στο ελεύθερο περιβάλλον χωρίς κάλυψη

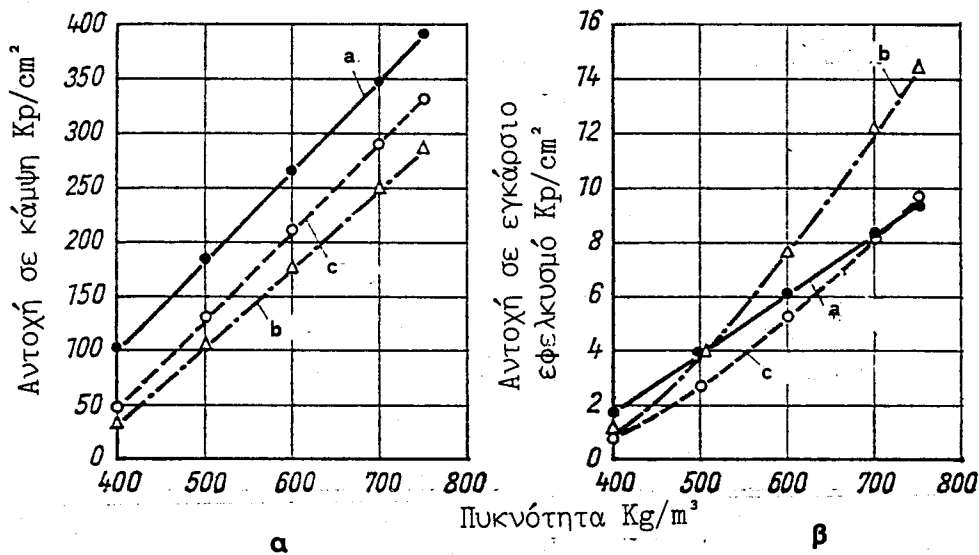
Ιδιότητες	Διάρκεια έκθεσης σε έτη				μοριοπλάκες φαινόλης-φορμαλδεΐδης			
	μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης			0	1	2	4	
	0	1	2	0	1	2	4	
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)	20,2	11,9	<2,0	20,9	17,5	15,7	14,2	
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	0,40	0,29	<0,03	0,64	0,57	0,56	0,40	
Κατά πάχος διόγκωση (%)	0	7,2	>20,7	0	1,4	3,5	2,7	

6.3. Μηχανικές ιδιότητες

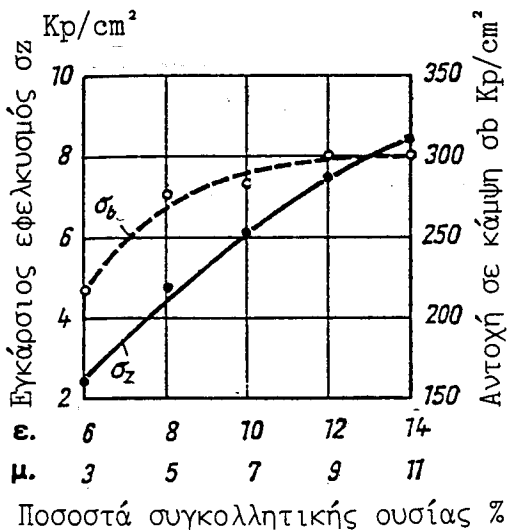
Σχεδόν όλες οι μηχανικές ιδιότητες των μοριοπλακών επηρεάζονται από την πυκνότητα και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας.

Αύξηση της μέσης πυκνότητας της μοριοπλάκας οδηγεί σε αύξηση του μέτρου θραύσεως σε στατική κάμψη. Ακόμη πιο ισχυρή όμως είναι η συσχέτιση μεταξύ της πυκνότητας των επιφανειακών στρώσεων και της αντοχής σε κάμψη· σύμφωνα με σχετικές έρευνες η αντοχή της μοριοπλάκας σε κάμψη καθορίζεται κατά τα 2/3 από την αντοχή των επιφανειακών στρώσεων. Η αντοχή σε κάμψη

εξαρτάται από το βαθμό συμπιεστότητας (πυκνότητα μοριοπλάκας: πυκνότητα ξύλου των τεμαχιδίων). αύξηση του βαθμού συμπιεστότητας δηλ. είδη ξύλου μικράς πυκνότητας συνεπάγονται μεγαλύτερη αντοχή της μοριοπλάκας σε κάμψη σε σύγκριση με βαρύτερα είδη ξύλου (Σχήμα). Μία άλλη παράμετρος που επηρεάζει την αντοχή σε κάμψη είναι η θέση των ξυλοτεμαχιδίων στο επίπεδο της πλάκας. ξυλοτεμαχίδια με θέση παράλληλη στο επίπεδο της πλάκας (κοινές μοριοπλάκες) επιτυγχάνουν μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη απ'ότι εάν είναι στρωματωμένα κάθετα προς το επίπεδό της (μοριοπλάκες ωθήσεως). Αναφορικά με τις διαστάσεις των ξυλοτεμαχιδίων εκτεταμένες έρευνες έδειξαν αύξηση της αντοχής σε κάμψη με αύξηση της σχέσης μήκος: πάχος ξυλοτεμαχιδίων (Σχήμα). Επίσης αύξηση των ποσοστών της συγκολλητικής ουσίας της μοριοπλάκας από 4 έως 10% αυξάνει σημαντικά την αντοχή σε κάμψη και τον εγκάρσιο εφελκυσμό (Σχήμα).



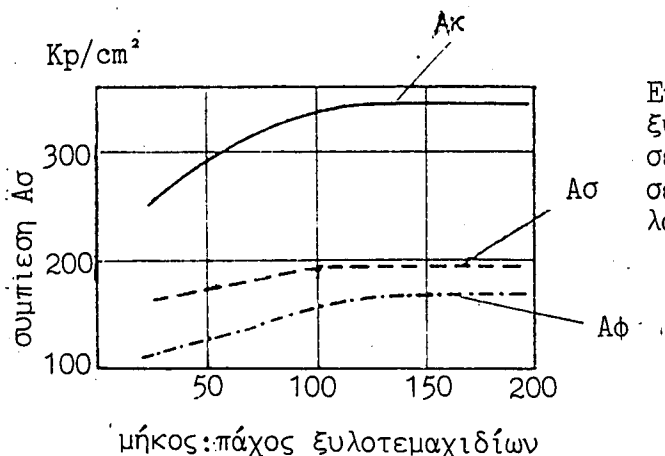
Επίδραση της πυκνότητας του δασικού είδους και της πυκνότητας της μοριοπλάκας α) στην αντοχή των μοριοπλακών σε κάμψη, και β) στην αντοχή των μοριοπλακών σε εγκάρσιο εφελκυσμό. α. δασική πεύκη, β. οξιά, γ. σημύδα.



Επίδραση του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας στην αντοχή σε κάμψη σb και στον εγκάρσιο εφελκυσμό σz τριστρωμων μοριοπλακών ουρίας: φορμαλδεΰδης. ε. επιφανειακές στρώσεις μ. μεσαία στρώση

μέτρο θραύσεως (κάμψη) A_k

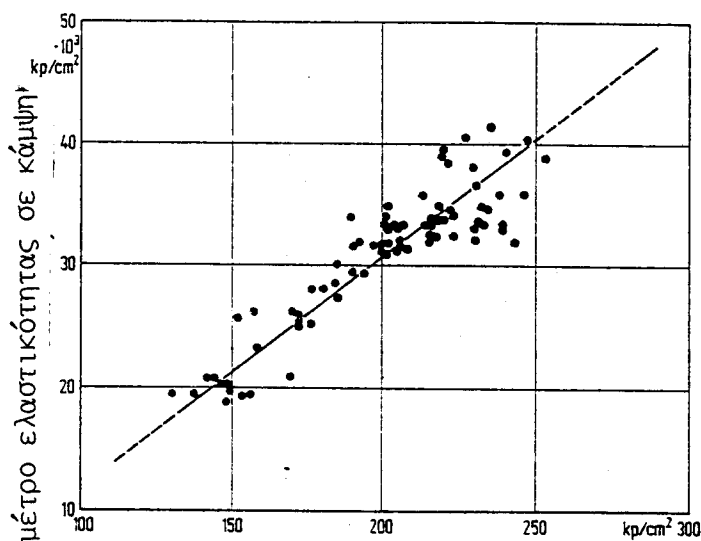
εφελκυσμός $A_{εφ}$



Επίδραση της σχέσης μήκος: πάχος ξυλοτεμαχιδίων στο μέτρο θραύσεως σε στατική κάμψη, και στις αντοχές σε συμπίεση και εφελκυσμό παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας.

Το όριο ελαστικότητας της μοριοπλάκας σε στατική κάμψη συνδέεται με ισχυρή συσχέτιση με το μέτρο θραύσεως και συνεπώς επηρεάζεται κατά παρόμοιο τρόπο από τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω (Σχήμα).

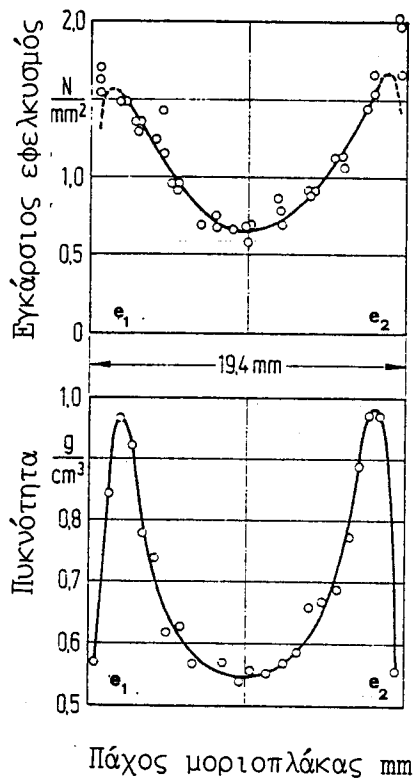
Ο εφελκυσμός σε διεύθυνση παράλληλη με το επίπεδο της πλάκας αυξάνεται με την πυκνότητα της μοριοπλάκας και επίσης όταν αυξάνεται η σχέση μήκος: πάχος ξυλοτεμαχιδίων.



Μέτρο θραύσεως σε κάμψη

Συσχέτιση μεταξύ μέτρου θραύσεως και μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη.

Ο εγκάρσιος εφελκυσμός της μοριοπλάκας αποτελεί μέτρο του βαθμού συγκόλλησης των ξυλοτεμαχιδίων της μεσαίας στρώσης και αυξάνεται με την πυκνότητα και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας ενώ μειώνεται όταν αυξάνεται η σχέση μήκος: πάχος ξυλοτεμαχιδίων (Σχήμα).



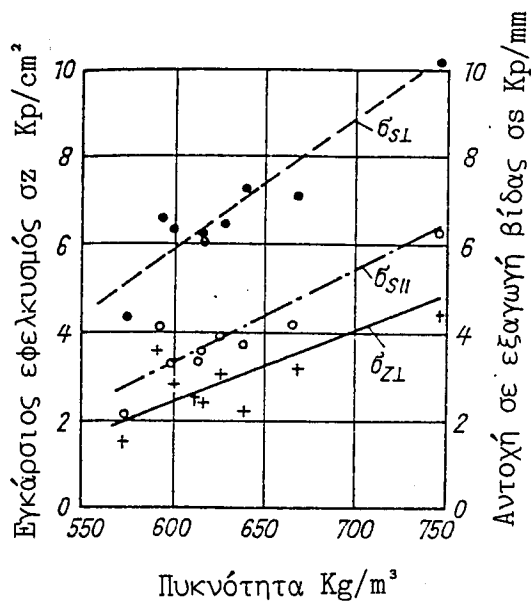
Επίδραση της κατανομής πυκνότητας κατά το πάχος (προφίλ πυκνότητας) μιας τρίστρωμης μοριοπλάκας στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό.
 e_1 : άνω επιφάνεια, e_2 : κάτω επιφάνεια.

Η αντοχή των επιφανειακών στρώσεων σε εγκάρσιο εφελκυσμό, ιδιότητα σημαντική εφόσον οι μοριοπλάκες πρόκειται να επικαλυφθούν με πλαστικά φύλλα, αυξάνεται με την πυκνότητα των επιφανειακών στρώσεων της μοριοπλάκας και με το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας' για μια ικανοποιητική επικάλυψη των επιφανειών της μοριοπλάκας η τιμή της αντοχής αυτής δεν πρέπει να είναι μικρότερη του $1,2 \text{ N/mm}^2$.

Η αντοχή των μοριοπλάκων σε διάτμηση (με στρέψη) συσχετίζεται με ευθύγραμμη σχέση με την πυκνότητα της στρώσης στην οποία εφαρμόζεται.

Η αντοχή σε συμπίεση κάθετα στο επίπεδο της πλάκας, ιδιότητα σημαντική όταν οι μοριοπλάκες επενδύονται με ξυλόφυλλα ή πλαστικά φύλλα υπό συμπίεση σε θερμές πρέσες, βελτιώνεται με την αύξηση της πυκνότητας και με αύξηση του πάχους των ξυλοτεμαχιδίων.

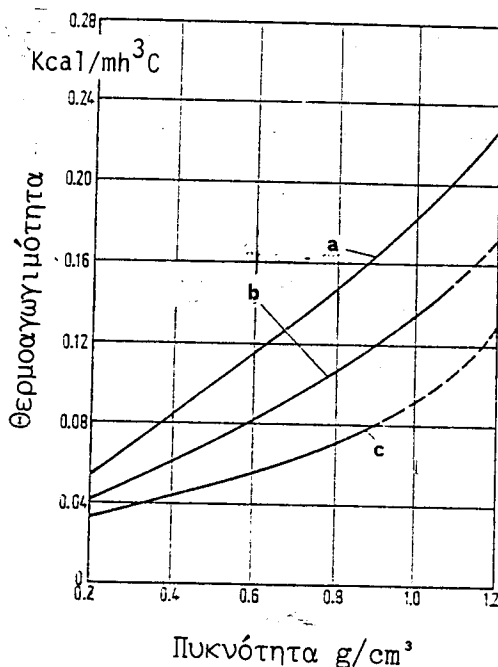
Η αντοχή της μοριοπλάκας σε εξαγωγή καρφιού ή βίδας είναι μεγαλύτερη κάθετα προς το επίπεδο απ'ότι παράλληλα με το επίπεδο της μοριοπλάκας και αυξάνεται με την πυκνότητά της.



Συσχέτιση μεταξύ της πυκνότητας της μοριοπλάκας του εγκάρσιου εφελκυσμού σz και της αντοχής σε εξαγωγή βίδας παράλληλα σs II και κάθετα σs I προς το επίπεδο της πλάκας.

6.4. Άλλες ιδιότητες

Ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας των μοριοπλακών αυξάνεται με την υγρασία, τη θερμοκρασία και την πυκνότητα της πλάκας αλλά είναι ανεξάρτητος από το είδος της συγκολλητικής ουσίας· στο επόμενο Σχήμα δείχνεται η μεταβολή της ιδιότητας αυτής με την πυκνότητα για συμπαγές ξύλο, μοριοπλάκα και ινοπλάκα.



Επίδραση της πυκνότητας στο συντελεστή θερμοαγωγιμότητας κάθετα στις ίνες συμπαγούς ξύλου (α), κάθετα στο επίπεδο της πλάκας μοριοπλακών (b) και ινοπλακών (c).

Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης εξαρτάται από την πυκνότητα της μοριοπλάκας και τη συχνότητα του ήχου· για ήχους συχνότητας από 100 έως 4000 Hz ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης κυμαίνεται από 0,2 έως 0,5.

Ο συντελεστής αντίστασης στη διαπερατότητα υγρασίας δεν επηρεάζεται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας ή το είδος ξύλου των ξυλοτεμαχιδίων αλλά βρίσκεται σε στενή συσχέτιση με την πυκνότητα της μοριοπλάκας· σε μοριοπλάκες πυκνότητας από 0,300 έως 0,600 g/cm³ ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται από 5 έως 50 ενώ σε μεγαλύτερες πυκνότητες και ειδικότερα από 0,600-0,700 g/cm³ έχει σχετικά μεγάλο εύρος διακύμανσης (από 40 έως 100).

Η έκλυση φορμαλδεΐδης αφορά μοριοπλάκες εσωτερικής χρήσεως συγκολλημένες με αμινοπλαστικές συγκολλητικές ουσίες και κυρίως με ουρία-φορμαλδεΐδη. Η έκλυση φορμαλδεΐδης συσχετίζεται με ορισμένες παραμέτρους που έχουν σχέση με τις πρώτες ύλες και την τεχνολογία παραγωγής των μοριοπλακών· τόσο οι παράμετροι αυτές όσο και οι δυνατότητες μείωσης των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες αναπτύσσονται εκτενώς σε ιδιαίτερο κεφάλαιο.

Η ποιότητα της επιφάνειας καθορίζεται από την αντοχή των επιφανειακών στρώσεων των μοριοπλακών και το βαθμό λειότητας (πορώδους) των επιφανειών τους. Η αντοχή των επιφανειακών στρώσεων εξαρτάται άμεσα από την πυκνότητά τους η οποία επηρεάζεται από μία σειρά παραμέτρων όπως είναι η φαινομενική πυκνότητα και η υγρασία των ξυλοτεμαχιδίων των επιφανειακών στρώσεων, η ταχύτητα συμπίεσης στη θερμή πρέσσα κ.ά. Ο βαθμός λειότητας των επιφανειακών στρώσεων ιδιότητα σημαντική όταν οι επιφάνειες πρόκειται να επικαλυφθούν με πλαστικά φύλλα αποτελεί ένα μέτρο του πορώδους των επιφανειών και επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες: πυκνότητα επιφανειακών στρώσεων, διαστάσεις ξυλοτεμαχιδίων, ποσοστό συγκολλητικής ουσίας, είδος ξύλου και σφάλματα προερχόμενα από τη λείανση αυτών των επιφανειών.

Η ανθεκτικότητα σε προσβολές μικροοργανισμών και ιδίως σε μύκητες εξαρτάται από το είδος ξύλου των ξυλοτεμαχιδίων, από το είδος και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας και την πυκνότητα της πλάκας. Η ανάπτυξη των μυκήτων ευνοείται περισσότερο σε μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης και λιγότερο σε μοριοπλάκες φαινόλης-φορμαλδεΐδης. Με την αύξηση του περιεχομένου ποσοστού αλκάλειας (λόγω της υγροσκοπικότητάς του) αυξάνεται η προσβολή μοριοπλακών φαινόλης-φορμαλδεΐδης από μύκητες. Η ανθεκτικότητα των μοριοπλακών σε προσβολές μυκήτων βελτιώνεται με την προσθήκη κατάλληλων μυκητοκτόνων προστατευτικών ουσιών στα ξυλοτεμαχίδια ή εμποτισμό των πλακών μετά την παραγωγή τους με τις ουσίες αυτές.

Η αντοχή των μοριοπλακών σε φωτιά (αντοχή καύσης) επηρεάζεται από την πυκνότητα, το πάχος και το είδος της συγκολλητικής ουσίας· η αντοχή

Ιδιότητες κοινών μοριοπλακών βιομηχανικής παραγωγής

Ιδιότητα	Π ά χ ο ς (mm)				
	≤13	>13≤20	>20≤25	>25≤32	>32≤40
Πυκνότητα (g/cm ³)	0,75-0,68	0,62-0,72	0,70-0,60	0,68-0,58	0,65-0,55
Αντοχή σε κάμψη (μέτρο θραύσεως N/mm ²)	25-18	22-16	20-15	18-13	15-12
Αντοχή σε κάμψη (όριο ελαστικό- τητας N/mm ²)	4500-3200	4000-2800	3500-2500	3000-2000	2500-1600
Αντοχή σε εγκάρ- σιο εφελκυσμό (N/mm ²)	1,0-0,5	0,8-0,4	0,7-0,35	0,6-0,3	0,5-0,25
Αντοχή σε εγκάρ- σιο εφελκυσμό των επιφανειακών στρώ- σεων (N/mm ²)	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8
Αντοχή σε εφελκυ- σμό παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας (N/mm ²)	10-8	10-8	9-7	9-7	8-6
Αντοχή σε εξαγωγή βίδας (N/mm ²) παράλληλα ¹⁾	30-75	30-75	30-75	30-75	30-75
κάθετα ²⁾	55-80	55-80	55-80	55-80	55-80
Αντοχή σε εξαγωγή καρφιού (N/mm ²) παράλληλα ¹⁾	0,8-2,6	0,8-2,6	0,8-2,6	0,8-2,6	0,8-2,6
κάθετα ²⁾	1,2-3,4	1,2-3,4	1,2-3,4	1,2-3,4	1,8-3,4
Κατά πάχος διόγκω- ση σε νερό (%)					
-2 ώρες εμβάπτιση	8-6	7-5	6-4	6-4	5-3
-24 ώρες εμβάπτιση	16-12	15-11	14-10	13-9	12-8
Κατά μήκος (πλάτος) διόγκωση μετά την προσρόφηση υγρασίας (20 °C/30%→20°C 90%) (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Συντελεστής θερμοα- γωγιμότητας (W/mk)	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
Περιεχόμενη υγρασία %	5-9	6-10	6-10	7-11	8-12

¹⁾: παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας, ²⁾: κάθετα με το επίπεδο της πλάκας

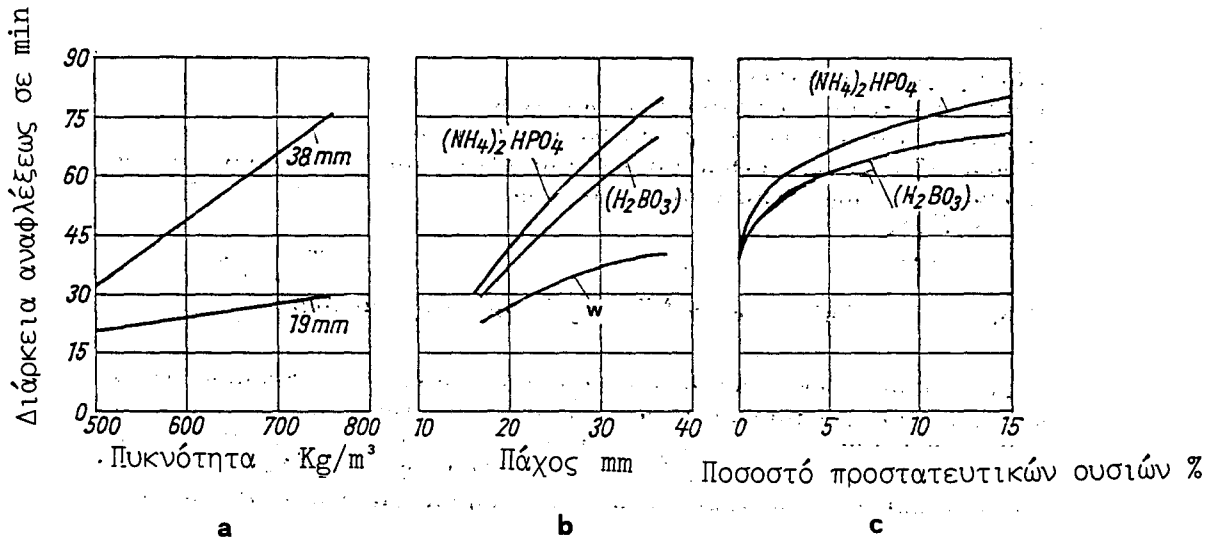
Ιδιότητες μοριοπλακών ωθήσεως βιομηχανικής παραγωγής

Ιδιότητα	Ομοιογενείς πλάκες επενδυμένες		Διάτρητες πλάκες επενδυμένες με ινοπλάκα
	με ξυλόφυλλο	με ινοπλάκα	
Πυκνότητα (g/cm ³)	0,56-0,88		0,30-0,50
Αντοχή σε κάμψη (Μέτρο θραύσεως) (N/mm ²)			
- παράλληλα ¹⁾	22-28	22-25	18-25
- κάθετα ²⁾	8-9	36-41	
Αντοχή σε κάμψη (Όριο ελαστικότητας) (N/mm ²)			
- παράλληλα	4000	2000-5000	
- κάθετα	1000	2500-4000	
Εφελκυσμός παράλληλα στο επίπεδο της πλάκας (N/mm ²)	0,5	0,5	
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	5-6	12-15	
Μέση ηχοαπορρόφηση (dB)			23-26

1): παράλληλα στην κατεύθυνση παραγωγής

2): κάθετα στην κατεύθυνση παραγωγής

των πλακών σε καύση βελτιώνεται με την προσθήκη κατά το στάδιο της παραγωγής ή τον εμποτισμό (επάλειψη) μετά την παραγωγή τους με κατάλληλες αντιπυρικές ουσίες όπως είναι το βορικό οξύ, ορισμένα αμμωνιακά άλατα κ.ά. (Σχήμα).



Διάρκεια αναφλέξεως μοριοπλακών

- χωρίς προστατευτικές ουσίες, επίδραση του πάχους και της πυκνότητας της πλάκας.
- χωρίς προστατευτικές ουσίες W , και μετά τον εμποτισμό με προστατευτικές ουσίες (κατανάλωση 15%) σε σχέση με το πάχος των πλακών.
- σε σχέση με το είδος της προστατευτικής ουσίας και την ποσοστιαία αναλογία (με βάση το ξηρό βάρος της πλάκας).

7. Μηχανική κατεργασία - Συνδέσεις

Οι μοριοπλάκες κατεργάζονται με τα ίδια κοπτικά μηχανήματα όπως και τα άλλα προϊόντα ξύλου. Λόγω της ύπαρξης όμως της σκληρυμένης συγκολλητικής ουσίας αμβλύνουν τα κοπτικά μέσα ταχύτερα από το συμπαγές ξύλο. Για το λόγο αυτό κατά τη μηχανική κατεργασία τους συνιστάται τα ελάσματα ή οι κεφαλές των μηχανημάτων και ιδιαίτερα οι κοπτικές ακμές τους να είναι κατασκευασμένες από σκληρό μέταλλο (χρώμιο ή μίγμα χρωμίου-βαναδίου). Κατά τη μηχανική κατεργασία με φρέζες η άμβλυνση των κοπτικών ακμών επηρεάζεται από τη διαμόρφωση του προφίλ-πυκνότητας κατά το πάχος της μοριοπλάκας. Ανάλογα με το είδος του κοπτικού μηχανήματος προτείνονται κατά τη μηχανική κατεργασία των μοριοπλακών τα ακόλουθα μεγέθη:

Πρίση: ταχύτητα τομής 40 έως 80 m/sec, τροφοδοσία 18 έως 30 m/min.

Φρεζάρισμα: ταχύτητα τομής 40 έως 80 m/sec, τροφοδοσία 5 έως 8 m/min.

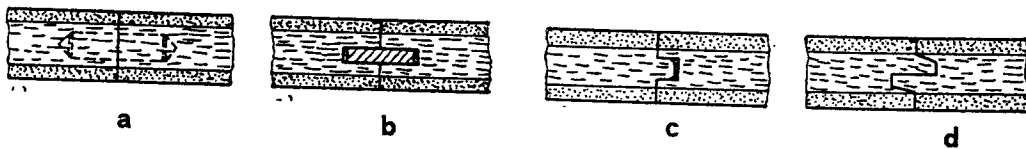
Διάνοιξη οπών: ταχύτητα τομής 1 έως 6 m/sec

Λείανση: ταχύτητα λείανσης 30 m/sec, τροφοδοσία 18 έως 25 m/min.

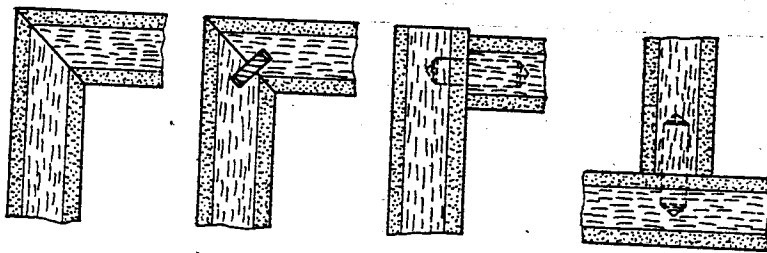
Η παραγωγή καμπύλων επιφανειών με κάμψη των μοριοπλακών είναι δυνατή μέχρι μιάς ακτίνας καμπυλότητας 200 mm· στην περίπτωση αυτή όμως στην εσωτερική επιφάνεια πρέπει να γίνουν εντομές πλάτους 2 έως 2,5 mm οι οποίες θα απέχουν μεταξύ τους από 8 έως 12 mm ανάλογα με την επιδιωκόμενη ακτίνα καμπυλότητας.

Για τις συνδέσεις των μοριοπλακών μεταξύ τους είτε παράλληλα στο επίπεδο της πλάκας είτε κάθετα (γωνιακές συνδέσεις) είναι συνήθης η χρήση κυλινδρικής καβίλιας (από συμπαγές ξύλο) ή σπανιότερα η χρήση καβίλιας ορθογωνικής διατομής (από αντικολλητό). Στα επόμενα Σχήματα δείχνονται τυπικά παραδείγματα συνδεσμολογίας μοριοπλακών.

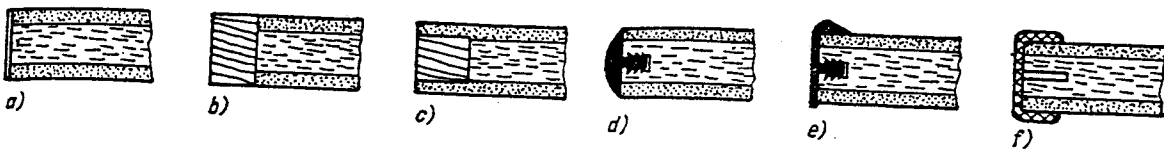
Για την προστασία των εγκάρσιων τομών των μοριοπλακών έναντι μηχανικών βλαβών και εισόδου υγρασίας προσφέρονται διάφορες τεχνικές όπως είναι, η επάλειψη με βερνίκια ή η επικάλυψή τους με ξυλόφυλλα, με πήχεις συμπαγούς ξύλου ή με φύλλα πλαστικού (PVC) ή μετάλλου (Σχήμα).



Διάφορα είδη συνδέσεων μοριοπλακών παράλληλα με το επίπεδο της πλάκας. α. με κυλινδρική καβίλια συμπαγούς ξύλου, β. με καβίλια μορφής πλακιδίου από αντικολλητό ή ινοπλάκα, γ. και δ. με εσοχή και εξοχή.



Διάφορα είδη γωνιακών συνδέσεων μοριοπλακών.



Παραδείγματα προστασίας των εγκάρσιων διατομών μοριοπλακών (σόκορα) με διάφορα υλικά. α) με ξυλόφυλλο ή φορμάϊκα, β) με συμπαγές ξύλο (επικόλληση), γ) με συμπαγές ξύλο (ενσφήνωση στη μεσαία στρώση), δ) και ε) με πλαστικό (PVC), f) με μέταλλο.

8. Βελτιωτικές επεξεργασίες των επιφανειών.

Οι βελτιωτικές επεξεργασίες των επιφανειών των πλακών αποσκοπούν στην προστασία και τη βελτίωση της αισθητικής τους εμφάνισης. Ανάλογα με το είδος του υλικού επικάλυψης διακρίνονται τα ακόλουθα είδη βελτιωτικών επεξεργασιών:

- Επάλειψη με βερνίκια
- Επικάλυψη με ξυλόφυλλα
- Επικάλυψη με πλαστικά φύλλα λεπτού πάχους
- Επικάλυψη με δέσμες πλαστικών φύλλων μεγάλου πάχους (φορμάικα).

Ανάλογα με το είδος της βελτιωτικής επεξεργασίας τίθενται ορισμένες ποιοτικές απαιτήσεις στις μοριοπλάκες και ιδιαίτερα στην ποιότητα των επιφανειακών τους στρώσεων (βλ. Πίνακα).

Ποιοτική διαβάθμιση των επιφανειών των μοριοπλακών και καταλληλότητά τους ανάλογα με την προβλεπόμενη βελτιωτική επεξεργασία

Είδος επάλειψης-επικάλυψης			
Με λεπτά πλαστικά φύλλα. Με λεπτές στρώσεις βερνικιών	Με ξυλόφυλλα. Με δέσμες πλαστικών φύλλων. Με μεγάλου πάχους στρώσεις βερνικιών.	Βαθμός τραχύτητας της επιφάνειας 1) (μm)	Πάχος ξυλοτεμαχιδίων επιφανειακών στρώσεων 2) (mm)
Πολύ καλή		<30	0,20
Καλή	πολύ καλή	<60	0,40
μέτρια καλή	καλή	<120	0,65
κακή	μέτρια καλή	<240	1,00

1): Μετά από ύγρανση των επιφανειών σύμφωνα με βρετανικές προδιαγραφές BS 1811

2): Μέση τιμή από τη μέτρηση 10 ξυλοτεμαχιδίων με το μεγαλύτερο πάχος τα οποία περιέχονται σε τυχαίο δείγμα τους βάρους 5 g.

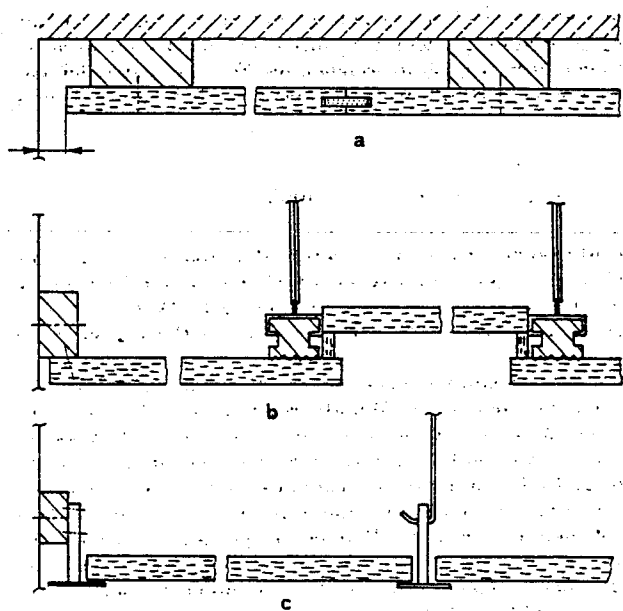
Οι τεχνικές επικαλύψεις των επιφανειών των μοριοπλακών με τα διάφορα είδη βελτιωτικών επεξεργασιών αναπτύσσονται εκτενώς σε ιδιαίτερο κεφάλαιο.

9. Εφαρμογές - Χρήσεις

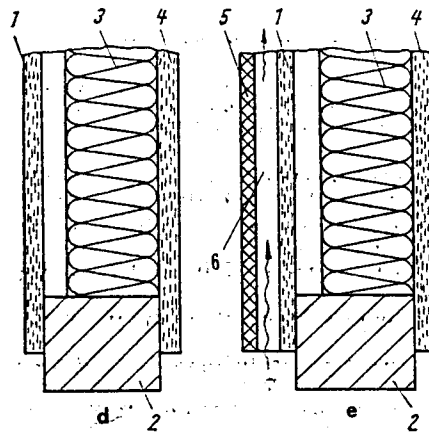
Οι μοριοπλάκες λόγω των ευνοϊκών ιδιοτήτων και του σχετικά χαμηλού κόστους χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς όπως είναι η επιπλοποιία, η οικοδομική, η κατασκευή οχημάτων, η ναυπηγική, οι συσκευασίες κ.ά.

Η πλειονότητα των παραγομένων μοριοπλακών βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή επίπλων και σε άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων (δάπεδα, τοίχοι, οροφές κ.ά.) όπου επικρατούν συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας. Το κοινό χαρακτηριστικό αυτών των μοριοπλακών είναι η συγκόλλησή τους με αμινοπλαστικές συγκολλητικές ουσίες και κυρίως ουρία-φορμαλδεΐδη· ανάλογα με την εξειδικευμένη χρήση τους όμως τίθενται συγκεκριμένες απαιτήσεις στις ιδιότητες και τα άλλα χαρακτηριστικά τους· έτσι π.χ. σε μοριοπλάκες που πρόκειται να επαλειφθούν με βερνίκια ή να επικαλυφθούν με λεπτού πάχους πλαστικά φύλλα επιβάλλεται οι επιφανειακές στρώσεις να έχουν μεγάλη πυκνότητα για την επίτευξη εγκάρσιου εφελκυσμού τουλάχιστον $1,0 \text{ N/mm}^2$, και επίσης οι επιφάνειές τους να εμφανίζουν μειωμένη τραχύτητα· για άλλες χρήσεις όπως π.χ. η κατασκευή ραφιών οι μοριοπλάκες επιβάλλεται να έχουν υψηλή αντοχή σε κάμψη ώστε το βέλος κάμψης μετά τη φόρτισή τους να μην ξεπερνά μία ορισμένη μέγιστη τιμή.

Μοριοπλάκες που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές οι οποίες εκτίθενται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας όπως είναι π.χ. ^{λουτρού,} επίπλα προκατασκευασμένες οικίες, επίπλα κήπου κ.ά. συγκολλούνται με συγκολλητικές ουσίες ανθεκτικές σε υψηλή υγρασία όπως είναι η φαινόλη-φορμαλδεΐδη και επί πλέον προστατεύονται με κατάλληλες μυκητοκτόνες ουσίες.



Παραδείγματα α, b, και c επικάλυψης οροφής με μοριοπλάκες.



Παραδείγματα χρησιμοποίησης μοριοπλακών σε τοίχους προκατασκευασμένων οικιών. d. χωρίς αερισμό, e. με αερισμό. 1. μοριοπλάκα φαινόλης-φορμαλδεΐδης, 2. συμπαγές ξύλο, 3. πλάκες υαλοβάμβακα, 4. μοριοπλάκα ουρίας-φορμαλδεΐδης, 5. πλάκα από τσιμέντο, 6. χώρος αερισμού.

10. Χαρακτηριστικά μεγέθη από τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών

Η δυναμικότητα των μονάδων μοριοπλακών βιομηχανικής παραγωγής μπορεί να κυμαίνεται από 50 έως 1000 m^3 /ημερησίως ανάλογα με τη διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης και τη ζήτηση του προϊόντος. Μικρής δυναμικότητας θεωρούνται μονάδες που παράγουν μέχρι 200 m^3 /ημερησίως, μέτριας όσες παράγουν μέχρι 500 m^3 /ημερησίως και μεγάλης δυναμικότητας με τουλάχιστον 100000 m^3 /ετησίως.

Η παραγωγικότητα (αποδοτικότητα) της εργασίας η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδος, τις βάρδιες και το βαθμό αυτοματισμού της παραγωγής κυμαίνεται ανά εργαζόμενο από 400 m^3 /ετησίως έως 1600 m^3 /ετησίως. Επίσης η χρονική δαπάνη εργασίας μπορεί να κυμαίνεται από 1,5 έως 15 εργατοώρες/ m^3 μοριοπλάκας.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη τα οποία αναφέρονται στην κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας επηρεάζονται από το μέγεθος της μονάδος παραγωγής, το είδος των πρώτων υλών, την τεχνολογία παραγωγής και τον τύπο του παραγομένου προϊόντος και συνεπώς οι τιμές του επόμενου Πίνακα έχουν ενδεικτική μόνο σημασία.

Κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας κατά την παραγωγή κοινών μοριοπλακών
 πάχους 16 έως 19 mm, πυκνότητας 650 g/cm³

Πρώτες ύλες και Ενέργεια	Κατανάλωση ανά m ³ /προϊόντος	Κατανάλωση ανά t/προϊόντος
Ξύλο (κυρίως δασική πεύκη και μικρής πυκνό- τητας πλατύφυλλα)	1,55 έως 1,70 στ.μ ¹⁾	2,4 έως 2,6 στ.μ. (960 έως 1050 Kg απ.ξ. ²⁾)
Διάλυμα συγκολλητικής ουσίας, Ουρία - Φορμαλ- δεΐδη με 66% στερεή μάζα	84 έως 92 Kg	130 έως 140 Kg (διάλυμα) (85 έως 93 Kg ξηρή μάζα)
Παραφίνη, γαλάκτωμα με 40% στερεή μάζα	6 έως 8 Kg	9 έως 12 Kg (γαλάκτωμα) (3,5 έως 5,0 Kg ξηρή μάζα)
Ηλεκτρική ενέργεια	140 έως 200 KWh	215 έως 310 KWh
Θερμική ενέργεια	0,5 έως 1,0.10 ⁹ cal	0,75 έως 1,50.10 ⁹ cal

¹⁾στ.μ.: στερεά μέτρα, ²⁾απ.ξ.: απολύτως ξηρό βάρος

Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv, 1974. Werkstoffe aus Holz. VEB Fachbuchverlag. Leipzig.
- Bison-Werke. 1983. Die Kontinuierliche Hydro-Dyn-Pressen ein weiterer Schritt vorwärts. Holz-Zentralblatt Nr. 56/57:841.
- Bison. Einetagen-Spanplattenanlagen. Grunddokumentation über die Einetagen-Spanplattenanlagen. Prospekt. Bisonwerke Bahre & Creten GmbH. D-3257 Springe.
- Brinkmann, E. 1975: Die Verwendung von Rinde zur Herstellung von Platten. Holz-Zbl. Nr. 68:880.
- Cammerer, W. 1970: Wärmeleitfähigkeit und Diffusionswiderstand von Holzwerkstoffen. Holz Roh-Werkstoff. Nr. 11:420-423.
- Γρηγορίου, Α. 1980. Παράγοντες επηρεάζοντες τις ιδιότητες των μοριοπλακών. Μέρος πρώτο: Μηχανικές ιδιότητες. Γεωτεχνικά. Νο 3.
- Γρηγορίου, Α. 1984. Παράγοντες επηρεάζοντες τις ιδιότητες των μοριοπλακών. Μέρος Δεύτερο: Διαστασιακές μεταβολές - Μέθοδοι βελτιώσεως της διαστασιακής σταθερότητας. Γεωτεχνικά, Νο 2.
- Deppe, H., Ernst, K. 1977, 1982. Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRW-Verlag, Stuttgart.
- Dunky, M., Eissfeldt, D., Henke, H., Müller, R., Müller, R., Munk, E., Nicolay, A. 1988. Duroplastische Leime und Holzwerkstoffe. In Becker/Braun Kunststoff-Handbuch. Band 10: Duroplaste. Carl Hanser Verlag München, Wien.
- FAO 1976: Yearbook of forest products 1963-1974. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- FAO 1986: Yearbook of forest products 1974-1985. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- FAO 1989: Yearbook of forest products 1978-1989. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- Φιλίππου, Ι. 1981. Τεχνολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και τις ιδιότητες της μοριοσανίδας. Θεσ/νίκη (αδημοσίευτη).
- Heller, W. 1980. Die Herstellung von Spanplatten aus unkonventioneller Rohstoffen. Holz Roh-Werkstoff 38:393-396.
- Kehr, E. 1976. Zur Erweiterung der Rohstoffbasis für die Herstellung von Spanplatten und Faserplatten. Holztechnologie:208-217.
- Kehr, E., R.Scherfke, E.Schöne. 1977: Technologische Beurteilung von Holzresten und ihr Einfluss auf die Eigenschaften von Spanplatten. Holzindustrie Nr. 8:240-245.

- Kehr, E., W. Drechsler 1978: Dünnschicht, ein wichtiger Rohstoff für die Faser- und Spanplattenproduktion. Holztechnologie Nr. 2:67-74.
- Kehr, E., W. Drechsler 1990: Waldhackschnitzel als Rohstoff für die Faserplatten- und Spanplattenherstellung. Teil.: Allgemeines-Labor-technische Versuche. Holz-Zentralblatt Nr. 34:529-530.
- Kelly, M. 1977. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. Prepared for Forest Products Laboratory Forest Service. U.S. Department of Agriculture.
- Kleinschmidt, H. 1983. On - Line Messung der Vlieshöhe und Querprofilauzeichnung zur Rationalisierung der Spanplattenherstellung. Holz Roh-Werkstoff: 423-425.
- Knoll, K.-H., H.-J. Deppe 1981. Untersuchungen zum Einsatz von Altpapier- und Müllfasermaterial in der Spanplattenfertigung. Holz-Zbl. Nr. 109: 1257-1259.
- Knoll, K.-H., H.-J. Deppe, R. Gill. 1984. Ergänzende Untersuchungen zur Verwendung von Altpapier und Müll-Faserleichtfraktionsmaterial bei der Erzeugung von Spanplattendeckschichten. Holzforschung u. Holzverwertung Nr. 2:32-38.
- Kollmann, F. 1966. Holzspanwerkstoffe. Springer Verlag, Berlin/New York.
- Kollmann, F., Kuenzi E., Stamm, A., 1975. Principles of wood science and technology II. Wood based materials. Springer-Verlag, Berlin/New-York.
- Lobenhoffer, H. 1981. Auswertung von Prozessdaten mittels statistischer Methoden. 39. Sitzung der Techn. Kommission der FESYP am 27, 28 u. 29. Oktober 1981 in Wiesbaden.
- Maloney, T. 1977. Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications.
- Marutzky, R., Ranta, L. 1980. Die Eigenschaften formaldehydarmer HF-Leimharze und daraus hergestellter Holzspanplatten. Holz als Roh-Werkstoff 38:217-223.
- Modlin, B., Otle, I., 1975. Herstellung von Spanplatten. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Moslemi, A. 1974. Particleboard. Vol. I: Materials. Vol. II Technology. Southern Illinois University Press.
- Μπαρμπούτης, Ι. 1991. Αξιοποίηση ξύλου αειφύλλων-πλατυφύλλων στην παραγωγή σύνθετων προϊόντων. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Niemz, P. 1982. Einsatz mikroelektronischer Bauelemente zur Prozesssteuerung und Qualitätskontrolle in der Spanplattenindustrie. Holztechnologie Nr. 3:169-174.

- Niemz, P., Fuchs, I., Landmesser, W. 1984. Rechnergestützte Steuerung von Spanplattenanlagen. Teil 3. Möglichkeiten der rechnergestützten Prozesskontrolle und -steuerung. Holztechnologie Nr. 4:179-184.
- Onisko, W. 1990. Das technische Produktionspotential für Holzwerkstoffen in Osteuropa. Holz-Zentralblatt Nr. 108:1597-1606.
- Otlev, A. 1972. Spanplatten-Technologische Berechnungen. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Paulitsch, M. 1989. Moderne Holzwerkstoffe. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York/London.
- Perkitny, T. 1962. Beiträge zur Ermittlung der Qualität von Spanplatten. Holztechnologie No 1:64-70.
- Popielarz, E. 1965. Zur optimalen Feuchte des zur Herstellung von Spanplatten bestimmtes Rohstoffes. Holztechnologie Nr. 6:46-50.
- Roffael, E. 1976. Beiträge zur Verwendung von alkalischen Phenolformaldehydharzen und Ligninsulfonaten bei der Verleimung von Holzspänen. WKI Bericht. Nr.8.
- Rotto 1972. Holzwerkstoffe II. Holzspanwerkstoffe und Holzfaserverwerkstoffe. Wegra-Verlagsgesellschaft GmbH Stuttgart.
- Schriever, E. 1982. Herstellung und Eigenschaften isocyanatgebundener Spanplatten. Holz-Zentralblatt Nr. 9:108-109.
- Tröger, F. 1990. Isocyanat-Verleimung von Spanplatten unter Berücksichtigung spezieller Holzarten. Holz Roh-Werkstoff: 417-421.
- Τσουμής, Γ., Πασιαλής, Κ., Σιαμίδης, Φ. 1977. Πειραματικές μοριοπλάκες από καυσόξυλα δρυός. Τεχνικά Χρονικά No 3:12-18.
- Τσουμής, Γ. 1986. Επιστήμη και Τεχνολογία του Εύλου. Τόμος Β. Βιομηχανική Αξιοποίηση. Θεσσαλονίκη.
- Wolf, L. 1981. Prozessdatentechnik kann die Spanplattenfertigung rationalisieren. 39. Sitzung der Techn. Kommission der FESYP am 27., 28. u. 29. Oktober 1981 in Wiesbaden.

Γ. ΔΟΜΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

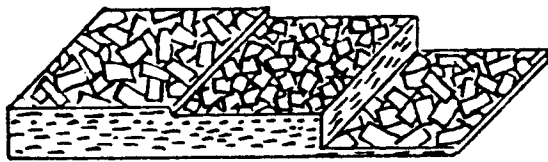
1. Εισαγωγή

Η ολοένα και μεγαλύτερη έλλειψη κατάλληλης στρογγύλης ξυλείας (μεγάλης διαμέτρου) για την παραγωγή πριστής ξυλείας και αντικολλητών από την μιά μεριά, κι από την άλλη η αναγκαιότητα για μιά πληρέστερη αξιοποίηση του ξύλου οδήγησαν στη σκέψη να κατασκευασθεί από ξυλοτεμαχίδια ένα προϊόν ξύλου που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χρήσεις αντίστοιχες με εκείνες της πριστής ξυλείας και των αντικολλητών. Όπως είναι ευνόητο ένα τέτοιο προϊόν για να αντικαταστήσει τα αντικολλητά και την πριστή ξυλεία στις χρήσεις τους πρέπει να έχει ισότιμες περίπου ιδιότητες με αυτά.

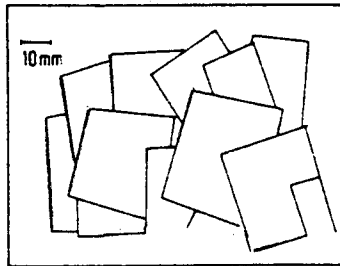
Σημαντική προσέγγιση στην κατεύθυνση αυτή έγινε με την κατασκευή πλακών από μεγάλα ξυλοτεμαχίδια (πολύ μεγαλύτερα, όσο αφορά το μήκος και το πλάτος, απ' αυτά που χρησιμοποιούνται στις κοινές μοριοπλάκες). Τα ξυλοτεμαχίδια αυτά μπορεί ή να έχουν τυχαία διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας ή να έχουν προσανατολισθεί σε ορισμένη διεύθυνση. Τα προϊόντα αυτά κατασκευάζονται εδώ και αρκετά χρόνια στη Βόρειο Αμερική όπου έχει κατορθωθεί μ' αυτόν τον τρόπο αξιοποίηση πλατυφύλλων ειδών μικρών διαμέτρων (μέχρι 10 cm) τα οποία - λόγω της μικρής διαμέτρου τους - είναι ακατάλληλα για την παραγωγή αντικολλητών. Με την κατασκευή των νέων αυτών δομικών πλακών η αξιοποίηση της στρογγύλης ξυλείας μπορεί να φθάση το 90% ενώ στην περίπτωση των αντικολλητών η αξιοποίηση δεν ξεπερνά το 50% (3) (5) (7) (11) (13) (14) (16).

2. Τεχνολογία παραγωγής ιδιότητες και χρήσεις δομικών πλακών από μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια με τυχαία διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας

Η δομική αυτή πλάκα¹ (Σχήμα 1) που πρωτοκατασκευάστηκε το 1954 στη Βόρεια Αμερική από τον J. Clark αποτελούνταν από σχεδόν τετραγωνικά Ξυλοτεμαχίδια² πλευράς περίπου 50 mm και πάχους 0,7-0,8 mm (Σχήμα 2) συγκολλημένα με φαινολική συγκολλητική ουσία. Στην πλάκα αυτή όμως - λόγω του σχετικά μεγάλου πάχους των Ξυλοτεμαχιδίων - οι επιφανειακές στρώσεις λόγω της μικρής ικανότητας συμπίεσής τους παρουσίαζαν μικρή σχετικά πυκνότητα με αποτέλεσμα οι πλάκες να έχουν μειωμένη αντοχή σε κάμψη. Το μειονέκτημα αυτό ξεπεράστηκε αργότερα (1970) με την κατασκευή από τους D. Young και H. Moeltner τρίστρωμων δομικών πλακών με Ξυλοτεμαχίδια επιφανειακών στρώσεων μήκους 72 mm, πλάτους 36 mm και πάχους 0,5 mm και μεσαίας στρώσης μήκους 36 mm πλάτους 36 mm και πάχους 0,7 mm. Στην πλάκα αυτή τα μικρού πάχους και μεγάλου μήκους Ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων βελτίωσαν σημαντικά την αντοχή της σε στατική κάμψη. Οι τεχνολογικές φάσεις παραγωγής του προϊόντος αυτού δείχνονται στο Σχήμα 3 και περιγράφονται στην συνέχεια (3) (5) (8) (11) (16) (17).



Σχήμα 1. Τρίστρωμη δομική πλάκα από μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια με τυχαία διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας



Σχήμα 2. Ξυλοτεμαχίδια της δομικής πλάκας

¹ Διεθνώς γνωστή ως Waferboard

² Διεθνώς γνωστά ως Wafers

2.1 Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής

Παραγωγή Ξυλοτεμαχιδίων

Για την παραγωγή των μεγάλων διαστάσεων Ξυλοτεμαχιδίων απαιτείται στρογγύλη Ξυλεία με διάμετρο όχι μικρότερη των 10 cm. Κατάλληλα είδη Ξύλου θεωρούνται αυτά που έχουν ομοιόμορφη δομή και δεν εμφανίζουν αποκλίσεις των ινών τους από την ευθυτένεια. Είδη τα οποία με επιτυχία χρησιμοποιούνται είναι από τα πλατύφυλλα η Λεύκη, η Σημύδα και ο Ψευδοπλάτανος. Λιγότερα κατάλληλα είναι τα διακτυλιόπορα είδη όπως π.χ. η Δρυς ή άλλα είδη με στρεψοΐνια. Από τα κωνοφόρα είναι δυνατή η χρησιμοποίηση εκείνων που παρουσιάζουν ομοιογενή δομή όπως π.χ. η Ελάτη και η Ερυθρελάτη. Προ της παραγωγής των Ξυλοτεμαχιδίων η στρογγύλη Ξυλεία αποφλοιώνεται, επειδή τεμάχια φλοιού στην πλάκα είναι ανεπιθύμητα όχι μόνο για λόγους αισθητικής (παρουσιάζονται στην επιφάνεια σαν κηλίδες σκοτεινού χρώματος) αλλά κυρίως διότι μειώνουν τη μηχανική αντοχή των πλακών. Προκειμένου να παραχθούν καλής ποιότητας Ξυλοτεμαχίδια και συγχρόνως να προφυλαχθούν τα κοπτικά μέσα των μηχανημάτων από συχνές φθορές συνιστάται προ της αποφλοίωσης αποθήκευση των κορμοτεμαχίων για ορισμένο χρόνο σε δεξαμενές νερού.

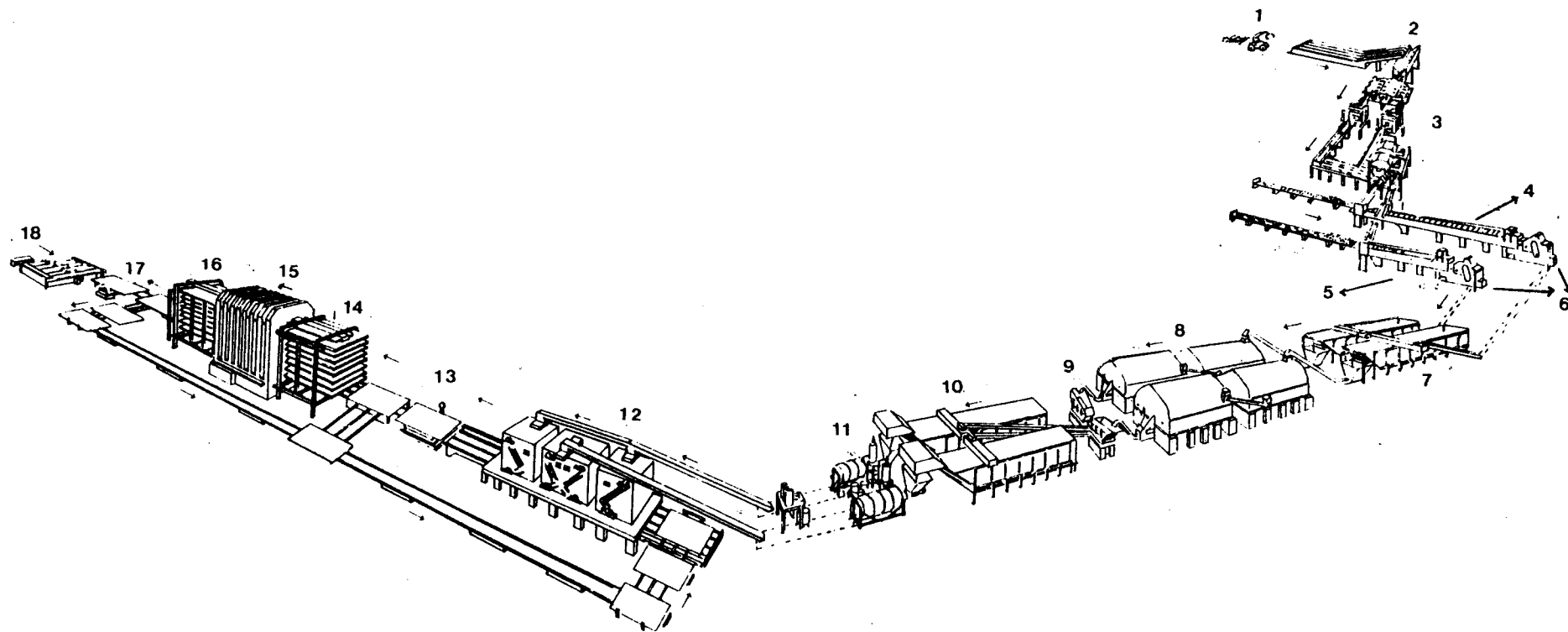
Η παραγωγή των Ξυλοτεμαχιδίων γίνεται με τομή σε κατάλληλα μηχανήματα (σπαστήρες) που έχουν τα κοπτικά τους μέσα (μαχαίρια) τοποθετημένα επάνω σε περιστρεφόμενο κύλινδρο ή δίσκο σε ορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι συνθήκες τομής π.χ. ταχύτητα περιστροφής ή οι αποστάσεις των μαχαιριών εκλέγονται έτσι ώστε να παράγεται όσο το δυνατό μικρότερο ποσοστό Ξυλοτεμαχιδίων των οποίων οι διαστάσεις αποκλίνουν από την επιθυμητή μορφή όπως είναι π.χ. η Ξυλόσκονη και τα μικρών διαστάσεων Ξυλοτεμαχίδια.

Διακίνηση - Υγρά αποθήκευση των Ξυλοτεμαχιδίων

Τα παραχθέντα Ξυλοτεμαχίδια τα οποία σχετικά έχουν μικρό ειδικό βάρος περίπου $40-60 \text{ Kg/m}^3$ (το ειδικό βάρος των Ξυλοτεμαχιδίων των κοινών μοριοπλακών κυμαίνεται από $100-200 \text{ Kg/m}^3$) μεταφέρονται σε αποθηκευτικούς χώρους (σιλό). Κατά τη διακίνηση των Ξυλοτεμαχιδίων πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο θρυμματισμός τους, γι' αυτό προτιμάται συνήθως μεταφορά με μηχανικά μέσα κι όχι με πνευματικά (αέρα). Για τον σκοπό αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται μεταφορικοί ιμάντες.

Απομάκρυνση ακατάλληλων Ξυλοτεμαχιδίων

Προτού ακόμη τα Ξυλοτεμαχίδια οδηγηθούν στο Ξηραντήριο απομακρύνονται με τη βοήθεια μηχανικών μέσων (κόσκινα) εκείνα τα Ξυλο-



Σχήμα 3. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής πλάκας με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια

1. πρώτη ύλη (κορμοτεμάχια ξύλου), 2. αποθήκευση σε νερό, 3. αποφλοιώση, 4. παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων μεσαίας στρώσης, 5. παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων επιφανειακών στρώσεων, 6. σπαστήρες, 7. αποθήκευση, 8. ξήρανση, 9. ταξινομητές, 10. αποθήκευση, 11. αναμικτικές ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας, 12. στρωμάτωση, 13. έλεγχος βάρους στρωματωμένου υλικού, 14. φορτωτής στρωματωμένου υλικού, 15. θερμή πρέσσα, 16. εκφορτωτής πλακών, 17. ορθογωνισμός, 18. στοίβαση πλακών (11)

τεμαχίδια των οποίων η μορφή και οι διαστάσεις δεν είναι οι επιθυμητές. Ειδικότερα απομακρύνονται η ξυλόσκονη, τα ξυλοτεμαχίδια μικρών διαστάσεων και τα ξυλοτεμαχίδια με μορφή ακίδας επειδή αυτά όταν παρεμβάλλονται μεταξύ των μεγάλων (κανονικών) ξυλοτεμαχιδίων εμποδίζουν την επαφή τους σ' όλη την επιφάνεια κατά τη συγκόλληση· αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της μηχανικής αντοχής των πλακών. Τα ακατάλληλα για την κατασκευή των πλακών ξυλοτεμαχίδια οδηγούνται στο λέβητα της πρέσας για παραγωγή θερμικής ενέργειας με καύση.

Ξήρανση

Η Ξήρανση των ξυλοτεμαχιδίων γίνεται συνήθως σε Ξηραντήρια που αποτελούνται από περιστρεφόμενα τύμπανα με πτερύγια και εκλέγονται τέτοιες συνθήκες Ξήρανσης ώστε να αποφεύγεται ο θρυμματισμός των ξυλοτεμαχιδίων. Η Ξήρανση γίνεται μέχρι μιας τελικής υγρασίας ξυλοτεμαχιδίων 5-6%.

Απομάκρυνση ακατάλληλων ξυλοτεμαχιδίων - Ταξινόμηση

Μετά την Ξήρανση τα ακατάλληλα από άποψη μορφής και διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια που παράχθηκαν στη φάση αυτή απομακρύνονται με μηχανικά μέσα (διαχωρισμός με κοσκίνηση). Τα ξυλοτεμαχίδια αυτά χρησιμοποιούνται σαν καύσιμος ύλη για τη θέρμανση του λέβητα του Ξηραντηρίου.

Εφ' όσον πρόκειται να κατασκευασθεί τρίστρωμη πλάκα τα ξυλοτεμαχίδια στην φάση αυτή ταξινομούνται με μηχανικά μέσα σε δύο κλάσεις. Η μία κλάση αποτελείται από τα μεγαλύτερου μήκους ξυλοτεμαχίδια που προορίζονται για τις επιφανειακές στρώσεις ενώ τα ξυλοτεμαχίδια μικροτέρων διαστάσεων χρησιμοποιούνται στη μεσαία στρώση.

Ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων με τη συγκολλητική ουσία

Η ανάμιξη των ξυλοτεμαχιδίων με τη συγκολλητική ουσία γίνεται σε περιστρεφόμενα με μικρή ταχύτητα τύμπανα τα οποία φέρουν στο εσωτερικό τους πτερύγια για την αναμόχλευση των ξυλοτεμαχιδίων. Στην αρχή ψεκάζεται στην επιφάνεια των ξυλοτεμαχιδίων με ακροφύσιο και πεπιεσμένο αέρα λειωμένη παραφίνη και στη συνέχεια κόβεται από φαινολική συγκολλητική ουσία. Αυτή η μέθοδος ανάμιξης αποδείχθηκε ότι είναι η καταλληλότερη διότι το νέφος που παράγεται κατά τον ψεκασμό της συγκολλητικής ουσίας επικολλάται ομοιόμορφα στην ήδη κολλώδη επιφάνεια των ξυλοτεμαχιδίων δεδομένου ότι έχει προηγηθεί ο ψεκασμός με παραφίνη. Η παραφίνη προστίθεται σε ποσοστό 1,5% και η συγκολλητική ουσία συνήθως σε ποσοστό 2,5-3% με βάση την Ξηρή μάζα των ξυλοτεμαχιδίων.

Στρωμάτωση των Ξυλοτεμαχιδίων

Η στρωμάτωση των Ξυλοτεμαχιδίων γίνεται με μηχανικά μέσα (κεφαλές ρίψεως) τα οποία με ρίψη στρωματώνουν τα Ξυλοτεμαχίδια επάνω σε μεταλλικά ελάσματα ή ατέρμονες ιμάντες.

Συμπίεση σε θερμή πρέσσα

Η συμπίεση των σχετικά μεγάλου πάχους Ξυλοτεμαχιδίων τα οποία επί πλέον έχουν μικρά ποσοστά υγρασίας (5-6%) απαιτεί πολύ μεγαλύτερη πίεση συνήθως 40-50 bar απ'ότι στις κοινές μοριοπλάκες. Η διάρκεια συμπίεσης, επειδή χρησιμοποιείται η συγκολλητική ουσία σε ξηρή κατάσταση, είναι μεγαλύτερη απ'ότι συνήθως και κυμαίνεται από 24-30 sec/ανά mm πάχους της πλάκας. Μετά την έξοδο απ'την πρέσσα οι πλάκες ορθογωνίζονται τεμαχίζονται σε ορισμένες διαστάσεις και διατίθενται στην κατανάλωση. Λείανση της επιφάνειας των πλακών δεν απαιτείται παρά μόνον όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή πατωμάτων.

2.2 Ιδιότητες

Στον παρακάτω Πίνακα 1 δείχνονται οι ιδιότητες των πλακών με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια σε σχέση με τις ιδιότητες αντικολλητών και με τις ελάχιστες απαιτήσεις αμερικανικών προδιαγραφών για δομικές πλάκες. Όπως προκύπτει απ'τον Πίνακα 1 οι τιμές των ιδιοτήτων των πλακών με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια είναι μικρότερες απ'ότι οι αντίστοιχες των αντικολλητών που παράγονται στη Β. Αμερική αλλά παρ'όλα αυτά επαρκείς για να τα αντικαταστήσουν σε αρκετές από τις παραδοσιακές χρήσεις τους. Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα του νέου προϊόντος είναι ότι εμφανίζει μεγαλύτερο ειδικό βάρος απ'ότι το αντικολλητό και το συμπαγές ξύλο. Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι οι πλάκες με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια ικανοποιούν τις απαιτήσεις της σχετικής αμερικανικής προδιαγραφής. Όμως όπως είναι προφανές (Πίνακας 1) πλάκες κατασκευασμένες από Ξυλοτεμαχίδια σκληρών πλατυφύλλων π.χ. οξυάς, ψευδοπλάτανου, σημύδας κ.ά. πρέπει να έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα για να εκπληρούν τη σχετική προδιαγραφή (16).

Πίνακας 1

Ιδιότητες δομικών πλακών με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια σε σχέση με τις ιδιότητες τρίστρωμου αντικολλητού και τις απαιτήσεις της σχετικής αμερικανικής προδιαγραφής (ANSI A 208.1-1979) για δομικές πλάκες (16)

Ιδιότητες	Τύποι δομικών Ξυλοπλακών αμερικανικής παραγωγής			
	Τρίστρωμο αντικολλητό	Πλάκα με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια από Λεύκη	Πλάκα με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια από σκληρά πλατύφυλλα	Οριακές τιμές αμερικανικών προδιαγραφών για δομικές πλάκες (ANSI) A 208.1-1979
Πυκνότητα (Kg/m ³)	500	650	720	—
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
-Μέτρο θραύσης ()	50	25	23	17,6
-Μέτρο θραύσης (⊥)	15	25	23	17,6
-Όριο ελαστικότητας ()	8000	3400	3130	3200
-Όριο ελαστικότητας (⊥)	1200	3400	3130	3200
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	0,85	0,42	0,45	0,42
Μέγιστη κατά μήκος () (%) διόγκωση	0,06	0,15	0,15	0,25
Μέγιστη κατά μήκος (⊥) (%) διόγκωση	0,12	0,15	0,15	0,25

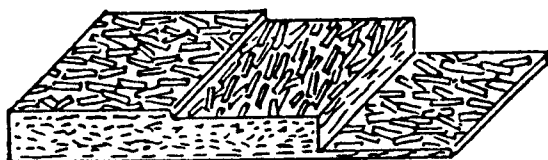
(||) Παράλληλα και (⊥) κάθετα στις ίνες των επιφανειακών Ξυλοφύλλων του αντικολλητού

2.3 Χρήσεις

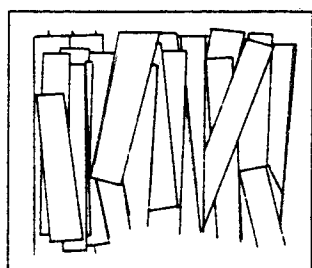
Όπως προαναφέρθηκε οι πλάκες με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια έχουν υποκαταστήσει σε ορισμένες χρήσεις τα αντικολλητά. Χρησιμοποιούνται κυρίως σαν δομικές πλάκες σε προκατασκευασμένες οικίες για διαχωριστικούς τοίχους, για σκεπές, για πατώματα, για Ξυλότυπους κ.ά. (2) (5) (11) (16).

3. Τεχνολογία παραγωγής ιδιότητες και χρήσεις πλακών με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας

Για να διευκολυνθεί ο προσανατολισμός των ξυλοτεμαχιδίων του προϊόντος αυτού¹ (Σχήμα 4) σε μια ορισμένη διεύθυνση, τα ξυλοτεμαχίδια² πρέπει να έχουν μικρό και ομοιόμορφο πλάτος (10-15 mm) και σχετικά μεγάλο μήκος (30-50 mm) (Σχήμα 5). Οι φάσεις τεχνολογικής παραγωγής του προϊόντος αυτού (Σχήμα 6 και 7) είναι όμοιες με του προηγούμενου προϊόντος που περιγράφηκε με εξαίρεση τη φάση στρωματώσεως κατά την οποία διεξάγεται συγχρόνως κι ο προσανατολισμός των ξυλοτεμαχιδίων.



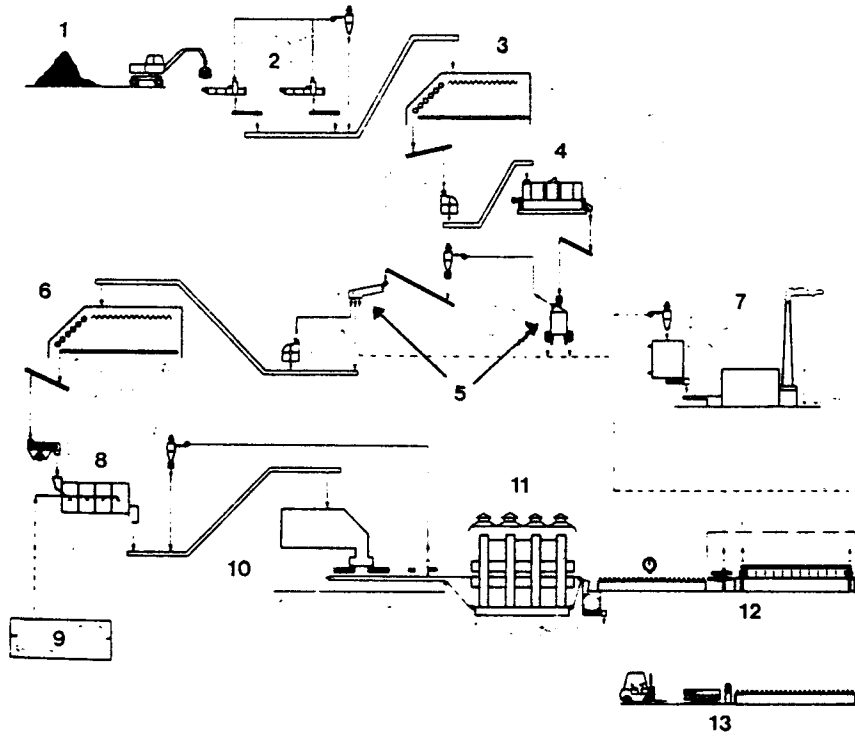
Σχήμα 4. Τρίστρωμη δομική πλάκα από μεγάλα ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση (ξυλοτεμαχίδια της μεσαίας στρώσης προσανατολισμένα σε διεύθυνση κάθετη προς τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων)



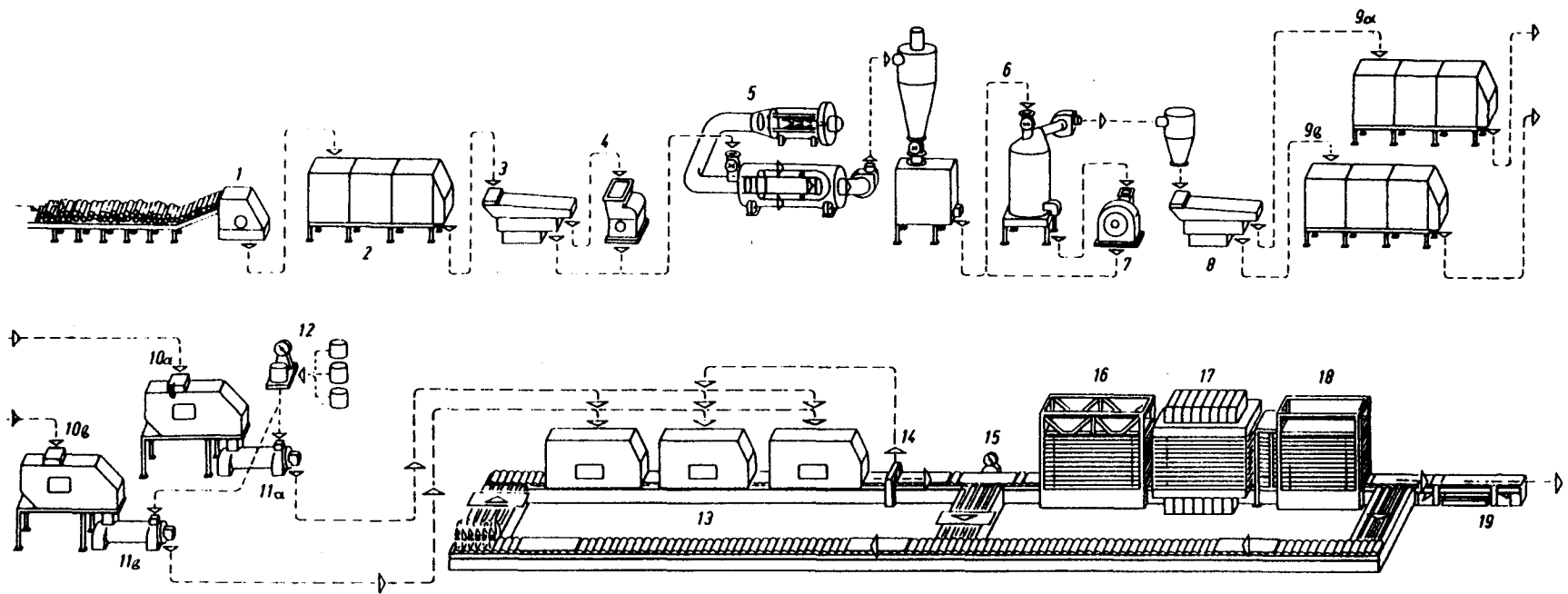
Σχήμα 5. Ξυλοτεμαχίδια της δομικής πλάκας

¹ Διεθνώς γνωστή ως Oriented Structural Board ή Strandboard

² Διεθνώς γνωστά ως Strands



Σχήμα 6. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής μονόστρωμης δομικής πλάκας με προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια σε ορισμένη επιθυμητή διεύθυνση. 1. πρώτη ύλη (κορμοτεμάχια ξύλου), 2. σπαστήρες (παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων), 3. αποθήκευση, 4. ξήρανση, 5. ταξινομητές, 6. αποθήκευση, 7. παραγωγή ενέργειας από ξυλόσκονη, 8. αναμικτήρας ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας, 9. προετοιμασία συγκολλητικής ουσίας, 10. προσανατολισμός-στρωμάτωση ξυλοτεμαχιδίων, 11. θερμή πρέσσα, 12. ορθογωνισμός, 13. στοίβαση πλακών (6).

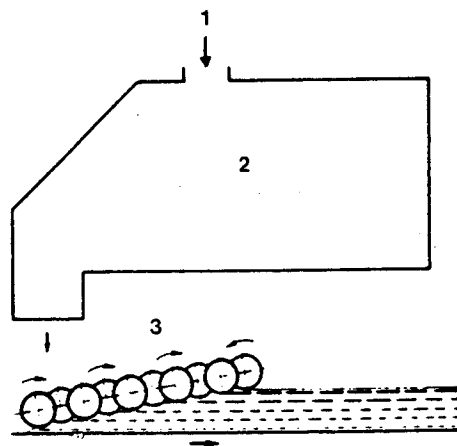


Σχήμα 7. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής τριστρωμης δομικής πλάκας με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια.
 1. σπαστήρας κορμοτεμαχίων Ξύλου, 2. αποθήκευση Ξυλοτεμαχιδίων, 3. ταξινομητής, 4. επαναθρυμματισμός Ξυλοτεμαχιδίων, 5. Ξήρανση, 6. ταξινομητής, 7. επαναθρυμματισμός, 8. ταξινομητής, 9. αποθήκευση (α. Ξυλοτεμαχίδια επιφανειακών στρώσεων, β. Ξυλοτεμαχίδια μεσαίας στρώσης), 10. τροφοδότηση (α. Ξυλοτεμαχίδια επιφανειακών στρώσεων, β. Ξυλοτεμαχίδια μεσαίας στρώσης), 11. αναμικτήρες Ξυλοτεμαχιδίων και συγκολλητικής ουσίας (α. επιφανειακής στρώσης, β. μεσαίας στρώσης), 12. προετοιμασία συγκολλητικής ουσίας, 13. προσανατολισμός-στρωμάτωση Ξυλοτεμαχιδίων, 14. ορθογωνισμός, 15. έλεγχος βάρους στρωματωμένου υλικού, 16. φορτωτής στρωματωμένου υλικού, 17. θερμή πρέσσα, 18. εκφορτωτής πλακών, 19. στοίβαση πλακών (1)

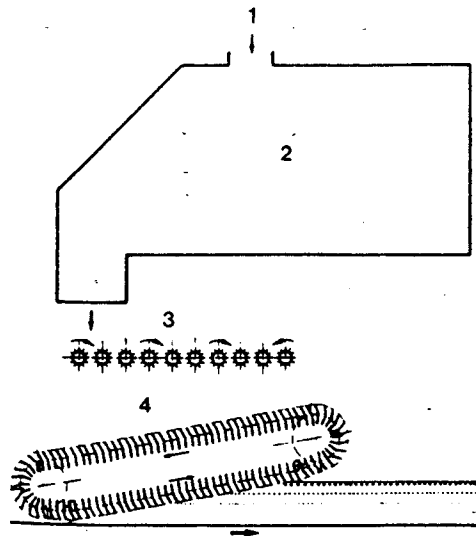
Για τον προσανατολισμό των Ξυλοτεμαχιδίων σε ορισμένη διεύθυνση στο επίπεδο της πλάκας (συνήθως \parallel ή \perp προς τη διεύθυνση παραγωγής) εφαρμόζονται δύο μέθοδοι α) η μηχανική και β) η ηλεκτρική.

3.1 Μηχανική μέθοδος προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων

Η μέθοδος αυτή προβλέπει την χρησιμοποίηση διαφόρων μηχανικών διατάξεων οι οποίες τοποθετούνται υπεράνω των ελασμάτων ή των ιμάντων όπου γίνεται η στρωμάτωση. Οι μηχανικές αυτές διατάξεις αναγκάζουν τα Ξυλοτεμαχίδια προτού φθάσουν στις επιφάνειες στρωμάτωσης να προσανατολισθούν σε ορισμένη διεύθυνση. Στο Σχήμα 8 δείχνεται μια τέτοια διάταξη προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων παράλληλα προς τη διεύθυνση παραγωγής. Η διάταξη αυτή αποτελείται από πλαίσιο με δίσκους τοποθετημένους με την διάμετρό τους παράλληλα προς τη διεύθυνση παραγωγής και σε ορισμένη απόσταση μεταξύ τους ανάλογα με το πλάτος των Ξυλοτεμαχιδίων που πρόκειται να προσανατολισθούν. Τα Ξυλοτεμαχίδια καθώς προωθούνται απ' τις κεφαλές ρίψεως της μηχανής στρωμάτωσης πέφτουν ανάμεσα στους δίσκους και αναγκάζονται να προσανατολισθούν παράλληλα προς τη διάμετρό τους δηλ. παράλληλα προς τη διεύθυνση παραγωγής. Μία άλλη μηχανική διάταξη που προβλέπει προσανατολισμό των Ξυλοτεμαχιδίων κάθετα προς τη διεύθυνση παραγωγής δείχνεται στο Σχήμα 9. Όπως δείχνεται στο Σχήμα 9 αυτή η μηχανική διάταξη αποτελείται από περιστρεφόμενο πλαίσιο με διεύθυνση περιστροφής κάθετα προς τη διεύθυνση παραγωγής και τοποθετείται κάτω από τις κεφαλές ρίψεως της μηχανής στρωμάτωσης. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από μεταλλικά ελάσματα μεταξύ των οποίων πέφτουν τα Ξυλοτεμαχίδια και προσανατολίζονται κάθετα στη διεύθυνση παραγωγής.



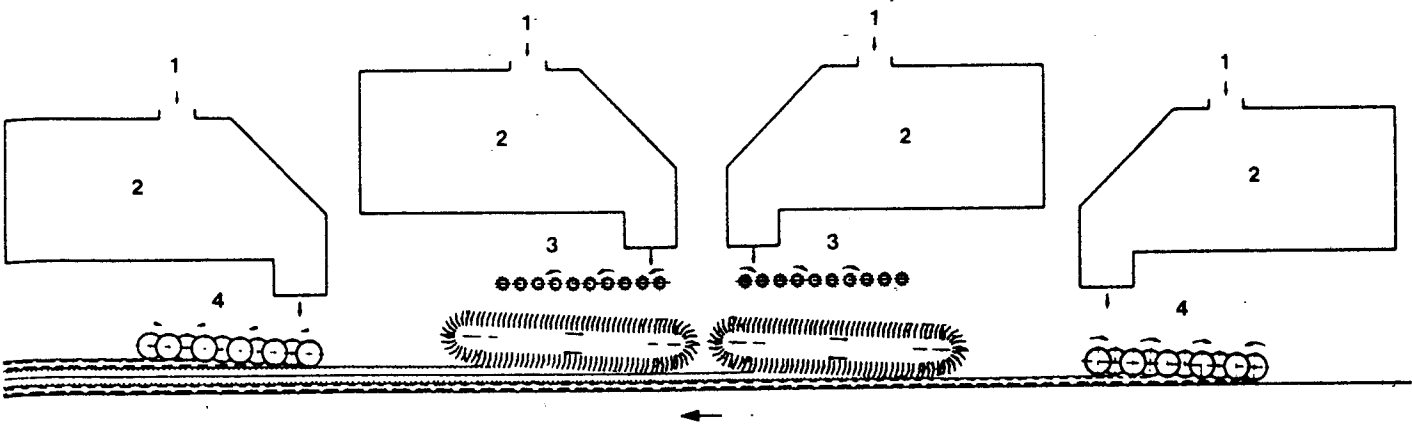
Σχήμα 8. Μηχανική μέθοδος προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων 1. τροφοδότηση με Ξυλοτεμαχίδια, 2. μηχανή στρωμάτωσης, 3. σύστημα προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων με περιστρεφόμενους δίσκους (12)



Σχήμα 9. Μηχανική μέθοδος προσανατολισμού ξυλοτεμαχιδίων, 1. τροφοδότηση με ξυλοτεμαχίδια, 2. μηχανή στρωματώσεως, 3. κεφαλές ρίψεως, 4. σύστημα προσανατολισμού με περιστρεφόμενο πλαίσιο με ελάσματα (12)

Από τα στρωματωθέντα ξυλοτεμαχίδια ορισμένα δεν προσανατολίζονται στην επιθυμητή διεύθυνση γι' αυτό το λόγο έχει καθιερωθεί ο όρος βαθμός προσανατολισμού που σημαίνει τι ποσοστό από το σύνολο των στρωματωθέντων ξυλοτεμαχιδίων προσανατολίσθηκε στην επιθυμητή διεύθυνση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός προσανατολισμού τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή σε κάμψη και τόσο μικρότερη η κατά μήκος διόγκωση της πλάκας παράλληλα με τη διεύθυνση προσανατολισμού. Ο βαθμός προσανατολισμού επηρεάζεται σημαντικά από την γεωμετρία των ξυλοτεμαχιδίων. Ειδικότερα, μεγάλες τιμές των σχέσεων μήκος:πλάτος και μήκος: πάχος επιδρούν ευνοϊκά στον προσανατολισμό των ξυλοτεμαχιδίων.

Όπως είναι ευνόητο για την παραγωγή τρίστρωμων πλακών με ξυλοτεμαχίδια της μεσαίας στρώσης κάθετα προς τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων - με σκοπό την αναπαραγωγή των ιδιοτήτων τρίστρωμων αντικολλητών - χρησιμοποιείται συνδυασμός των δύο περιγραφέντων μηχανικών διατάξεων (Σχήμα 10) (1) (12) (16).

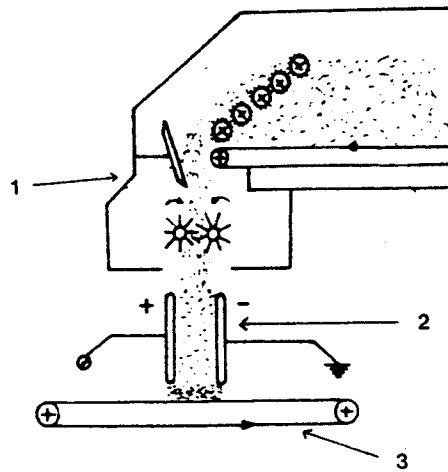


Σχήμα 10. Συνδυασμός δύο μηχανικών μεθόδων προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων, 1. τροφοδότηση με Ξυλοτεμαχίδια, 2. μηχανές στρωματώσεως, 3. σύστημα προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων μεσαίας στρώσης κάθετα στη διεύθυνση παραγωγής με περιστρεφόμενο πλαίσιο, 4. σύστημα προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων επιφανειακών στρώσεων παράλληλα στη διεύθυνση παραγωγής με περιστρεφόμενους δίσκους (12)

3.2 Ηλεκτρική μέθοδος προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων

Η αρχή στην οποία στηρίζεται ο προσανατολισμός Ξυλοτεμαχιδίων με την ηλεκτρική μέθοδο είναι η εξής: τα Ξυλοτεμαχίδια όταν τοποθετηθούν μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο παρουσιάζουν τις ιδιότητες ενός ηλεκτρικού διπόλου δηλ. προσανατολίζονται παράλληλα με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου. Η ηλεκτρική λοιπόν μέθοδος προσανατολισμού προβλέπει ρίψη των Ξυλοτεμαχιδίων ανάμεσα στους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή ο οποίος ευρίσκεται κάτω από τις κεφαλές ρίψεως μιας μηχανής στρωματώσεως και υπεράνω της επιφάνειας όπου πρόκειται να γίνει η στρωμάτωση. (Σχήμα 11). Έτσι τα Ξυλοτεμαχίδια προτού αγγίξουν την επιφάνεια στρωματώσεως έχουν προσανατολισθεί παράλληλα προς τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή δηλ. κάθετα προς τη διεύθυνση παραγωγής. Ο βαθμός προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων με τη μέθοδο αυτή επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες: α) από την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή σε συνδυασμό με το μέγεθος της εφαρμοζόμενης ηλεκτρικής τάσης, β) από τη γεωμετρική μορφή των Ξυλοτεμαχιδίων· ευνοϊκά επιδρούν μεγάλες τιμές των σχέσεων μήκος:πλάτος και μήκος:πάχος

γ) από την υγρασία των Ξυλοτεμαχιδίων· κατάλληλη θεωρείται μία υγρασία περίπου 10%, δ) από την παροχή της μηχανής στρωματώσεως (4) (6) (9) (10) (13) (15).



Σχήμα 11. Ηλεκτρική μέθοδος προσανατολισμού Ξυλοτεμαχιδίων, 1. μηχανή στρωμάτωσης, 2. επίπεδος πυκνωτής, 3. μεταφορική ταινία (4)

Μονόστρωμες πλάκες με Ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα (είτε με τη μηχανική είτε με την ηλεκτρική μέθοδο) σε μιά διεύθυνση παρουσιάζουν μικρή αντοχή σε κάμψη και μεγάλη κατά μήκος (πλάτος) διάγκωση (πρόσληψη νερού ή υγρασίας) κάθετα προς τη διεύθυνση προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων. Το μειονέκτημα αυτό αποφεύγεται με την κατασκευή τριόστρωμων πλακών με Ξυλοτεμαχίδια μεσαίας στρώσης προσανατολισμένα κάθετα στη διεύθυνση προσανατολισμού των επιφανειακών στρώσεων (Σχήμα 4).

3.3 Ιδιότητες

Στον Πίνακα 2 δείχνονται οι ιδιότητες πλακών με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια σε σύγκριση με τις ιδιότητες άλλων προϊόντων Ξύλου με μορφή πλάκας. Απ' τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι οι ιδιότητες πλακών με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια είναι περίπου ισότιμες με εκείνες των αντικολλητών ενώ υπερτερούν τις ιδιότητες των κοινών μοριοπλακών και των ινοπλακών μέσης πυκνότητας (12) (16).

Πίνακας 2

Ιδιότητες πλακών με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια σε σύγκριση με τις ιδιότητες άλλων προϊόντων Ξύλου (12)

Ιδιότητες	Πλάκα με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια	Τρίστρωμο αντικολλητό	Μοριοπλάκα (κοινή)	Ινοπλάκα Μέσης Πυκνότητας (MDF)
Πάχος (mm)	12	12,7	12	12,7
Πυκνότητα (Kg/m ³)	680	500	670-720	680-750
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
-Μέτρο θραύσης ()	55	50	18-22	20-32
-Μέτρο θραύσης (⊥)	17	15	18-22	20-32
-Όριο ελαστικότητας ()	8800	8000	2500-3200	2500-3500
-Όριο ελαστικότητας (⊥)	1900	1200	2500-3200	2500-3500
Μέγιστη κατά πλάτος διόγκωση (%)	0,04	0,06	0,3-0,4	0,35-0,50
Μέγιστη κατά μήκος διόγκωση (%)	0,27	0,12	0,3-0,4	0,35-0,50

(||) παράλληλα και (⊥) κάθετα στη διεύθυνση προσανατολισμού των Ξυλοτεμαχιδίων ή των ινών των επιφανειακών Ξυλοφύλλων του αντικολλητού

3.4 Χρήσεις

Πλάκες με προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια συγκολλημένα με ουρία - φορμαλδεΰδη χρησιμοποιούνται κυρίως σαν μεσαίες στρώσεις αντικολλητών και πηχοσανίδων όπως επίσης και ως μέρη επίπλων που υπόκεινται σε υψηλές φορτίσεις σε στατική κάμψη π.χ. ράφια. Εάν η συγκόλληση γίνει με φαινόλη - φορμαλδεΰδη τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές χρήσεις π.χ. σαν μεσαία στρώση αντικολλητών ή σαν δομικές πλάκες που απαιτούν ηυξημένη αντοχή σε φόρτιση προς ορισμένη διεύθυνση ή σαν Ξυλότυποι κ.ά. (2) (12) (16).

4. Προοπτικές ανάπτυξης των δομικών πλακών με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια

Αν και τα δύο παραπάνω περιγραφέντα δομικά προϊόντα είναι σχετικά νέα στην αγορά, η ανάπτυξή τους στη Βόρεια Αμερική μπορεί να χαρακτηριστεί ταχεία. Έτσι το 1982 υπήρχαν στην Βόρειο Αμερική 23 βιομηχανικές μονάδες παραγωγής δομικών πλακών με μεγάλα Ξυλοτεμαχίδια (Waferboard) δυναμικότητας περίπου 2.100.000 m³ και 9 βιομηχανικές μονάδες παραγωγής πλακών με Ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνσή (Strandboard) δυναμικότητας περίπου 1.000.000 m³. Η ταχεία

ανάπτυξη των προϊόντων αυτών στη βορειοαμερικανική αγορά οφείλεται κυρίως στο ότι τα προϊόντα αυτά κατόρθωσαν να υποκαταστήσουν ένα μέρος των αντικολλητών τα οποία από παραδοσιακούς λόγους ευρέως χρησιμοποιούνται εκεί σαν δομικά κατασκευαστικά υλικά.

Αντίθετα στην Ευρώπη όπου η χρήση των δομικών ξυλοπλακών (αντικολλητών, πηχοσανίδων) σαν κατασκευαστικών υλικών είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη Βόρεια Αμερική τα δύο παραπάνω προϊόντα δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα. Πάντως πιστεύεται ότι στην Ευρώπη και ειδικότερα στην χώρα μας, όπου ετήσια εισάγονται μεγάλες ποσότητες στρογγύλης ξυλείας για την παραγωγή πριστής ξυλείας και αντικολλητών, υπάρχουν δυνατότητες ανάπτυξης των δύο περιγραφέντων προϊόντων. Ειδικότερα οι δομικές πλάκες με ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση θα μπορούσαν να υποκαταστήσουν σε ορισμένες χρήσεις το συμπαγές ξύλο. Οικονομικό ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η δυνατότητα αντικατάστασης των ξυλοφύλλων που αποτελούν τη μεσαία στρώση των αντικολλητών με ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα σε διεύθυνση κάθετη προς τις ίνες των επιφανειακών ξυλοφύλλων. Το νέο αυτό προϊόν θα έχει μικρότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με τον κλασικό τύπο του αντικολλητού επειδή το κόστος παραγωγής της μεσαίας στρώσης θα είναι φθηνότερο. Επί πλέον θα καταστεί οικονομική και η αξιοποίηση ταχυαυξών πλατυφύλλων μικρών διαμέτρων π.χ. από φυτείες Λεύκης των οποίων η αξιοποίηση είναι αντιοικονομική για την παραγωγή ξυλοφύλλων.

Μια άλλη δυνατότητα είναι η κατασκευή μίας πεντάστρωμης πλάκας όπου οι τρεις μεσαίες στρώσεις θα αποτελούνται από μεγάλα ξυλοτεμαχίδια προσανατολισμένα εναλλάξ (||) και (⊥) στη διεύθυνση παραγωγής ενώ οι δύο επιφανειακές στρώσεις θα αποτελούνται από μικρού μεγέθους ξυλοτεμαχίδια όπως αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως στις κοινές μοριοπλάκες. Ένα τέτοιο προϊόν θα έχει μικρότερο ειδικό βάρος αλλά καλύτερη μηχανική αντοχή απ'ότι η κοινή μοριοπλάκα και επί πλέον αφού θα διαθέτει επιφανειακές στρώσεις με λεία υφή δηλ. κατάλληλες για επιφανειακές επικαλύψεις θα μπορεί να υποκαταστήσει σε ορισμένες χρήσεις τους τα αντικολλητά και τις πηχοσανίδες που χρησιμοποιούνται στην επιπλαοιία.

Βιβλιογραφία

1. Brinkmann, E. 1979. OSB - Platten ihre Eigenschaften, Verwendung und Herstellungstechnologie. Holz Roh - Werkstoff 1979. 139-142
2. Bücking, G., Wentworth Irv. 1981. End - use applications for oriented structural boards. Proceed. 15th Intern. Particl. Symposium W.S.U. Pullman Washigton: 15-20
3. Clark, J., 1955. A new dry process Multi - ply board. Tappi 38: 183-187
4. Γρηγορίου Α., 1982. Χρησιμοποίηση μιας μηχανής στρωματώσεως κατά τον προσανατολισμό τεμαχιδίων ξύλου σε ηλεκτρικό πεδίο. Τεχνικά Χρονικά, Τόμος 2, Τεύχος 1-2:5-20
5. Deppe, H.-J. 1981. Zum Stand der Bauspanplattenherstellung. Holz Roh - Werkstoff 39: 425-432
6. Fyje, J., Henckel, D., Peters, T. 1980. Electrostatic orientation for efficiency and engineering composition panel properties. Proceed. 14th. Particl. Symposium W.S.U. Pullman, Washigton: 261-280
7. Greten, B. 1979. Neuenentwicklungen und Verfahrenstechniken mit spezieller Betrachtung von Spanplatten mit orientierten Eigenschaften (OSB) im europäischen Raum. Particleboard today and tomorrow, manufacturing process and properties, building trade, furniture, formaldehyde, development aspects: 85-101
8. Gunn, J. 1963. Wafer dimension control: Number 1 design criterion for plant producing particleboard for building construction uses. Forest Products Journal: 163-167
9. Hutschneker, K. 1979. Untersuchungen über die Orientierung von Spänen im elektrischen Feld. Holz Roh-Werkstoff: 367-372

10. Massimo del Senno 1977. Spanplatten mit elektrisch orientierten Spänen. Holztechnologie Nr. 3.: 154-157
11. Moeltner, H., 1976. Die Waferboardfertigung nach dem System DHYM in Kanada. Holz als Roh-Werkstoff: 353-360
12. Sitzler, H.-D. 1984. Produktionsmethoden für OSB-Platten. Holz und Kunststoffverarbeitung Nr. 5: 48-55
13. Talbott W. 1974. Electrically aligned particleboard and fiberboard. Proceed. 8th Intern. Particl. Symposium W.S.U. Pullman, Washigton: 153-182
14. Vajda, P. 1980. Waferboard vs oriented structural board (OSB). Proceed. 14th Intern. particl. symposium W.S.U. Pullman, Washigton: 21-30
15. Walter, K., Kiesser, J., Wittke, T. 1979. Einfluss der Spanform auf einige Festigkeitseigenschaften orientiert gestreuter Spanplatten. Holz Roh-Werkstoff: 183-188
16. Walter, K. 1981. Waferboard and Strandboard - Stand der Technik. Holz - Zentralblatt Nr. 110: 1665-1667
17. Young, D.R. 1973. An new canadian wafer-board process. FPRS Anaheim, California, USA, annual meeting.

Δ. ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟ ΞΥΛΟΦΥΛΛΑ

1. Γενικά

Τα ξυλόφυλλα καταλαμβάνουν την αρχαιότερη θέση μεταξύ των διαφόρων προϊόντων ξύλου. Σύμφωνα με σχετικά αρχαιολογικά ευρήματα τα πρώτα ξυλόφυλλα κατασκευάστηκαν το 3000 π.Χ. στην Αρχαία Αίγυπτο. Τα ξυλόφυλλα αυτά παράγονταν με διάφορους τρόπους (τομή, σχίση, πρίση) από πολύτιμα είδη ξύλου και χρησιμοποιούνταν σε συνδυασμό (συνήθως συγκόλληση) με άλλα υλικά π.χ. μέταλλα, ελεφαντόδοντο για τη διακόσμηση επίπλων.

Η παραγωγή και οι εφαρμογές τους στην κατασκευή επίπλων και άλλων αντικειμένων των εσωτερικών χώρων γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη στο δεύτερο ήμισυ του 19ου αιώνα μ.Χ. Την κύρια ώθηση στην ανάπτυξη αυτή έδωσαν οι νέες τεχνικές και τα νέα μηχανήματα παραγωγής ξυλοφύλλων με παλινδρομική και περιστροφική τομή τα οποία εμφανίζονται αυτή την περίοδο· τα νέα μηχανήματα επιτυγχάνουν μεγαλύτερες ποσοτικές αποδόσεις (εξαντλητικότερη κατεργασία των κορμοτεμαχίων) και μεγαλύτερη αποδοτικότητα εργασίας σε σύγκριση με τις έως τότε χρησιμοποιούμενες μηχανές πρίσεως. Την ίδια περίπου περίοδο και συγκεκριμένα την τελευταία 10ετία του 19ου αιώνα αρχίζει η βιομηχανική κατασκευή προϊόντων ξύλου από συγκολλημένα ξυλόφυλλα τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των εμπροσθίων και άνω τμημάτων επίπλων, καρεκλών, πιάνων, κ.ά. Ιδιαίτερη ώθηση στη βιομηχανική ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητας των συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα έδωσε η εμφάνιση, περίπου την τρίτη δεκαετία του 20ου αιώνα, νέων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών οι οποίες αντικατέστησαν σταδιακά τις μέχρι τότε χρησιμοποιούμενες φυσικές συγκολλητικές ουσίες.

Παρά την ηυξημένη χρήση νέων προϊόντων ξύλου (ινοπλακών και μοριοπλακών) και υλικών επιφανειακών επικαλύψεων (πλαστικά φύλλα) σε παραδοσιακούς τομείς εφαρμογών των ξυλοφύλλων και των συγκολλημένων προϊόντων τους (κυρίως αντικολλητά) η παραγωγή τους σε παγκόσμια κλίμακα εξακολουθεί την ανοδική πορεία της. Πρέπει όμως να επισημανθεί ότι την τελευταία δεκαετία σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες παρατηρείται μία μείωση της παραγωγής τους σε αντικολλητά ενώ σε αρκετές υπό ανάπτυξη χώρες συμβαίνει το αντίθετο (Πίνακας). Αυτό αποδίδεται στη σημαντική αύξηση του κόστους παραγωγής των αντικολλητών στις αναπτυγμένες χώρες εξ αιτίας της αύξησης του κόστους εργασίας του οποίου η συμμετοχή είναι υπερβολικά μεγάλη στα αντικολλητά (~30%) σε σύγκριση με άλλα προϊόντα ξύλου π.χ. μοριοπλάκες που είναι μόνο 5%.

Διαχρονική εξέλιξη της παραγωγής αντικολλητών από το 1960 έως το 2004 σε ορισμένες χώρες, ηπείρους και παγκοσμίως (σε 1000 m³)

	1960	1970	1980	1990	2000	2004
Αφρική	124,6	306,2	511,9	488,7	644,4	700,8
Ασία	2037,6	16303,0	14459,3	19911,3	28552,9	38459,0
Ευρώπη	2730,4	3929,2	3585,0	3288,2	5855,0	6830,3
Β. Αμερική	9683,5	15929,0	17195,0	20742,0	19514,7	17269,5
ΗΠΑ	8580,0	14078,0	14857,0	18771,0	17271,0	14925,5
Γερμανία	661,0	604,8	469,0	449,0	357,0	283,0
Φινλανδία	406,0	705,6	639,0	643,0	1170,0	1355,0
Ινδονησία	2,7	7,0	1011,0	8250,0	8200,0	4514,0
Βραζιλία	190,0	342,0	826,0	1300,0	2470,0	2900,0
Ελλάς	-	58,0	68,0	98,0	33,5	12,9
Παγκοσμίως	16519,9	33413,7	39432,1	48156,8	58199,0	68067,0

2. Ξυλόφυλλα

2.1. Είδη Ξυλοφύλλων

Τα Ξυλόφυλλα (καπλαμάδες) είναι φύλλα ξύλου με πάχος το οποίο συνήθως κυμαίνεται από 0,5 έως 3 mm και σπάνια μπορεί να φθάσει τα 0,05 και 8 mm.

Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής διακρίνονται τα ακόλουθα είδη Ξυλοφύλλων (βλ. Σχήματα):

- Ξυλόφυλλα παραγόμενα με πρίση

Το ελάχιστο πάχος των Ξυλοφύλλων αυτών είναι 0,5...1 mm. Η παραγωγή τους γίνεται με οριζόντιους πολυπρίονες ή δισκοπρίονες των οποίων τα πριονελάσματα έχουν μικρή έκκαμψη. Στην περίπτωση των πολυπριόνων το μήκος των Ξυλοφύλλων μπορεί να φθάσει τα 5 m ενώ με δισκοπρίονες τα 7 m.

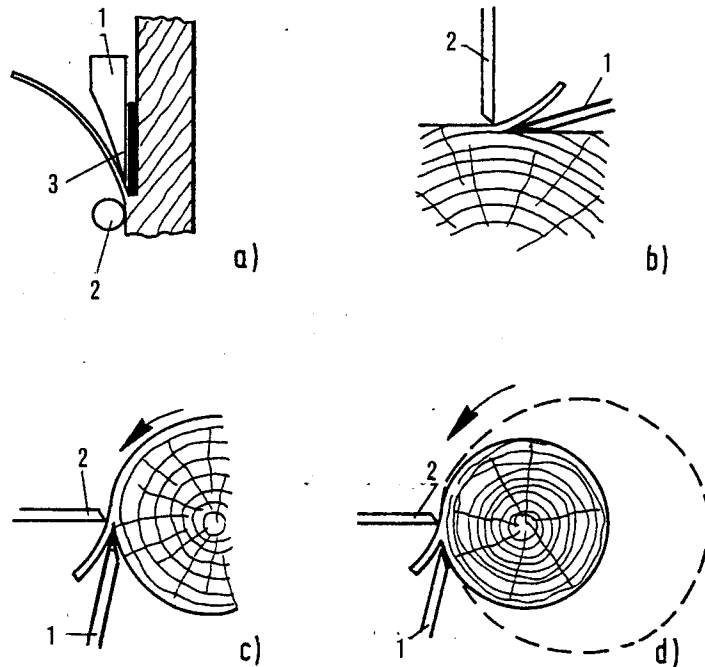
- Ξυλόφυλλα παραγόμενα με παλινδρομική τομή

Παράγονται με παλινδρομική κίνηση του ξύλου ή του κοπτικού μέσου (μαχαίρι) όπως περίπου γίνεται το πλάνισμα. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,05 έως 3 mm (συνήθως 0,6 έως 0,8 mm) και το μήκος τους φθάνει τα 5m.

- Ξυλόφυλλα παραγόμενα με περιστροφική τομή

Η παραγωγή γίνεται με εκτύλιξη ενός κορμοτεμαχίου το οποίο περιστρέφεται

έναντι ενός μαχαιριού τοποθετημένου κατά μήκος του κορμοτεμαχίου. Το πάχος των ξυλοφύλλων συνήθως κυμαίνεται από 0,10 έως 5 mm και το μήκος τους φθάνει τα 5 m. Περιστροφική εκτύλιξη κορμοτεμαχίου μετά την έκκεντρο στερέωσή του ή εκτύλιξη τμημάτων του κορμοτεμαχίου παράγει ξυλόφυλλα με βελτιωμένη σχεδίαση.



Μέθοδοι παραγωγής ξυλοφύλλων α) με πρίση, b) με παλινδρομική τομή, c) περιστροφική τομή (εκτύλιξη με κέντρωση του κορμοτεμαχίου), d) περιστροφική τομή (εκτύλιξη με έκκεντρο τοποθέτηση του κορμοτεμαχίου). 1. μαχαίρι. 2. πιεστικός οδηγός, 3. πριόνι.

Ανάλογα με τη χρήση τους τα ξυλόφυλλα διακρίνονται σε δύο ειδών τα διακοσμητικά και τα κοινά.

- Διακοσμητικά

Τα ξυλόφυλλα αυτά αποτελούν την επιφανειακή διακοσμητική επικάλυψη αντικολλητών, μοριοπλακών κι άλλων προϊόντων ξύλου και διαθέτουν ιδιαίτερα ελκυστική σχεδίαση.

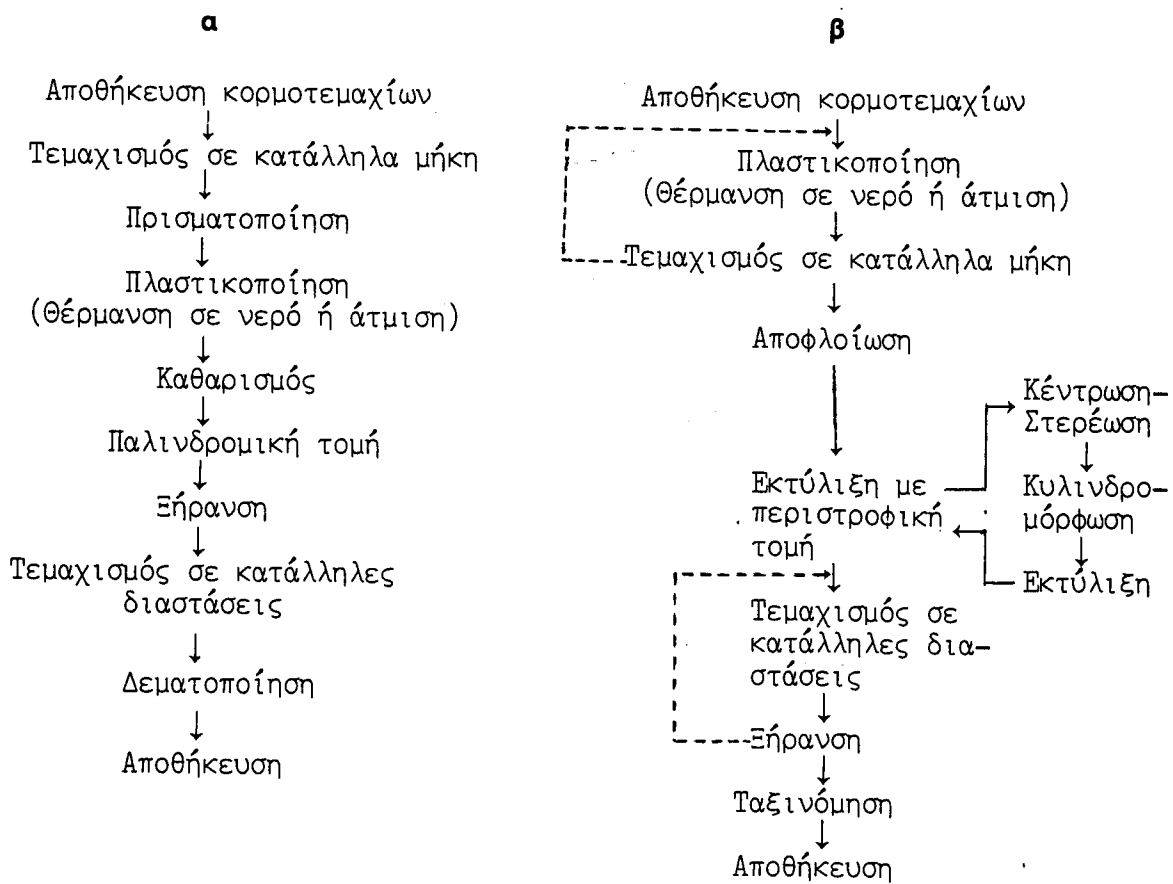
- Κοινά

Τα κοινά ξυλόφυλλα αποτελούν συνήθως τις εσωτερικές (μη ορατές) στρώσεις των αντικολλητών κι άλλων συγκολλημένων προϊόντων ξύλου.

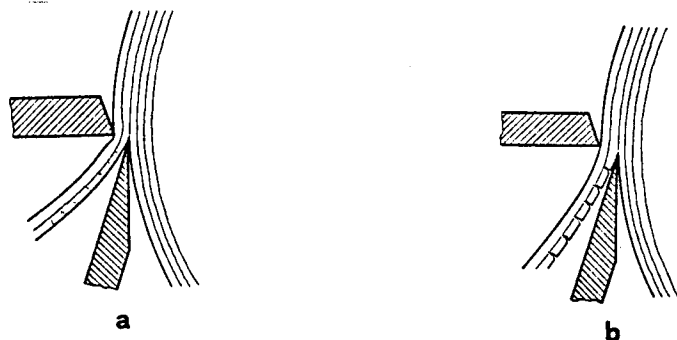
2.2. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής Ξυλοφύλλων

Οι σπουδαιότερες μέθοδοι παραγωγής Ξυλοφύλλων είναι η παλινδρομική και περιστροφική τομή. Με παλινδρομική τομή παράγονται αποκλειστικώς διακοσμητικά Ξυλόφυλλα. Τα Ξυλόφυλλα περιστροφικής τομής αποτελούν περίπου το 90% του συνόλου των παραγομένων Ξυλοφύλλων και χρησιμοποιούνται κυρίως ως κοινά Ξυλόφυλλα στην κατασκευή αντικολλητών. Και με τις δύο μεθόδους παραγωγής στην επιφάνεια του Ξυλοφύλλου που έρχεται σε επαφή με το μαχαίρι δημιουργούνται ραγάδες το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από τη θέση και την πίεση που ασκεί ο πιεστικός οδηγός στο κορμοτεμάχιο. Με τη σωστή ρύθμιση των συνθηκών παραγωγής (κατάλληλη πίεση και θέση του πιεστικού οδηγού, πλαστικοποίηση Ξύλου με άτμιση ή βρασμό) μειώνεται σημαντικά το μέγεθος των ραγάδων.

Η επόμενη σχηματική παράσταση απεικονίζει τις φάσεις παραγωγής Ξυλοφύλλων με παλινδρομική και περιστροφική τομή.



Φάσεις παραγωγής Ξυλοφύλλων α. με παλινδρομική τομή και β. με περιστροφική τομή.



α. Σχηματισμός μικροραγάδων (σωστή τοποθέτηση πιεστικού οδηγού). β. σχηματισμός μεγαλοραγάδων (εσφαλμένη τοποθέτηση λόγω ανεπαρκούς πίεσης του πιεστικού οδηγού επί του κορμοτεμαχίου).

2.3. Επιδράσεις του ξύλου ως πρώτης ύλης

Οι ιδιότητες του ξύλου ως πρώτης ύλης επηρεάζουν τις φάσεις παραγωγής και την ποιότητα των ξυλοφύλλων ποικιλοτρόπως. Αποφασιστικός είναι ο ρόλος της δομής (ανατομίας) του ξύλου. Έτσι π.χ. η παραγωγή ξυλοφύλλων πολύ μικρού πάχους είναι δυνατή μόνο από διασπορόπορα είδη ξύλου, ομοιόμορφης δομής, απαλλαγμένων από φυσικά ελαττώματα (ρόζοι, στρεψοΐνια, ρητινοθύλακες κ.ά.), ενώ αποκλείονται δακτυλιόπορα είδη και κωνοφόρα με έντονη διαφοροποίηση μεταξύ πρώιμου και όψιμου ξύλου. Σε δακτυλιόπορα και άλλα είδη ξύλου με μεγάλους πόρους υφίσταται κίνδυνος να διέλθει η συγκολλητική ουσία δια μέσου των πόρων των ξυλοφύλλων και να εμφανισθεί στην επιφάνεια των προϊόντων ξύλου.

Όπως είναι ευνόητο το δασικό είδος προέλευσης των ξυλοφύλλων επηρεάζει τις φάσεις παραγωγής αλλά και τις ιδιότητες των παραγομένων από αυτά συγκολλημένων προϊόντων. Έτσι π.χ. εάν πρόκειται να παραχθούν αντικολλητά για οικοδομικές κατασκευές με ανθεκτικότητα στις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες τότε η χρήση μη ανθεκτικών ειδών όπως π.χ. το *Obeche* αποκλείεται ενώ προτιμώνται άλλα ανθεκτικότερα είδη όπως η Σημύδα, η Οξιιά, η Ερυθρελάτη, Δασική πεύκη, η *Limba*, το *Okoumé* κ.ά. Επίσης η μηχανική αντοχή των συγκολλημένων με ξυλόφυλλα προϊόντων επηρεάζεται από τη μηχανική αντοχή των δασικών ειδών προέλευσης των ξυλοφύλλων και από την ύπαρξη και το μέγεθος των φυσικών ελαττωμάτων (ρόζοι, στρεψοΐνια κ.ά.).

Κατά την πίεση των ξυλοφύλλων στην πρέσσα το ύψος της πίεσης εξαρτάται από την πυκνότητα (σκληρότητα) των ειδών ξύλου και μπορεί να κυμαίνεται από 6 έως 18 Kp/cm².

Επί πλέον ορισμένες κατηγορίες εκχυλισμάτων που περιέχονται στο ξύλο διαφόρων δασικών ειδών μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στη σκλήρυνση ορισμένων συγκολλητικών ουσιών και γενικότερα στη συγκόλλησή τους. Κατά τη μηχανική κατεργασία (πίση, τομή, λείανση) ορισμένων ειδών ξύλου τα οποία περιέ-

χουν τοξικά εκχυλίσματα έχουν διαπιστωθεί συγκεκριμένες ασθένειες στο εργαζόμενο προσωπικό.

Τα κύρια κριτήρια επιλογής των δασικών ειδών για την παραγωγή ξυλοφύλλων είναι η διαθεσιμότητα, η συμπεριφορά τους έναντι της παλινδρομικής ή περιστροφικής τομής, η συμπεριφορά των ξυλοφύλλων κατά την ξήρανση και συγκόλληση, οι διαστασιακές μεταβολές με την υγρασία, το χρώμα και η σχεδίαση. Ειδικότερα για την παραγωγή κοινών ξυλοφύλλων ιδιαίτερα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι η ομοιόμορφη δομή, πυκνότητα από 0,35 έως 0,65g/cm³ και η μικρή ροζοβρίθεια του ξύλου. Στην παραγωγή διακοσμητικών ξυλοφύλλων ιδιαίτερο ρόλο παίζουν το ομοιόμορφο χρώμα και η ελκυστική σχεδίαση. Τα κυριότερα δασικά είδη από την πληθώρα αυτών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ξυλοφύλλων περιλαμβάνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Κυριότερα δασικά είδη παραγωγής ξυλοφύλλων

	Διακοσμητικά ξυλόφυλλα παραγωγή κυρίως με παλινδρομική και έκκεντρο περιστροφική τομή	Κοινά ξυλόφυλλα παραγωγή κυρίως με περι- στροφική τομή
Είδη ευρωπαϊ- κής προέλευσης	Άρκευθος Σημύδα Δρυς Φράξος Δασική πεύκη Λάρικα Καρυδιά Φτελιά	Σημύδα Ψευδοτσούγκα Ερυθρελάτη Δασική πεύκη Λεύκη Οξιιά
Είδη προερχόμε- να εκτός Ευρώπης	Mahagoni (αφρικανικό) Afrormosia Aningre Avodire Bété Bossé Black walnut Bao Dibétou Douka Kosipo Limba Makore Movingui Palisander (ανατ. Ινδιών) Rio Palisander Sapeli Sen Sipo Teak Tiama Wengé Zingana	Abura Mahagoni (αφρικανικό) Aiélé Baboen Ilomba Koto Lauan Lomba Meranti Obeche Okoumé Ozigo Tiama Tola

3. Συγκολλημένα προϊόντα κατασκευασμένα αποκλειστικώς από ξυλόφυλλα

Τα συγκολλημένα προϊόντα ξυλοφύλλων είναι προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας αποτελούμενα από διαδοχικές στρώσεις ξυλοφύλλων τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με συγκολλητική ουσία με εφαρμογή θερμής ή ψυχρής πίεσης.

Η ανάπτυξη των προϊόντων αυτών προέκυψε από την αναγκαιότητα παραγωγής ξυλοπλακών μεγάλων διαστάσεων οι οποίες, λόγω της γνωστής ανομοιογένειας και ανισοτροπίας του ξύλου των δένδρων στις δύο αυξητικές κατευθύνσεις, είναι αδύνατο να παραχθούν αποκλειστικώς από συμπαγές ξύλο. Σε σύγκριση με το συμπαγές ξύλο επιτυγχάνεται στα προϊόντα αυτά μία καλύτερη κατανομή των φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου έτσι ώστε να μειώνονται οι αρνητικές επιδράσεις τους στις ιδιότητες του τελικού συγκολλημένου προϊόντος.

3.1. Είδη συγκολλημένων προϊόντων

Είναι ευνόητο ότι με την επιλογή του δασικού είδους, του πάχους, του αριθμού ξυλοφύλλων, του είδους της συγκολλητικής ουσίας, του ειδικού χειρισμού των ξυλοφύλλων (εμποτισμός, συμπίεση κ.ά.) προσφέρονται πολυάριθμοι συνδυασμοί για την παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων με τις επιθυμητές ιδιότητες.

Ανάλογα με το βαθμό της μόνιμης συμπίεσης των ξυλοφύλλων στην πρέσσα τα συγκολλημένα προϊόντα διακρίνονται:

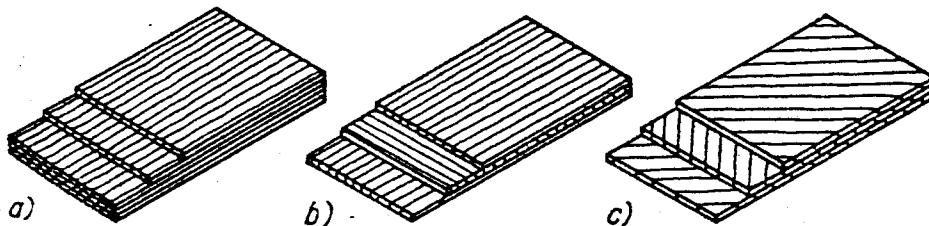
- συγκολλημένα προϊόντα με μικρό βαθμό συμπίεσης των ξυλοφύλλων τους (μόνιμη μείωση πάχους <10%). η πυκνότητα των προϊόντων είναι περίπου ίδια με την πυκνότητα του δασικού είδους των ξυλοφύλλων.
- συγκολλημένα προϊόντα με σχετικά μεγάλο βαθμό συμπίεσης των ξυλοφύλλων τους (μόνιμη μείωση πάχους >10%). η πυκνότητα των συγκολλημένων προϊόντων με συμπιεσμένα ξυλόφυλλα είναι >0,80 g/cm³

Ανάλογα με τα περιεχόμενα ποσοστά σε συγκολλητική ουσία διακρίνονται:

- συγκολλημένα προϊόντα με ποσοστά συγκολλητικής ουσίας τα οποία αντιστοιχούν στις απαιτούμενες μόνο ποσότητες για τη συγκόλληση των ξυλοφύλλων μεταξύ τους.
- συγκολλημένα προϊόντα από ξυλόφυλλα εμποτισμένα με συγκολλητική ουσία (συνήθης περιεκτικότητα 30%).

Ανάλογα με τη γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων τα συγκολλημένα προϊόντα διακρίνονται (βλ. Σχήμα):

- συγκολλημένα προϊόντα με παράλληλες τις ίνες όλων των ξυλοφύλλων.
- συγκολλημένα προϊόντα στα οποία οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν γωνία 90° · πρόκειται για το κυριότερο είδος συγκολλημένου προϊόντος με ξυλόφυλλα γνωστού με την ονομασία αντικολλητό.
- συγκολλημένα προϊόντα στα οποία οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° και με τις πλευρές των ξυλοφύλλων γωνίες 45° ή 135° .



Συγκολλημένα προϊόντα κατασκευασμένα αποκλειστικώς με ξυλόφυλλα α) ίνες διαδοχικών ξυλοφύλλων παράλληλες, b) ίνες διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν γωνία 90° , c) ίνες διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν γωνία 90° αλλά με τις πλευρές τους γωνία 45° ή 135° .

3.2. Συγκολλητικές ουσίες και άλλα πρόσθετα

Η επιλογή της κατάλληλης συγκολλητικής ουσίας καθορίζεται από την προβλεπόμενη χρήση των συγκολλημένων προϊόντων και το κόστος της. Η κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με συνθετικές συγκολλητικές ουσίες. Ιδιαίτερα τις τελευταίες δύο δεκαετίες με την ολοένα αυξανόμενη τάση χρησιμοποίησης των συγκολλημένων προϊόντων ξύλου σε κατασκευές εξωτερικών χώρων η χρήση των φυσικών συγκολλητικών ουσιών με βάση τις πρωτεΐνες έχει περιορισθεί στο ελάχιστο. Εκτός από τη μη ανθεκτικότητά τους σε συνθήκες υψηλής υγρασίας προσβάλλονται έντονα από μικροοργανισμούς (κόλλα από δέρματα και κόκκαλα, καζεΐνη) και ορισμένες (καζεΐνη) προκαλούν ανεπιθύμητους μεταχρωματισμούς στα ξυλόφυλλα· άλλοι λόγοι της εκτόπισης των φυσικών συγκολλητικών ουσιών είναι το σχετικά μεγάλο κόστος τους και η μη σταθερή ποιότητά τους..

Οι συνθετικές συγκολλητικές ουσίες προσφέρονται σε υγρά μορφή ή σε στερεά ως φιλμ αποτελούμενο από χαρτί εμποτισμένο με τη συγκεκριμένη συγκολλητική ουσία.

Τα συγκολλημένα με ξυλόφυλλα προϊόντα ανάλογα με την ανθεκτικότητά τους στην υγρασία και γενικότερα στις κλιματικές επιδράσεις διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ανθεκτικά σε εσωτερικούς χώρους με σχετικά χαμηλή σχετική υγρασία αέρος· κατάλληλη συγκολλητική ουσία: η ουρία-φορμαλδεΐδη.
- ανθεκτικά σε υψηλότερες συνθήκες σχετικής υγρασίας αέρος· κατάλληλες συγκολλητικές ουσίες: μίγμα ουρίας-μελαμίνης-φορμαλδεΐδης ή αμιγής μελαμίνη-φορμαλδεΐδη.
- ανθεκτικά σε εξωτερικές κλιματικές επιδράσεις· κατάλληλες συγκολλητικές ουσίες: φαινόλη-φορμαλδεΐδη, μίγμα φαινόλης-ρεσορκίνης-φορμαλδεΐδης, ρεσορκίνη-φορμαλδεΐδη.

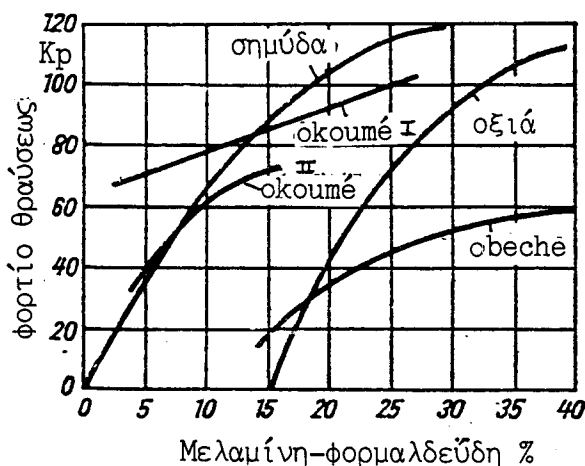
Οι συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης ανάλογα με το είδος και το ποσοστό του καταλύτη (σκληρυντή) και των άλλων πρόσθετων μπορούν να εναρμονισθούν με τις συνθήκες της παραγωγής. Η ταχύτητα σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας καθορίζεται από τη θερμοκρασία και το pH της το οποίο εξαρτάται από το ποσοστό του προστιθέμενου καταλύτη. Η κατάλληλη ρύθμιση του ιξώδους της συγκολλητικής ουσίας, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνική επάλειψης των ξυλοφύλλων και τη θερμοκρασία του χώρου παραγωγής, γίνεται με την προσθήκη της κατάλληλης ποσότητας νερού. Προκειμένου να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος σκλήρυνσης και να υπάρχει η δυνατότητα αντίδρασης με τις τυχόν προστιθέμενες ποσότητες μελαμίνης, εφόσον αυτό απαιτηθεί, οι συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση ξυλοφύλλων συνήθως περιέχουν σχετικά μεγάλα ποσοστά φορμαλδεΐδης (μοριακή αναλογία φορμαλδεΐδης: ουρίας = 1,7 έως 2,0).

Συγκολλητικές ουσίες μελαμίνης-φορμαλδεΐδης ως αμινοπλάστες έχουν παρόμοιο μηχανισμό σκλήρυνσης (πολυσυνπύκνωσης) όπως και οι της ουρίας-φορμαλδεΐδης· όμως στην περίπτωση εφαρμογής υψηλών θερμοκρασιών η σκλήρυνση επιτυγχάνεται χωρίς την προσθήκη σκληρυντή. Λόγω του υψηλού κόστους (βλ. Πίνακα) χρησιμοποιούνται μόνο στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η χρήση της φαινόλης-φορμαλδεΐδης δεν ενδείκνυται όπως π.χ. στην συγκόλληση μικρού πάχους ανοιχτόχρωμων ξυλοφύλλων των εξωτερικών στρώσεων δια μέσου των οποίων υπάρχει ο κίνδυνος η καστανού χρώματος φαινόλη-φορμαλδεΐδη να αποτυπωθεί στην επιφάνεια υπό μορφή σκούρων κηλίδων). Επί πλέον με την προσθήκη μικρών ποσοστών μελαμίνης σε συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης βελτιώνεται η ανθεκτικότητα των τελευταίων σε συνθήκες υψηλής υγρασίας· ο βαθμός βελτίωσης εξαρτάται και από το δασικό είδος προέλευσης των ξυλοφύλλων (Σχήμα).

Σύγκριση κόστους συγκολλητικών ουσιών για αντικολλητά στις Η.Π.Α.

Συγκολλητικές ουσίες	τιμή*/Kg
ουρία-φορμαλδεΐδη	1,0
φαινόλη-φορμαλδεΐδη	2,0
μελαμίνη-φορμαλδεΐδη	3,3
ρεσορκίνη-φορμαλδεΐδη	8,8
από κόκκαλα+δέρματα ζώων	2,6
καζεΐνη	2,5

*: τιμές του 1980



Αντοχή των δεσμών συγκολλητικής ουσίας αντικολλητών (μετά από 6 ώρες βρασμό σε νερό) κατασκευασμένων από διάφορα δασικά είδη σε σχέση με τα ποσοστά μελαμίνης-φορμαλδεΐδης που προστίθενται στην ουρία-φορμαλδεΐδη.

Οι συγκολλητικές ουσίες φαινόλης-φορμαλδεΐδης χρησιμοποιούνται συνήθως σε ρευστή κατάσταση για τη συγκόλληση των ξυλοφύλλων αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε στερεή μορφή ως φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Κατά τη συγκόλληση των ξυλοφύλλων με ρευστή φαινόλη-φορμαλδεΐδη προσφέρονται δύο μέθοδοι η "υγρά" και η "ξηρή" μέθοδος. Σύμφωνα με την "υγρά" μέθοδο αφού τα ξυλόφυλλα επαλειφθούν με τη συγκολλητική ουσία τοποθετούνται το ένα επί του άλλου χωρίς προηγούμενη ξήρανό τους και οδηγούνται για συμπίεση στη θερμή πρέσσα. Οι φαινόλες-φορμαλδεΐδες που χρησιμοποιούνται στην υγρά μέθοδο έχουν υψηλό βαθμό πολυσυμπύκνωσης, έντονο αλκαλικό χαρακτήρα και τα φαινολικά υδροξύλιά τους έχουν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό ουδετεροποιηθεί με NaOH· η περιεκτικότητά τους σε μή πτητικά συστατικά είναι περίπου 45% και σε άλκαλι (NaOH) 7 έως 8%· συγκολλητικές ουσίες αυτού του τύπου έχουν την ιδιότητα να αποξηραίνονται πολύ γρήγορα μετά την επάλειψή τους υπό μορφή μικρού πάχους στρώσεων στα ξυλόφυλλα καθώς το νερό που περιέχουν διεισδύει στο εσωτερικό του ξύλου. Για θερμοκρασίες πρέσσας από 130 έως 140 °C η σκληρυνση της συγκολλητικής ουσίας μπορεί να γίνει χωρίς σκληρυντή με προσθήκη μόνο ορισμένων πρόσθετων ουσιών·

αντίθετα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες π.χ. 120 °C για τη σκλήρυνση είναι απαραίτητος η προσθήκη ενός σκληρυντή (συνήθως παραφορμαλδεΐδης) ο οποίος προστίθεται ως μίγμα με κατάλληλα πρόσθετα· εάν η θερμοκρασία της πρέσας είναι ακόμη μικρότερη π.χ. 100-110 °C τότε για επιτάχυνση της πολυσυμπύκνωσης προστίθεται στη συγκολλητική ουσία μικρές ποσότητες ρεσορκίνης. Κατά την εφαρμογή της "ξηράς" μεθόδου μετά την επάλειψη των ξυλοφύλλων με τη συγκολλητική ουσία ακολουθεί ξήρασή τους σε θερμοκρασίες 60 έως 80°C σε ειδικά ξηραντήρια προτού οδηγηθούν για συμπίεση στη θερμή πρέσα. Οι συγκολλητικές ουσίες φαινόλης-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιούνται με αυτή τη μέθοδο έχουν μικρότερο βαθμό πολυσυμπύκνωσης και περιέχουν μικρότερα ποσοστά αλκάλειας (περίπου 3%) σε σύγκριση με εκείνες της "υγράς" μεθόδου. Οι συγκολλητικές ουσίες φαινόλης-φορμαλδεΐδης εκτός της ανθεκτικότητάς τους έναντι της υγρασίας πλεονεκτούν σε σύγκριση με την ουρία-φορμαλδεΐδη διότι οι συγκολλητικοί δεσμοί τους διαθέτουν ελαστικότητα και καλύτερη ανθεκτικότητα στη γήρανση.

Οι συγκολλητικές ουσίες ρεσορκίνης-φορμαλδεΐδης δεν χρησιμοποιούνται ως αμιγείς στη συγκόλληση των ξυλοφύλλων λόγω του υψηλού κόστους τους αλλά σχεδόν πάντοτε σε μίξη με τη φαινόλη-φορμαλδεΐδη.

Τεχνικά χαρακτηριστικά ουρίας-φορμαλδεΐδης και φαινόλης-φορμαλδεΐδης για αντικολλητά.

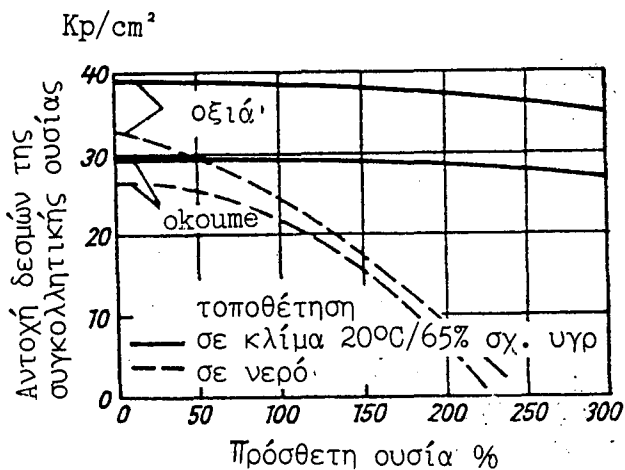
Χαρακτηριστικά	Φαινόλη-φορμαλδεΐδη		
	Ουρία-φορμαλδεΐδη	"υγρά" μέθοδος	"ξηρά" μέθοδος
Μοριακή αναλογία φορμαλδεΐδης:ουρίας	1,7-2,0	-	-
Ιξώδες σε 20 °C (m Pa.s)	500 έως 1000	700	4000
Ξηρή μάζα (%)	63-66	47	44
Ειδικό βάρος σε 20°C (g/cm ³)	1,27-1,30	1,23	1,17
Χρόνος πήξεως σε 100 °C	23-30 sec	35 min	25 min
Τιμή-pH	8-9	10-12	10-12
Περιεκτικότητα σε άλκαλι (%)	-	8	3
Διάρκεια αποθήκευσης	3-6 μήνες	12-16εβδομάδες	2-3εβδομάδες

Στις συγκολλητικές ουσίες που προορίζονται για τη συγκόλληση των ξυλοφύλλων προστίθενται και ορισμένες άλλες ουσίες (πρόσθετες ουσίες ή πρόσθετα) οι οποίες αποσκοπούν στη ρύθμιση ορισμένων ιδιοτήτων ή και στη μείωση του κόστους των συγκολλητικών ουσιών. Οι πρόσθετες ουσίες μπορεί να είναι οργανικής ή ανόργανης φύσεως και προστίθενται υπό μορφή κόνης. Οι οργανικής φύσεως έχουν την ικανότητα να διογκώνονται με προσρόφηση νερού και ορισμένες από αυτές διαθέτουν και συγκολλητική ικανότητα (αλεύρι, άμυλο). Επί πλέον ορισμένες πρόσθετες ουσίες χρησιμοποιούνται ειδικά για την αύξηση του ιξώδους των συγκολλητικών ουσιών ώστε να εμποδίζεται έτσι η ικανότητα διείσδυσής τους στο εσωτερικό των ξυλοφύλλων ή η διέλευσή τους δια μέσου αυτών. Οι οργανικής φύσεως πρόσθετες ουσίες μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά ορισμένες ιδιότητες των συγκολλητικών ουσιών· συγκεκριμένα είναι δυνατόν να αυξήσουν την προσβολή των συγκολλημένων προϊόντων από μύκητες και να μειώσουν την ανθεκτικότητά τους έναντι της υγρασίας (Σχήμα). Πρόσθετες ουσίες ανόργανης φύσεως (πηλός, κιμωλία) προκαλούν ηυξημένη άμβλυση των κοπτικών μέσων κατεργασίας. Σε συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης προστίθενται συνήθως το άμυλο και το αλεύρι ενώ σε μίγμα ουρίας-μελαμίνης-φορμαλδεΐδης προστίθενται μικρές ποσότητες αμύλου. Σε φαινόλη-φορμαλδεΐδη προστίθενται συνήθως κόνη από κελύψη κοινών καρυδιών και ινδικής καρύδας, κόνη φλοιού ή ξύλου, πυριτικό μαγνήσιο κι άλλες αμυλώδεις ουσίες.

Αντοχή αντικολλητών σημύδας συγκολλημένων με διάφορες συγκολλητικές ουσίες σε διάτμηση μετά την έκθεσή τους στο εξωτερικό περιβάλλον και μετά από επιταχυνόμενα τέστ γήρανσης.

Χειρισμοί	φαινόλη-φορμαλδεΐδη		μελαμίνη-φορμαλδεΐδη		ουρία-φορμαλδεΐδη	
	Αντοχή (KPa)	Θ.Ξ (%)	Αντοχή (KPa)	Θ.Ξ (%)	Αντοχή (KPa)	Θ.Ξ. (%)
έκθεση στις καιρικές συνθήκες (2 έτη)	2482	92	2413	85	0	0
έκθεση στις καιρικές συνθήκες (6 έτη)	2868	80	1724	50	0	0
Βρασιμός (4 ώρες)	2724	98	2723	98	0	0
Βρασιμός (24 ώρες)	2620	98	2620	98	0	0
Βρασιμός (48 ώρες)	2413	98	1931	27	0	0

Θ.Ξ: ποσοστό θραύσης μέσα στο ξύλο κατά τον αποχωρισμό των επιφανειών με διάτμηση

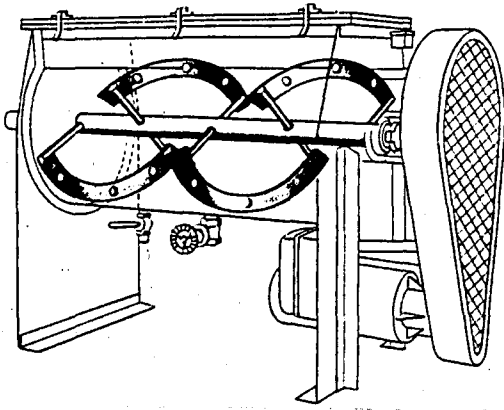


Αντοχή των συγκολλητικών δεσμών ουρίας-φορμαλδεΰδης αντικολλητών κατασκευασμένων από διάφορα δασικά είδη σε σχέση με τα προστιθέμενα ποσοστά της πρόσθετης ουσίας (αλεύρι σιτηρών).

Όπως το συμπαγές ξύλο έτσι και τα προϊόντα ξύλου από συγκολλημένα ξυλόφυλλα προσβάλλονται από μικροοργανισμούς και κυρίως από μύκητες. Η μετά την παραγωγή προστασία (επάλειψη, ψεκασμός, εμποτισμός) των προϊόντων με προστατευτικές ουσίες είναι δυνατή αλλά λόγω κόστους και μη ικανοποιητικής αποτελεσματικότητας αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο κατά συμπληρωματικό τρόπο. Από τεχνικής και οικονομικής άποψης πλεονεκτεί η εφαρμογή προστατευτικών χειρισμών κατά τη διάρκεια της παραγωγής των προϊόντων. Είναι δυνατόν τα ξυλόφυλλα είτε να εμποτισθούν με ανόργανες ή οργανικές προστατευτικές ουσίες προτού επαλειφθούν με τις συγκολλητικές ουσίες είτε οι προστατευτικές ουσίες να προστεθούν στη συγκολλητική ουσία και μετά να γίνει η επάλειψη και στις δύο περιπτώσεις προβλήματα μπορεί να εμφανισθούν από την κακή ανεκτικότητα μεταξύ προστατευτικών και συγκολλητικών ουσιών και επί πλέον μεγάλο ποσοστό των προστατευτικών ουσιών, εφόσον είναι πτητικές, μπορεί να απωλεσθεί κατά τη θερμή συμπίεση των ξυλοφύλλων στην πρέσσα.

Οι κυριότερες προστατευτικές ουσίες που χρησιμοποιούνται έναντι προσβολών από μύκητες και έντομα είναι η πενταχλωροφαινόλη, το εξαχλωροκυκλοεξάνιο, ο βόρακας, το βορικό οξύ, ενώσεις φθορίου, ενώσεις αρσενικού όπως επίσης και μίξεις των παραπάνω ουσιών. Ενώσεις του βορίου και του φωσφορικού αμμωνίου και άλατα του πυριτίου χρησιμοποιούνται ως αντιπυρικές ουσίες. Το ποσοστό των προστατευτικών ουσιών που προστίθενται στη συγκολλητική ουσία κυμαίνεται από 2,5 έως 12% με βάση το ξηρό βάρος της συγκολλητικής ουσίας. Κατά τον εμποτισμό των ξυλοφύλλων με ενώσεις βορίου και φωσφορικού αμμωνίου το ποσοστό τους κυμαίνεται από 5 έως 10% με βάση το ξηρό βάρος του ξυλοφύλλου.

Η ανάμιξη της συγκολλητικής ουσίας με το νερό, το σκληρυντή, τις πρόσθετες ουσίες και τις προστατευτικές ουσίες γίνεται μέσα σε αναμικτήρες χωρητικότητας 200 έως 700 λίτρων εφοδιασμένων με μεικτικούς βραχίονες οι οποίοι περιστρέφονται με ταχύτητα από 50 έως 400 στροφές/min.



Αναμικτήρας των συστατικών
της συγκολλητικής ουσίας.

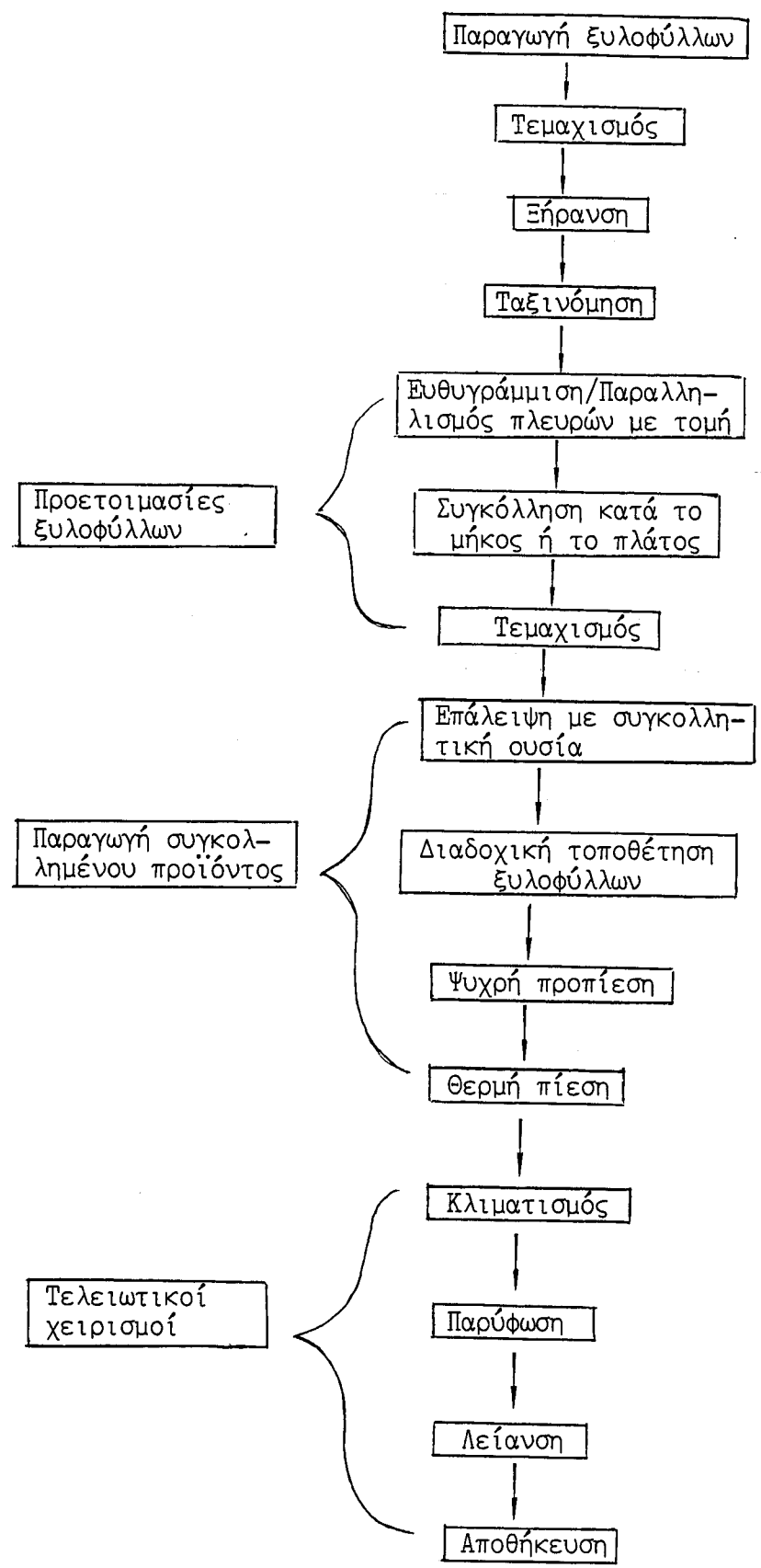
3.3. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα Παραγωγή ξυλοφύλλων

Μετά την παραγωγή των ξυλοφύλλων με παλινδρομική (διακοσμητικά) και περιστροφική τομή (διακοσμητικά και κοινά ξυλόφυλλα) ακολουθεί η ξήραυσή τους μέχρι μιας υγρασίας 6 έως 8%. Τα ξυλόφυλλα μετά την ξήραυση πρέπει να έχουν ομοιόμορφο πάχος και υγρασία και η επιφάνειά τους να είναι επίπεδη. Εάν τα ξυλόφυλλα εμφανίζουν για διάφορους λόγους κυματοειδείς επιφάνειες (συναντάται κατά την υπερξήραυση ξυλοφύλλων ειδών ξύλου μεγάλης πυκνότητας π.χ. οξιιά ή είδη ξύλου με μή ευθυτενή κορμό) τότε επιβάλλεται αποκατάσταση της επιπεδότητάς τους · αυτή επιτυγχάνεται με μικρής διάρκειας πίεση των ξυλοφύλλων (υπό μορφή πακέτων) σε θερμές πρέσες (70 έως 95°C).

Ευθυγράμμιση και παραλληλισμός των πλευρών των ξυλοφύλλων με τομή

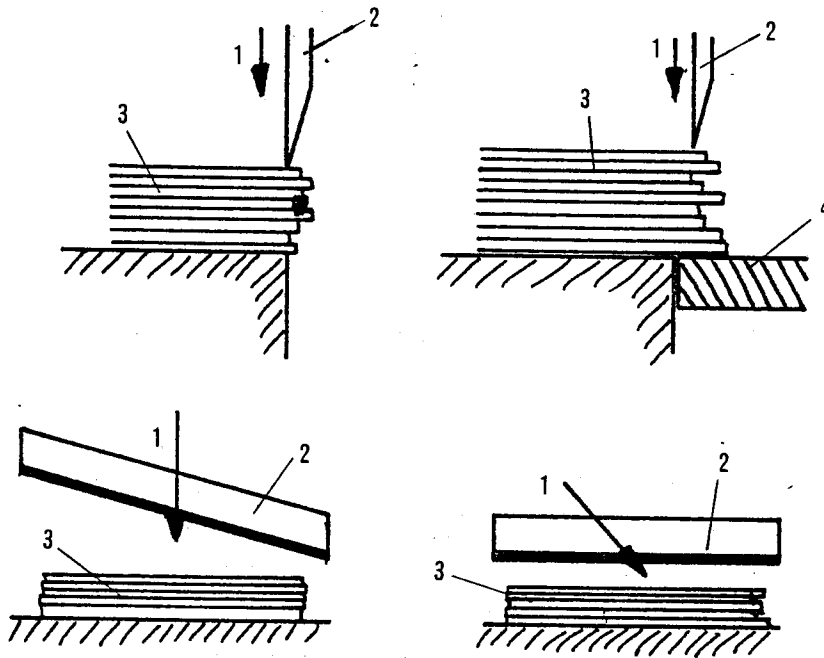
Κατά την παραγωγή των ξυλοφύλλων ένα μεγάλο ποσοστό τους το οποίο έχει μικρές διαστάσεις (μήκος ή πλάτος) ή φέρει φυσικά ελαττώματα (ρόζοι, οπές, ραγάδες, κ.ά.) πρέπει να προετοιμασθεί κατάλληλα ώστε να συναρμολογηθεί (συγκολληθεί) προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές διαστάσεις. Το ποσοστό των ξυλοφύλλων που πρόκειται να συναρμολογηθεί εξαρτάται από το δασικό είδος και τη συχνότητα εμφάνισης των φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου · όπως προκύπτει από την πράξη το ποσοστό αυτό φθάνει το 70% για την οξιιά και το 40-50% για τροπικά είδη ξύλου. Απαραίτητη προϋπόθεση για επιτυχή συναρμολόγηση των ξυλοφύλλων είναι η δημιουργία λείων εγκάρσιων τομών και ευθυτενών ακμών στις πλευρές τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο τύποι μηχανημάτων 1) μηχανήματα με παλινδρομικό μαχαίρι και 2) μηχανήματα με περιστρεφόμενα κοπτικά μέσα.

Στον πρώτο τύπο η τομή επιτυγχάνεται με κατακόρυφη καθοδική κίνηση ενός μαχαιριού μήκους 4 m έναντι ξυλοφύλλων τα οποία έχουν τοποθετηθεί το ένα επί του άλλου υπό μορφή στοιβάδας που το ύψος της μπορεί να φθάνει τα

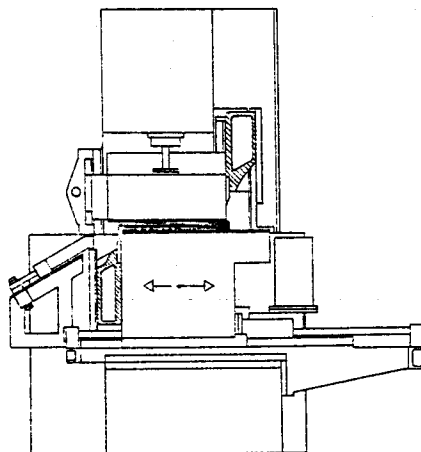


Σχηματική παράσταση των τεχνολογικών φάσεων παραγωγής συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα.

140mm. Προ της τομής είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση της στοιβάδας των ξυλοφύλλων. Σε ξυλόφυλλα εύθρυπτα και μεγάλου πάχους δημιουργούνται τραχιές εγκάρσιες επιφάνειες για τη βελτίωση των οποίων απαιτείται συνήθως και δεύτερη τομή (Σχήμα).

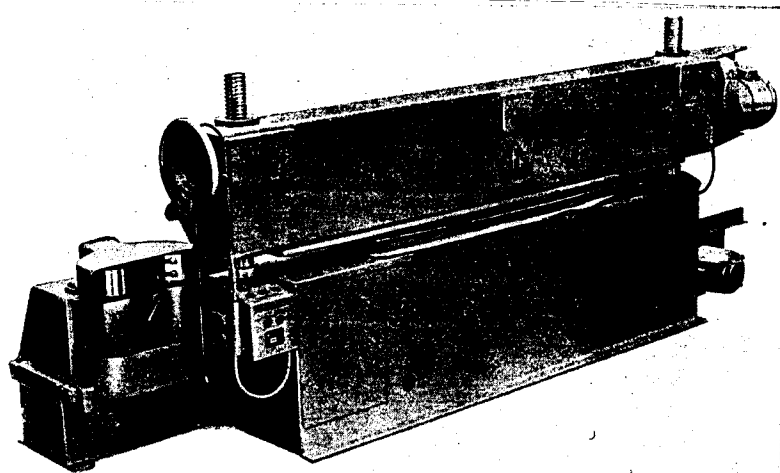


Τεχνικές ευθυγράμμισης των πλευρών των ξυλοφύλλων με μαχαίρι 1. διεύθυνση τομής, 2. μαχαίρι, 3. στοιβάδα ξυλοφύλλων, 4. τράπεζα υποστήριξης.



Μηχάνημα ευθυγράμμισης των πλευρών των ξυλοφύλλων με μαχαίρι.

Στον άλλο τύπο μηχανημάτων η τομή επιτυγχάνεται αλληλοδιαδοχικά με δύο περιστρεφόμενα κοπτικά μέσα (ένα δισκοπρίονο και μία φρέζα ή δύο φρέζες)· το δεύτερο κοπτικό μέσο βελτιώνει τη λειότητα των εγκάρσιων τομών που παράγονται με το προηγθέν κοπτικό μέσο· μετά την τομή οι επιφάνειες των εγκάρσιων τομών των ξυλοφύλλων επαλείφονται με τη βοήθεια κατάλληλου περιστρεφόμενου τυμπάνου με συγκολλητική ουσία (Σχήμα). Τα μηχανήματα του τύπου αυτού πλεονεκτούν σε σύγκριση με εκείνα που χρησιμοποιούν παλινδρομικό μαχαίρι επειδή επιτυγχάνουν, 1) μεγαλύτερες αποδόσεις λόγω της δυνατότητας να κατεργάζονται στοιβάδες ξυλοφύλλων με μεγαλύτερο ύψος και 2) καλύτερη ποιότητα εγκάρσιων τομών.

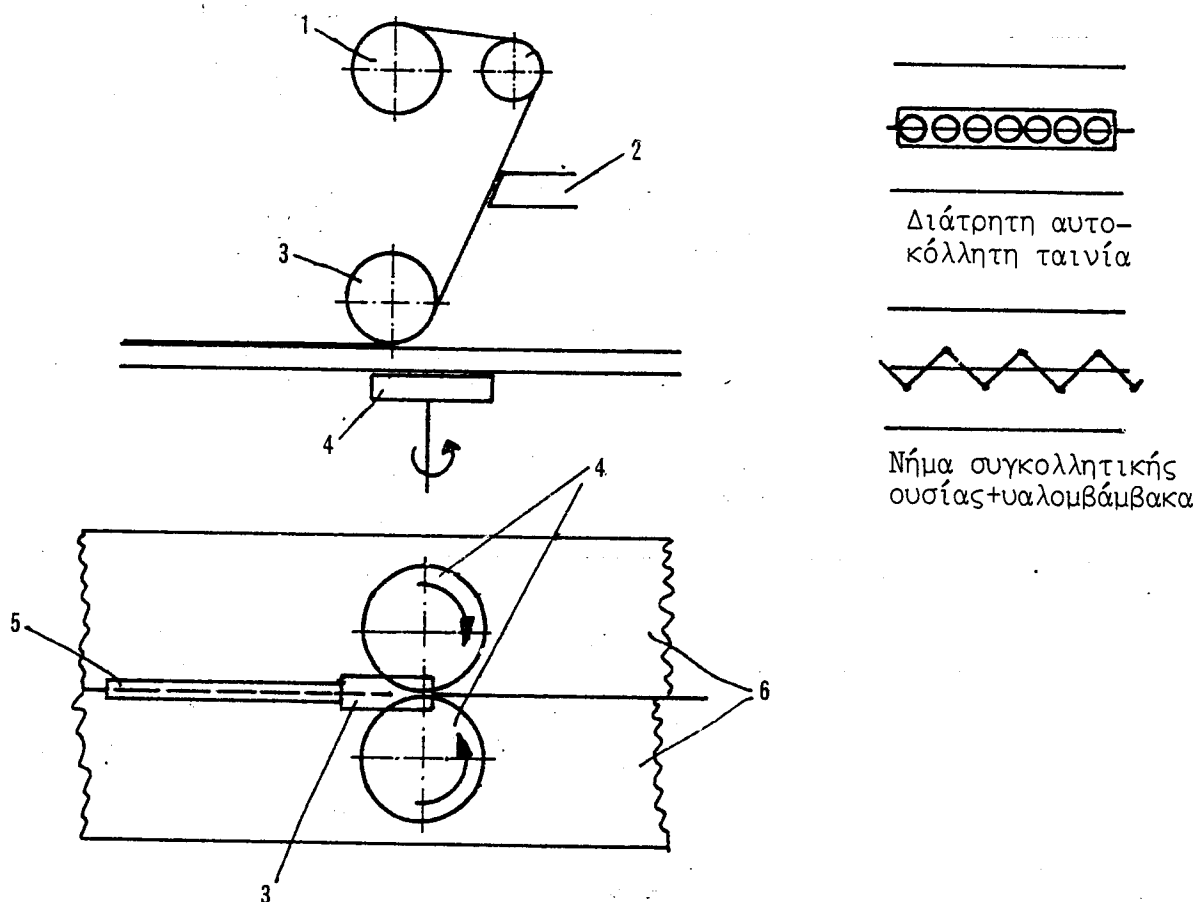


Μηχάνημα ευθυγράμμισης των πλευρών των ξυλοφύλλων με δύο περιστρεφόμενες κεφαλές (φρέζες) οι οποίες ευρίσκονται εκατέρωθεν της στοιβάδας των ξυλοφύλλων

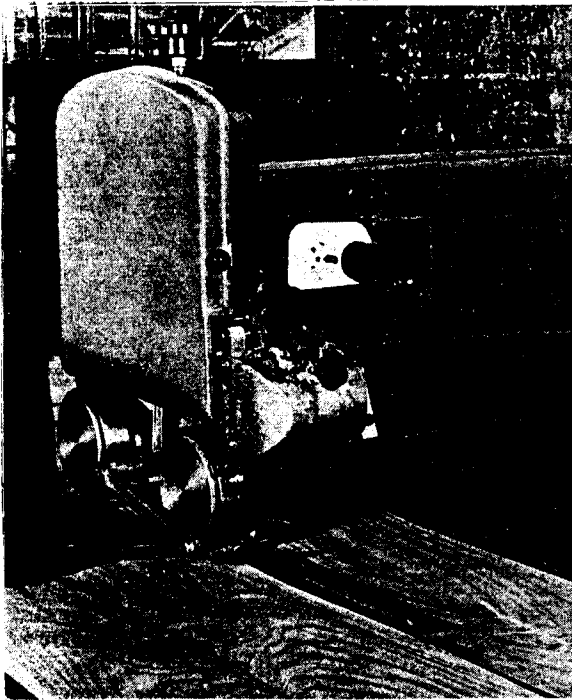
Συγκόλληση των ξυλοφύλλων κατά το πλάτος ή το μήκος τους.

Μετά την ευθυγράμμιση των πλευρών και τη δημιουργία λείων εγκάρσιων επιφανειών ακολουθεί η συγκόλληση των πλευρών των ξυλοφύλλων παράλληλα στις ίνες τους με σκοπό την αύξηση του μήκους της πλευράς η οποία είναι κάθετη στη διεύθυνση των ινών. Στη συναρμολόγηση χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές: 1) συγκόλληση με αυτοκόλλητες ταινίες χαρτιού ή νήματα και 2) συγκόλληση μετά από επάλειψη των πλευρών των ξυλοφυλλων με συγκολλητική ουσία. Οι αυτοκόλλητες ταινίες είναι φύλλα χαρτιού ανθεκτικού σε σχίση εμποτισμένου με συγκολλητική ουσία (συνήθως φαινόλη-φορμαλδεΰδη) η οποία ρευστοποιείται κατά τη θερμή πίεση. Οι ταινίες συνήθως είναι διάτρητες έχουν πάχος 0,01mm , πλάτος 5 έως 25 mm και φέρουν τη συγκολλητική ουσία στην κάτω επιφάνειά τους. Η επικόλληση των αυτοκόλλητων ταινιών στα ξυλόφυλλα γίνεται με ειδικά μηχανήματα των οποίων η αρχή λειτουργίας δείχνεται

στα επόμενα Σχήματα. Η τεχνική αυτή παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα όπως είναι: υψηλό το κόστος των αυτοκόλλητων ταινιών, δε συγκολλούνται οι εγκάρσιες τομές των ξυλοφύλλων, συχνά επιβάλλεται με λείανση η αφαίρεσή τους από τις άνω επιφάνειες των διακοσμητικών ξυλοφύλλων. Λόγω των μειονεκτημάτων η τεχνική αυτή εφαρμόζεται για τη συναρμολόγηση μικρού πάχους διακοσμητικών ξυλοφύλλων μεγάλης αξίας. Σε μία παραλλαγή της μεθόδου αυτής αντί ταινιών χρησιμοποιούνται νήματα υαλοβάμβακα περιβαλλόμενα με θερμοπλαστική συγκολλητική ουσία (στην περίπτωση ξυλοφύλλων μεγάλης αξίας).

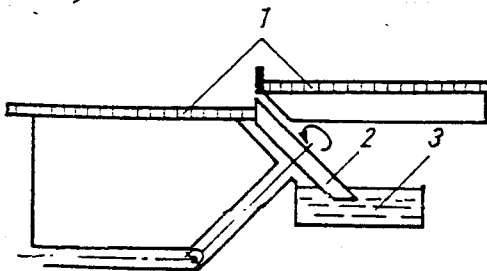


Τεχνική πλευρικής συγκόλλησης των ξυλοφύλλων με αυτοκόλλητες ταινίες 1. κύλινδρος περιέλιξης της αυτοκόλλητης ταινίας, 2. μηχανισμός ύγρανσης της αυτοκόλλητης ταινίας, 3. τύμπανο μεταφοράς και συμπίεσης της αυτοκόλλητης ταινίας στα ξυλόφυλλα, 4. δίσκοι συμπίεσης κάτω από την επιφάνεια των προς συγκόλληση ξυλοφύλλων, 5. αυτοκόλλητη ταινία, 6. ξυλόφυλλα.

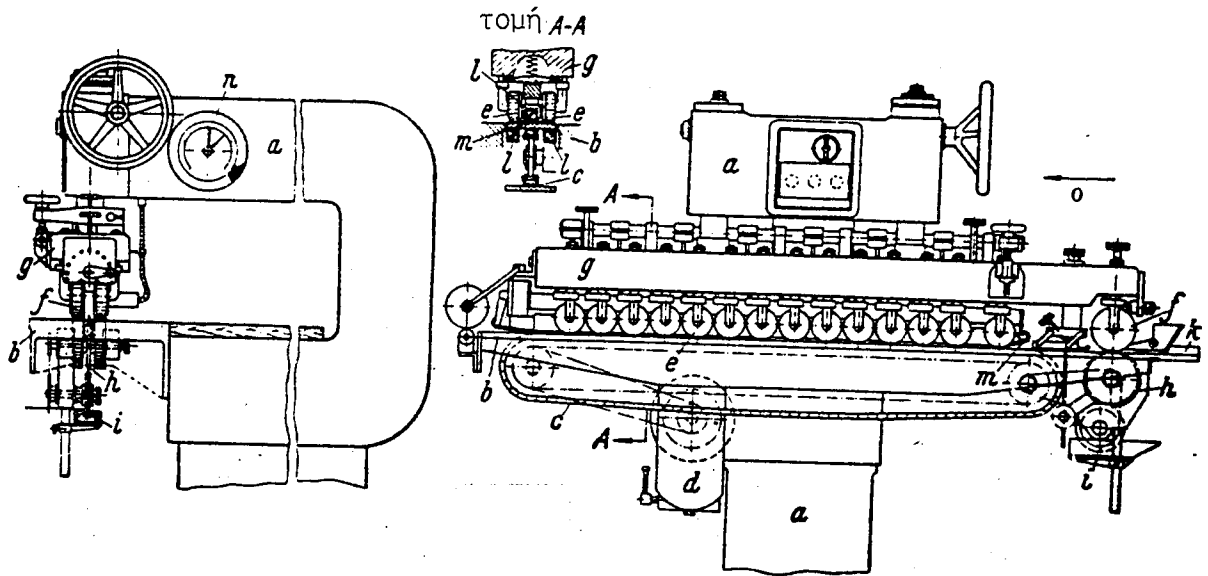


Μηχάνημα πλευρικής συγκόλλησης
ξυλοφύλλων με αυτοκόλλητες ταινίες.

Σύμφωνα με την άλλη τεχνική στις εγκάρσιες επιφάνειες των πλευρών των ξυλοφύλλων επαλείφεται κατάλληλη συγκολλητική ουσία η οποία στη συνέχεια σκληρύνεται με εφαρμογή πίεσης και της απαιτούμενης υψηλής θερμοκρασίας (συνήθως έως 150 °C). Η επάλειψη των επιφανειών των πλευρών με συγκολλητική ουσία γίνεται είτε στο μηχάνημα τομής των ξυλοφύλλων (μετά τη δημιουργία λείων επιφανειών) είτε στο ειδικό μηχάνημα συγκόλλησης των ξυλοφύλλων· η μεταφορά της συγκολλητικής ουσίας στις προς συγκόλληση επιφάνειες γίνεται με περιστρεφόμενο κύλινδρο ο οποίος είναι μερικώς εμβαπτισμένος σε δοχείο με συγκολλητική ουσία. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με ηλεκτρική θέρμανση της αντίστοιχης επιφάνειας (τράπεζας) του μηχανήματος όπου τοποθετούνται οι προς συγκόλληση πλευρές των ξυλοφύλλων. Για τη συμπίεση χρησιμοποιούνται ειδικοί πιεστικοί κύλινδροι ή κινούμενες αλυσσοί που βρίσκονται άνω και κάτω των προς συγκόλληση πλευρών (Σχήμα).

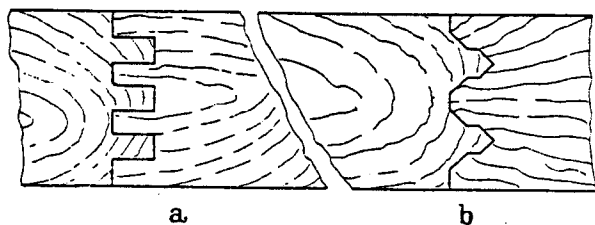


Απλοποιημένη σχηματική παράσταση επάλειψης των επιφανειών των πλευρών των ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία. 1. ξυλόφυλλα προς συγκόλληση, 2. δίσκος επάλειψης των επιφανειών των πλευρών των ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία, 3. δοχείο συγκολλητικής ουσίας.

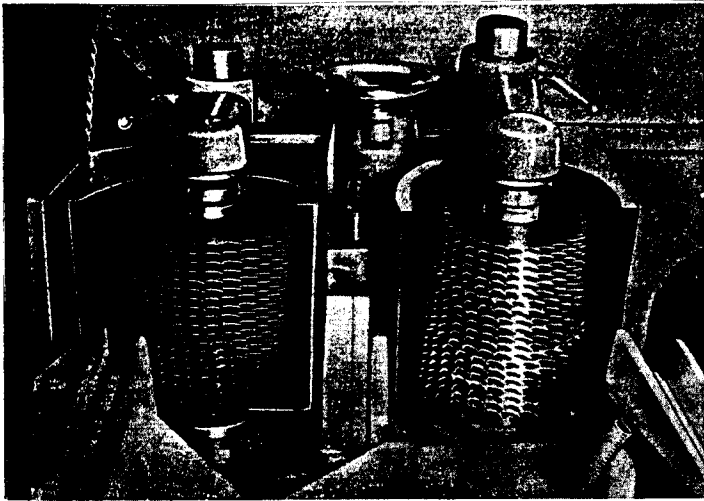


Μηχάνημα πλευρικής συγκόλλησης των ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία. α. πλαίσιο, β. ξυλόφυλλα προς συγκόλληση, γ. προωθητική άλυσσος, δ. μηχανισμός μετάδοσης της κίνησης στη προωθητική άλυσσος, ε. κύλινδροι συμπίεσης (συγκόλλησης) ξυλοφύλλων, ς. τύμπανα προώθησης ξυλοφύλλων, γ. φορέας των κυλίνδρων συμπίεσης(ε), η. τύμπανο επάλειψης των πλευρών των ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία, ι. τύμπανο μεταφοράς της συγκολλητικής ουσίας στο τύμπανο επάλειψης (η), κ. οδηγός τοποθέτησης των ξυλοφύλλων, λ. ηλεκτρικώς θερμαινόμενα στοιχεία, μ. ελατηριωτή οδηγητική λωρίδα, ν. θερμομέτρο, ο. διεύθυνση παραγωγής

Σε ορισμένες περιπτώσεις π.χ. όταν τα κορμοτεμάχια έχουν μικρό μήκος είναι αναγκαία η συγκόλληση των ξυλοφύλλων στην κατεύθυνση του μήκους τους ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή διάσταση. Κατά την επιμήκυνση των ξυλοφύλλων το επίπεδο συγκόλλησης είναι κάθετο προς τις ίνες τους. Συνήθως για την κατά μήκος συγκόλληση των ξυλοφύλλων ακολουθούνται δύο τεχνικές οι οποίες διαφέρουν ως προς τη διαμόρφωση των πλευρών των ξυλοφύλλων που πρόκειται να συναρμολογηθούν. Η μία τεχνική προβλέπει ειδική διαμόρφωση των πλευρών ξυλοφύλλων με εσοχές και εξοχές έτσι ώστε οι εσοχές του ενός ξυλοφύλλου να εφάπτονται ακριβώς στις εξοχές του άλλου (Σχήμα). Η διαμόρφωση των

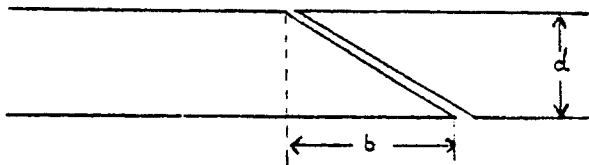


Διαμόρφωση των πλευρών των ξυλοφύλλων για συγκόλληση κάθετη προς τις ίνες των ξυλοφύλλων με σκοπό την επιμήκυνσή τους. α. ορθογωνική, και β. γωνιακή διαμόρφωση πλευρών.

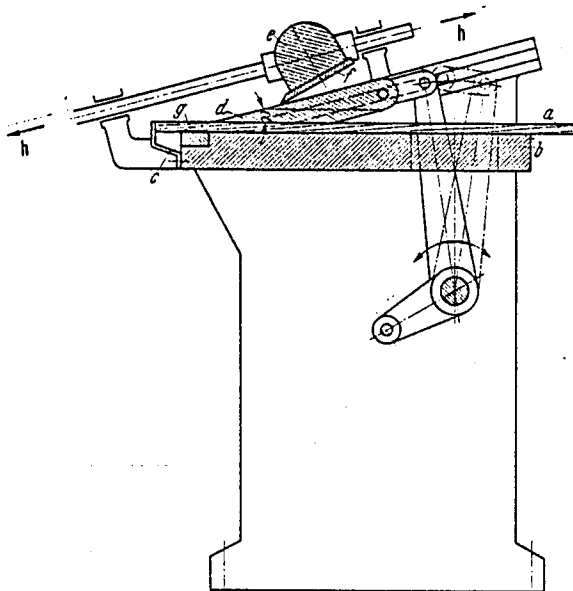


Διάταξη με δισκοπρίονες για διαμόρφωση των πλευρών των ξυλοφύλλων προ της κατά μήκους συγκόλλησής τους.

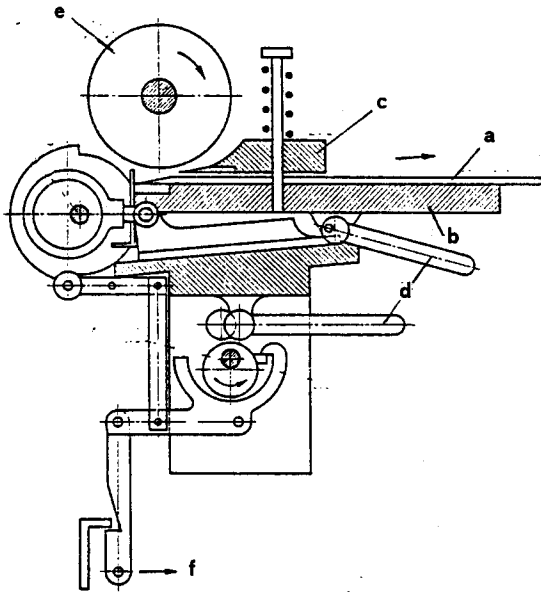
άκρων επιτυγχάνεται με ειδικά μηχανήματα τα οποία φέρουν ορισμένο αριθμό οριζόντια τοποθετημένων δισκοπριόνων (Σχήμα)· στα μηχανήματα αυτά επιτυγχάνεται η κατεργασία πολλών μαζί ξυλοφύλλων αφού προηγουμένως αυτά τοποθετηθούν σε στοιβάδες. Σύμφωνα με μία άλλη τεχνική που εφαρμόζεται συνηθέστερα οι πλευρές των αντίστοιχων ξυλοφύλλων που πρόκειται να συγκολληθούν τέμνονται με πλάγια τομή κατάλληλα έτσι ώστε να εφάπτονται απόλυτα. Για την επίτευξη ικανοποιητικής αντοχής στις συγκολλούμενες πλευρές επιδιώκεται η πλάγια τομή να έχει το μέγιστο δυνατό μήκος (b) σε σχέση με το πάχος των ξυλοφύλλων (d) (Σχήμα). Οι πλάγιες τομές στις πλευρές των ξυλοφύλλων μπορεί να γίνουν με μηχανήματα που διαθέτουν διάφορα κοπτικά μέσα (μαχαίρι, πριόνι, φρέζα, σφυριδόχαρτο) (Σχήματα). Μετά την κατάλληλη διαμόρφωση των πλευρών των ξυλοφύλλων που πρόκειται να συναρμολογηθούν οι εγκάρσιες επιφάνειές τους επαλείφονται με συγκολλητική ουσία και συγκολλούνται σε θερμές πρέσες.



Διαμόρφωση των πλευρών των ξυλοφύλλων με πλάγια τομή
d: πάχος ξυλοφύλλων, b: οριζόντια προβολή της πλάγιας τομής



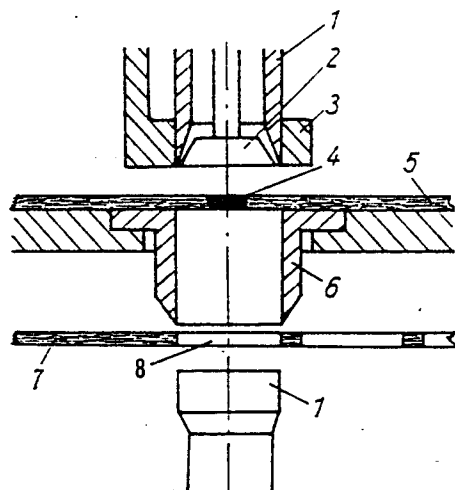
Μηχάνημα διαμόρφωσης πλάγιας τομής στις πλευρές των ξυλοφύλλων με μαχαίρι, α. ξυλόφυλλο, β. τράπεζα μηχανήματος, γ. οδηγός, δ. έλασμα σταθεροποίησης ξυλοφύλλου, ε. φορέας μαχαιριού, ϖ. μαχαίρι, γ. απομακρυνόμενο υπόλειμμα ξυλοφύλλου, η. διευθύνσεις παλινδρόμησης του μαχαιριού.



Μηχάνημα διαμόρφωσης πλάγιας τομής στις πλευρές των ξυλοφύλλων με λειαντική ταινία (συριδόχαρτο). α. ξυλόφυλλο, β. τράπεζα μηχανήματος, γ. πιεστικός οδηγός, δ. μοχλοί καθ' ύψους μετακίνησης της τράπεζας του μηχανήματος, ε. τύμπανο με λειαντική ταινία, ϖ. ποδομοχλός.

Απομάκρυνση φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου-Επιδιορθώσεις

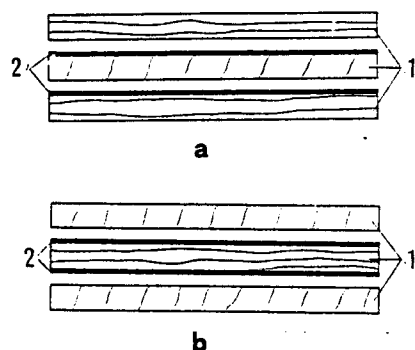
Μία άλλη μορφή προετοιμασίας των ξυλοφύλλων είναι η επιδιόρθωσή τους από τυχόν ελαττώματα (οπές, ρόζοι, ρητινοθύλακες) που εμφανίζουν. Η επιδιόρθωση αυτή γίνεται σε ειδικά μηχανήματα τα οποία λειτουργούν ως εξής: αφαιρούν τα ελαττώματα, ψεκάζουν την γειτονική περιοχή με συγκολλητική ουσία και επικολλούν στην απομακρυνόμενη θέση κατάλληλης μορφής και μεγέθους τεμάχια ξυλοφύλλων.



Διάταξη επιδιόρθωσης φυσικών ελαττωμάτων των ξυλοφύλλων (π.χ. ρόζων). 1. κοπτικό μέσο μορφής σφραγίδας, 2. εξόρυξη-απομάκρυνση ελαττώματος, 3. δακτύλιος συγκράτησης του ξυλοφύλλου κατά την απομάκρυνση του ελαττώματος 4. ελάττωμα ξυλοφύλλου, 5. ξυλόφυλλο, 6. κοπτικό μέσο, 7. λωρίδες ξυλοφύλλου από το οποίο με το κοπτικό μέσο 1. αποχωρίζεται το τεμάχιο 8. το οποίο προωθείται για επιδιόρθωση της κενής θέσης που απομένει μετά την απομάκρυνση του φυσικού ελαττώματος 4.

Επάλειψη ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία

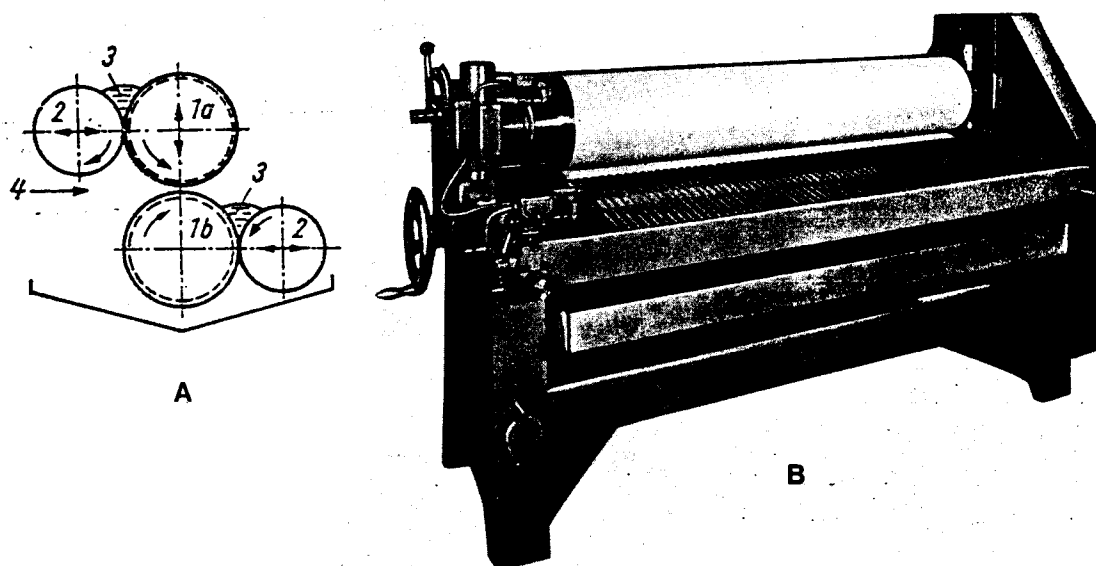
Μετά τη συναρμολόγηση των ξυλοφύλλων σε επιθυμητές διαστάσεις ακολουθεί η επάλειψη των επιφανειών τους με συγκολλητική ουσία. Η επάλειψη μπορεί να γίνει στη μία επιφάνεια ή συνήθως και στις δύο επιφάνειες (άνω και κάτω) όταν πρόκειται για ξυλόφυλλα των εσωτερικών στρώσεων (Σχήμα). Η μεταφορά της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια των ξυλοφύλλων γίνεται με διάφορες τεχνικές εκ των οποίων οι πιο συνήθεις που εφαρμόζονται στον ευρωπαϊκό χώρο είναι: 1) επάλειψη με περιστρεφόμενα τύμπανα και 2) έκχυση της συγκολλητικής ουσίας από τη λεπτή σχισμή ενός δοχείου. Άλλες μέθοδοι όπως ο ψεκασμός χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α. ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται και εμποτισμός των ξυλοφύλλων με τη συγκολλητική ουσία. Τα μηχανήματα που επαλείφουν τα ξυλόφυλλα με τη βοήθεια περιστρεφόμενων τυμπάνων



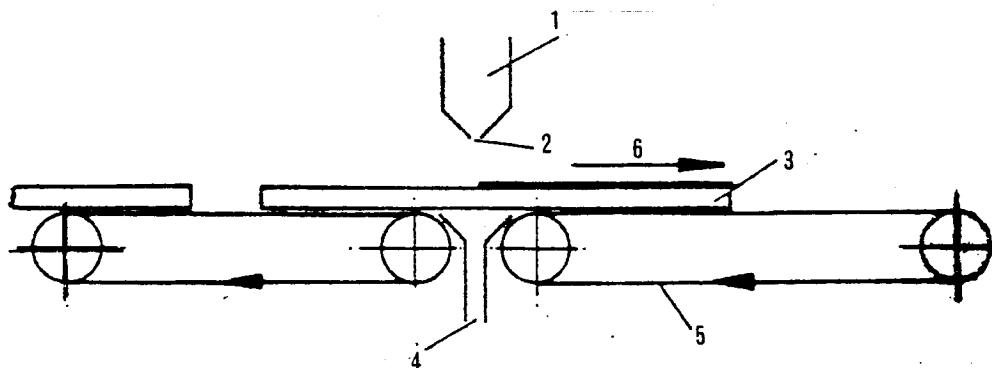
Διαδοχική τοποθέτηση των ξυλοφύλλων μετά την επάλειψη με συγκολλητική ουσία α. επάλειψη της μιας επιφάνειας, b. επάλειψη και των δύο επιφανειών κάθε δεύτερου ξυλόφυλλου, 1. ξυλόφυλλα, 2. συγκολλητική ουσία.

έχουν 2 ή συνήθως 4 τύμπανα κατασκευασμένα από μέταλλο ή ελαστικό με αυλακωτές επιφάνειες (Σχήμα). Η ταχύτητα επάλειψης των μηχανημάτων αυτών φθάνει τα 30m/min. Σύμφωνα με τη δεύτερη τεχνική η έκχυση της συγκολλητικής ουσίας γίνεται δια μέσου λεπτής σχισμής κάτω από την οποία διέρχεται το ξυλόφυλλο με σταθερή ταχύτητα (Σχήμα). Η ποσότητα της συγκολλητικής ουσίας που επικάθεται στο ξυλόφυλλο εξαρτάται από το πλάτος της σχισμής και την ταχύτητα κινήσεως του ξυλοφύλλου.

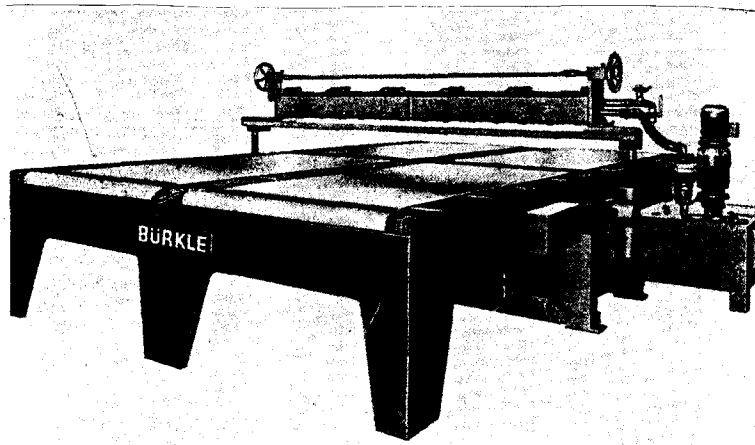
Ανάλογα με το δασικό είδος προέλευσης του ξυλόφυλλου, το είδος της συγκολλητικής ουσίας, τον τύπο του συγκολλημένου προϊόντος για τον οποίο προορίζονται τα ξυλόφυλλα, ισχύουν οι ακόλουθες ποσότητες συγκολλητικής ουσίας ανά μονάδα επιφάνειας: για ουρία-φορμαλδεΰδη 100-200g/m², για φαινόλη-φορμαλδεΰδη 100-150g/m², για κόλλα αίματος περίπου 300g/m².



A. Σχηματική παράσταση της τεχνικής επάλειψης της συγκολλητικής ουσίας στα ξυλόφυλλα με περιστρεφόμενα τύμπανα 1α. τύμπανο επάλειψης μετακινούμενο καθ' ύψος, 1b. τύμπανο επάλειψης μη μετακινούμενο, 2. τύμπανα μεταφοράς της συγκολλητικής ουσίας στα τύμπανα επάλειψης, 3. συγκολλητική ουσία, 4. διεύθυνση εισόδου του ξυλοφύλλου. B. Μηχάνημα επάλειψης της συγκολλητικής στα ξυλόφυλλα με περιστρεφόμενα τύμπανα.



Τεχνική επάλειψης της συγκολλητικής ουσίας στη μία επιφάνεια των ξυλοφύλλων με έκχυση. 1. δοχείο συγκολλητικής ουσίας, 2. σχισμή εξόδου της συγκολλητικής ουσίας, 3. ξυλόφυλλο, 4. δοχείο συλλογής υπολειμμάτων της εκχυνόμενης συγκολλητικής ουσίας, 5. ατέρμον μεταφορική ταινία, 6. διεύθυνση παραγωγής



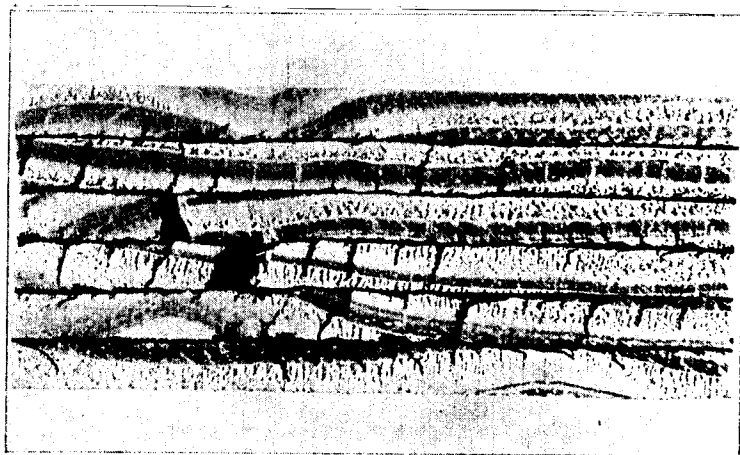
Μηχάνημα επάλειψης της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια των ξυλοφύλλων με έκχυση.

Πίεση σε πρέσσες

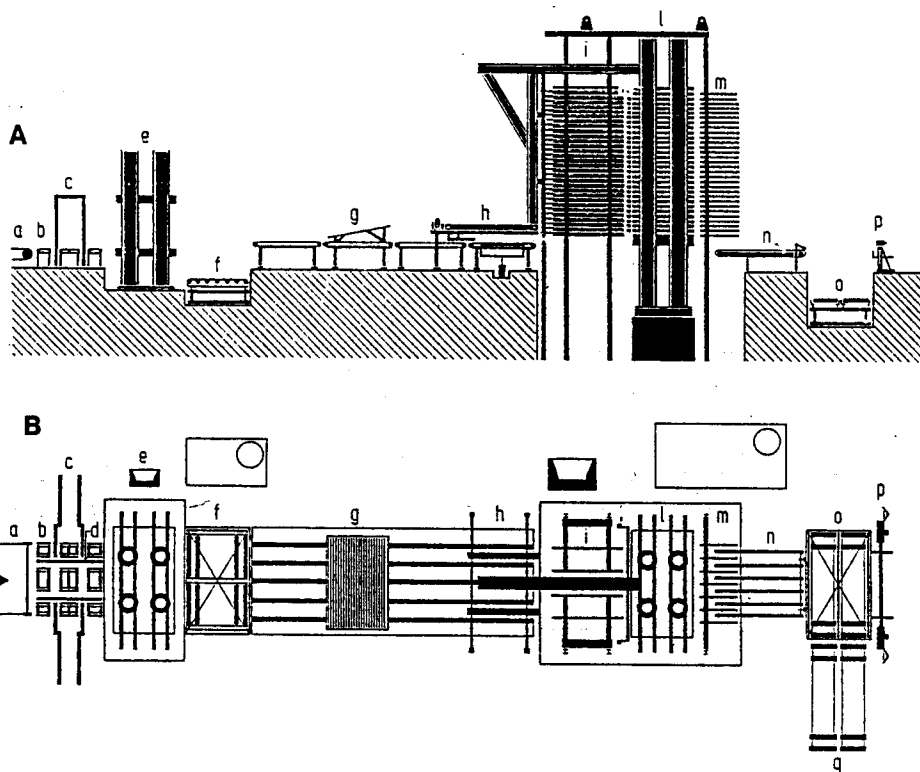
Μετά την επάλειψη με τη συγκολλητική ουσία τα ξυλόφυλλα που πρόκειται να απαρτίσουν το συγκολλημένο προϊόν τοποθετούνται το ένα επί του άλλου και οδηγούνται για πίεση σε πρέσσες. Κατά την τοποθέτηση η πλευρά των ξυλοφύλλων που φέρει τις ραγάδες πρέπει να ευρίσκεται προς το εσωτερικό του προϊόντος (Σχήμα). Σκοπός της πίεσης είναι να έλθουν όσο το δυνατό σε καλύτερη επιφανειακή επαφή τα ξυλόφυλλα μεταξύ τους. Ανάλογα με το είδος της συγκολλητικής ουσίας η πίεση γίνεται σε θερμές (συνήθως) ή και σε ψυχρές πρέσσες. Η ψυχρή πίεση γίνεται σε μονοόροφες πρέσσες ή με απλούς σφιγκτήρες ενώ για τη θερμή πίεση χρησιμοποιούνται μονοόροφες ή πολυόροφες πρέσσες (μέχρι 60 ορόφους). Η θερμή πίεση εφαρμόζεται αφού τα ξυλόφυλλα κάθε πλάκας τοποθετηθούν επάνω σε μεταλλικά ελάσματα • η πίεση όμως μπορεί να εφαρμοσθεί και χωρίς ελάσματα δηλ. με απλή τοποθέτηση των ξυλοφύλλων επάνω στις θερμαντικές πλάκες της πρέσσας • στη δεύτερη περίπτωση είναι απαραίτητο να προηγηθεί ψυχρή προπίεση (από 5 έως 15 Kp/cm²) σε μονοόροφες πρέσσες. Η χρησιμοποίηση μεταλλικών ελασμάτων συνεπάγεται ορισμένες πρόσθετες απαιτήσεις όπως είναι: λείες επιφάνειες και κατασκευή των ελασμάτων από ανθεκτικά μέταλλα (συνήθως κράμα αλουμινίου, μαγνησίου και πυριτίου), διατήρησή τους σε καθαρή κατάσταση, επαρκής ψύξη (με αέρα ή νερό) μετά την έξοδό τους από την πρέσσα και προτού επαναχρησιμοποιηθούν (αποφεύγεται η πρόωγη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας) και ομοιόμορφο πάχος.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η αντίσταση των ξυλοφύλλων στη συμπίεση επηρεάζεται από την πυκνότητα, την ελαστικότητα και τη σκληρότητα του ξύλου παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το ύψος της εφαρμοζόμενης πίεσης. Το μέγεθος της πίεσης πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να φέρει σε πλήρη επαφή τις επιφάνειες των ξυλοφύλλων αλλά να μη προκαλεί μόνιμη ελάττωση του πάχους των ξυλοφύλλων περισσότερο από 5%. Γενικώς ισχύουν οι ακόλουθες τιμές:

για μικρής πυκνότητας είδη ξύλου (6)8-12 Kp/cm² για μεγάλης πυκνότητας είδη ξύλου 12-18(25) Kp/cm².



Τοποθέτηση των ξυλοφύλλων έτσι ώστε η πλευρά τους με τις ραγάδες να ευρίσκεται προς το εσωτερικό του συγκολλημένου προϊόντος.



Σχηματική παράσταση μίας πολυόροφης (30 όροφοι) θερμής πρέσσας και μίας ψυχρής πρέσσας με τους σχετικούς βοηθητικούς μηχανισμούς A. πλάγια όψη, B. κάτοψη.

α,β. μεταφορικοί μηχανισμοί, c. διάταξη στοίβασης των πλακών, d. μηχανισμός φόρτωσης και εκφόρτωσης των πλακών από την ψυχρή πρέσσα, e. υδραυλική πρέσσα για ψυχρή προπίεση, f. ανυψωτικός μηχανισμός με διάταξη στοίβασης των πλακών, g. μεταφορικός μηχανισμός, h. προωθητής των πλακών, i. φορτωτής πλακών, l. υδραυλική πρέσσα (30 όροφοι) θερμαινόμενη με έλαιο, m. εκφορτωτής των πλακών, n. μηχανισμός αποστοίβασης πλακών, o. ανυψωτικός μηχανισμός με διάταξη στοίβασης των πλακών, p. οδηγός κέντρωσης των πλακών, q. προωθητής των στοιβάδων των πλακών.

Το ύψος της θερμοκρασίας στην πρέσσα εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας, το είδος και την ποσότητα του σκληρυντή, την υγρασία του ξύλου και τη διάρκεια πίεσης. Γενικά εφαρμόζονται θερμοκρασίες 90-120 °C για ουρία-φορμαλδεΐδη και 120-145 °C για φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Συνήθως προτιμάται η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών προκειμένου να μειωθεί η διάρκεια πίεσης. Βασικά η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει την απαιτούμενη για τη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας· πολύ υψηλές θερμοκρασίες προξενούν φυσαλίδες στο εσωτερικό των συγκολλημένων προϊόντων και μεταχρωματισμούς σε ορισμένα είδη ξύλου. Η θέρμανση των πλακών της πρέσσας γίνεται με διάφορα μέσα όπως είναι ο ατμός (συνθεότερα), το νερό, το έλαιο και η ηλεκτρική ενέργεια.

Η διάρκεια πίεσης εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας, το πάχος του συγκολλημένου προϊόντος, και από τη θερμοκρασία της πρέσσας. Εκτός από τους ανωτέρω παράγοντες επηρεάζεται κι από ορισμένα χαρακτηριστικά του ξύλου όπως είναι: η πυκνότητα, η υγρασία, η θερμοκρασία, η θερμοαγωγιμότητα και η ειδική θερμότητα. Η διάρκεια πίεσης είναι το άθροισμα του βασικού χρόνου (ο χρόνος που απαιτείται για τη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας) και του χρόνου διαθέρμανσης (ο χρόνος που χρειάζεται έως ότου η αναγκαία για τη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας θερμοκρασία εισχωρήσει από τις πλάκες της πρέσσας στη βαθύτερη στρώση της συγκολλητικής ουσίας). Η διάρκεια του βασικού χρόνου καθορίζεται από τους προμηθευτές των συγκολλητικών ουσιών και κυμαίνεται ανάλογα με το είδος της συγκολλητικής ουσίας από 0,5 - έως 6,0 min. Η διάρκεια του χρόνου διαθέρμανσης επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πλακών της πρέσσας και κυμαίνεται για θερμοκρασίες >90 °C από 1,0 έως 0,5 min ανά mm πάχους του τελικού προϊόντος.

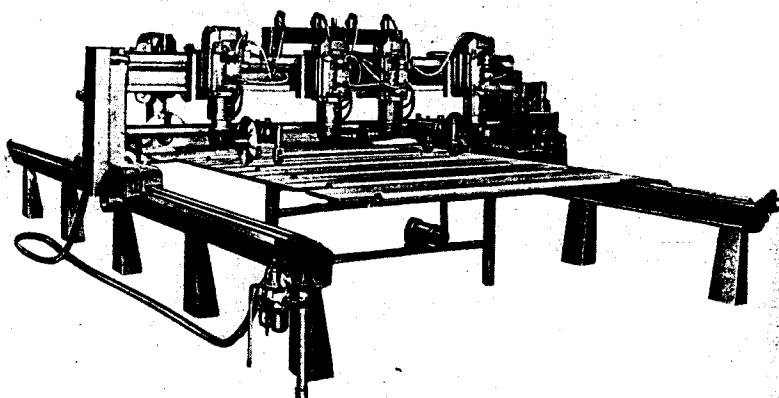
Κλιματισμός

Μετά την έξοδο από τη θερμή πρέσσα οι πλάκες των συγκολλημένων προϊόντων παρουσιάζουν μία ανομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας κατά το πάχος τους (μικρότερη στις επιφανειακές και μεγαλύτερη στις εσωτερικές στρώσεις) η οποία μπορεί να προκαλέσει στρεβλώσεις στις πλάκες. Για να αποφευχθεί αυτό οι πλάκες τοποθετούνται οριζόντια ή μία επάνω στην άλλη και οδηγούνται υπό μορφή στοιβάδων σε κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους όπου παραμένουν έως ότου αποκατασταθεί μία ομοιόμορφη υγρασία στις στρώσεις των πλακών. Σε πλάκες μεγάλου πάχους προκειμένου να επισπευθεί η ομοιόμορφη κατανομή υγρασίας οι ξηρές επιφανειακές τους στρώσεις ψεκάζονται με νερό. Εάν η συνολική υγρασία των προϊόντων είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από

την αναμενόμενη υγρασία ισορροπίας των χώρων χρήσεως τότε πρέπει να κλιματισθούν σε ειδικούς χώρους με ρυθμιζόμενη σχετική υγρασία και θερμοκρασία έως ότου αποκτήσουν την επιδιωκόμενη υγρασία. Γενικώς η υγρασία των πλακών μετά τον κλιματισμό πρέπει να κυμαίνεται από 8 έως 10%. Στην περίπτωση προϊόντων συγκολλημένων με φαινόλη-φορμαλδεΰδη επιβάλλεται άμεση στοίβαση των θερμών πλακών μετά την πρέσσα για να υποβοηθηθεί η τελική σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας.

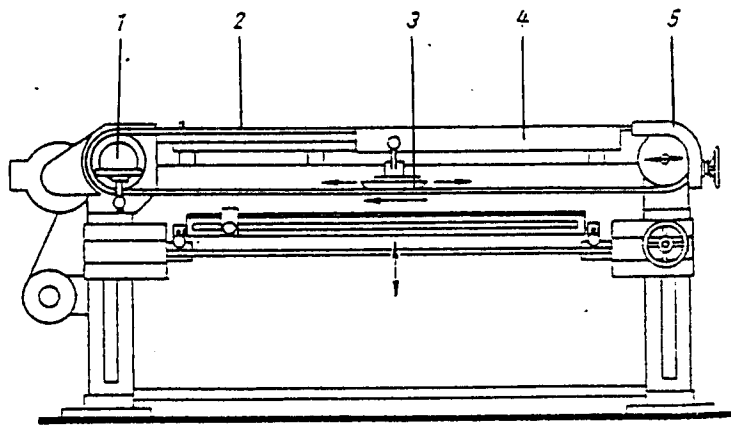
Παρύφωση - Λείανση - Αποθήκευση

Μετά τον κλιματισμό ακολουθεί η παρύφωση και ο τεμαχισμός των πλακών σε προκαθορισμένα επιθυμητά μήκη και πλάτη σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές ή το σκοπό χρήσεως. Η παρύφωση γίνεται συνήθως σε μηχανήματα εξοπλισμένα με δισκοπρίονες (4 δισκοπρίονες εκ των οποίων οι 2 παρυφώνουν τις πλάκες παράλληλα με το πλάτος κι άλλοι 2 παράλληλα με το μήκος)· εάν επιδιώκονται ιδιαίτερα λείες εγκάρσιες τομές τότε η παρύφωση των πλευρών γίνεται με φρέζες.

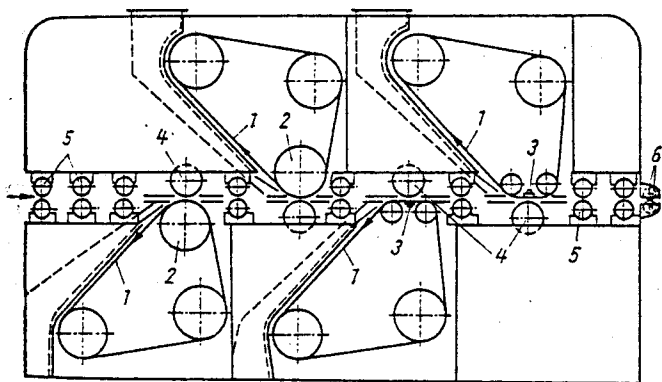


Μηχάνημα παρύφωσης των πλακών με δισκοπρίονες.

Το τελικό στάδιο παραγωγής των συγκολλημένων προϊόντων είναι η λείανση των επιφανειών τους (της μίας ή και των δύο) με την οποία μειώνονται κατά το δυνατόν και οι ανομοιομορφίες πάχους στις διάφορες θέσεις των πλακών. Στην πράξη η λείανση των πλακών συνήθως γίνεται με δύο τύπους μηχανημάτων τα οποία είτε φέρουν ατέρμονα λειαντική ταινία είτε κυλίνδρους λειάνσεως (Σχήματα). Εάν απαιτείται μικρός βαθμός λειότητας τότε χρησιμοποιείται λειαντική ταινία (συριδόχαρτο) κατηγορίας (No) 40 έως 80 ενώ για μεγάλο βαθμό λειότητας απαιτείται Κατηγορία (No) λειαντικού μέσου 120-150. Σε λειαντικά μηχανήματα που φέρουν 3 κυλίνδρους λειάνσεως κάθε κύλινδρος από την είσοδο προς την έξοδο του μηχανήματος περιβάλλεται με διαφορετικής κατηγορίας λειαντική ταινία· συνήθως ο πρώτος με λειαντική ταινία (No) 60-80, ο δεύτερος με (No) 100-120 και ο τρίτος με (No) 150.



Λειαντικό μηχάνημα με ατέρμωνα λειαντική ταινία περιστρεφόμενη με τύμπανα. 1. τύμπανα περιστροφής της λειαντικής ταινίας, 2. λειαντική ταινία, 3. πιεστικός οδηγός, 4. κάλυμμα των τυμπάνων περιστροφής.



Μηχάνημα λείανσης των επιφανειών των αντικολλητών. 1. λειαντική ταινία (συριδόχαρτο), 2. κύλινδροι επαφής, 3. πιεστικός οδηγός, 4. πιεστικοί κύλινδροι, 5. τύμπανα προωθήσεως, 6. ψύκτρες καθαρισμού.

Σε ορισμένες χώρες και ιδιαίτερα στη Γαλλία η επίτευξη λείων επιφανειών στα συγκολλημένα προϊόντα γίνεται με μηχανήματα τα οποία εν είδη πλάνης (με μαχαίρι) αποχωρίζουν από την επιφάνεια ξυλοτεμαχίδια πάχους 0,1 έως 0,5 mm . Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποιούνται με επιτυχία σε αντικολλητά του είδους Okoumé και σε πλούσια σε ρητίνη είδη ξύλου τα οποία δημιουργούν προβλήματα στα συνήθη λειαντικά μηχανήματα (η ρητίνη επικολλάται στη λειαντική ταινία και την αχρηστεύει).

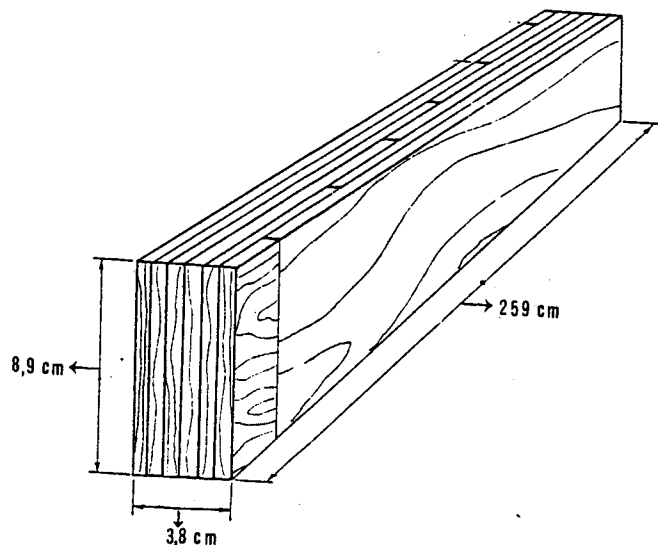
Μετά τη λείανση οι πλάκες τοποθετούνται σε αποθηκευτικούς χώρους με κανονικές συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας έτσι ώστε η υγρασία των πλακών να κυμαίνεται μεταξύ 8 και 10%.

3.3.1. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα με τις ίνες τους παράλληλες σε μία διεύθυνση

Η πλάκα του συγκολλημένου προϊόντος αποτελείται από μεγάλο αριθμό ξυλοφύλλων (συνήθως 20 έως 30) των οποίων οι ίνες είναι παράλληλες σε μία διεύθυνση ή μόνο ένα μικρό ποσοστό ξυλοφύλλων <15% μπορεί να έχει τις ίνες του κάθετα στη διεύθυνση αυτή. Τα ξυλόφυλλα παράγονται με περιστρο-

φική τομή, το πάχος τους κυμαίνεται από 0,2 έως 3,0mm και η υγρασία από 6 έως 12%. Η συγκολλητική ουσία επαλείφεται σε ποσοστά από 120 έως 230 g/m². Κατά τη θερμή πίεση το μέγεθός της είναι (6)8-12Kp/cm² για μικρής και 12-18(25)Kp/cm² για μεγάλης πυκνότητας είδη ξύλου • το ύψος της θερμοκρασίας κυμαίνεται από (90)100-120 °C για συγκόλληση με ουρία-φορμαλδεΐδη και 120-145 °C για φαινόλη-φορμαλδεΐδη • ο χρόνος πίεσης είναι το άθροισμα του βασικού χρόνου (3-6min) και του χρόνου διαθερμάνσεως (0,5-1,0 min/mm πάχους της πλάκας). Οι διαστάσεις μπορεί να φθάνουν το μήκος τα 5 m το πλάτος τα 450 mm και το πάχος τα 200 mm • η υγρασία του συνήθως κυμαίνεται από 6 έως 10(12)%. Για την παραγωγή του προϊόντος προτιμούνται τα ακόλουθα δασικά είδη: στις Η.Π.Α. η *Picea sitchensis*, η *Pseudotsuga taxifolia*, η *Pinus palustris* και το *Liriodendron tulipifera*, στη Γερμανία η οξιά και στη Φινλανδία η σημύδα.

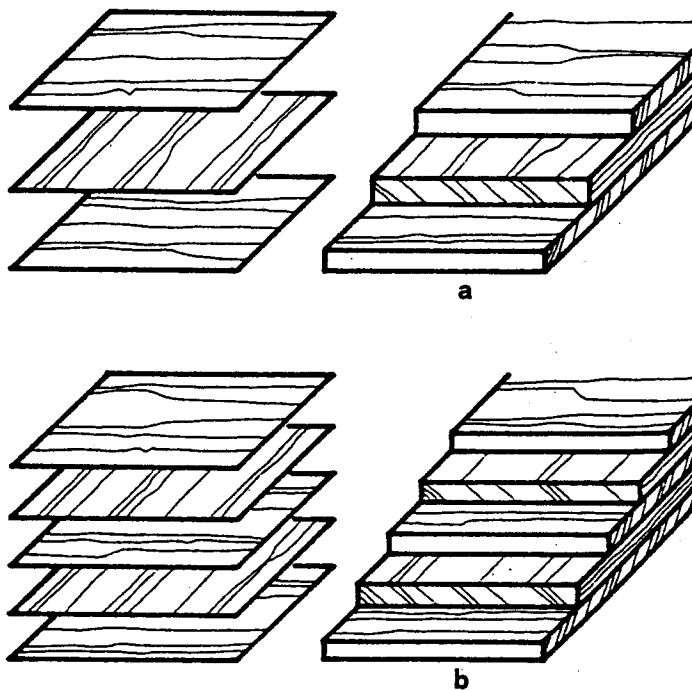
Μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζει ένας τύπος του προϊόντος αυτού στις Η.Π.Α. τα τελευταία 15 χρόνια • το προϊόν αυτό γνωστό με την ονομασία *parallel-laminated veneer* κατασκευάζεται από ξυλόφυλλα κωνοφόρων με περιστροφική τομή (σύνηθες πάχος 2,5 έως 6mm) • τα ξυλόφυλλα του προϊόντος συγκολλούνται συνήθως με φαινόλη-φορμαλδεΐδη και έχουν όλα τις ίνες τους παράλληλες στην ίδια διεύθυνση • το προϊόν αυτό υποκαθιστά πριστή ξυλεία συμπαγούς ξύλου σε κατασκευές όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή σε μία ορισμένη διεύθυνση του προϊόντος.



Συγκολλημένο προϊόν (*parallel-laminated veneer*) με τις ίνες όλων των ξυλοφύλλων παράλληλες σε μία διεύθυνση ως υποκατάστατο πριστής ξυλείας (πάχος ξυλοφύλλων 6,3 mm)

3.3.2. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων στα οποία οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν γωνία 90° (αντικολλητά)

Τα προϊόντα αυτά αποτελούν το σπουδαιότερο είδος συγκολλημένων προϊόντων που κατασκευάζεται με ξυλόφυλλα γνωστά στην Ελλάδα με τις ονομασίες κόντρα-πλακέ και αντικολλητά. Αποτελούνται από περιττό αριθμό ξυλοφύλλων 3, 7, 9 κ.ο.κ. τοποθετημένα έτσι ώστε οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων να σχηματίζουν γωνία 90°. Όσο αφορά το πάχος, την υγρασία, τη διεύθυνση ινών και το δασικό είδος προέλευσης τα ξυλόφυλλα πρέπει να τοποθετούνται εκατέρωθεν του μεσαίου ξυλοφύλλου έτσι ώστε να εξασφαλίζεται στο προς κατασκευή προϊόν συμμετρία· μόνο τότε μπορεί να διαθέτει το προϊόν ικανοποιητική διαστασιακή σταθερότητα. Το πάχος των αντικολλητών ανάλογα με το σκοπό που προορίζονται κυμαίνεται από 3 έως 50 mm και το μήκος ή το πλάτος τους ανάλογα με τις διαστάσεις των πλακών της πρέσσας μπορεί να φθάνει τα 5m. Συνήθως τα ξυλόφυλλα των επιφανειακών στρώσεων έχουν μικρότερο πάχος σε σύγκριση με αυτά των εσωτερικών στρώσεων γενικά όμως η σχέση αυτή μπορεί να κυμαίνεται σε 1:1....2,5.



Τρίστρωμο (α) και πεντάστρωμο (β) αντικολλητό

Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένα παραδείγματα δόμησης αντικολλητών από την πράξη.

Πάχος αντικολλητού (mm)	Αριθμός και πάχος ξυλοφύλλων					
	Μεσαίο ξυλόφυλλο					
3 mm	1,1		1,1			1,1 mm
4 mm	1,6		1,6			1,6 mm
5 mm	1,6		2,2			1,6 mm
6 mm	1,6		3,2			1,6 mm
8 mm	1,6	1,6	2,2	1,6		1,6 mm
10 mm	1,6	2,2	3,2	2,2		1,6 mm
12 mm	1,6	3,2	3,2	3,2		1,6 mm

Η υγρασία των ξυλοφύλλων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας· στην περίπτωση ουρίας-φορμαλδεΐδης η επιθυμητή υγρασία είναι για τα ξυλόφυλλα των εξωτερικών στρώσεων 8-10% και των εσωτερικών 4-10%· εάν χρησιμοποιηθεί φαινόλη-φορμαλδεΐδη οι τιμές της επιθυμητής υγρασίας των ξυλοφύλλων είναι 8-12% (εξωτερικές στρώσεις) και 4-12% (εσωτερικές στρώσεις). Όσο αφορά την κατάσταση των ξυλοφύλλων τουλάχιστον αυτά των επιφανειακών στρώσεων είναι απαραίτητο να είναι πλευρικά συγκολλημένα μεταξύ τους· επίσης είναι απαραίτητη η επιδιόρθωση των θέσεων εκείνων των ξυλοφύλλων όπου εμφανίζονται διάφορα φυσικά ελαττώματα του ξύλου (ρόζοι, ρητινοθύλακες, οπές εντόμων, κ.ά.).

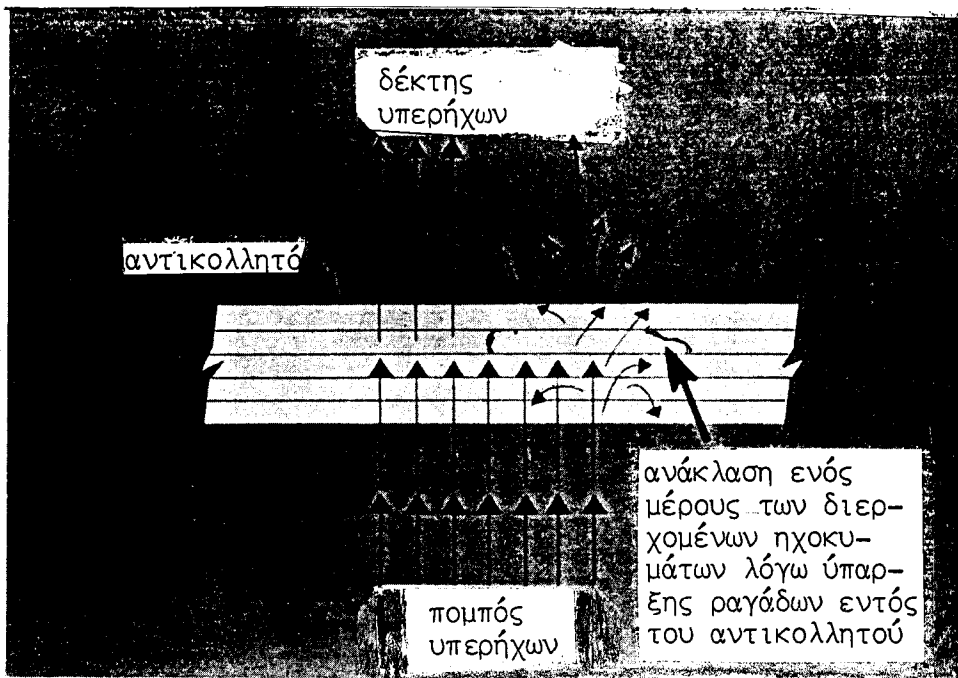
Η συγκολλητική ουσία επαλείφεται στη μία επιφάνεια των ξυλοφύλλων αλλά συνήθως εφόσον πρόκειται για ξυλόφυλλα των εσωτερικών στρώσεων επαλείφονται και οι δύο επιφάνειές τους και τοποθετούνται μεταξύ ξυλοφύλλων μή επαλειμμένων με συγκολλητική ουσία. Ανά 1 m² επιφάνειας ξυλοφύλλων επαλείφονται 100-200 g συγκολλητικής ουσίας. Μετά την επάλειψη τα ξυλόφυλλα κάθε μίας πλάκας τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο με την πλευρά των ραγάδων τους προς το εσωτερικό· προτού οδηγηθούν στην πρέσσα για θερμή πίεση τα ξυλόφυλλα πολλών πλακών αφού στοιβαχθούν σε πακέτα ύψους από 500 έως 1500 mm υποβάλλονται σε προπίεση με ψυχρές πρέσες· το μέγεθος της προπίεσης είναι κατά 30% μικρότερο από τη μέγιστη που εφαρμόζεται κατά τη θερμή πίεση και η διάρκειά της είναι (5)10-(25)min. Οι παράμετροι της θερμής πίεσης δείχνονται στον ακόλουθο Πίνακα. Η διάρκεια της θερμής πίεσης είναι 5 min ο βασικός χρόνος και επί πλέον 0,5 min ανά mm πάχους πλάκας (χρόνος διαθερμάνσεως).

Δασικό είδος	Μικρής πυκνότητας	Μεγάλης πυκνότητας
Πίεση (Kp/cm ²)	8-12	12-18
Συγκολλητική ουσία	Αμινοπλάστες	Φαινολοπλάστες
Θερμοκρασία πλακών πρέσσας σε °C	90-120	120-145

Μετά την έξοδο από τη θερμή πρέσσα ακολουθεί κλιματισμός των πλακών προκειμένου να αποκατασταθεί μία ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας και των μηχανικών τάσεων στο εσωτερικό των πλακών. Τον κλιματισμό ακολουθούν οι τελικές κατεργασίες των πλακών οι οποίες περιλαμβάνουν την παρύφωση και τον τεμαχισμό, τη λείανση, την ταξινόμηση σε ποιότητες και την αποθήκευση. Η τελική υγρασία των πλακών των αντικολλητών δεν πρέπει να υπερβαίνει το 10%.

Η ταξινόμηση των αντικολλητών βασίζεται κατά πρώτον στο είδος της συγκολλητικής ουσίας και κατά δεύτερον στην ποιότητα των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων. Ανάλογα με την ανθεκτικότητα των προϊόντων στις καιρικές συνθήκες η οποία καθορίζεται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας οι αμερικανικές προδιαγραφές της American Plywood Association (APA) προβλέπουν 2 κατηγορίες για αντικολλητά κωνοφόρων (για εσωτερικές και εξωτερικές χρήσεις) και 4 κατηγορίες για αντικολλητά πλατυφύλλων (διαβάθμιση ανάλογα με την ανθεκτικότητα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας). Με βάση την ποιότητα των ξυλοφύλλων των εξωτερικών στρώσεων προβλέπονται 5 ποιότητες για κωνοφόρα και 4 ποιότητες για πλατύφυλλα. Οι γερμανικές προδιαγραφές (DIN 68705 Teil 2) ανάλογα με την ανθεκτικότητα των αντικολλητών στις καιρικές συνθήκες προβλέπουν 2 κατηγορίες (για εσωτερικές και εξωτερικές χρήσεις) και 3 ποιοτικούς τύπους ανάλογα με τα ελαττώματα των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων. Στην ποιοτική ταξινόμηση των ξυλοφύλλων λαμβάνονται υπόψη τα φυσικά ελαττώματα του ξύλου (ρόζοι, ραγάδες, ρητινοθύλακες, μεταχρωματισμοί), τα σφάλματα κατεργασίας (κηλίδες συγκολλητικής ουσίας, σφάλματα λείανσης, σφάλματα στην πλευρική συγκόλληση των ξυλοφύλλων) και οι τυχόν προσβολές από έντομα (οπές).

Η εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών ξυλοφύλλων των αντικολλητών γίνεται μετά τη λείανση οπτικά από έμπειρο προσωπικό το οποίο υποβοηθείται ή και αντικαθίσταται πλήρως σε ορισμένες σύγχρονες βιομηχανίες από ειδικές οπτικοηλεκτρονικές συσκευές. Για την ανίχνευση της ύπαρξης τυχόν φουσκωμάτων (μη συγκολλημένες θέσεις) ή ραγάδων στο εσωτερικό των αντικολλητών χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές που λειτουργούν με υπερήχους (Σχήμα). Η αρχή λειτουργίας των συσκευών αυτών είναι ότι τυχόν υπάρχουσες διακοπές στη συνέχεια των συγκολλητικών στρώσεων απορροφούν ή ανακλούν τα ηχοκύματα σε διαφορετικά ποσοστά από ότι οι απαλλαγμένες σφαλμάτων θέσεις του αντικολλητού.



Ανίχνευση ραγάδων (μη συγκολλημένων θέσεων) στο εσωτερικό του αντικολλητού με υπερήχους.

Η ποσοτική απόδοση των κορμοτεμαχίων ξύλου σε αντικολλητά κυμαίνεται μεταξύ 25 και 55% και εξαρτάται από το είδος και τα χαρακτηριστικά του δασικού είδους. Οι απώλειες ξύλου στις επί μέρους φάσεις παραγωγής των αντικολλητών δείχνονται για δύο δασικά είδη (οξιά, οκουμέ) στο ακόλουθο παράδειγμα.

Απώλειες ξύλου κατά την παραγωγή αντικολλητών

<u>Φάσεις παραγωγής</u>	<u>οξιά</u>	<u>οκουμέ</u>
1. Τεμαχισμός κορμοτεμαχίου (μείωση μήκους)	6%	4%
2. Αποφλοιώση (στην περίπτωση που αγοράζεται αποφλοιωμένο)		7%
3. Παραγωγή ξυλοφύλλων με περιστροφική τομή (κυλινδρομόρφωση+υπόλειμμα πυρήνα κορμοτεμαχίου)	22%	12%
4. Ξήρανση	8,5%	9%
5. Ευθυγράμμιση/παραλληλισμός των πλευρών και συγκόλληση	7%	6,5%
6. Συμπίεση στην πρέσσα (μείωση πάχους ξυλοφύλλων)	5%	4,5%
7. Παρύφωση	6,5%	4%
Σύνολο απωλειών	55%	47%

Τα κυριότερα σφάλματα που μπορεί να εμφανισθούν κατά την παραγωγή αντικολλητών και τα πιθανά αίτια τους συνοψίζονται στη συνέχεια.

1. Ραγάδες στις πλευρικές συγκολλήσεις των ξυλοφύλλων.
Μη επιμελημένη συγκόλληση των πλευρών.
2. Θέσεις αλληλοκάλυψης μεταξύ γειτονικών ξυλοφύλλων.
3. Φυσαλίδες ατμού στο εσωτερικό του αντικολλητού.
Υψηλή υγρασία ξυλοφύλλων και ανομοιόμορφη κατανομή της.
4. Εμβαθύνσεις στα ξυλόφυλλα των επιφανειακών στρώσεων.
Φυσικά ελαττώματα του ξύλου, μη συγκολλημένες θέσεις μεταξύ γειτονικών ξυλοφύλλων.
5. Μεταχρωματισμοί - Κηλίδες.
Ακατάλληλο το pH της συγκολλητικής ουσίας. Συγκολλητική ουσία των εσωτερικών στρώσεων σκούρου χρώματος διαποτίζει το υπερκείμενο ανοιχτόχρωμο ξυλόφυλλο και αποτυπώνεται στην επιφάνεια.
6. Ραγάδες στα ξυλόφυλλα των επιφανειακών στρώσεων.
Τοποθέτηση της πλευράς του ξυλοφύλλου που παρουσιάζει ραγάδες (η πλευρά που έρχεται σε επαφή με το μαχαίρι κατά την παραγωγή του ξυλοφύλλου) προς την επιφάνεια (εξωτερικά) κι όχι προς το εσωτερικό του αντικολλητού
7. Στρεβλώσεις.
Ανεπαρκής κλιματισμός, ακατάλληλη στοίβαση, ασυμμετρία δομής.
8. Σφάλματα λειάνσεως.
Σφάλματα χειρισμού των μηχανημάτων λειάνσεως.
Ένα από τα κυριότερα σφάλματα που εμφανίζονται κατά την κατασκευή των αντικολλητών είναι οι αποκολλήσεις των εσωτερικών στρώσεων των ξυλοφύλλων λόγω ανεπαρκούς συγκόλλησης η οποία μπορεί να οφείλεται στα ακόλουθα αίτια:
 - Υψηλή υγρασία ξυλοφύλλων.
 - Μεγάλα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας.
 - Ακατάλληλες οι συνθήκες θερμής πίεσης (ακατάλληλο το ύψος της θερμοκρασίας και της πίεσης μικρή ή πολύ μεγάλη η διάρκεια συμπίεσης).
 - Ξυλοτεμαχίδια, σκόνη, ακαθαρσίες στη στρώση συγκολλήσεως μεταξύ των ξυλοφύλλων.
 - Υπερβολική ξήρανση της συγκολλητικής ουσίας προτού οδηγηθούν τα ξυλόφυλλα για θερμή πίεση.
 - Μεγάλη περιεκτικότητα της συγκολλητικής ουσίας σε νερό.
 - Ανεπαρκής ο πολυμερισμός της συγκολλητικής ουσίας.
 - Θέσεις ξυλοφύλλων με ανεπαρκή επάλειψη συγκολλητικής ουσίας.

3.3.3. Κατασκευή συγκολλημένων προϊόντων με συμπιεσμένα ξυλόφυλλα

Η απαίτηση κατασκευής συγκολλημένων προϊόντων ξύλου μεγάλου βαθμού ομοιογένειας, μεγάλης μηχανικής αντοχής και σκληρότητας των επιφανειών οδήγησε στη δημιουργία προϊόντων από συμπιεσμένα ξυλόφυλλα. Στα προϊόντα αυτά οι ίνες όλων των ξυλοφύλλων μπορεί να έχουν την ίδια διεύθυνση ή οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων να σχηματίζουν γωνία 90° .

Στην παραγωγή ξυλοφύλλων χρησιμοποιούνται κυρίως τα δασικά είδη οξιιά, σημύδα και ψευδοπλάτανος με σύνηθες πάχος ξυλοφύλλων 0,8, 1,2, 1,8 και 2,4 mm και ως συγκολλητική ουσία χρησιμοποιείται κυρίως η φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Κατά τη θερμή συμπίεση των ξυλοφύλλων εφαρμόζονται πολύ μεγάλες πιέσεις (φθάνουν τα 200 Kp/cm^2) με σκοπό την καταστροφή της φυσικής δομής του ξύλου (μόνιμη συμπίεση κατά πάχος) και την αύξηση της ομοιογένειάς τους. Η θερμοκρασία κατά τη συμπίεση κυμαίνεται από 140 έως 170°C . Τα προϊόντα αυτά κατασκευάζονται σε πάχη που κυμαίνονται από 5 έως 60 mm, εμφανίζουν ομοιόμορφη δομή, μεγάλη πυκνότητα ($1,00$ έως $1,40 \text{ g/cm}^3$), καλή διαστασιακή σταθερότητα και μειωμένη ευφλεκτικότητα. Η μηχανική αντοχή των προϊόντων εξαρτάται από το βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε συγκολλητική ουσία.

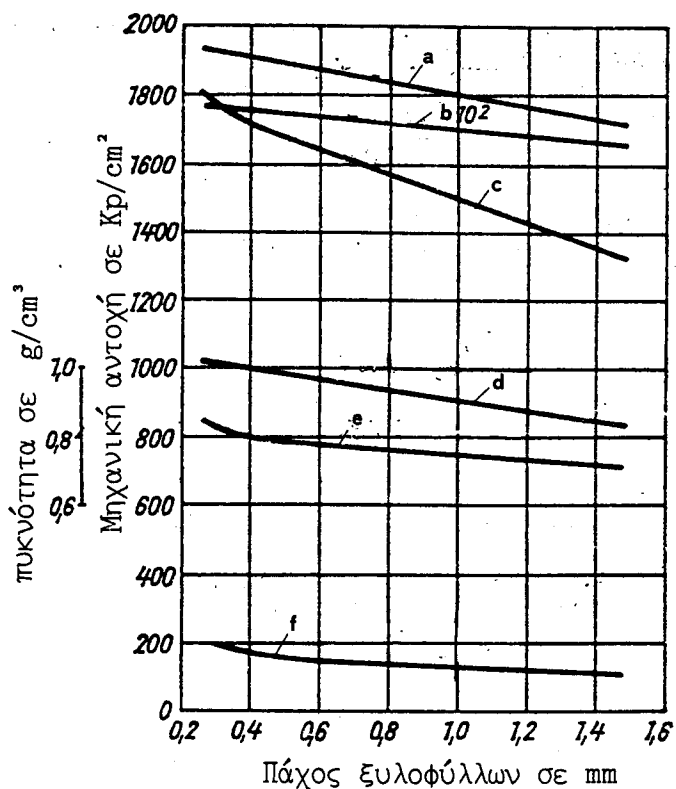
Ένας ειδικός τύπος των προϊόντων αυτών κατασκευάζεται από ξυλόφυλλα σχετικά μικρού πάχους ($< 0,8 \text{ mm}$) τα οποία προ της συμπίεσης εμποτίζονται (απλή εμβάπτιση ή εφαρμογή κενού) με συγκολλητική ουσία (τουλάχιστον 8%, συνήθως 30%). Το προϊόν αυτό (compreg) λόγω της εισόδου της συγκολλητικής ουσίας στους κυτταρικούς χώρους αποτελεί ένα ενδιάμεσο υλικό μεταξύ ξύλου και πλαστικού και χαρακτηρίζεται από υψηλή ομοιογένεια και εξαιρετικές ιδιότητες οι οποίες εξαρτώνται από το περιεχόμενο ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας και το βαθμό συμπίεσης.

3.4. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμένων αποκλειστικώς από ξυλόφυλλα

3.4.1. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων από ξυλόφυλλα με τις ίνες τους παράλληλες σε μία διεύθυνση

Λόγω της παράλληλης διεύθυνσης των ινών όλων των ξυλοφύλλων και της απουσίας φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου (ρόζοι, στρεψοϊνία) το προϊόν εμφανίζει πολύ μεγάλη αντοχή στη διεύθυνση παράλληλα με τις ίνες του. Η πυκνότητα και η μηχανική αντοχή μειώνονται με την αύξηση του πάχους των ξυλοφύλλων (Σχήμα). Η άριστη σχέση μεταξύ μηχανικής αντοχής και πυκνότητας επιτυγ-

χάνεται με αριθμό ξυλοφύλλων 20 έως 30 ανά 1 cm πάχους του προϊόντος (Πίνακας). Παράλληλα βέβαια η μηχανική αντοχή επηρεάζεται από το είδος ξύλου και το είδος της συγκολλητικής ουσίας. Γενικώς το μέτρο ελαστικότητας του προϊόντος είναι μεγαλύτερο όταν χρησιμοποιούνται κωνοφόρα είδη ξύλου. Με εξαίρεση την αντοχή σε εφελκυσμό οι άλλες μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος φθάνουν παράλληλα με τις ίνες στο 1,6- έως 2,2πλάσιο και κάθετα προς τις ίνες του στο 2- έως 6πλάσιο των τιμών των αντίστοιχων ιδιοτήτων του συμπαγούς ξύλου.



Συσχέτιση μεταξύ πάχους ξυλοφύλλων και μηχανικών ιδιοτήτων ενός συγκολλημένου προϊόντος κατασκευασμένου από ξυλόφυλλα οξιάς οι ίνες των οποίων έχουν την ίδια διεύθυνση. α. μέτρο θραύσεως σε κάμψη, β. μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη (10^2) c. αντοχή σε εφελκυσμό, d. αντοχή σε συμπίεση, e. πυκνότητα, f. αντοχή σε διάτμηση

Τιμές μηχανικής αντοχής συγκολλημένων προϊόντων από οξιά με παράλληλες τις ίνες των ξυλοφύλλων τους σε σύγκριση με συμπαγές ξύλο οξιάς.

	Πυκνότητα (g/cm ³)	Υγρασία (%)	Μέτρο θραύσεως σε κάμψη (Kp/cm ²)	Αντοχή σε συμπίεση (Kp/cm ²)	Αντοχή σε εφελκυσμό (Kp/cm ²)
Συμπαγές ξύλο οξιάς	0,60..0,77	7..10	850...1400	500..720	500...1470
Συγκολλημένο προϊόν από ξυ- λόφυλλα. Αριθ- μός ξυλοφύλλων ανά 1cm πάχους του προϊόντος					
5	0,65..0,75		1200..1430	700..810	800..1350
20	0,75..0,85	4..7	1400..1800	800..995	1300..1870
40	0,85..0,95		1500..2000	900..1100	1400..1745

Μηχανικές ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων με παράλληλες τις ίνες των ξυλοφύλλων τους (parallel-laminated veneer) κατασκευασμένων από αμερικάνικα κωνοφόρα.

Δασικό είδος	Πάχος προϊόντος (mm)	Πάχος ξυλοφύλλου (mm)	Αντοχή σε κάμψη Μέτρο θραύσης (Kp/cm ²)	Μέτρο ελαστικότητας (Kp/cm ²)	Αντοχή σε εφελκυσμό (Kp/cm ²)
Pseudotsuga menziessii	38	6,4	637	197000	471
Pseudotsuga menziessii	38	3,1-2,5	804	164500	452
Southern pine	51	12,5	877	149760	-
Pseudotsuga menziessii	19	4,7	-	-	287
		3,2	-	-	397
Southern pine	38	3,2	-	-	386

Σημείωση: οι τιμές των 5 προϊόντων προέρχονται από 5 διαφορετικούς ερευνητές

3.4.2. Ιδιότητες αντικολλητών

Η πυκνότητα των αντικολλητών εξαρτάται από την πυκνότητα των δασικών ειδών προέλευσης των ξυλοφύλλων· όμως συνήθως είναι ολίγο μεγαλύτερη από την πυκνότητα του ξύλου λόγω της μόνιμης συμπίεσης που υφίσταται αυτό κατά την πίεση στην πρέσσα. Έτσι π.χ. ενώ η μέση πυκνότητα του ξύλου του Οκουπέ είναι 0,41 g/cm³ και της οξιάς 0,67 g/cm³ οι πυκνότητες των αντικολλητών τους κυμαίνονται από 0,44 έως 0,50 g/cm³ και αντίστοιχα από 0,70 έως 0,77 g/cm³. Η πυκνότητα του ξύλου των ξυλοφύλλων επηρεάζει τις ιδιότητες των αντικολλητών αλλά και ορισμένες τεχνολογικές παραμέτρους της παραγωγής τους όπως είναι π.χ. το μέγεθος της πίεσης κατά τη συμπίεση στις πρέσες.

Γενικώς οι ιδιότητες του αντικολλητού διαφέρουν από εκείνες του συμπαγούς ξύλου λόγω της καλύτερης κατανομής των φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου στις στρώσεις των ξυλοφύλλων, της καλύτερης ισοτροπίας λόγω της κάθετης διεύθυνσης των ινών των διαδοχικών ξυλοφύλλων και λόγω της συμμετρικής κατασκευής τους όσο αφορά το πάχος, το είδος ξύλου και της ποιότητας των ξυλοφύλλων των ευρισκομένων εκατέρωθεν του μεσαίου (κεντρικού) ξυλοφύλλου.

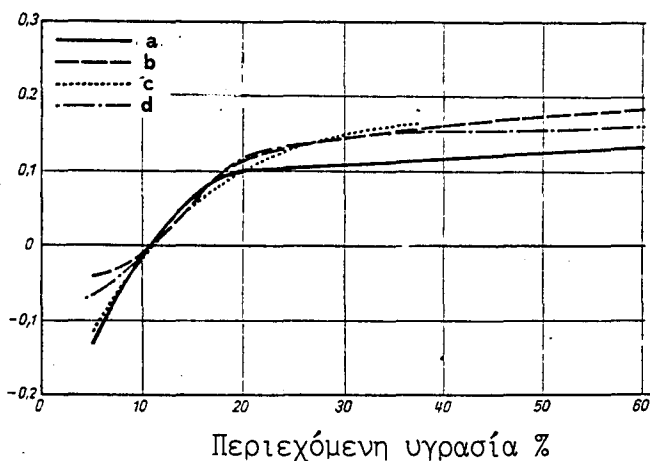
Τα αντικολλητά ως προϊόντα ξύλου προσροφούν ή εκροφούν υγρασία από το περιβάλλον όπου έχουν τοποθετηθεί ανάλογα με τις επικρατούσες εκεί συνθήκες (σχετική υγρασία και θερμοκρασία). Εκτός από τις κλιματικές συνθήκες

τα ποσοστά και ο ρυθμός προσρόφησης (εκρόφησης) υγρασίας των αντικολλητών εξαρτώνται από το δασικό είδος προέλευσης των ξυλοφύλλων και το είδος της συγκολλητικής ουσίας. οι δύο αυτές παράμετροι καθορίζουν τη συμπεριφορά και ειδικότερα την ανθεκτικότητα του προϊόντος έναντι νερού, συνθηκών υψηλής υγρασίας και μεταβαλλόμενων κλιματικών συνθηκών. Όπως και το συμπαγές ξύλο τα αντικολλητά παρουσιάζουν το γνωστό φαινόμενο της υστέρησης κατά την προσρόφηση και εκρόφηση υγρασίας. Ορισμένα παραδείγματα της υγρασίας ισορροπίας των αντικολλητών σε διάφορες συνθήκες υγρασίας είναι τα ακόλουθα: 4...5...6(%) σε κλίμα (20 °C/30% σχετ. υγρασία), 8...10...12(%) σε κλίμα (20 °C/65% σχετ. υγρασία), 12...15...18(%) σε κλίμα 20°C/85% σχετ. υγρασία).

Η πρόσληψη ή απώλεια υγρασίας προξενεί στα αντικολλητά διαστασιακές μεταβολές (διόγκωση ή ρίκνωση). Από τη σύγκριση των τιμών των διαστασιακών μεταβολών μεταξύ συμπαγούς ξύλου και αντικολλητού ως αποτέλεσμα των μεταβολών της περιεκτικότητάς τους σε υγρασία προκύπτουν τα ακόλουθα: η διαστασιακή μεταβολή ως προς το πάχος του αντικολλητού είναι ολίγο μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη μεταβολή του συμπαγούς ξύλου σε ακτινική διεύθυνση· αντίθετα ενώ στο συμπαγές ξύλο οι διαστασιακές μεταβολές κάθετα προς τις ίνες είναι κατά μέσο όρο 20 φορές μεγαλύτερες απ'ότι παράλληλα με τις ίνες στην περίπτωση του αντικολλητού οι διαστασιακές μεταβολές κάθετα προς την διεύθυνση των ινών του εξωτερικού ξυλόφυλλου είναι πρακτικά οι ίδιες και κατά μέσο όρο μόνο 1,4 έως 1,8 φορές μεγαλύτερες απ'ότι παράλληλα με τις ίνες (Σχήμα)· η ισοτροπία αυτή των διαστασιακών μεταβολών του αντικολλητού παράλληλα με το μήκος και το πλάτος του οφείλεται στο γεγονός ότι οι ίνες των διαδοχικών ξυλοφύλλων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90°. Πιό συγκεκριμένα η ελεύθερη διαστασιακή μεταβολή κάθετα προς τις ίνες του ενός ξυλοφύλλου εμποδίζεται από τη διαστασιακή σταθερότητα (μικρή μεταβολή) που παρουσιάζει το διαδοχικό ξυλόφυλλο παράλληλα με τις ίνες του· επί πλέον σταθεροποιητικά δρά και το ότι το όριο ελαστικότητας του ξύλου παράλληλα με τις ίνες είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερο απ'ότι κάθετα σε αυτές. Η ισοτροπία και το μικρό μέγεθος των διαστασιακών μεταβολών που διαθέτει το αντικολλητό παράλληλα με το μήκος και το πλάτος του αφ'ένός, και η μειωμένη τάση για στρέβλωση (λόγω του συμμετρικού χαρακτήρα της κατασκευής του) αφ'ετέρου, το καθιστούν ένα πολύτιμο υλικό σε κατασκευές που απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες. Η ελαχιστοποίηση του κινδύνου στρέβλωσης των αντικολλητών από μεταβολές υγρασίας επιτυγχάνεται με τα ακόλουθα μέτρα:

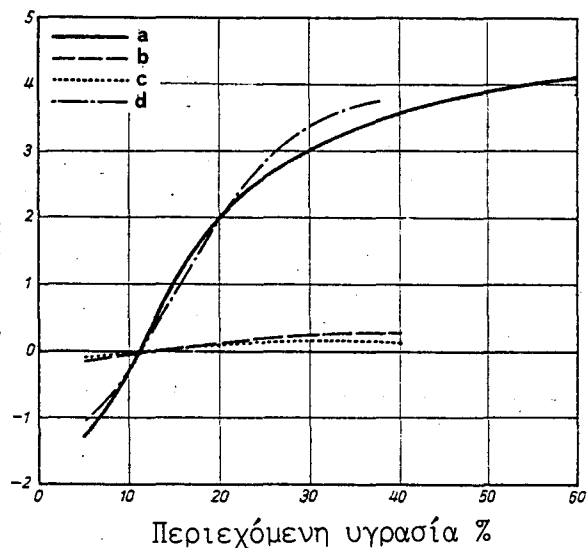
- συμμετρική κατασκευή όσο αφορά το πάχος, την ποιότητα, το δασικό είδος προέλευσης και την υγρασία των ξυλοφύλλων τα οποία ευρίσκονται εκατέρωθεν του μεσαίου ξυλοφύλλου.
- καλή ποιότητα ξυλοφύλλων αναφορικά με διάφορα ελαττώματα (απουσία κυματοειδών επιφανειών, φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου, μη συγκολλημένων πλευρικών θέσεων μεταξύ των ξυλοφύλλων).

Μεταβολές μήκους (πλάτους)
|| στις ίνες %

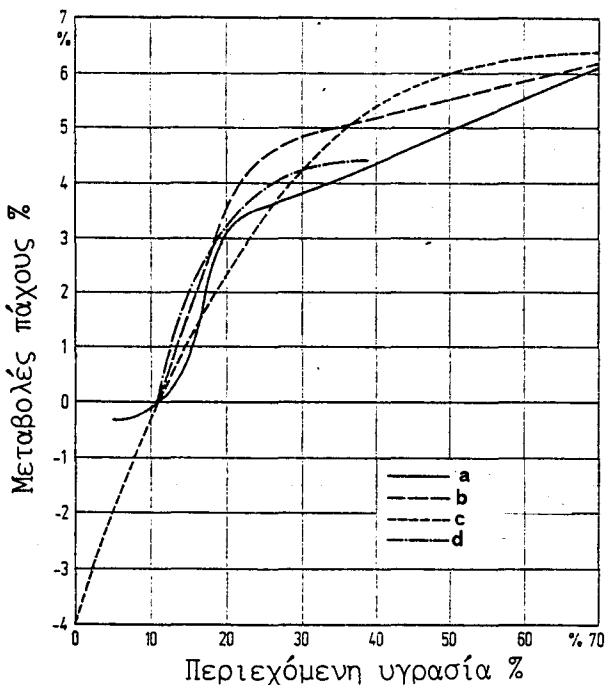


Κατά μήκος (πλάτος) μεταβολές διαφόρων προϊόντων ξύλου από Οκουμέ σε σχέση με τις μεταβολές του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας, α. παράλληλα στις ίνες ενός ξυλοφύλλου πάχους 4mm, β. και γ. παράλληλα στις ίνες των ξυλοφύλλων των εξωτερικών στρώσεων αντικολλητών πάχους 6 mm και 16 mm αντίστοιχα, δ. παράλληλα στις ίνες συμπαγούς ξύλου πάχους 15 mm (οι μεταβολές αναφέρονται σε αρχική υγρασία των προϊόντων ξηρών σε αέρα).

Μεταβολές μήκους (πλάτους)
⊥ στις ίνες %



Κατά μήκος (πλάτος) μεταβολές διαφόρων προϊόντων ξύλου από Οκουμέ σε σχέση με τις μεταβολές του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας, α. κάθετα στις ίνες ενός ξυλοφύλλου πάχους 4mm, β. και γ. κάθετα στις ίνες των ξυλοφύλλων των εξωτερικών στρώσεων αντικολλητών πάχους 6 mm και 16 mm αντίστοιχα, δ. κάθετα στις ίνες συμπαγούς ξύλου πάχους 15 mm (οι μεταβολές αναφέρονται σε αρχική υγρασία των προϊόντων ξηρών σε αέρα).



Κατά πάχος μεταβολές διαφόρων προϊόντων ξύλου από Οκουμέ σε σχέση με τις μεταβολές του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας. α. σε ακτινική διεύθυνση των ετησίων δακτυλίων ενός ξυλοφύλλου πάχους 4mm, β. και γ. στη διεύθυνση του πάχους αντικολλητών 6mm και αντίστοιχα 16mm πάχους, δ. σε ακτινική διεύθυνση των ετησίων δακτυλίων συμπαγούς ξύλου πάχους 15mm, (οι μεταβολές αναφέρονται σε αρχική υγρασία των προϊόντων ξηρών σε αέρα)

Ρίκνωση και διόγκωση συμπαγούς ξύλου και αντικολλητών ανά 1% μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας.

Διαστασιακή μεταβολή (%)	συμπαγές ξύλο	αντικολλητό
παράλληλα με τις ίνες του συμπαγούς ξύλου	0,010	
παράλληλα με τις ίνες του εξωτερικού ξυλόφυλλου (μήκος αντικολλητού)		0,020
κάθετα στις ίνες του εξωτερικού ξυλόφυλλου (πλάτος αντικολλητού)		0,030
*κάθετα προς τις ίνες του συμπαγούς ξύλου	0,20-0,30	
παράλληλα με το πάχος του αντικολλητού		0,30

* μέσος όρος από την ακτινική και εφαπτομενική διαστασιακή μεταβολή

*Διόγκωση τρίστρωμων αντικολλητών πάχους 5 mm λόγω προσρόφησης υγρασίας ή νερού

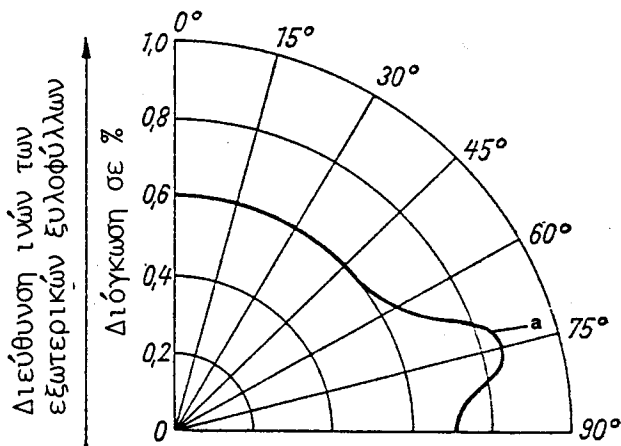
Μεταβολή των κλιματικών συνθηκών του χώρου τοποθέτησης του αντικολλητού	Παράλληλα στις ίνες του εξωτερικού ξυλόφυλλου (%) α	Κάθετα στις ίνες του εξωτερικού ξυλόφυλλου (%) β	Σχέση β:α
από 30% σε 90% σχετ. υγρασία	0,18	0,27	1,5
από 30% σχετ. υγρασία σε πλήρη εμποτισμό με νερό	0,22	0,32	1,44

*: μέσες τιμές αντικολλητών από 22 διαφορετικά είδη ξύλου

Στον επόμενο Πίνακα περιέχονται οι συντελεστές αντίστασης σε διαπερατότητα υγρασίας αντικολλητών κατασκευασμένων από διάφορα είδη ξύλου και συγκολλητικές ουσίες. Λόγω της ισχυρής διακύμανσης των τιμών δεν μπορεί να αποδειχθεί η ύπαρξη συσχέτισης της ιδιότητας αυτής με τα χαρακτηριστικά των αντικολλητών.

Συντελεστές αντίστασης αντικολλητών σε διαπερατότητα υγρασίας

Δασικό είδος	Πάχος αντι-κολλητού (mm)	Αριθμός Ξυλοφύλλων	Συγκολλητική ουσία	Συντελεστής αντίστασης σε διαπερατότητα υγρασίας
Οξιά	5,8	3	ουρία-φορμαλδεΰδη	67.....72
Limba	6,3	3	φαινόλη-φορμαλδεΰδη	114.....130
Limba	6,9	5	φαινόλη-φορμαλδεΰδη	162.....171
Οκουμέ (εξωτ. ξυλόφυλλο)	5,7	3	ουρία-φορμαλδεΰδη	86.....162
Ερυθρελάτη (εσωτ. ξυλόφυλλο)	5,5	3	φαινόλη-φορμαλδεΰδη	75.....90



Πολικό διάγραμμα (α) της διόγκωσης-επιμήκυνσης (σε νερό) ενός πεντάστρωμου αντικολλητού οξιάς σε σχέση με τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης διόγκωσης και της διεύθυνσης ινών των εξωτερικών ξυλοφύλλων του αντικολλητού

Αναφορικά με τις μηχανικές ιδιότητες η μηχανική αντοχή του αντικολλητού παράλληλα στις ίνες των εξωτερικών ξυλοφύλλων είναι μικρότερη από τη μηχανική αντοχή του συμπαγούς ξύλου παράλληλα στις ίνες του· αντίθετα η αντοχή του αντικολλητού κάθετα στις ίνες των εξωτερικών ξυλοφύλλων υπερβαίνει την αντίστοιχη του συμπαγούς ξύλου κάθετα προς τις ίνες του.

Οι διαφορές αυτές εξαρτώνται από τον αριθμό των ξυλοφύλλων· έτσι π.χ. σε ένα τρίστρωμο αντικολλητό πάχους 9,5 mm ή μηχανική αντοχή κάθετα στις ίνες του εξωτερικού ξυλόφυλλου είναι διπλάσια ενώ ενός πεντάστρωμου 19mm πάχους εξαπλάσια από την αντοχή του συμπαγούς ξύλου κάθετα προς τις ίνες του. Λόγω της δομής τους (ίνες διαδοχικών ξυλοφύλλων κάθετες) τα αντικολ-

λητά εμφανίζουν, αντίθετα απ'ότι το συμπαγές ξύλο, μία ισοτροπία μηχανικών ιδιοτήτων παράλληλα και κάθετα στη διεύθυνση ινών των εξωτερικών ξυλοφύλλων (Πίνακα). Η ισοτροπία αυτή στις δύο διευθύνσεις είναι τόσο καλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ξυλοφύλλων του αντικολλητού.

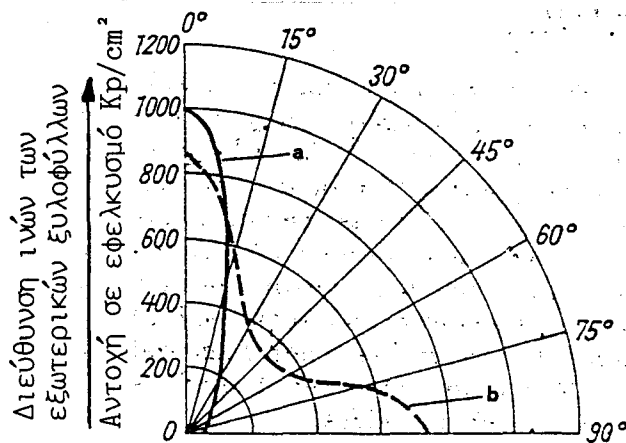
Η μηχανική αντοχή των αντικολλητών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά δομής (αριθμός, πάχος, είδος ξύλου και ποιότητα ξυλοφύλλων, είδος συγκολλητικής ουσίας) αλλά κι από τη γωνία εφαρμογής της συγκεκριμένης φόρτισης ως προς τις ίνες των εξωτερικών στρώσεων του αντικολλητού. Εάν π.χ. η δρώσα δύναμη εφαρμόζεται υπό γωνία 45° ως προς τις ίνες των εξωτερικών ξυλοφύλλων τότε στη διεύθυνση αυτή το αντικολλητό παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή του σε εφελκυσμό και σε ελαστικότητα ($\sigma_{z45} \approx 0,1\sigma_{0||}$) (βλ. επόμενο Πίνακα και Σχήμα).

Σύγκριση της αντοχής σε συμπίεση και σε εφελκυσμό μεταξύ συμπαγούς ξύλου και αντικολλητού

Αντοχή σε συμπίεση και εφελκυσμό

Διεύθυνση ινών συμπαγές ξύλου/διεύθυνση
ινών εξωτερικών ξυλοφύλλων αντικολλητού

Συμπαγές ξύλο	παράλληλα	$\sigma_{0 }$
Αντικολλητό	παράλληλα	$0,3 \dots 0,8\sigma_{0 }$
	κάθετα	$0,2 \dots 0,7\sigma_{0 }$



Πολικά διαγράμματα της αντοχής σε εφελκυσμό
a. ενός συγκολλημένου προϊόντος από ξυλό-
φυλλα των οποίων οι ίνες είναι παράλληλες
σε μία διεύθυνση (7 ξυλόφυλλα ανά 1cm πά-
χους του προϊόντος) και b. ενός πεντάστρω-
μου αντικολλητού οξιάς, μεταξύ της γωνίας
που σχηματίζει η δύναμη της φόρτισης με
τη διεύθυνση ινών των ξυλοφύλλων των εξω-
τερικών στρώσεων των προϊόντων.

Στους δύο επόμενους Πίνακες παρουσιάζεται η σχέση της δομής του αντικολλητού με ορισμένες μηχανικές ιδιότητές του.

Μηχανικές ιδιότητες αντικολλητών οξιάς ($\rho: 0,714 \text{ g/cm}^3$) σε σχέση με συντελεστές καθοριζόμενους από τη δομή του αντικολλητού.

Συντελεστής δομής $\delta = \alpha_1/\alpha$	Αντοχή σε εφελκυσμό (Kg/cm^2)	Αντοχή σε συμπίεση (Kg/cm^2)
0,30....0,40	445	285
0,40....0,50	550	335
0,50....0,60	655	385
0,60....0,70	760	440

Συντελεστής δομής $\delta_b = I_1/I$	Αντοχή σε κάμψη (Kg/cm^2)	Μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη (Kg/cm^2)
0,00....0,10	280	15000
0,10....0,20	375	27000
0,20....0,30	470	39000
0,30....0,40	565	51000
0,40....0,50	660	62000
0,50....0,60	755	74000
0,60....0,70	850	86000
0,70....0,80	945	98000
0,80....0,90	1045	109000
0,90....1,00	1140	121000

α_1 : άθροισμα πάχους ξυλοφύλλων που φορτίζονται || στις ίνες τους

α : πάχος αντικολλητού

I_1 : άθροισμα των ροπών αδράνειας των ξυλοφύλλων που φορτίζονται παράλληλα || με τις ίνες τους

I : ροπή αδράνειας ολόκληρου του αντικολλητού

*Τιμές μηχανικών ιδιοτήτων αντικολλητών κατασκευασμένων από διάφορα δασικά είδη

Δασικό είδος	Πάχος mm	Αριθμός στρώσεων	Πυκνότητα g/cm ³	Αντοχή σε κάμψη		Αντοχή σε εφελκυσμό N/mm ²
				Μέτρο θραύσεως N/mm ²	Μέτρο ελα- στικότητας N/mm ²	
Οξιά	4	3	0,712	116	12200	
Οξιά	6	3	0,710	100	11600	63
Οξιά	8	5	0,752	124	12700	54
Οκουμέ	5	3	0,440		6500	40
Οκουμέ	6	3	0,440		4200	37
Οκουμέ	12	5	0,470	58	5100	
Abachi	4	3	0,500	56	5900	
Ερυθρελάτη	4	3	0,586	63	7500	
Ερυθρελάτη	10	5	0,507	37	5000	
Δασική πεύκη	6	3	0,510			58 , 35 ⊥
Δασική πεύκη	12	5	0,620	67	9700	
Δασική πεύκη	15	5	0,580	69	11300	
Λεύκη	4	3	0,382	40	5080	
Σημύδα	3	3	0,720	88		103 , 83 ⊥
Σημύδα	6	5	0,720	88		85 , 84 ⊥
Ψευδοτσούγκα	6	3	0,500	88		44 , 28 ⊥
Teak	5	3		91	3200	

||, ⊥ : παράλληλα και αντίστοιχα κάθετα στις ίνες των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων.

* : όπως αναφέρονται από διαφόρους ερευνητές

Δομή αντικολλητών κατασκευασμένων σε διάφορες χώρες

N ^o .	Δασικό είδος	Αριθμός στρώσεων	Πάχος Ξυλοφύλλων		Πάχος πλάκας mm	Υγρασία %	Πυκνότητα Kg/m ³
			Επιφάνεια- κές mm	Μεσαία στρώση mm			
1.	Οξιιά	3	1,2	1,4	3,8	9,2	754
2.	Οξιιά	3	1,0	3,8	5,7	8,9	724
3.	Οκουμέ*	3	1,0	1,8	3,8	7,5	568
4.	Οξιιά	3	1,0	2,0	4,1	8,7	759
5.	Δρυς/	3	1,0	2,2	4,3	10,2	563
6.	Ελάτη/Ερυθρε- λάτη/Οκουμέ	5	1,1/2,4	1,5	8,6	10,5	489
7.	Λεύκη	3	1,6	1,3	4,6	9,6	418
8.	Makoré/Aiele	3	0,6	2,5	3,8	9,6	540
9.	Σημύδα/Δασική πεύκη	4	1,3	1,3/1,3	5,1	8,9	653
10.	Σημύδα	3	1,4	1,4	4,2	8,9	653
11.	Λεύκη	3	1,1	2,0	4,0	10,2	382
12.	Limba/Abachi	3	1,0	2,0	3,9	10,0	516
13.	Okoumé/Abachi	3	0,9	4,2	6,0	10,1	400
14.	Pseudotsuga/ Sequoia	3	2,3	3,4	7,9	8,4	526
15.	Ramin/Lauan	3	1,0	2,5	4,5	9,4	667
16.	Mersawa	5	1,0/2,0	3,0	9,0	7,3	656
17.	Keruing*	3	1,1	2,5	4,7	9,0	752

Χώρες παραγωγής: 1-3: Γερμανία, 4: Ρουμανία, 5-8: Σκανδιναβία, 9-10: Φινλανδία, 11-13: Ιταλία, 14: Η.Π.Α., 15-17: Μαλαισία.

* : ποιότητα κατάλληλη για εξωτερικές χρήσεις.

Οι μηχανικές ιδιότητες των αντικολλητών του παραπάνω Πίνακα παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα.

συνέχεια από τον προηγούμενο Πίνακα

1) Τιμές μηχανικών ιδιοτήτων αντικολλητών κατασκευασμένων σε διάφορες χώρες

Nr.	Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				Αντοχή δεσμών συγκολλητικής ουσίας (διάτμηση) N/mm ²		
	Μέτρο θραύσεως		Μέτρο ελαστικότητας		L _t	L _n	L _k
		⊥		⊥			
1.	119	28	14240	1340	5,23	3,45	
2.	81	73	8980	5610	2,40	1,77	
3.	86	45	10120	3430	1,77	1,58	1,12
4.	105	45	12000	2360	3,53	2,07	
5.	68	37	10780	2620	1,31	0,98	
6.	50	36	6160	361	1,66	1,52	
7.	64	10	6700	470	2,54	1,41	
8.	55	44	8400	3510	1,44	0,66	
9.	116	26	16810	1310	3,45	1,79	
10.	84	35	10860	2240	2,44	1,60	
11.	40		5080				
12.	75	29	9360	2100	1,69	1,32	
13.	34	38	4300	2840	0,87	0,68	
14.	79	22	11700	1190	0,90	0,43	
15.	82	63	12150	4170	1,90	1,86	
16.	58	53	7490	3850	4,31	3,00	
17.	112	44	16160	3100	1,85	1,45	1,40

1) : οι μηχανικές ιδιότητες προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις σχετικές γερμανικές προδιαγραφές DIN 52371, 53355 (53351)

L_t: κλιματισμός επί 7 ημέρες σε κλίμα 20 °C/55% σχετ. υγρασίας.

L_n: κλιματισμός επί 7 ημέρες σε κλίμα 20 °C/55% σχετ. υγρασίας και ακολούθως 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

L_k: κλιματισμός επί 7 ημέρες σε κλίμα 20 °C/55% σχετ. υγρασίας και ακολούθως 6 ώρες βρασμός σε νερό και στη συνέχεια εμβάπτιση 2 ώρες σε νερό (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Λόγω της τοποθέτησης των διαδοχικών ξυλοφύλλων έτσι ώστε οι ίνες τους να σχηματίζουν γωνία 90° το αντικολλητό διαθέτει καλή αντοχή σε σχίση και δεν παρουσιάζει το μειονέκτημα του συμπαγούς ξύλου το οποίο σχίζεται εύκολα όταν φορτισθεί παράλληλα με τις ίνες του. Έτσι η στερέωση ή σύνδεση των αντικολλητών με χρήση καρφιών, βιδών κι άλλων μεταλλικών συνδετήρων μπορεί να γίνεται ακόμη και σε θέσεις που ευρίσκονται κοντά στις εγκάρσιες πλευρές του χωρίς να υφίσταται κίνδυνος σχίσης. Ακόμη τα αντικολλητά έχουν καλή αντοχή σε διάτμηση, σε στρέψη και σε δυναμικές φορτίσεις.

Οι θερμικές ιδιότητες των αντικολλητών εξαρτώνται επίσης από τη δομή τους. Η επίδραση της θερμοκρασίας στις μεταβολές των διαστάσεων παράλληλα στο επίπεδο του αντικολλητού εξαρτώνται από το ποσοστό των ξυλοφύλλων (σε σχέση με το συνολικό πάχος του αντικολλητού) των οποίων οι ίνες είναι κάθετες προς τη διεύθυνση της διαστολής ή της συστολής. Ο μέσος συντελεστής θερμικής διαστολής παράλληλα με το επίπεδο ενός αντικολλητού του οποίου το 60% των ξυλοφύλλων έχει τις ίνες κάθετα προς τη διεύθυνση της διαστολής είναι $6,1 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Ο μέσος συντελεστής θερμικής διαστολής κάθετα προς το επίπεδο του αντικολλητού (κατά πάχος) είναι $28,8 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας των αντικολλητών εξαρτάται από τη θερμοαγωγιμότητα του δασικού είδους των ξυλοφύλλων και κυμαίνεται από 0,11 έως 0,15 W/mK· οι αντίστοιχες τιμές της ιδιότητας αυτής σε άλλα υλικά είναι: για χαλκό 391, για ύαλο 60 και για υαλοβάμβακα 0,04 W/mK.

Σχετικά με τις ακουστικές ιδιότητες ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ενός αντικολλητού πάχους 3 mm σε συχνότητα 100 έως 3000Hz είναι 0,10 έως 0,25 εφόσον εκτελεί ελεύθερη ταλάντωση και 0,05 έως 0,10 όταν εκτελεί περιορισμένη ταλάντωση. Η μόνωση ήχου που επιτυγχάνεται από αντικολλητά πάχους 5mm κυμαίνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των αντικολλητών από 10 έως 25 Desibel.

3.4.3. Ιδιότητες συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμένων από συμπιεσμένα ξυλόφυλλα

Τα προϊόντα αυτά έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και καλύτερη διαστασιακή σταθερότητα σε σύγκριση με το ξύλο. Οι ιδιότητες τους εξαρτώνται άμεσα από τα περιεχόμενα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας, από τις συνθήκες συμπίεσης και τη δομή των στρώσεων της πλάκας.

Η αντοχή σε συμπίεση αποκτά τη μέγιστη τιμή με ποσοστά συγκολλητικής ουσίας περίπου 60% ενώ οι υπόλοιπες μηχανικές ιδιότητες με ποσοστά που κυμαίνονται μόνο από 8 έως 12%. Η ανθεκτικότητα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας μεγιστοποιείται με ποσοστά συγκολλητικής ουσίας από 30 έως 40%. Συνήθως οι μηχανικές

ιδιότητες αυξάνονται ανάλογα με την πυκνότητα μέχρι μία ειδική πίεση στην πρέσσα 200 Kp/cm² ενώ παράλληλα μειώνεται η προσρόφηση υγρασίας και η διόγκωση. Η ισοτροπία που παρουσιάζουν τα προϊόντα αυτά όσο αφορά τις μηχανικές ιδιότητες είναι ισχυρότερη απότι τα συγκολλημένα προϊόντα που κατασκευάζονται χωρίς μόνιμη συμπίεση των ξυλοφύλλων τους.

3.5. Χρήσεις - Εφαρμογές συγκολλημένων προϊόντων κατασκευασμένων από ξυλόφυλλα.

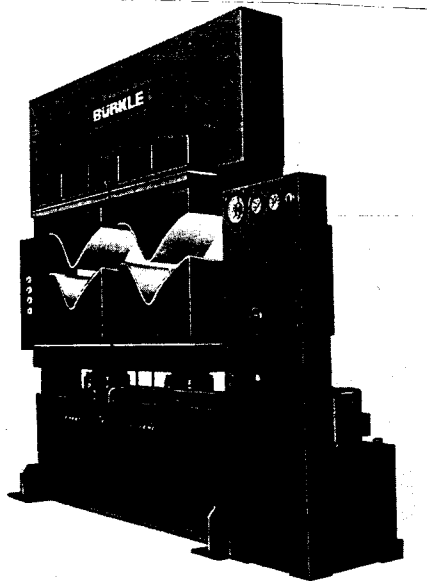
Προϊόντα των οποίων οι ίνες όλων των ξυλοφύλλων έχουν την ίδια διεύθυνση εμφανίζουν ηξημένη μηχανική αντοχή στη διεύθυνση αυτή και χρησιμοποιούνται σε κατασκευές όπου η ιδιαιτερότητα αυτή είναι επιθυμητή. Ορισμένες εφαρμογές τους είναι οι ακόλουθες: στην κατασκευή αθλητικών ειδών, στην υφαντική, την αεροναυπηγική, την κατασκευή προτύπων, την κατασκευή δοκών (φέροντα στοιχεία) για διάφορες δομικές κατασκευές ως υποκατάστατο της πριστής ξυλείας) κ.ά.

Τα αντικολλητά λόγω της εξαιρετικής διαστασιακής σταθερότητας την υψηλή μηχανική αντοχή και το μικρότερο βαθμό ανισοτροπίας σε σύγκριση με το συμπαγές ξύλο αποτελούν ένα πολύτιμο υλικό σε πληθώρα κατασκευών. Οι εφαρμογές τους διευρύνονται μετά από πρόσθετες βελτιωτικές επεξεργασίες όπως είναι η επένδυσή του με πλαστικά ή μεταλλικά φύλλα, η διαμόρφωσή του σε διάφορα επιθυμητά σχήματα π.χ. καμπύλα αντικολλητά· επίσης σε συνδυασμό με άλλα υλικά (χαρτόνι, πλαστικά, ινοπλάκες, ξυλόφυλλα) αποτελεί τη βάση παραγωγής χρήσιμων προϊόντων. Ορισμένες αντιπροσωπευτικές χρήσεις του είναι οι ακόλουθες:

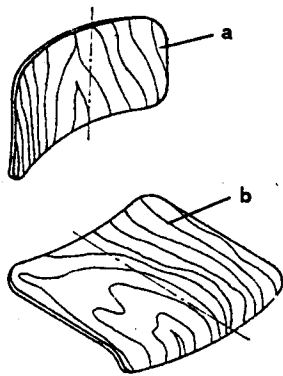
Στην οικοδομική: για πόρτες, επενδύσεις τοίχων, διαχωριστικούς τοίχους, δάπεδα, κατασκευή σιδηροδρομικών βαγονιών, οχημάτων, πλοίων, αποθηκευτικών χώρων.

Στην επιπλοποιΐα: η χρήση τους σε επίπεδες επιφάνειες μειώνεται λόγω του υψηλότερου κόστους σε σύγκριση με τις μοριοπλάκες. Η χρήση των αντικολλητών όμως είναι αναμφισβήτητη λόγω των ιδιοτήτων του σε εκείνες τις κατασκευές π.χ. καρέκλες, περιβλήματα ηχείων, κ.ά. όπου απαιτείται μορφοποίηση του υλικού σε κατάλληλα σχήματα (άνετη η δημιουργία καμπύλων επιφανειών με αντικολλητά).

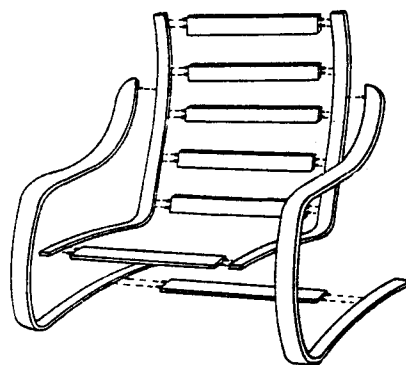
Σε συσκευασίες: λόγω του μικρού ειδικού βάρους και της μεγάλης μηχανικής αντοχής προσφέρεται στην κατασκευή κιβωτίων μεταφοράς για αντικείμενα μεγάλου βάρους.



Πρέσα παραγωγής αντικολλητών καμπύλης μορφής



Καμπύλα μέλη ενός καθίσματος από αντικολλητά (α. κατακόρυφο και β. οριζόντιο μέλος).



Κάθισμα κατασκευασμένο από αντικολλητά

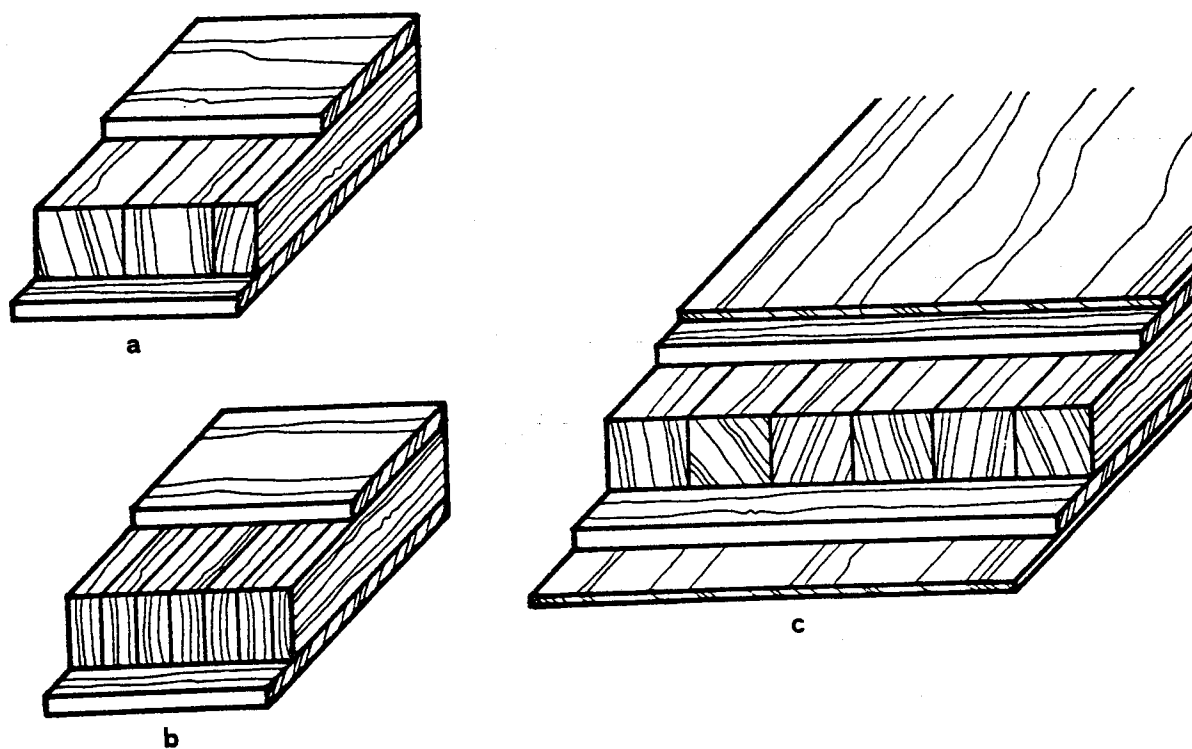
4. Συγκολλημένα προϊόντα με ξυλόφυλλα στις επιφανειακές στρώσεις και πήχεις συμπαγούς ξύλου στη μεσαία στρώση (πηχοπλάκες).

4.1. Γενικά

Τα προϊόντα αυτά αποτελούνται από 3 ή 5 στρώσεις εκ των οποίων η μεσαία στρώση η οποία έχει και το μεγαλύτερο πάχος είναι κατασκευασμένη από πήχεις πριστής ξυλείας ή από λωρίδες συγκολλημένων ξυλοφύλλων · οι επιφανειακές στρώσεις αποτελούνται από ξυλόφυλλα τα οποία και τοποθετούνται με τις ίνες τους κάθετα προς τις ίνες του ξύλου της μεσαίας στρώσης.

Τα κύρια είδη ξύλου από τα οποία κατασκευάζεται στον ευρωπαϊκό χώρο η μεσαία είναι: η ελάτη, η ερυθρελάτη, η λεύκη, η δασική πεύκη και τα τροπικά είδη Οκουμέ, Abachi, Ilomba, κ.ά. Για τα ξυλόφυλλα των επιφανειακών στρώσεων χρησιμοποιούνται συνήθως τα δασικά είδη: Οξιά, Ερυθρελάτη, Λεύκη, Οκουμέ, Limba, Ilomba, Abachi, κ.ά. Το πάχος των συγκολλημένων προϊόντων (κοινώς πηχοπλάκες) κυμαίνεται από 10 έως 50 mm· για πηχοπλάκες πάχους έως 19mm το πάχος των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων είναι > 1,8mm ενώ για πάχος πηχοπλακών >19 mm το πάχος των ξυλοφύλλων πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον στο 1/10 του συνολικού πάχους του προϊόντος.

Ανάλογα με την ανθεκτικότητά τους στις καιρικές συνθήκες οι πηχοπλάκες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) για εσωτερικούς χώρους (συγκόλληση με αμινοπλάστες) και 2) για εξωτερικούς χώρους (συγκόλληση με φαινολοπλάστες). Επίσης ανάλογα με το είδος της μεσαίας στρώσης οι πηχοπλάκες ταξινομούνται σε διάφορους τύπους (Σχήμα). Με βάση την ποιότητα των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων (φυσικά ελαττώματα ξύλου, σφάλματα κατεργασίας) διακρίνονται επίσης διάφορες ποιοτικές κλάσεις πηχοπλακών.



Πηχοπλάκες α. μεσαία στρώση από πήχεις συμπαγούς ξύλου, β. μεσαία στρώση από συγκολλημένα ξυλόφυλλα, γ. πηχοπλάκα τύπου α. επενδεδυμένη με διακοσμητικό ξυλόφυλλο.

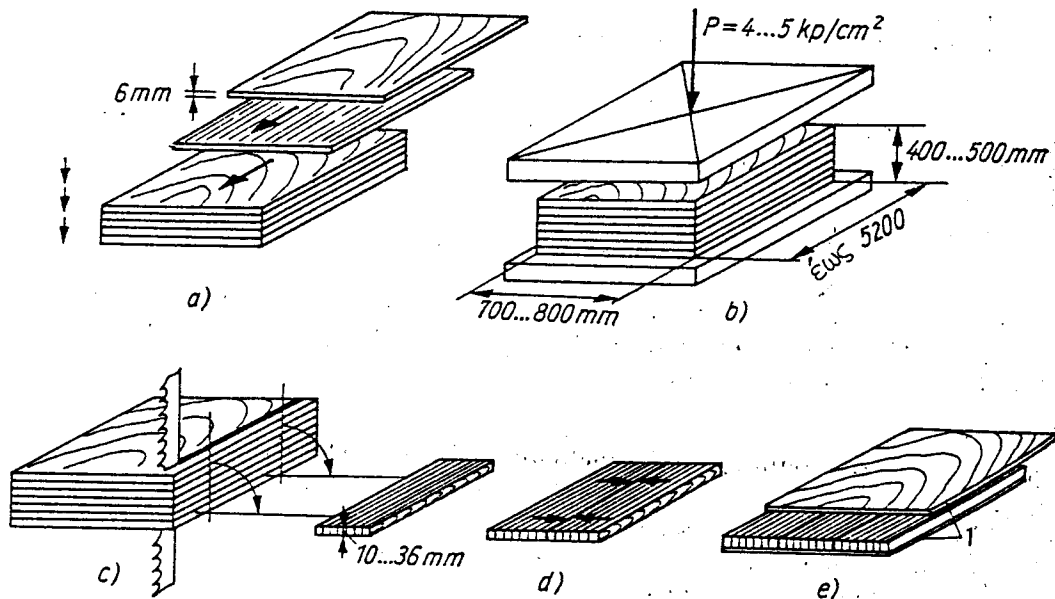
4.2. Κατασκευή μεσαίας στρώσης πηχοπλακών

Οι τεχνολογικές φάσεις της παραγωγής πηχοπλακών είναι όμοιες με εκείνες των αντικολλητών από ξυλόφυλλα με διαφοροποίηση μόνο ως προς την τεχνική κατασκευής της μεσαίας στρώσης η οποία αναπτύσσεται στη συνέχεια.

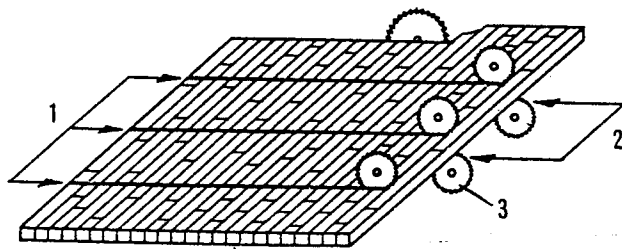
Για την κατασκευή μεσαίας στρώσης από πήχεις συγκολλημένων ξυλοφύλλων ακολουθείται η ακόλουθη μεθοδολογία: Ξυλόφυλλα πάχους 4 έως 8 mm παράγονται με περιστροφική τομή, ξηραίνονται (υγρασία 6%) και αφού επαλειφθούν με συγκολλητική ουσία, τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο και συγκολλούνται υπό πίεση σε πρέσες σχηματίζοντας έτσι πλάκες μεγάλων διαστάσεων (μήκος 5200mm, πλάτος 700-800mm και ύψος 400-500mm). η παραγωγή των ξυλοφύλλων γίνεται από ερυθρελάτη ή ορισμένα τροπικά είδη όπως τα Okoumé, Abachi, Ilomba και άλλα παρόμοια. ως συγκολλητική ουσία χρησιμοποιείται συνήθως η ουρία-φορμαλδεΐδη. οι μεγάλες συγκολλημένες πλάκες παραμένουν υπό συμπίεση (4-5Kp/cm²) για 1-2 ώρες μέχρι την πλήρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας. στη συνέχεια από τις πλάκες αποχωρίζονται με πρίση (με πολυπρίονες ή ταινιοπρίονες) πήχεις (λωρίδες) πάχους 10-36mm οι οποίοι ξηραίνονται σε ξηραντήριο (χαμηλής θερμοκρασίας ~50 °C) μέχρι να αποκτήσουν υγρασία 7%. ακολουθεί κατεργασία των πήξεων σε πλανιστικά ή λειαντικά μηχανήματα και στη συνέχεια συγκολλούνται πλευρικά μεταξύ τους σχηματίζοντας έτσι τη μεσαία στρώση της πηχοπλάκας (Σχήμα). επειδή οι ετήσιοι δακτύλιοι των ξυλοφύλλων έχουν κατακόρυφη θέση δηλ. είναι τοποθετημένοι κάθετα προς το επίπεδο της μεσαίας στρώσης η πηχοπλάκα του τύπου αυτού έχει πολύ καλή διαστασιακή σταθερότητα, καλή ποιότητα επιφανειακών στρώσεων και πολύ καλή αντοχή σε συμπίεση. τα μειονεκτήματα της είναι ότι απαιτείται πολυδάπανος τεχνικός εξοπλισμός για την παραγωγή και επίσης καλής ποιότητας κορμοτεμάχια για την παραγωγή των ξυλοφύλλων. Η ποσοτική απόδοση ενός κορμοτεμαχίου για την παραγωγή μεσαίας στρώσης από συγκολλημένα ξυλόφυλλα ανέρχεται σε 50% και η αποδοτικότητα της εργασίας σε 9-11 ώρες ανά m³.

Για την κατασκευή μεσαίας στρώσης από πήχεις (λωρίδες) συμπαγούς ξύλου εφαρμόζεται συνήθως η ακόλουθος τεχνική: Από πριστοτεμάχια πάχους από 24 έως 30 mm (υγρασία περίπου 7%) παράγονται με πολυδισκοπρίονες πήχεις συμπαγούς ξύλου πάχους 10 έως 30mm και πλάτους όσο το πάχος των αρχικών πριστοτεμαχίων. οι πήχεις αυτοί αφού απαλλαγούν από τυχόν φυσικά ελαττώματα του ξύλου π.χ. ρόζοι, λειψάδες κ.ά. με δισκοπρίονες εγκάρσιας τομής και αποκτούν στη συνέχεια ομοιόμορφο πάχος (κατεργασία σε πλανιστικά ή μηχανήματα λειάνσεως) συγκολλούνται πλευρικά με θερμοπλαστική συγκολλητική ουσία (συνήθως PVC) σχηματίζοντας έτσι την επιθυμητή μεσαία στρώση. αντί της συγκόλλησης η συγκράτηση των πήξεων στη μεσαία στρώση μπορεί να γίνει με κατάλληλη

στερέωση με νήματα τα οποία τοποθετούνται σε εγκοπές που διανοίγονται με δισκοπρίονες (Σχήμα) ή με μεταλλικές ταινίες (τοποθέτηση στις εγκάρσιες διατομές των πήχων). Όπως είναι ευνόητο η ποιότητα της μεσαίας στρώσης εξαρτάται από την ορθή ξήρανση των πήχων πρό της συναρμολόγησή τους, και από την ύπαρξη σφαλμάτων στους πήχεις (φυσικά ελαττώματα ξύλου ή και σφάλματα κατεργασίας). Γενικώς ισχύει ότι όσο μικρότερο το πλάτος των πήχων τόσο καλύτερα εξισορροπούνται οι δυνάμεις ρίκνωσης και διόγκωσης που αναπτύσσονται στη μεσαία στρώση. Ιδιαίτερο ρόλο στην καλή διαστασιακή σταθερότητα της μεσαίας στρώσης παίζει η τοποθέτηση των πήχων έτσι ώστε οι ετήσιοι δακτύλιοι τους να έχουν ομοιόμορφη εμφάνιση· π.χ. πήχεις με ευρείς δακτυλίους δεν πρέπει να συγκολλούνται με πήχεις στενών δακτυλίων διότι τότε αναπτύσσονται διαφορετικές δυνάμεις ρικνώσεως και διογκώσεως οι οποίες προκαλούν κυματοειδείς επιφάνειες στις εξωτερικές στρώσεις των πηχοπλακών. Η ποσοτική απόδοση πριστοτεμαχίων συμπαγούς ξύλου στην παραγωγή της παραπάνω περιγραφείσης μεσαίας στρώσης ανέρχεται σε 75% και η αποδοτικότητα εργασίας σε 8 ώρες ανά m^3 .



Σχηματική παράσταση της τεχνικής παραγωγής πηχοπλακών με μεσαία στρώση από συγκολλημένα ξυλόφυλλα α). τοποθέτηση ξυλοφύλλων του ενός επάνω στο άλλο υπό μορφή στοιβάδας αφού προηγήθηκε η επάλειψη και των δύο επιφανειών τους με συγκολλητική ουσία, b) συμπίεση της στοιβάδας ξυλοφύλλων, c) αποχωρισμός λωρίδων από τη στοιβάδα των συγκολλημένων ξυλοφύλλων με πρίση, d) συγκόλληση των λωρίδων μεταξύ τους προς κατασκευή της μεσαίας στρώσης, e) επικάλυψη της μεσαίας στρώσης με ξυλόφυλλα (1).



Συγκράτηση - στερέωση των πήχων συμπαγούς ξύλου της μεσαίας στρώσης πηχοπλάκων με νήματα. 1. τρία νήματα άνω και 2. δύο νήματα κάτω από τη μεσαία στρώση, 3. δισκοπρίονες χάραξης εγκοπής όπου προσαρμίζονται τα νήματα.

Μετά την παραγωγή ακολουθεί η λείανση της μεσαίας στρώσης ώστε να αποκτήσει ομοιόμορφο πάχος και στη συνέχεια επικαλύπτεται άνω και κάτω με ξυλόφυλλα αφού προηγηθεί η επάλειψή τους με τη συγκολλητική ουσία. Εφ' όσον πρόκειται για πηχοπλάκα με τρεις στρώσεις τα ξυλόφυλλα των επιφανειακών στρώσεων τοποθετούνται με τις ίνες τους κάθετα προς τις ίνες του ξύλου της μεσαίας στρώσης · εάν η πηχοπλάκα φέρει 5 στρώσεις δηλ. κάθε επιφανειακή στρώση αποτελείται από δύο ξυλόφυλλα τότε το εξωτερικό ξυλόφυλλο (διακοσμητικό) τοποθετείται με τις ίνες του παράλληλα με τις ίνες της μεσαίας στρώσης (Σχήμα). Η υγρασία τόσο της μεσαίας στρώσης όσο και των ξυλοφύλλων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 7% ενώ η περιεκτικότητα της συγκολλητικής ουσίας σε νερό πρέπει να είναι <55%. Η συγκόλληση των στρώσεων της πηχοπλάκας γίνεται με συμπίεση σε θερμές πρέσες θερμοκρασίας 75-100 °C (περίπτωση ουρίας-φορμαλδεΐδης) με πίεση της οποίας το ύψος ανάλογα με την πυκνότητα του ξύλου κυμαίνεται από 6-12 Kp/cm².

4.3. Ιδιότητες και χρήσεις

Οι ιδιότητες και γενικότερα η ποιότητα των πηχοπλάκων εξαρτάται κυρίως από τη δομή της μεσαίας στρώσης. Εάν π.χ. οι πήχεις (λωρίδες) του συμπαγούς ξύλου που δομούν τη μεσαία στρώση έχουν τους ετήσιους δακτυλίους σε διαφορετικές κατευθύνσεις τότε οι τάσεις που δημιουργούνται από την ανομοιόμορφη ρίκνωση των γειτονικών πήχων είναι δυνατόν να προκαλέσουν στα ξυλόφυλλα των εξωτερικών στρώσεων κυματοειδείς επιφάνειες. Οι τάσεις αυτές που αναπτύσσονται στη μεσαία στρώση είναι τόσο ισχυρότερες όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος των πήχων τους· για το λόγο αυτό η εμφάνιση του παραπάνω σφάλμα-

τος είναι σχεδόν ανύπαρκτος στα προϊόντα εκείνα των οποίων η μεσαία στρώση είναι κατασκευασμένη από λωρίδες συγκολλημένων ξυλοφύλλων μικρού πλάτους 5 έως 8mm . Γενικώς ισχύει ότι όσο μικρότερο είναι το πλάτος των πηχέων της μεσαίας στρώσης τόσο καλύτερη είναι η διαστασιακή σταθερότητα του προϊόντος.

Επί πλέον ορισμένα ελαττώματα των ξυλοφύλλων των επιφανειακών στρώσεων π.χ. στρεψοϊνία είναι δυνατόν να προκαλέσουν στρεβλώσεις στο προϊόν.

Οι πηχοπλάκες έχουν καλύτερη ισοτροπία ιδιοτήτωνσε σύγκριση με το συμπαγές ξύλο, είναι σχετικώς ελαφρά προϊόντα τα οποία μπορεί να παραχθούν σε μεγάλες διαστάσεις (μήκουςX πλάτους). Η κατεργασία τους με κοπτικά μηχανήματα (πριόνια, πλάνες, τρυπάνια, φρέζες) δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα όπως και η ικανότητά τους προς συγκόλληση. Λόγω δομής τα προϊόντα εμφανίζουν υψηλή αντοχή σε στατική κάμψη (μέτρο θραύσεως από 35 έως 55 N/mm² και μέτρο ελαστικότητας από 3000 έως 6500 N/mm²).

Ανάλογα με το είδος συγκολλήσεως (ανθεκτική ή όχι σε συνθήκες υψηλής υγρασίας) και την ποιότητά τους τα προϊόντα χρησιμοποιούνται ως υλικά σε διάφορες κατασκευές όπως είναι: για πόρτες, κατασκευές εντοιχισμένων επίπλων επενδύσεις οροφών και τοίχων, επίπλα γραφείων· ιδιαίτερα όμως προτιμούνται ως ράφια (μεγάλη αντοχή σε στατική κάμψη)· επίσης για κιβώτια συσκευασίας αντικειμένων μεγάλου βάρους, στην κατασκευή επίπλων πλοίων (εσωτερικοί χώροι) κ.ά.

Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv 1964. Einführung in die Holztechnik. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Autorenkollektiv 1975. Werkstoffe aus Holz. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Boehme, C. 1982. Der Einfluss verfahrenstechnischer Parameter auf die Formbeständigkeit von Buchenfurnierplatten. Teil 1. Aufgabenstellung Planung und Durchführung der Versuche - Teilergebnisse. Holz Roh-Werkstoff: 89-100.
- Cammerer, W. 1970. Wärmeleitfähigkeit und Diffusionswiderstand von Holzwerkstoffen. Holz Roh-Werkstoff: 420-423.
- Dietz, P., P. Efthymiou, P. Keller, B. 1976. Furnierplatten aus geringerer Qualität. Feasibility-Studie. Freiburg.
- Dunky, M., Eissfeldt, D., Henke, H., Müller, E., Munk, E., Nicolay, A. 1988. Duroplastische Leime und Holzwerkstoffe. In Becker Braun. Kunststoff-Handbuch Band 10: Duroplaste. Carl Hanser Verlag München.
- FAO 1976, 1986, 1989. Yearbooks of forest Products 1963-1974, 1974-1985, 1978-1988. Food and agriculture organization of the united Nations. Rome.
- Frühwald, A. 1986. Verfahrenstechnik II in der Holzindustrie. Manuskript für Vorlesungen. Universität Hamburg (Reinbeck).
- Gressel, P. 1977. Eigenschaften von Holzwerkstoffen für das Bauwesen. Holz-Zentralblatt Nr. 129:1961-1963.
- Jung, J. 1982. Properties of parallel-laminated veneer from stress-wave tested veneers. Forest Products Journal No 7:30-35.
- Koch, P. 1973. Structural lumber laminated from 1/4 inch rotary-peeled southern pine veneer. Forest Products Journal No 7:17-25.
- Kollmann, F. 1962. Furniere, Lagenhölzern und Tischlerplatten. Springer Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Kollmann, F., Kuenzi, E., Stamm, A. 1975. Principles of wood science and technology. II Wood based Materials. Springer Verlag. New York/Heidelberg/Berlin.
- Laufenberg, T. 1983. Parallel-laminated veneer: processing and performance research review. Forest Products Journal No 9:21-28.

- Noack, D., Schwab, E. 1986. Holzwerkstoffe im Bauwesen in Holzbau-Taschenbuch. Band 1. Grundlagen, Entwurf, und Konstruktionen. Ernst & Sohn Verlag
- Paulitsch, M. 1989. Moderne Holzwerkstoffe. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. New York.
- Plywood its manufacture and uses. Metric. Timber research and development association. 1972.
- Rotto 1972. Holzwerkstoffe I. Lagenholz und Verbundplatten Wegra-Verlags-gesellschaft mbH. Stuttgart.
- Schniewind, A. 1989. Concise encyclopedia of wood & wood-based materials. Pergamon Press. Oxford, New-York.
- Seifert, J. 1972. Einflüsse auf das Sorptionsverhalten der Holzwerkstoffen. Holz-Roh-Werkstoff: 99-111.
- Sellers, T. 1985. Plywood and adhesive technology. Marcel Dekker Inc.
- Stegmann, G. 1977. Einheimische und Import- Furnierplatten Teil 1. Vergleich der technologischen Eigenschaften. Holz - und Kunststoffverarbeitung Nr. 4: 256-262.
- Τσουμής, Γ. 1986. Επιστήμη και Τεχνολογία του ξύλου. Τόμος Β. Βιομηχανική αξιοποίηση. Θεσσαλονίκη.
- Wood Handbook. Wood as an engineering material. 1987. United States Department of Agriculture. Forest service. Agriculture Handbook 72.

Ε. ΙΝΟΠΛΑΚΕΣ

1. Γενικά - Ορισμοί

Οι Ινοπλάκες είναι προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας τα οποία παράγονται από λιγνινοκυτταρινικές ίνες ή συσσωματώματα ινών με υγρή ή ξηρή στραμάτωση και στη συνέχεια ξήρανση ή συμπίεση σε θερμή πρέσσα. Η προσθήκη ή όχι συγκολλητικών ουσιών και άλλων πρόσθετων ουσιών επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό της ιδιότητες των ινοπλακών. Κατά την υγρή στραμάτωση (υγρή μέθοδος παραγωγής) το μέσο μεταφοράς και στραμάτωσης των ινοπλακών είναι το νερό ενώ κατά την ξηρή στραμάτωση (ξηρή μέθοδος) ο αέρας.

Με βάση την πυκνότητα διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι ινοπλακών:

- Ινοπλάκες μικρής πυκνότητας ή μονωτικές Ινοπλάκες (πυκνότητα μέχρι $0,40 \text{ g/cm}^3$), παράγονται με υγρή στραμάτωση και στη συνέχεια ξήρανση (μη συμπίεση) των στραματωμένων ινών και χρησιμοποιούνται για μονωτικούς σκοπούς.

- Ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (medium density fiberboard).

Διακρίνονται δύο κατηγορίες:

α) Παραγωγή με υγρή στραμάτωση και θερμή συμπίεση, προσθήκη 1-3% συγκολλητικής ουσίας, πυκνότητα $0,40-0,80 \text{ g/cm}^3$, πάχος 6-15 mm, χρησιμοποίηση ως δομικού υλικού.

β) Παραγωγή με ξηρή στραμάτωση και θερμή συμπίεση, προσθήκη 8-11% συγκολλητικής ουσίας, πυκνότητα $0,60-0,85 \text{ g/cm}^3$, πάχος 6-19 mm, χρησιμοποίηση κυρίως στην επιπλαστοποιία.

- Ινοπλάκες μεγάλης ($0,80-1,00 \text{ g/cm}^3$) και πολύ μεγάλης πυκνότητας ($1,00-1,20 \text{ g/cm}^3$) παράγονται με υγρή ή ξηρή στραμάτωση και θερμή συμπίεση και χρησιμοποιούνται για ειδικές κατασκευές.

Ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειάς τους οι ινοπλάκες διακρίνονται:

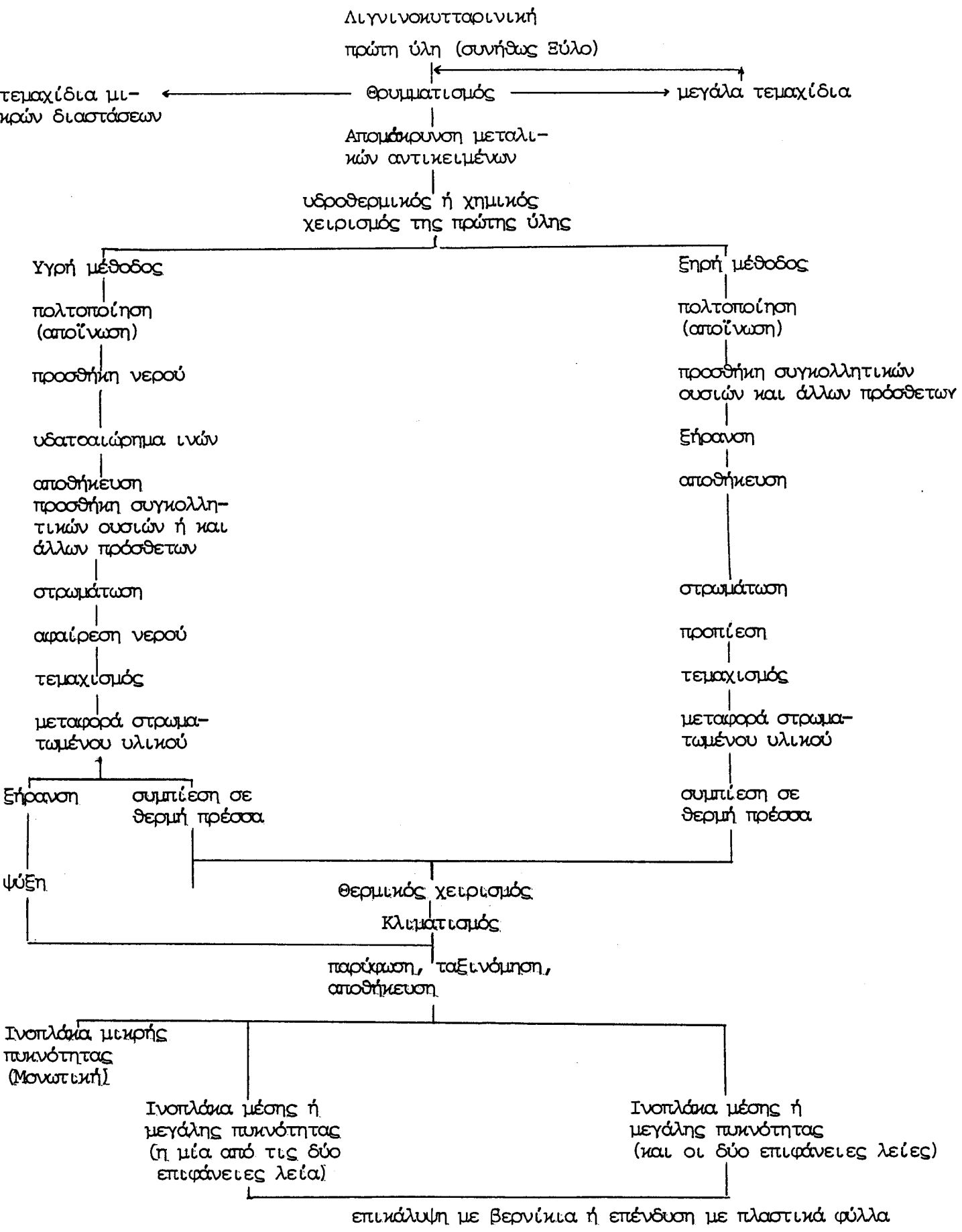
- ινοπλάκες μη επενδυμένες, με μια ή και τις δύο επιφάνειες λείες

- ινοπλάκες επενδυμένες με ξυλόφυλλα, πλαστικά φύλλα ή επικαλυμμένες με κατάλληλα βερνίκια

- ινοπλάκες εμπαιτισμένες με άσφαλτο.

Η βιομηχανική παραγωγή Ινοπλακών άρχισε περί το 1900, όμως σημαντική ώθηση στην ανάπτυξή της έδωσε η εφεύρεση της θερμής πρέσας (1920), η μέθοδος πολτοποίηση του ξύλου με εκτόνωση (Mason 1926) και η πολτοποίηση του ξύλου σε δισκοτριβείς μετά από άτμισή του (Asplund 1931).

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1 ενώ την τελευταία 15ετία παρατηρείται μια στασιμότητα στην παραγωγή μονωτικών ινοπλακών χαρακτηριστική είναι η σημαντική αύξηση της παραγωγής της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας (ξηρή στραμάτωση με αέρα).



Σχήμα 1. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής ινοπλανίων διαφόρων τύπων με την υγρή ή και Ξηρή μέθοδο

Πίνακας 1. Παγκόσμια παραγωγή ινοπλακών (σε 1000 m³)

	1960	1970	1980	1990	2000	2004
Μέσης και μεγάλης πυκνότητας (υγρή στρωμάτωση)	2929,4	5995,7	8497	8715	9237,0	6450,0
Μικρής πυκνότητας Μονωτικές ινοπλάκες	1745,0	8026,1	7404,0	7424,6	5730,9	6560,2
Μέσης πυκνότητας MDF (ξηρή στρωμάτωση)	-	87	1362	4075	18746,4	38061,0

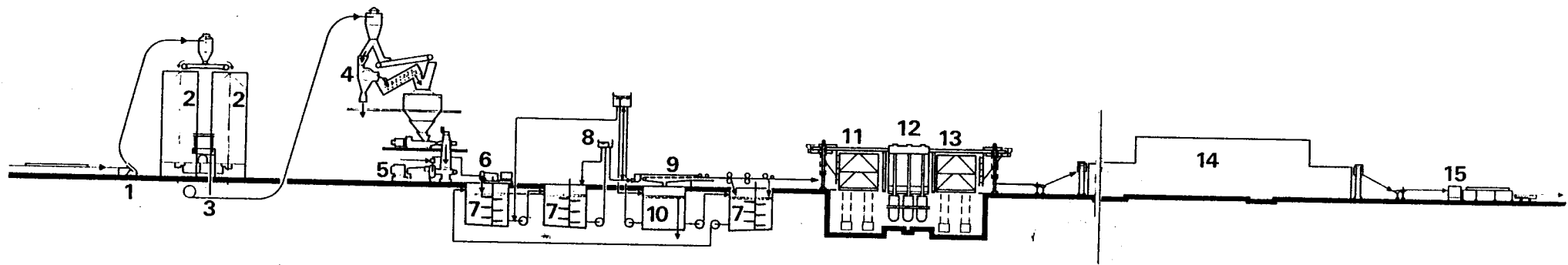
Στο Σχήμα 1 δείχνονται οι τεχνολογικές φάσεις παραγωγής των ινοπλακών με την υγρή και ξηρή μέθοδο.

2. Παραγωγή – Ιδιότητες ινοπλακών υγρής στρωμάτωσης

Η υγρή στρωμάτωση είναι η κλασική μέθοδος στρωμάτωσης μικρής (μονωτικές) και μεγάλης πυκνότητας ινοπλακών ενώ για τις ινοπλάκες μέσης πυκνότητας προτιμάται σήμερα η ξηρή στρωμάτωση. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά οι τεχνολογικές φάσεις παραγωγής ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας με την υγρή μέθοδο.

2.1. Πρώτες ύλες

Ως βασική πρώτη ύλη είναι κατάλληλη κάθε λιγνινοκυτταρινικής φύσεως ύλη η οποία αποτελείται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη εφόσον κατά την πολτοποίηση αποδίδει σε μεγάλο ποσοστό τεχνικά αξιοποιήσιμες ίνες. Σαν κύρια λοιπόν πρώτη ύλη χρησιμοποιείται ξύλο κωνοφόρων ή πλατυφύλλων δασοπονικών ειδών είτε υπό μορφή στρογγύλης ξυλείας μικρών διαστάσεων είτε υπό μορφή υπολειμμάτων που προκύπτουν κατά την παραγωγή άλλων προϊόντων ξύλου όπως είναι η πριστή ξυλεία, τα ξυλόφυλλα κ.ά. Εκτός όμως από το ξύλο των δασοπονικών ειδών σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ξυλώδη στελέχη διαφόρων γεωργικών φυτών όπως είναι το λινάρι, το ζαχαροκάλαμο, η κάνναβις, το άχυρο κ.ά. Για την ποιότητα του τελικού προϊόντος σπουδαία σημασία έχουν οι εξής παράγοντες: Γεωμετρικό σχήμα των ινών, μέγεθος και κατάσταση της επιφάνειας των ινών μετά την πολτοποίηση και η χημική σύσταση των ινών· ειδικότερα το μήκος, η διάμετρος, η κατάσταση της επιφάνειας των ινών και το πάχος των κυτταρικών τοιχωμάτων καθορίζουν το βαθμό συμπίεσης των ινών και τελικά τις μηχανικές τους ιδιότητες. Επίσης η μηχανική αντοχή, η ελαστικότητα και η διόγκωση (σε νερό) των ινών επηρεάζουν ιδιαίτερα σημαντικά τις ιδιότητες των ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας. Για την παραγωγή ινοπλακών με υγρή στρωμάτωση καταλληλότερο είναι το ξύλο κωνοφόρων επειδή περιέχει ίνες με ευνοϊκό βαθμό λεπτομορφίας και μικρό αριθμό παρεγχυματικών κυττάρων.



Σχήμα 2. Παραγωγή ινοπλωτών μεγάλης πυκνότητας (σιληρών)

1. σπαστήρας, 2. αποθήκες Ξυλοτεμαχιδίων, 3. ταξινόηση Ξυλοτεμαχιδίων και επαναθρυμματισμός, 4. καθαρισμός Ξυλοτεμαχιδίων με πλύση, 5. δισκοτριβέας (πολτοποιητής), 6. εξευγενιστής πολτού, 7. δεξαμενές υδατοαιωρήματος ινών, 8. ρυθμιστής ποσότητας πολτού, 9. μηχανή στρωματώσεως ινών, 10. απομάκρυνση νερού από το υδατοαιώρημα ινών, 11. μεταφορέας στρωματωμένων πλωτών στην πρέσσα, 12. πρέσσα, 13. εκθροιστής ινοπλωτών από την πρέσσα, 14. θερμικός χειρισμός - Κλιματισμός, 15. κοπή πλωτών σε κατάλληλες διαστάσεις

Στη συγκόλληση των ικών, εκτός από την προσθήκη συγκολλητικών ουσιών, συνεισφέρουν και οι ημικυτταρίνες οι οποίες παράγονται κατά την υδροθερμική πολτοποίηση του ξύλου. Ακόμη πιστεύεται ότι ο υδροθερμικός χειρισμός που εφαρμόζεται κατά την αποϊκωση του ξύλου μεταβάλλει τη λιγνίνη σε ενώσεις συγγενείς προς την φαινόλη οι οποίες παίζουν επίσης ένα θετικό ρόλο στη συγκόλληση των ικών. Συνήθως όμως στην πράξη για την ενίσχυση των μηχανικών και υγροσκοπικών ιδιοτήτων των ινοπλακών προστίθεται σε μικρά ποσοστά από 0,5 μέχρι 3% (με βάση την ξηρή μάζα του ινοπολτού) συνθετική φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Για ινοπλάκες μέσης πυκνότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην επιπλοποιΐα είναι συνήθης η προσθήκη ουρίας-φορμαλδεΐδης. Ινοπλάκες που κατασκευάζονται χωρίς ή με πολύ μικρά ποσοστά συγκολλητικών ουσιών (μέχρι 1%) υποβάλλονται μετά την παραγωγή τους σε ειδικό θερμικό χειρισμό για ενίσχυση των ιδιοτήτων τους. Στον Πίνακα 2 δείχνεται η σύνθεση ενός τύπου φαινόλης-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιείται στη συγκόλληση μεγάλης πυκνότητας ινοπλακών. Η χρήση φυσικών συγκολλητικών ουσιών όπως του αμύλου ή του κολοφωνίου είναι σπάνια στην περίπτωση των ινοπλακών. Εκτός από τις συγκολλητικές ουσίες προστίθενται κατά την παραγωγή των ινοπλακών και διάφορες άλλες πρόσθετες ουσίες όπως είναι η παραφίνη, η άσφαλτος και ο κηρός για μείωση της υγροσκοπικότητας, επίσης αντιπυρικές ή και ουσίες για προστασία από μύκητες και έντομα.

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά φαινόλης-φορμαλδεΐδης για παραγωγή ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας (Dunky... Miller... Nicolay 1988)

Ξηρή μάζα (1 ώρα στους 135 °C)	(%)	43
Ποσοστό αλάλεως	(%)	6
Ιξώδες στους 20 °C	(mPa.s)	600
Ειδικό βάρος στους 20 °C	(g/cm ³)	1,22
Χρόνος πήξης στους 100 °C	(min)	30
Διάρκεια αποθήκευσης	(εβδομάδες)	3 μέχρι 4

2.2. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής

Στην πρώτη φάση η λιγνινοκυτταρινική πρώτη ύλη θρυμματίζεται με κατάλληλους σπαστήρες σε ξυλοτεμαχίδια. Η ποιότητα των ξυλοτεμαχιδίων εξαρτάται από τη διάμετρο και τον αριθμό στραφών του τυμπάνου όπου είναι στερεωμένα τα κοπτικά μέσα, από την άμβλυση των κοπτικών μέσων, από το δασπονικό είδος και την περιεχόμενη υγρασία του ξύλου. Τα μικρών διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια (<4,0 mm) απομακρύνονται για καύση προς παραγωγή ενέργειας ενώ τα πολύ μεγάλων διαστάσεων (>40 mm) επαναθρυμματίζονται. Διαστάσεις ξυλοτεμαχιδίων

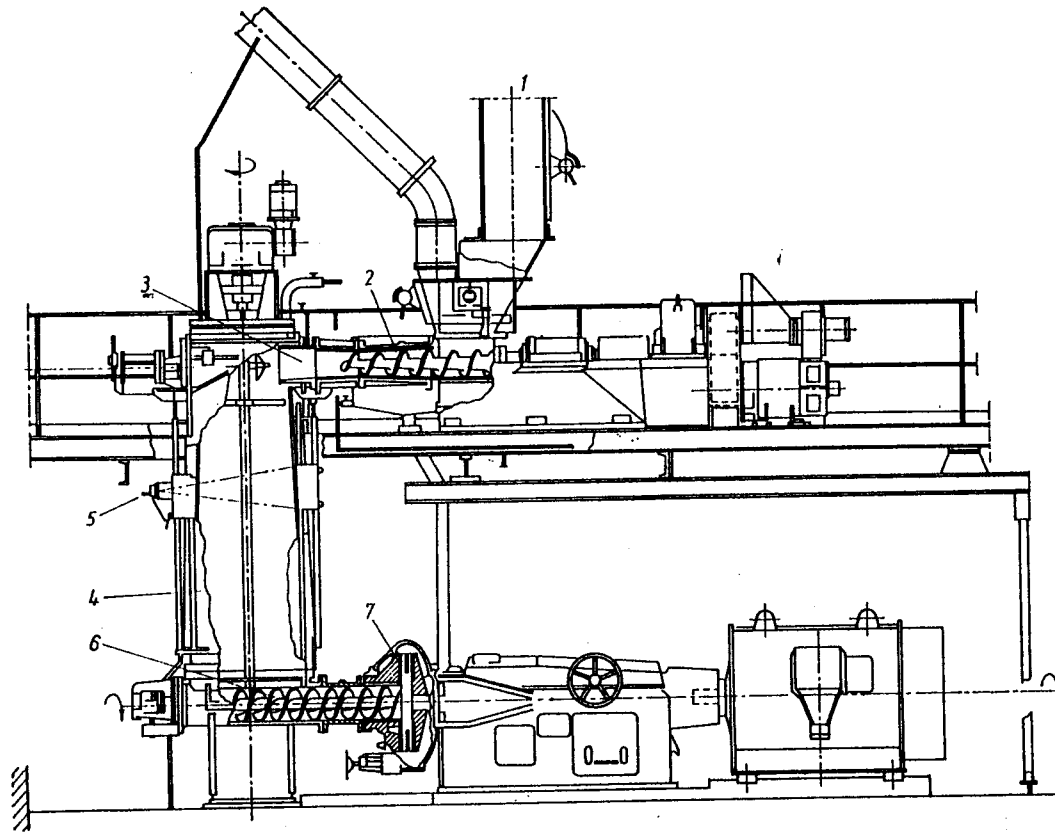
20... 25 mm x 5 mm θεωρούνται ευνοϊκές για την παραγωγή ινοπολτού. Στη συνέχεια τα κανονικών διαστάσεων Ξυλοτεμαχίδια εκπλύνονται με νερό για την απομάκρυνση τυχόν ξένων προσμίξεων ενώ τα μεταλλικά τεμαχίδια αποχωρίζονται με κατάλληλες μαγνητικές συσκευές. Κατόπιν τα Ξυλοτεμαχίδια αποθηκεύονται σε αποθηκευτικούς χώρους κατασκευασμένους από μέταλλα ή μπετόν.

Η δεύτερη κύρια φάση παραγωγής των ινοπλισμών περιλαμβάνει την παραγωγή ινοπολτού (μεμονωμένες ίνες και συσσωματώματα ινών). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι πολτοποίησης - παραγωγής ινών από το ξύλο.

Πίνακας 3. Κύριες μέθοδοι πολτοποίησης του ξύλου για παραγωγή ινοπολτού (Autorenkollektiv 1974)

Μέθοδος	Συνθήκες πολτοποίησης Ξυλοτεμαχιδίων	Αρχή λειτουργίας
Mason με εκτόνωση	α) άτμιση στους 210 °C επί 30... 40 sec με πίεση 20... 24 Kp/cm ²	Θερμομηχανική
	β) άτμιση στους 285 °C με πίεση 70 Kp/cm ²	
	γ) μείωση πίεσης-εκτόνωση	
Defibrator (Asplund) με δισκοτριβέα (περιστροφή ενός δίσκου ενώ ο δεύτερος παραμένει ακίνητος)	άτμιση στους 160... 185 °C με πίεση 6... 12 Kp/cm ²	Θερμομηχανική
Bauer με δισκοτριβέα (αντίθετα περιστρεφόμενοι και οι δύο δίσκοι του δισκοτριβέα)	άτμιση για 3... 10 min με πίεση 3... 8 Kp/cm ²	Θερμομηχανική

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3 και οι τρεις μέθοδοι πολτοποίησης προβλέπουν θερμικό χειρισμό των Ξυλοτεμαχιδίων με άτμιση· αυτό αποσκοπεί στην πλαστικοποίηση της μεσοκυττάριας στρώσης των ινών έτσι ώστε να διευκολυνθεί στη συνέχεια ο αποχωρισμός των ινών μεταξύ τους. Στην Ευρώπη η πολτοποίηση των Ξυλοτεμαχιδίων μετά τη σχετική άτμισή τους γίνεται συνήθως σε δισκοτριβείς με έναν ή δύο περιστρεφόμενους δίσκους (Σχήμα 3). Η αποτριβή επιτυγχάνεται με δίσκους οι οποίοι φέρουν τραχιές επιφάνειες. Στην περίπτωση αυτή οι κύριες τεχνολογικές παράμετροι οι οποίες επιδρούν στην ποιότητα του παραγόμενου ινοπολτού αλλά και στην κατανάλωση ενέργειας είναι οι εξής: διάρκεια, ύψος θερμοκρασίας και συμπίεσης κατά την άτμιση των Ξυλοτεμαχιδίων, ειδική πίεση αποϊκώσεως στους δίσκους των δισκοτριβέων, απόσταση μεταξύ των δίσκων (συνήθως 0,1... 0,4 mm), αριθμός στροφών και κατάσταση της επιφάνειας των δίσκων, δασπονικό είδος και περιεχόμενη υγρασία των Ξυλοτεμαχιδίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις για την παραγωγή ινών συγκεκριμένων διαστάσεων (βαθμού

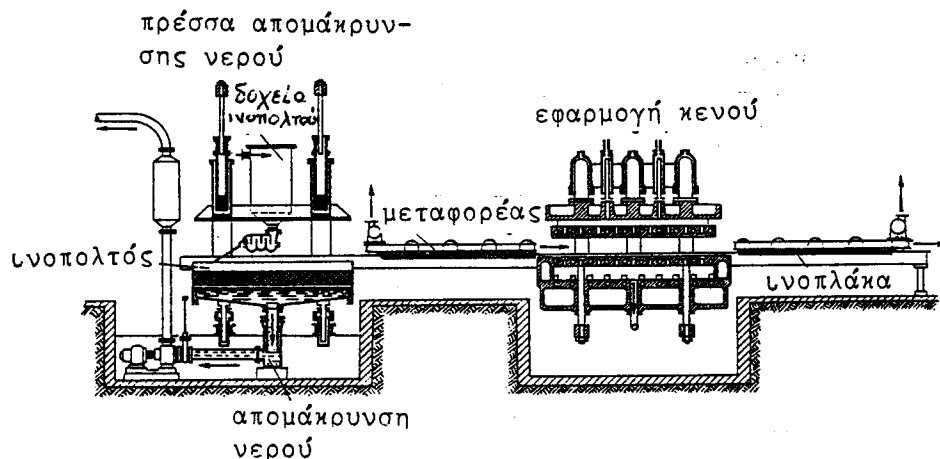


Σχήμα 3. Πολτοποιήση ξύλου με δισκοτριβέα (Μέθοδος Defibrator)

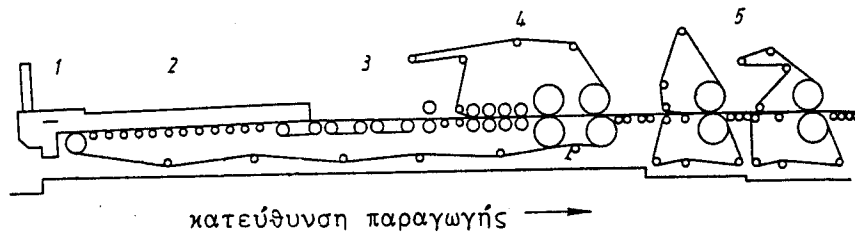
1. είσοδος ξυλοτεμαχιδίων, 2. κοχλίας πρoώθησης ξυλοτεμαχιδίων, 3. στόμιο εξόδου ξυλοτεμαχιδίων,
4. θερμικός χειρισμός ξυλοτεμαχιδίων, 5. ρυθμιστής στάθμης πληρώσεως, 6. κοχλίας μεταφοράς, 7.
δισκοτριβέας

πολτοποίησης ή αποΐνωσης) εφαρμόζεται εκτός από την κύρια πολτοποίηση και επαναπολτοποίηση. Στην επόμενη φάση παραγωγής ινοπλακών ο παραγόμενος ινοπολτός διχοθετείται σε δεξαμενές νερού για τη δημιουργία ενός υδατοαιώρηματος συνήθως 1-2 (%). Το νερό χρησιμεύει ως μεταφορικό αλλά και ως μέσο στραμμάτωσης των ικών. Εάν πρόκειται για παραγωγή ινοπλακών μικρής πυκνότητας (μονωτικές ινοπλάκες) στο υδατοαίωρημα των ικών προστίθενται υπό μορφή γαλακτωμάτων υδρόφοβες ουσίες συνήθως κολοφάνιο, παραφίνη ή άσφαλτος εφ'όσον οι μονωτικές ινοπλάκες θα χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες· οι υδρόφοβες ουσίες προστίθενται σε ποσοστό μέχρι 2% (με βάση την ξηρή μάζα των ικών). Εφ'όσον πρόκειται να παραχθούν ινοπλάκες μεγάλης πυκνότητας εκτός από τις υδρόφοβες ουσίες προστίθενται και συνθετικές συγκολλητικές ουσίες (συνήθως φαινόλη-φορμαλδεΰδη σε ποσοστά 1-3%) υπό μορφή υδατοδιαλύματος· η σταθεροποίηση της συγκολλητικής ουσίας (καθίζηση) στην επιφάνεια των ικών πετυχαίνεται με την προσθήκη όξιων αντιδραστηρίων (3,5% θειϊκού οξέως ή θειϊκού αργιλίου) σε pH 3,8-4,2.

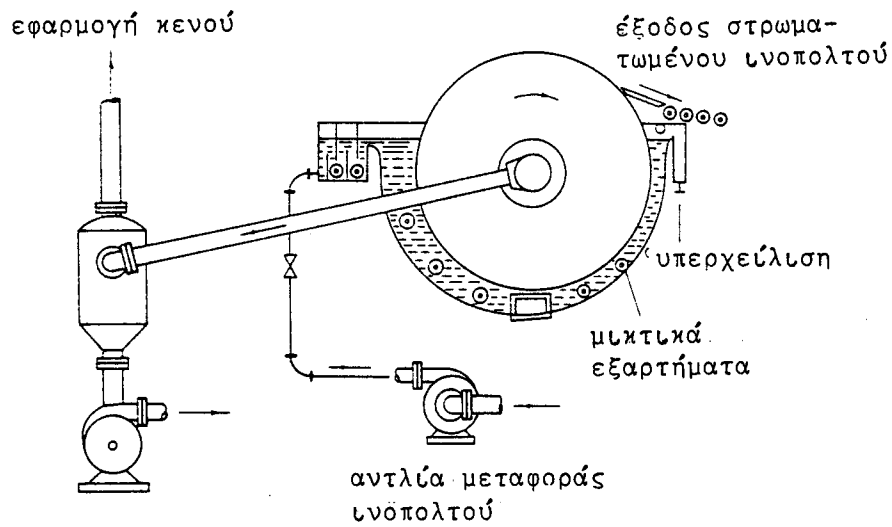
Η στραμμάτωση του ινοπολτού γίνεται επάνω σε δικτυωτά πλέγματα στα οποία με διάφορες τεχνικές απλώνεται το υδατοαίωρημα των ικών. Μία από αυτές που λειτουργεί ασυνεχώς προβλέπει στραμμάτωση ορισμένης ποσότητας ινοπολτού σε ορθογωνικά πλαίσια με πυθμένα δικτυωτό πλέγμα και στη συνέχεια περαιτέρω απομάκρυνση του νερού με εφαρμογή κενού (Σχήμα 4). Μία άλλη τεχνική που ομοιάζει με τη μέθοδο στραμμάτωσης του χαρτοπολτού (μηχανή Fourdrinier) έχει επίμηκη μορφή, λειτουργεί με συνεχή τρόπο και προβλέπει μετά τη στραμμάτωση του ινοπολτού επάνω σε δικτυωτό πλέγμα εφαρμογή κενού και κατόπιν συμπίεση για την απομάκρυνση του νερού (Σχήμα 5). Σύμφωνα με μία άλλη τεχνική η στραμμάτωση του ινοπολτού γίνεται στην επιφάνεια μεγάλου κυλινδρικού τύμπανου, η οποία καλύπτεται από δικτυωτό πλέγμα, καθώς το τύμπανο περιστρέφεται σε δεξαμενή με υδατοαίωρημα ικών (Σχήμα 6).



Σχήμα 4. Στραμμάτωση ινοπολτού με ορθογωνικά πλαίσια



Σχήμα 5. Στραωμάτωση ινοπολτού σε επιμήκη δικτυωτά πλαίσια με συνεχή ροή
1. παροχή ινοπολτού, 2. εξάπλωση ινοπολτού σε δικτυωτό επιμήκους μορφής,
3. απομάκρυνση νερού με κενό, 4. προπρέσσα, 5. πρέσσα

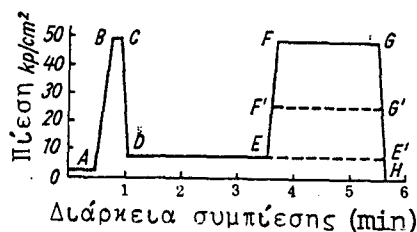


Σχήμα 6. Στραωμάτωση ινοπολτού με κυλινδρικό τύμπανο

Μετά τη στρωμάτωση του ινοπολτού εφ' όσον πρόκειται για παραγωγή μονοκτι-
κών ινοπλανιών το στρωματωμένο υλικό ξηραίνεται σε κατάλληλα ξηραντήρια (θερ-
μοκρασία: 150-170 °C) από μία υγρασία 100-120% σε 1-4%. Η διάρκεια της ξήραν-
σης κυμαίνεται από 2-4 ώρες.

Εφ' όσον πρόκειται να παραχθούν ινοπλάκες μεγάλης πυκνότητας εφαρμόζεται θερ-
μή συμπίεση σε κατάλληλες πολυόροφες πρέσσες οι οποίες είναι εφοδιασμένες με
δικτυωτό πλέγμα για την απομάκρυνση της περίσσειας νερού. Για ινοπλάκες μεγά-
λης πυκνότητας με τελικό πάχος 2,8-5,0 mm εφαρμόζεται συνήθως το διάγραμμα
πίεσης που δείχνεται στο Σχήμα 7. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό η θερμοκρασία
συμπίεσης είναι 180-200 °C, η διάρκεια συμπίεσης 2,0-3,5 min/mm πάχους ινο-
πλάκας και η μέγιστη πίεση 50 Kp/cm².

Η τελική φάση παραγωγής των ινοπλανιών με υγρή στρωμάτωση περιλαμβάνει το
θερμικό χειρισμό, τον εμποτισμό ή επάλειψή τους με έλαια, τον κλιματισμό και
την τελική παύωση. Ο θερμικός χειρισμός αποσκοπεί στη βελτίωση των ιδιο-
τήτων των ινοπλανιών και γίνεται σε ειδικούς θαλάμους όπου εφαρμόζονται συγκε-
κριμένες συνθήκες θερμοκρασίας (160-180 °C), ταχύτητας αέρος (6-7 m/sec) και
διάρκειας από 3 μέχρι 6 ώρες. Σε ινοπλάκες πολύ μεγάλης πυκνότητας συχνά
εφαρμόζεται εμποτισμός με ξηραίνόμενα έλαια (λινέλαιο, σογιέλαιο κ.ά.) και
στη συνέχεια θερμικός χειρισμός. Μετά τη συμπίεση στην πρέσσα ή τον οποιον-
δήποτε θερμικό χειρισμό που ακολουθεί, οι παραγόμενες ινοπλάκες έχουν μικρά
ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας (μέχρι 2%). Αυτό συνεπάγεται απότομη προσρόφηση
υγρασίας για την απόκτηση της υγρασίας ισορροπίας στο περιβάλλον όπου πρό-
κειται να χρησιμοποιηθούν τα προϊόντα. Επειδή η μία επιφάνεια των ινοπλανιών
υγρής στρωμάτωσης λόγω της αποτύπωσης του δικτυωτού πλέγματος έχει μικρότερη
πυκνότητα από την άλλη απορροφά γρήγορα και μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας πρόγ-
μα που οδηγεί σε στρεβλώσεις των πλακών. Για να αποφευχθεί αυτό οι ινοπλάκες
μετά την παραγωγή τους κλιματίζονται σε θαλάμους συνήθως θερμοκρασίας 50-60 °C
και υγρασίας 92-95% μέχρι να αποκτήσουν μία υγρασία ισορροπίας 4-10%. Μετά
το στάδιο αυτό γίνεται παύωση των ινοπλανιών στις τελικές διαστάσεις τους,
ταξινόμηση και αποθήκευση.



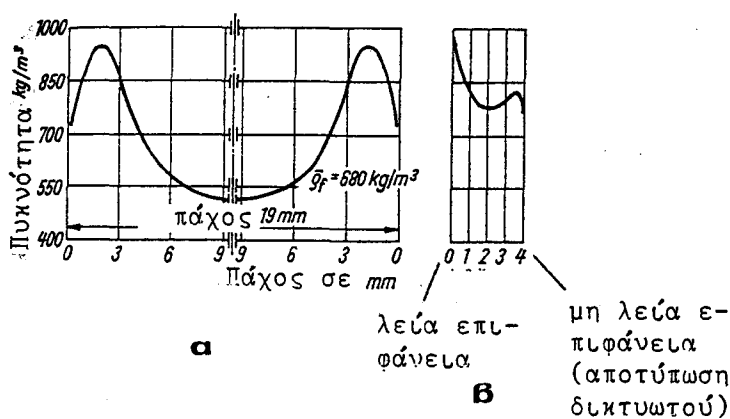
Σχήμα 7. Διάγραμμα θερμής συμπίεσης ινοπλανιών μεγάλης πυκνότητας OA. κλείσιμο
πρέσσας, AB. α' φάση ανύψωση πίεσης, BC διατήρηση μέγιστης πίεσης, CD.
μείωση πίεσης, DE. διατήρηση μειωμένης πίεσης, EF. β' φάση ανύψωση πί-
εσης, FG. διατήρηση μέγιστης πίεσης, GH. άνοιγμα πρέσσας

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού για παραγωγή ινοπλανιών με υγρή στρωμάτωση ανέρχεται σε 50-65 m³/τόννο ινοπλάνιας. Κατά την πολτοποίηση του ξύλου το νερό εμπλουτίζεται με σάκχαρα (προϊόντα υδρόλυσης του ξύλου) και άλλες ενώσεις. Με τον κατάλληλο καθαρισμό των απόνερων είτε από αιωρήματα ινών είτε από τα προϊόντα υδρόλυσης του ξύλου το νερό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην παραγωγή. Με τον τρόπο αυτό οι πραγματικές ανάγκες σε καθαρό νερό μπορούν να μειωθούν σε 5 m³/τόννο ινοπλάνιας. Συνήθως ο καθαρισμός των απόνερων γίνεται με συνδυασμό μηχανικών και βιολογικών χειρισμών.

2.3 Ιδιότητες

Η πυκνότητα επηρεάζει τις περισσότερες ιδιότητες των ινοπλανιών. Αποφασιστικά όμως επιδρούν στις ιδιότητες και οι διάφορες τεχνολογικές παράμετροι παραγωγής όπως είναι: ο βαθμός αποϊνώσης (πολτοποίησης), η τιμή pH του ινοπολτού, το είδος και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας και άλλων πρόσθετων ουσιών, οι συνθήκες συμπίεσης στην πρέσσα και οι συνθήκες του θερμικού χειρισμού με αέρα ή έλαια.

Το προφίλ πυκνότητας (πυκνότητας κατά μήκος της εγκάρσιας διατομής) των ινοπλανιών που παράγονται με υγρή στρωμάτωση παρουσιάζει ασυμμετρία σε σύγκριση με το αντίστοιχο ινοπλανιών που παράγονται με ξηρή στρωμάτωση. Έτσι όπως δείχνεται στο Σχήμα 8 η επιφανειακή στρώση της ινοπλάνιας που βρίσκεται σε επαφή με το δικτυωτό πλέγμα έχει σημαντικά μικρότερη πυκνότητα απ'ότι η λεία επιφάνειά της.

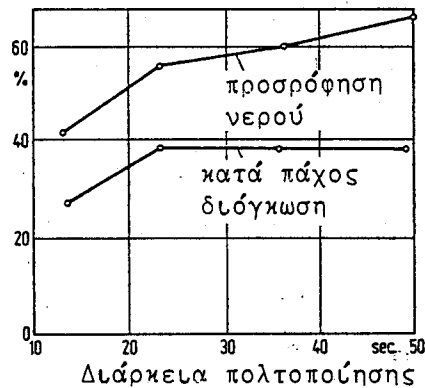


Σχήμα 8. Προφίλ πυκνότητας εγκάρσιας διατομής α. ινοπλάνιας μέσης πυκνότητας (ξηρή στρωμάτωση), β. ινοπλάνιας μεγάλης πυκνότητας (υγρή στρωμάτωση)

2.3.1 Υγροσκοπικές ιδιότητες

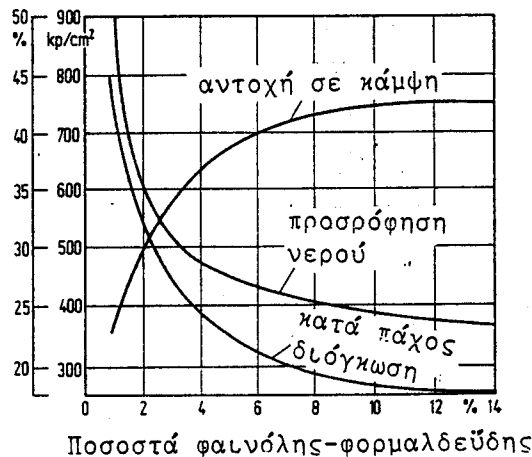
Οι υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλακών (προσρόφηση και διόγκωση) επηρεάζονται από μία σειρά τεχνολογικών παραμέτρων όπως είναι :

1. Ο βαθμός αποϊνώσεως (πολτοποίησης) των ινών. Όσο μεγαλύτερος ο βαθμός αποϊνώσεως δηλ. η διάρκεια κατεργασίας κατά την πολτοποίηση τόσο περισσότερο αποικοδομείται η λιγνίνη της μεσοκυττάριας στρώσης με αποτέλεσμα η πρόσβαση νερού (υγρασίας) στις υγροσκοπικές ημικυτταρίνες να είναι ευνοϊκότερη. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη υγροσκοπικότητα των ινοπλακών (Σχήμα 9).

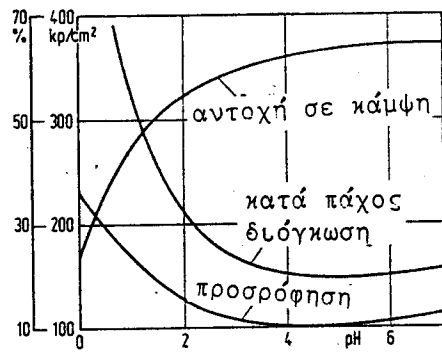


Σχήμα 9. Επίδραση του βαθμού πολτοποίησης (διάρκεια πολτοποίησης) στις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας

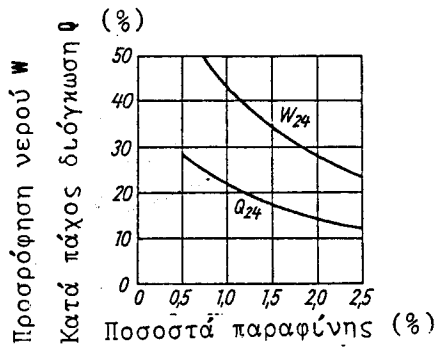
2. Το ποσοστό της προστιθέμενης συγκολλητικής ουσίας (συνήθως φαινόλης-φορμαλδεΰδης) και το pH του διαλύματος επηρεάζει τόσο τις υγροσκοπικές όσο και τις μηχανικές ιδιότητες των ινοπλακών (Σχήμα 10 και 11). Όπως είναι ευνόητο οι υγροσκοπικές ιδιότητες επηρεάζονται και από το ποσοστό της προστιθέμενης υδρόφοβης ουσίας (Σχήμα 12).



Σχήμα 10. Επίδραση της προστιθέμενης ποσότητας φαινόλης-φορμαλδεΰδης στην αντοχή σε κάμψη και τις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλακών

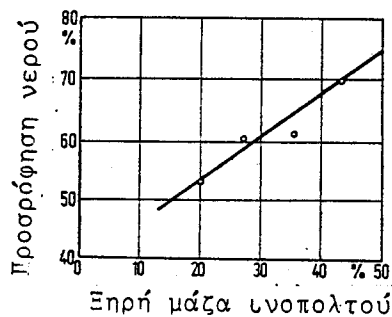


Σχήμα 11. Επίδραση του pH στην αντοχή σε κάμψη και τις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλαιών



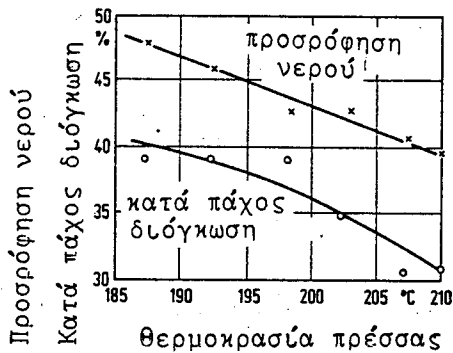
Σχήμα 12. Επίδραση του ποσοστού της προστιθέμενης παραφίνης στις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλαιών

3. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό της ξηρής μάζας των ινών του στραμματωμένου υλικού προ της συμπίεσης στην πρέσσα τόσο μεγαλύτερη είναι η προσρόφηση νερού (Σχήμα 13).

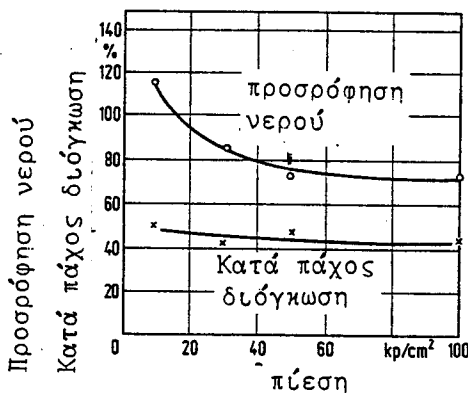


Σχήμα 13. Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού του στραμματωμένου υλικού σε ξηρή μάζα ινών προ της θερμής συμπίεσης στην προσρόφηση νερού

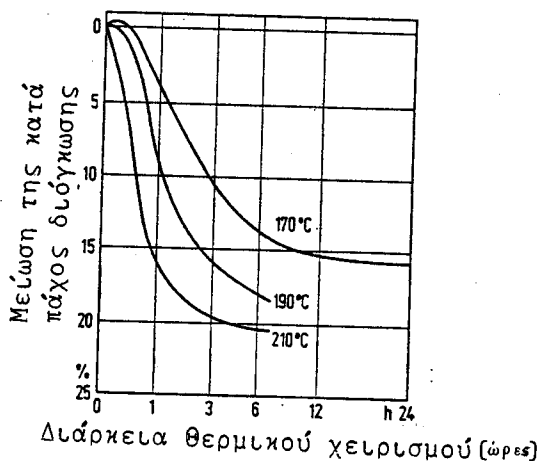
4. Οι συνθήκες συμπίεσης στην πρέσσα και κυρίως το ύψος θερμοκρασίας και πίεσης (Σχήμα 14 και 15).
5. Οι συνθήκες του θερμικού χειρισμού του έτοιμου προϊόντος και κυρίως το ύψος της θερμοκρασίας και η διάρκεια του χειρισμού επηρεάζουν την κατά πάχος διόγκωση των ινοπλαιών (Σχήμα 16).



Σχήμα 14. Επίδραση του ύψους της θερμοκρασίας στις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλαιών



Σχήμα 15. Επίδραση του ύψους της πίεσης στις υγροσκοπικές ιδιότητες των ινοπλαιών



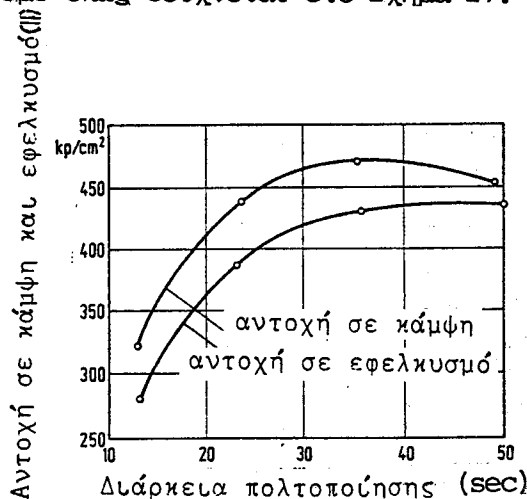
Σχήμα 16. Επίδραση της θερμοκρασίας και της διάρκειας του θερμικού χειρισμού στην κατά πάχος διόγκωση των ινοπλαιών

2.3.2 Μηχανικές ιδιότητες

Οι συνήθεις μηχανικές ιδιότητες που εξετάζονται κατά τον ποιοτικό έλεγχο των ινοπλανών είναι: αντοχή και όριο ελαστικότητας σε κάμψη, εφελκυσμός παράλληλα και κάθετα στο επίπεδο της πλάνας, και αντοχή σε συμπίεση. Γενικά οι μηχανικές ιδιότητες των ινοπλανών βελτιώνονται όσο μικρότερο είναι το ειδικό βάρος της λιγνινοκυτταρινικής ύλης από την οποία προέρχονται οι ίνες επειδή αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο βαθμό συμπίεσης δηλ. καλύτερη επαφή των ινών μεταξύ τους. Οι μηχανικές ιδιότητες μειώνονται όσο αυξάνεται η ποσοστιαία αναλογία της πρώτης ύλης σε φλοιό ή πριονίδι λόγω της διαφορετικής ανατομίας και κυρίως του μικρού μήκους ινών αυτών των ειδών πρώτης ύλης.

Οι μηχανικές ιδιότητες επηρεάζονται από τις ίδιες τεχνολογικές παραμέτρους που αναφέρθηκαν για τις υγροσκοπικές ιδιότητες και ειδικότερα:

1. Ο βαθμός αποΐνωσης (διάρκεια πολτοποίησης) επηρεάζει την αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό όπως δείχνεται στο Σχήμα 17.

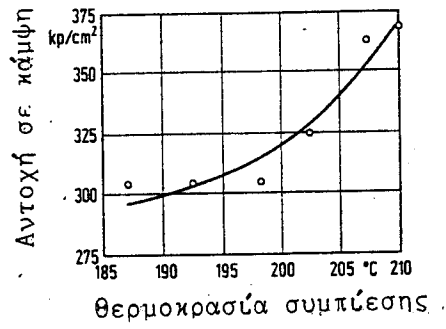


Σχήμα 17. Επίδραση του βαθμού πολτοποίησης (διάρκεια πολτοποίησης) στις μηχανικές ιδιότητες των ινοπλανών

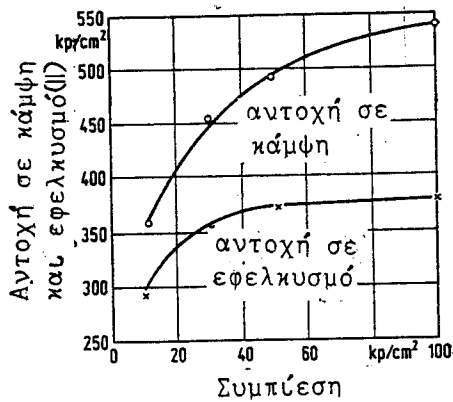
2. Το pH του ινοπολτού και το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας επίσης επηρεάζουν την αντοχή σε κάμψη (Σχήμα 10 και 11).
3. Ορισμένες μηχανικές ιδιότητες όπως η αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό επηρεάζονται και από τις συνθήκες συμπίεσης στη θερμή πρέσσα (Σχήμα 18 και 19).
4. Επίσης οι συνθήκες θερμικού χειρισμού στο έτοιμο προϊόν επιδρούν στην αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό (Σχήμα 20).

2.3.4 Άλλες ιδιότητες

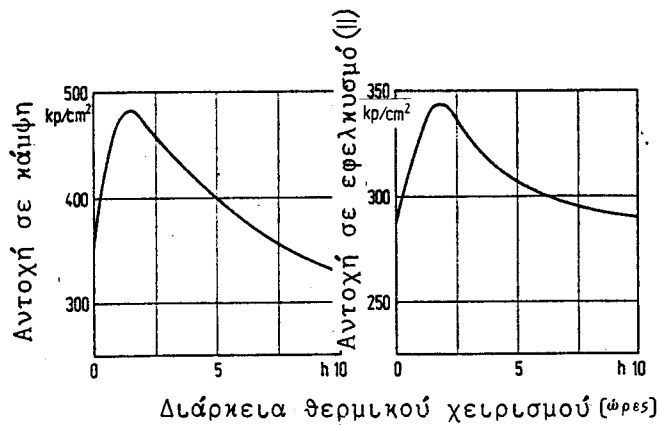
Στην περίπτωση των ινοπλανών μεγάλης πυκνότητας σημαντική ιδιότητα είναι ο βαθμός τραχύτητας της επιφάνειάς τους ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα



Σχήμα 18. Επίδραση του ύψους της θερμοκρασίας συμπίεσης στην αντοχή των ινοπλαιών σε κάμψη



Σχήμα 19. Επίδραση του ύψους συμπίεσης στην αντοχή των ινοπλαιών σε κάμψη και εφελκυσμό



Σχήμα 20. Επίδραση της διάρκειας του θερμικού χειρισμού στην αντοχή των ινοπλαιών σε κάμψη και εφελκυσμό

10 μm . Την ποιότητα της επιφάνειας των ινοπλανών καθορίζουν τυχόν υπάρχοντα ελαττώματα όπως είναι: χρωματικές διαφορές κατά θέσεις, φουσκώματα, χαραγές, συμπιεσμένες θέσεις κ.ά. Η σκληρότητα (μέθοδος Brinell) των πολύ μεγάλης και μεγάλης πυκνότητας ινοπλανών κυμαίνεται αντίστοιχα 15... 16 Kp/mm^2 και 8... 10 Kp/mm^2 . Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζεται κυρίως από την πυκνότητα, το πάχος και την υγρασία της ινοπλάνιας και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κυμαίνεται σε 0,05 $\text{Kcal}/\text{m h grad}$ για πορώδεις και 0,12 $\text{Kcal}/\text{m h grad}$ για μεγάλης πυκνότητας ινοπλάνιας. Οι ινοπλάνιας παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα έναντι αραιών ανόργανων και οργανικών οξέων, αλκοολών, ελαίων και αλκαλικών ενόσεων. Σε ειδικές περιπτώσεις χρήσεων οι ινοπλάνιας προστατεύονται με ειδικές μυκητοκτόνες και αντιπυρικές ουσίες.

Στους Πίνακες 4,5 και 6 παρουσιάζονται οι τιμές ιδιοτήτων ινοπλανών βιομηχανικής παραγωγής και οι οριακές επιτρεπτές τιμές σύμφωνα με τις σχετικές γερμανικές προδιαγραφές DIN.

Πίνακας 4. Οριακές επιτρεπτές τιμές ινοπλανών σύμφωνα με τις γερμανικές προδιαγραφές DIN 68750 και DIN 68754 T1

Ιδιότητες	Τύπος Ινοπλάνιας		
	μεγάλης πυκνότητας	μέσης πυκνότητας	μικρής πυκνότητας (Μονωτικές)
Πάχος (mm)	-	5-16	10-20
Υγρασία (%)	5+3	5+3	-
Αντοχή σε κάμψη (N/mm^2)	≥ 40	≥ 12	2,0 (πάχος μέχρι 10mm) 1,8 (πάχος > 10 έως 15mm) 1,5 (πάχος > 15mm)
Αντοχή σε εγνόσιο εφελκυσμό (N/mm^2)	0,7 (έως 4mm πάχος) 0,6 (> 4mm πάχος)	0,1	-
Προσρόρηση νερού (%)			
α) 2 ώρες	-	-	≤ 30
β) 24 ώρες	≤ 30	-	-
Κατά πάχος διάγνωση σε νερό (%)			
α) 2 ώρες	-	-	≤ 8
β) 24 ώρες	≤ 18	≤ 15	-

Πίνακας 5. Μέσες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων ινοπλανικών βιομηχανικής παραγωγής (Dunky... Miller... Nicolay 1988)

Ιδιότητες	Τύπος Ινοπλάνιας			
	πολύ μεγάλης πυκνότητας	μεγάλης πυκνότητας	μέσης πυκνότητας	μικρής πυκνότητας (Μονωτικές)
Πυκνότητα (g/cm^3)	1,00-1,20	0,85-1,00	0,40-0,80	0,23-0,40
Όριο ελαστικότητας σε κάμψη (N/mm^2)	5000-7000	2500-6000	1500-4500	150-600
Όριο ελαστικότητας σε παράλληλο προς το επίπεδο της πλάνιας εφελκυσμό (N/mm^2)	-	2000-5000	1000-2500	-
Εφελκυσμός παράλληλα στο επίπεδο της πλάνιας (N/mm^2)	25-50	20-40	10-20	1-3
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm^2)	1,0-2,5	0,7-1,2	0,2-0,5	-
Αντοχή σε συμπίεση (N/mm^2)	20-40	18-35	7,5	1-2
Θερμοαγωγιμότητα ($W/m.K$)	-	0,170	-	0,047-0,058
Ηχοαπορρόφηση (%) (Για συχνότητες 128-4096 Herz)	-	-	-	40-60 (για πάχος 45mm)

Πίνακας 6. Μέσες τιμές ιδιοτήτων ινοπλανικών βιομηχανικής παραγωγής (Lampert 1966)

Ιδιότητες	Τύπος Ινοπλάνιας		
	πολύ μεγάλης πυκνότητας	μεγάλης πυκνότητας	μικρής πυκνότητας (Μονωτικές)
Πάχος (mm)	3,2-6,0	3,15-3,22	6-20
Πυκνότητα (g/cm^3)	0,95-1,20	0,90-1,05	0,18-0,35
Αντοχή σε κάμψη (Kp/cm^2)	500-800	400-500	20-30
Αντοχή σε εφελκυσμό (Kp/cm^2)			
στο επίπεδο της πλάνιας	300-550	200-250	10-20
⊥ στο επίπεδο της πλάνιας	5-30	8-10	0,5-1,5
Αντοχή σε συμπίεση στο επίπεδο της πλάνιας (Kp/cm^2)	500-600	240-260	8-20
Προσρόφηση νερού (%) (24 ώρες εμβάπτιση)	10-18	17-30	15-60
Κατά πάχος διόγκωση (%) (24 ώρες εμβάπτιση)	5-15	12-18	8-18

2.3.4 Χρήσεις - Εφαρμογές

Οι ινοπλάκες χρησιμοποιούνται σαν κατασκευαστικά υλικά σε οικοδομικές κατασκευές, σε κατασκευές εσωτερικών χώρων, την επιπλαστοποιΐα, στην κατασκευή οχημάτων και πλοίων. Ιδιαίτερα οι μονωτικές ινοπλάκες βρίσκουν εφαρμογή σαν θερμό-και ηχομονωτικά υλικά, ενώ μονωτικές ινοπλάκες εμποτισμένες με άσφαλτο χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές κατασκευές.

Οι βελτιωτικές επεξεργασίες της επιφάνειας των ινοπλακών περιλαμβάνουν την επικάλυψη με βερνίκια (νιτρο-κυτταρίνης, ακόρεστων πολυεστέρων, νιτρο-μελαμίνης κ.ά.), και στην περίπτωση των ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας επίσης επικαλύψεις με εμποτισμένα με ρητίνες φύλλα χαρτιού, και πλαστικά φύλλα.

3. Παραγωγή - Ιδιότητες ινοπλακών τύπου MDF ξηρής στρωμάτωσης

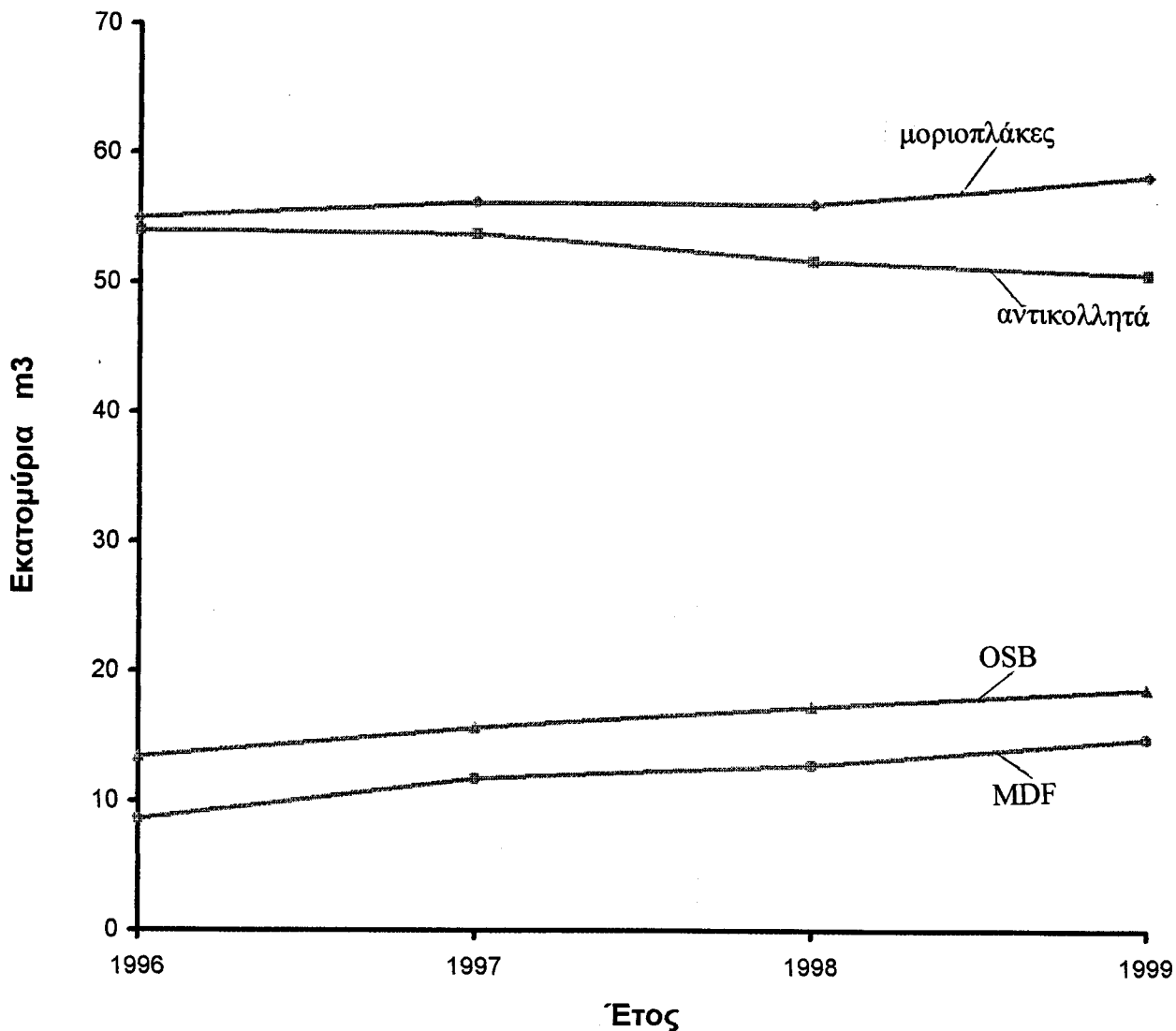
Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας (MDF) είναι ένα προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας το οποίο παράγεται από ίνες ξύλου ή άλλων φυτικών υλών και συνθετικές συγκολλητικές ουσίες με ξηρή στρωμάτωση και συμπίεση σε θερμή πρέσσα. Η πυκνότητα του προϊόντος κυμαίνεται συνήθως από 0,650 μέχρι 0,850 g/cm³ και παράγεται σε πάχη από 6 μέχρι 40 ππ. Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας παρουσιάζει λεπτή δομή και ομοιογένεια πυκνότητας στην επιφάνεια και το πάχος της και επιπλέον για την παραγωγή της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξύλο πολύ χαμηλής ποιότητας.

Για πρώτη φορά άρχισε η βιομηχανική παραγωγή της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας το 1966 στη Βόρεια Αμερική. Στην Ευρώπη η παραγωγή του νέου προϊόντος άρχισε το 1973 και σήμερα παράγονται σημαντικές ποσότητες κυρίως στη Νότιο Ευρώπη την Αγγλία και άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η παγκόσμια εξέλιξη της παραγωγής του προϊόντος από το 1995 μέχρι το 2004.

Πίνακας 7. Παγκόσμια παραγωγή ινοπλακών μέσης πυκνότητας (σε 1000 m³)

	1995	2000	2004
Ασία	-	500,0	452,0
Ευρώπη	3363,3	8380,4	11911,1
Β. Αμερική	2093,0	3768,0	4487,0
ΗΠΑ	1959,0	2501,0	3555,9
Γερμανία	563,0	2500,0	3633,0
Ελλάς	-	50,0	-
Παγκοσμίως	7883,3	18746,4	38061,0

Από τη μελέτη του Σχήματος 21 όπου έχει παρασταθεί η παγκόσμια παραγωγή των κυριότερων ξυλοπλακών δηλ. των κοινών μοριοπλακών, των μοριοπλακών με προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια τύπου OSB, των αντικολλητών και των ινοπλακών μέσης πυκνότητας τύπου MDF την περίοδο από το 1996 έως το 1999 είναι σαφείς οι μεγαλύτεροι ρυθμοί αύξησης της παραγωγής του MDF και OSB έναντι των δύο άλλων προϊόντων ξύλου.



Σχήμα 21. Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής ξυλοπλακών την περίοδο 1996 έως 1999. ◆◆ μοριοπλάκες, ■■■ αντικολλητά, ▲▲ OSB, ●● MDF.

3.1 Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής

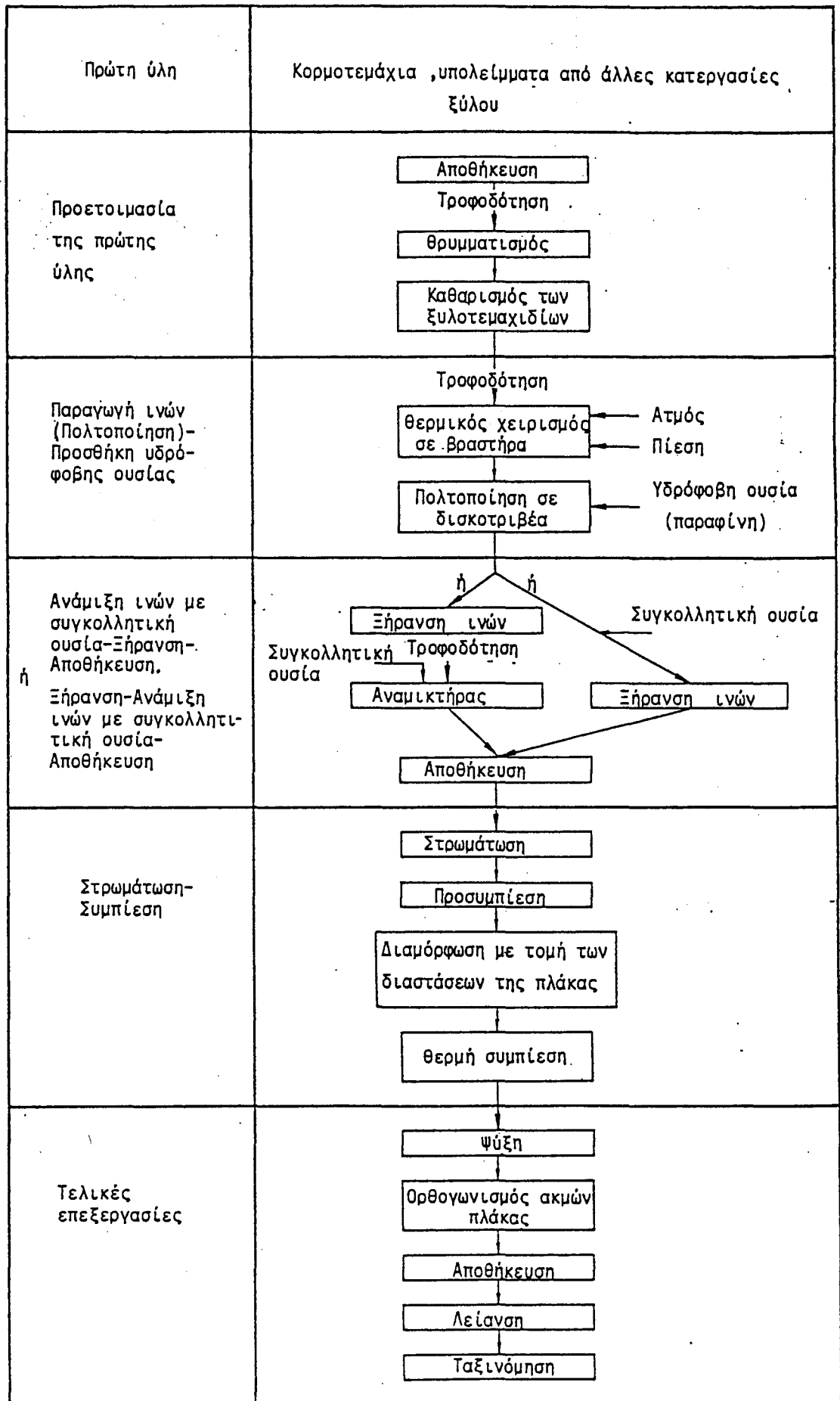
Η τεχνολογία και τα μηχανήματα παραγωγής των πρώτων εργοστασίων ινοπλακών μέσης πυκνότητας στηρίχθηκαν αρχικά στην εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών. Από την αρχική φάση λειτουργίας των εργοστασίων αυτών διαπιστώθηκαν προβλήματα που κύρια οφείλονται στο ότι οι ίνες των ινοπλακών είναι ένα εντελώς διαφορετικό υλικό και συνεπώς συμπεριφέρονται διαφορετικά απ'ότι τα ξυλοτεμαχίδια των μοριοπλακών· η κύρια διαφορά των ινών απ'τα ξυλοτεμαχίδια είναι η διαφορετική μορφολογία, οι πολύ μικρότερες

διαστάσεις τους και το μικρότερο ειδικό βάρος τους. Συγκεκριμένα μεταξύ των πρώτων προβλημάτων ήταν ότι συχνά οι αεραγωγοί μεταφοράς των ινών βούλωναν από ίνες με αποτέλεσμα να διακόπτεται η συνεχής παραγωγή του προϊόντος. Επίσης δυσκολίες παρουσιάστηκαν κατά την ξήρανση των ινών και την ομοιόμορφη ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία. Ακόμη νέα προβλήματα αποτελούσαν η σημαντική μόλυνση του αέρα με ίνες όχι μόνο μέσα στους χώρους παραγωγής αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος και επί πλέον οι συχνές πυρκαγιές και εκρήξεις στα ξηραντήρια των ινών. Πολύ γρήγορα όμως γύρω στα μέσα της δεκαετίας του 1970-τα παραπάνω προβλήματα βρήκαν ικανοποιητικές λύσεις και κατά το μεγαλύτερο μέρος ξεπεράστηκαν με την ανάπτυξη κατάλληλης τεχνολογίας και μηχανημάτων προσαρμοσμένων στις ιδιομορφίες του νέου προϊόντος.

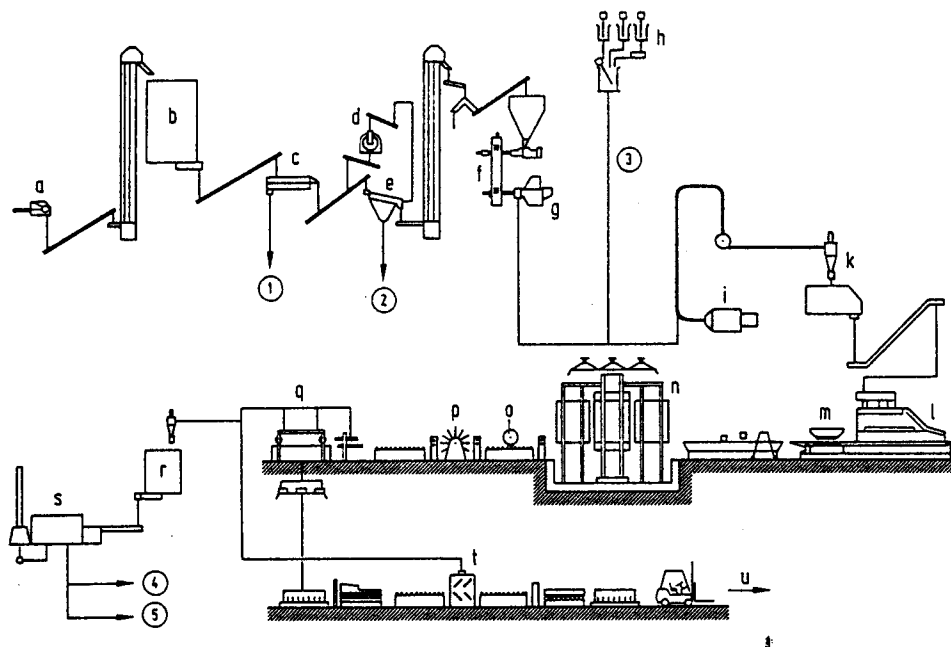
Στο Σχήμα 22 παρουσιάζονται σε απλοποιημένη μορφή οι διαδοχικές φάσεις της βιομηχανικής παραγωγής των ινοπλανών μέσης πυκνότητας. Επίσης το Σχήμα 23 δείχνει τα διάφορα τμήματα ενός εργοστασίου παραγωγής ινοπλανών μέσης πυκνότητας.

A. Προετοιμασία της πρώτης ύλης

Οι ινοπλάνες μέσης πυκνότητας έχουν πολύ μικρές απαιτήσεις στην ποιότητα της πρώτης ύλης. Έτσι σαν πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μειωμένης ποιότητας στρογγύλη ξυλεία, υπολείμματα από άλλες κατεργασίες του ξύλου (εξακρίδια, ροκανίδια κ.ά) υπολείμματα κατεργασίας επίπλων, βιομάζα από καλλιεργητικές ή αραιωτικές υλοτομίες δασών, χρησιμοποιημένο χαρτί και ίνες από άλλα φυτικά είδη. Επειδή η συμμετοχή του φλοιού στην πρώτη ύλη σε ποσοστό μέχρι 10% δεν επηρεάζει αρνητικά τις ιδιότητες του παραγόμενου προϊόντος συνήθως δεν γίνεται απορρόφηση του έμφλοιου ξύλου και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ξύλο από πλατύφυλλα είδη. Η προετοιμασία κύρια περιλαμβάνει το θρυμματισμό ή και μεταθρυμματισμό (όταν κρίνεται σκόπιμο) της πρώτης ύλης για την παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων με κατάλληλες διαστάσεις από τα οποία στη συνέχεια πρόκειται να παραχθούν οι ίνες. Επειδή η χρησιμοποίηση έμφλοιου ξύλου και υπολειμμάτων από άλλες κατεργασίες έχει σαν αποτέλεσμα η πρώτη ύλη να περιέχει σημαντικές ποσότητες ξένων προσμίξεων (άμμο, πέτρες, μέταλλα κ.ά.) τα ξυλοτεμαχίδια αμέσως μετά την παραγωγή τους υποβάλλονται σε καθαρισμό. Συνήθως ο καθαρισμός περιλαμβάνει απομάκρυνση των ξένων προσμίξεων είτε με πλύση (νερό) των ξυλοτεμαχιδίων είτε με κλασματικό διαχωρισμό σε συνδυασμό με μεθόδους που στηρίζονται στο διαφορετικό ειδικό βάρος μεταξύ ξένων προσμίξεων και ξύλου. Κατά την προετοιμασία της πρώτης ύλης ιδιαίτερη σημασία έχει τα ξυλοτεμαχίδια να περιέχουν περίπου τα ίδια ποσοστά υγρασίας και να μην έχουν μεγάλες διαφορές στις διαστάσεις τους επειδή σε αντίθετη περίπτωση οι δύο αυτές παράμετροι επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα των παραγομένων ινών.



Σχήμα 22. Φάσεις βιομηχανικής παραγωγής ινοπλάκων μέσης πυκνότητας



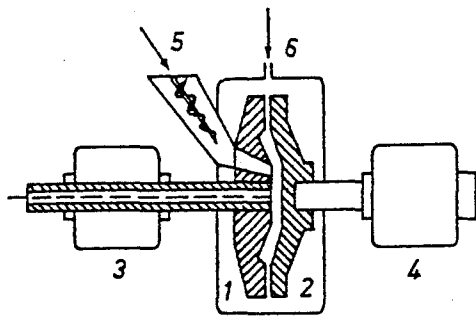
Σχήμα 23. Παραγωγή ινοπλακών μέσης πυκνότητας

α. σπαστήρας, β. αποθήκη Ξυλοτεμαχιδίων, γ. καθαρισμός Ξυλοτεμαχιδίων, δ. επαναθρυμματισμός Ξυλοτεμαχιδίων, ε. ταξινόμηση, ς. βραστήρας (θερμικός χειρισμός Ξυλοτεμαχιδίων), ζ. πολτοποιητής (αποΐνωση Ξυλοτεμαχιδίων), η. προπαρασκευή συγκολλητικής ουσίας, θ. Ξηραντήριο ινών, ι. αποθήκευση ινών, κ. στραμάτωση ινών, λ. προπρέσσα, μ. κυρίως πρέσσα, ν. ζυγός, ς. ψύκτης ινοπλακών, ρ. παρύκωση ινοπλακών, σ. αποθήκευση συλλογής Ξυλόσκονης, τ. θερμολέβητας, υ. λειαντικό μηχανήμα, φ. στοιβασία ινοπλακών. (1. λίθοι, άμμος, μέταλλα, 2. άμμος, 3. συγκολλητική ουσία, 4. θερμό νερό, 5. ατμός για βραστήρα)

B. Παραγωγή ινών- Προσθήκη υδρόφοβης ουσίας

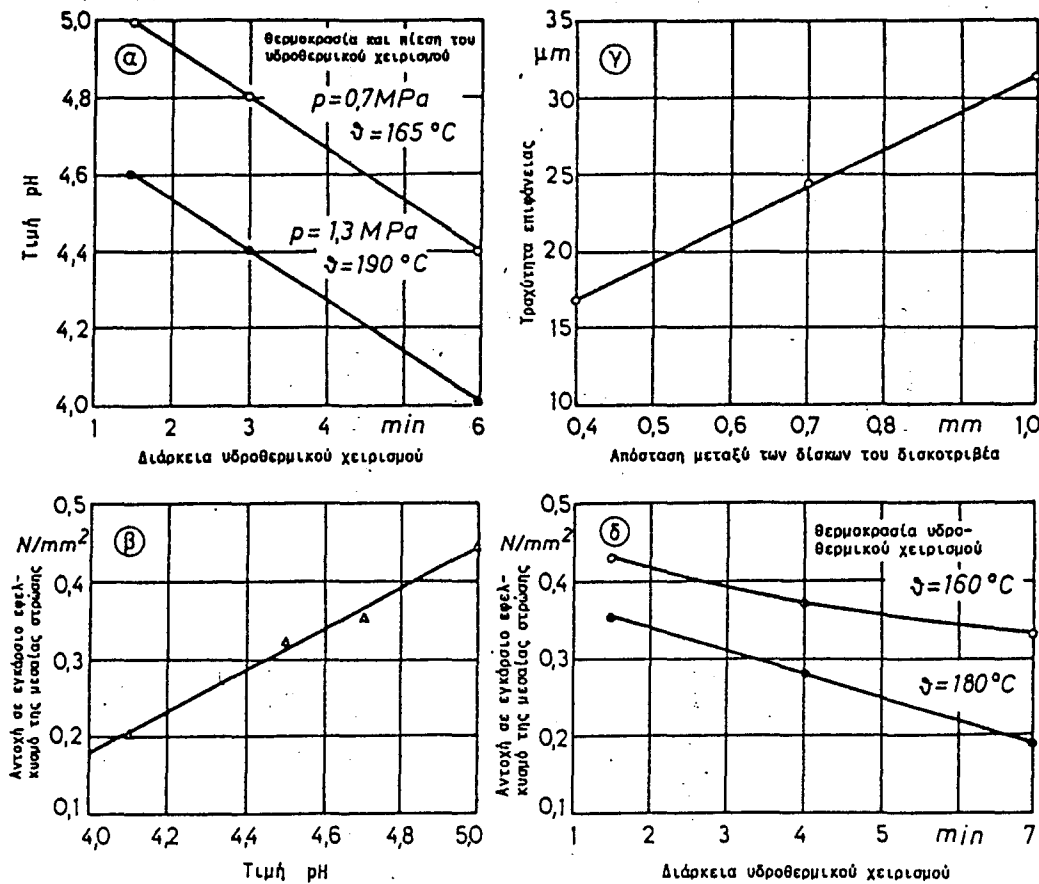
Η παραγωγή ινών γίνεται με μηχανική αποτριβή των Ξυλοτεμαχιδίων (πολτοποίηση) σε ειδικά μηχανήματα τους δισκοτριβείς (refiners). Προτού αρχίσει η πολτοποίηση στα Ξυλοτεμαχίδια εφαρμόζεται ένας θερμικός χειρισμός που συνίσταται στη θέρμανσή τους σε ειδικά δοχεία (βραστήρες) με υδρατμό υψηλής πίεσης για ορισμένο χρόνο· σκοπός του θερμικού χειρισμού είναι η πλαστικοποίηση των χημικών συστατικών του ξύλου η οποία συνεπάγεται ευκολότερη πολτοποίηση των Ξυλοτεμαχιδίων (μικρότερη κατανάλωση ενέργειας) και καλύτερη ποιότητα ινών. Μετά το θερμικό χειρισμό τα Ξυλοτεμαχίδια προωθούνται στο δισκοτριβέα και πολτοποιούνται μεταξύ των δύο δίσκων του από τους οποίους ή ο ένας είναι ακίνητος και ο άλλος περιστρέφεται ή και οι δύο περιστρέφονται αλλά σε αντίθετες κατευθύνσεις (Σχήμα 24).

Κατά τη διάρκεια της πολτοποίησης των Ξυλοτεμαχιδίων στο δισκοτριβέα διοχετεύεται στο χώρο της πολτοποίησης και συγκεκριμένα στο μεταξύ των δύο δίσκων χώρο υδρόφοβη ουσία (συνήθως παραφίνη) (βλ. Σχήμα 24) και σε ποσοστό που κυμαίνεται ανάλογα με την πρώτη ύλη από 0,3 μέχρι 0,6% με βάση το απόλυτο Ξηρό βάρος των ινών.



Σχήμα 24. Δισκοτριβεία παραγωγής ινών από Ξυλοτεμαχίδια
1,2 δίσκοι, 3,4 ηλεκτροκινητήρες, 5 τραφοδότηση με Ξυλοτεμαχίδια,
6 είσοδος υδροφώβης ουσίας (Swiderski 1963)

Καθοριστικές παράμετροι κατά τη φάση παραγωγής των ινών θεωρούνται η διάρκεια, το μέγεθος της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδροθερμικού χειρισμού, το μέγεθος των Ξυλοτεμαχιδίων που πολτοποιούνται, και η απόσταση μεταξύ των δίσκων του δισκοτριβεία όπου γίνεται η μηχανική αποτριβή των Ξυλοτεμαχιδίων. Οι παράμετροι αυτές καθορίζουν το pH του ινοπολτού και τις διαστάσεις και ποιότητα των ινών δηλ. παράγοντες από τους οποίους άμεσα επηρεάζεται η μηχανική αντοχή και ο βαθμός λειότητας της επιφάνειας των ινοπλάκων (βλ. Σχήματα 25 α,β,γ,δ).



Σχήμα 25. Επίδραση των παραμέτρων παραγωγής στις ιδιότητες των ινοπλάκων μέσης πυκνότητας (Kehr 1977)

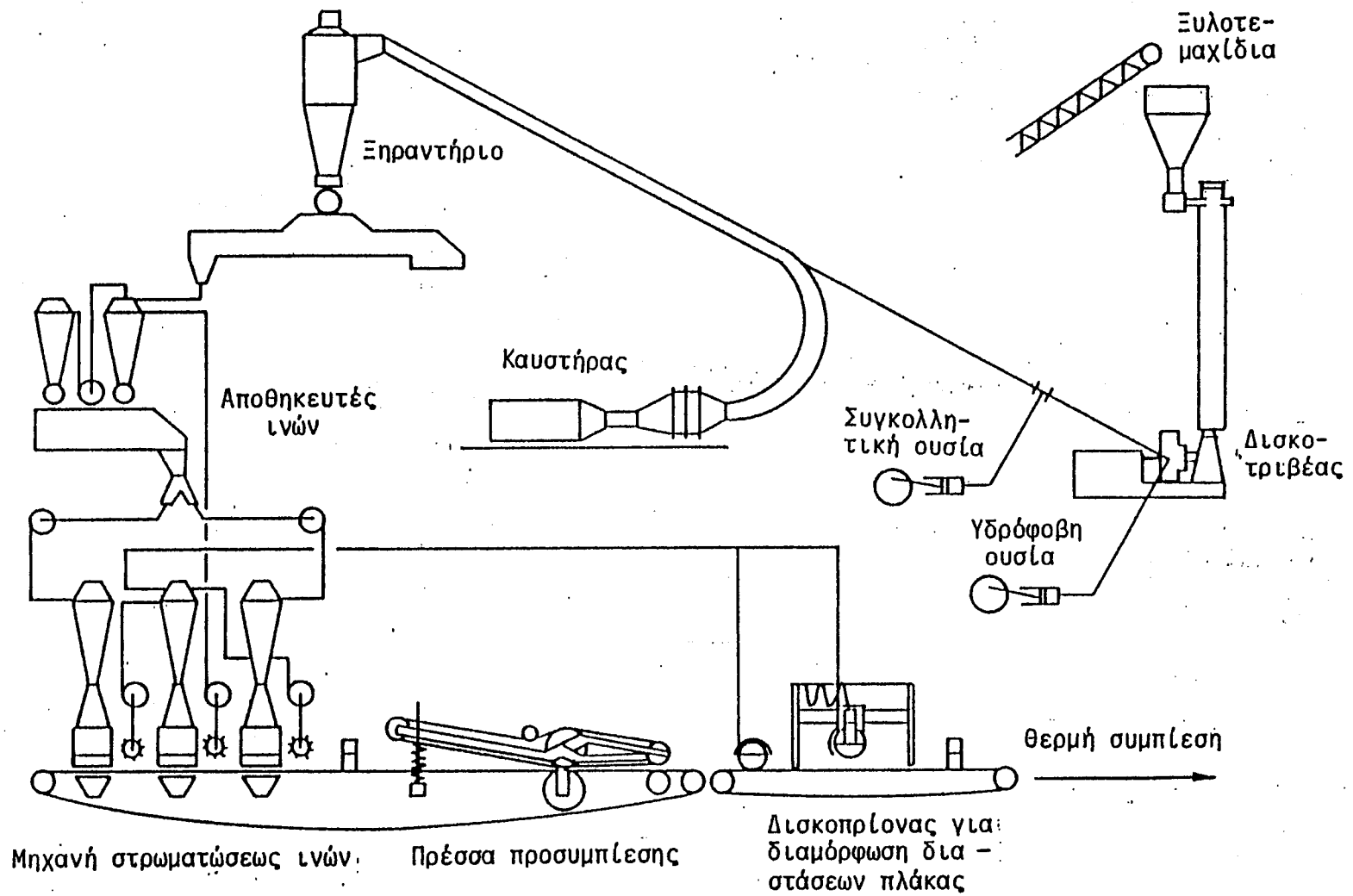
α) σχέση μεταξύ της τιμής pH των ινών και των συνθηκών του υδροθερμικού χειρισμού των Ξυλοτεμαχιδίων, β) σχέση μεταξύ της αντοχής της ινοπλάκας σε εγκάρσιο εφελκυσμό και της τιμής pH των ινών, γ) σχέση μεταξύ της τραχύτητας της επιφάνειας της ινοπλάκας και της απόστασης μεταξύ των δύο δίσκων του δισκοτριβεία, δ) σχέση μεταξύ της αντοχής της ινοπλάκας σε εγκάρσιο εφελκυσμό και της διάρκειας και θερμοκρασίας του υδροθερμικού χειρισμού των Ξυλοτεμαχιδίων

Γ. Ανάμιξη των ινών με τη συγκολλητική ουσία-Ξήρανση-Αποθήκευση

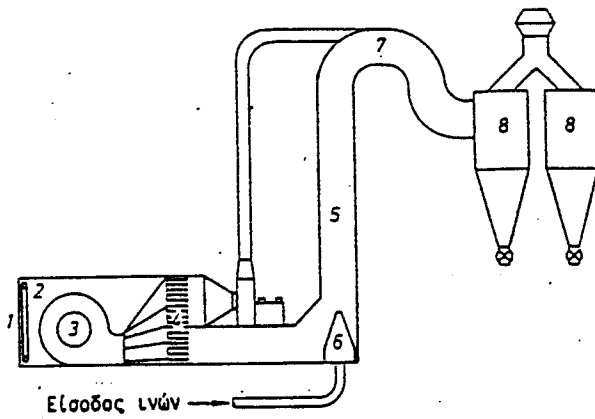
Η ανάμιξη των ινών με τη συγκολλητική ουσία μπορεί να γίνει πρό ή μετά την Ξήρασή τους. Στην πρώτη περίπτωση η συγκολλητική ουσία απλώς διοχετεύεται στο τμήμα του αγωγού μεταφοράς ινών που βρίσκεται μεταξύ δισκοτριβέα και Ξηραντήριου (Σχήμα 22 και 26). Στη δεύτερη περίπτωση οι ίνες μετά την παραγωγή τους στο δισκοτριβέα Ξηραίνονται και στη συνέχεια η ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία γίνεται σε κατάλληλους αναμικτήρες όμοιους μ'αυτούς που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες μορισιπλακών (Σχήμα 22). Καθεμία απ'τις δύο αυτές μεθόδους παρουσιάζει συγκεκριμένα μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή της στην πράξη. Έτσι όταν η ανάμιξη γίνεται στους αναμικτήρες τότε λόγω της ανομοιομορφου κατανομής της συγκολλητικής ουσίας στις ίνες σχηματίζονται βώλοι ινών και συγκολλητικής ουσίας οι οποίοι εμφανίζονται σαν σκοτεινού χρώματος κηλίδες στην επιφάνεια του έτοιμου προϊόντος. Αντίθετα εάν εφαρμοσθή η πρώτη μέθοδος δεν παρουσιάζεται το παραπάνω μειονέκτημα, όμως η μέθοδος αυτή απαιτεί μεγαλύτερα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας. Πιο πλεονεκτική πρέπει να θεωρείται μία συνδυασμένη χρήση των δύο μεθόδων ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την παραγωγή πολύστρωτων ινοπλακών· στην περίπτωση αυτή η ανάμιξη της συγκολλητικής ουσίας με τις ίνες που προορίζονται για επιφανειακές στρώσεις γίνεται στο τμήμα μεταφοράς των ινών από το δισκοτριβέα μέχρι το Ξηραντήριο, ενώ οι ίνες που προορίζονται για τη μεσαία στρώση αναμιγνύονται με τη συγκολλητική ουσία σε αναμικτήρες.

Το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας ανά απόλυτο Ξηρό βάρος ινών κυμαίνεται συνήθως από 8 μέχρι 10% και επηρεάζει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του έτοιμου προϊόντος.

Η Ξήρανση των ινών γίνεται σε αληνωειδούς τύπου Ξηραντήρια όπως αυτό που δείχνεται στο Σχήμα 27. Όπως φαίνεται από το Σχήμα ο αέρας δια μέσου του φίλτρου (1) εισροφάται στο τμήμα (2) όπου με τη βοήθεια ανεμιστήρα ωθείται ανάμεσα από τα θερμαντικά σώματα (4) στο ανερχόμενο τμήμα του Ξηραντηρίου (5), όπου συναντά και Ξηραίνει τις προερχόμενες από το δισκοτριβέα ίνες (6). Επιπρόσθετος θερμός αέρας θερμαίνει επίσης το τμήμα (7) του Ξηραντηρίου και τελικά οι Ξηρές ίνες (υγρασία 5%) συγκεντρώνονται στους αποθηκευτικούς χώρους που βρίσκονται κάτω από τους συλλέκτες (8).



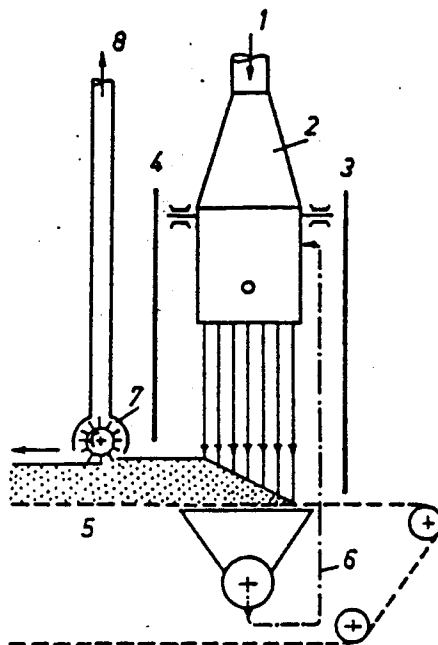
Σχήμα 26. Παραγωγή ινοπολτού και στρωμάτωση για παραγωγή ινοπλεκτών μέσης πυκνότητας



Σχήμα 27. Σπραντήριο ινών (Lein 1978)

Δ. Στραμάτωση-Συμπύεση

Η πιο διαδομένη μέθοδος στραμάτωσης είναι αυτή κατά την οποία οι ίνες στραμώνονται με τη βοήθεια αεραγωγών επάνω σε δικτυωτό πλέγμα. Κάτω από το πλέγμα εφαρμόζεται κενό για την επαναρρόφηση και επαναχρησιμοποίηση του αέρα με τον οποίο γίνεται η στραμάτωση. Πρόκειμένου να εξασφαλισθεί μιά όσο το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή των ινών κατά το πάχος και την επιφάνεια της στραμάτωσης τοποθετούνται σε ορισμένες αποστάσεις από τους αεραγωγούς στραμάτωσης ειδικές κεφαλές κατανομής των ινών. Αυτές αφού κατανομίζουν ομοιόμορφα τις στραματωμένες ίνες επανοδηγούν με σύστημα αναρόφησης την περίσσεια των ινών στους χώρους αποθήκευσης για επαναχρησιμοποίηση (Σχήμα 28).



Σχήμα 28. Στραματωτής Ξηρών ινών (Swiderski 1963)
 1 τροφοδότηση με ίνες, 2 αγωγός στραμάτωσης με αέρα, 3,4 πλευρικά πλαίσια, 5 δικτυωτό πλέγμα, 6 αναρόφηση αέρα με κενό και επαναχρησιμοποίηση, 7 κεφαλή κατανομής ινών, 8 αναρόφηση περίσσειας ινών

Εκτός από την παραπάνω κλασσική μέθοδο τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν κι άλλες μέθοδοι στρωμάτωσης των ινών με μηχανικό τρόπο παρόμοιες με αυτές που εφαρμόζονται στη στρωμάτωση των ξυλοτεμαχιδίων των μοριοπλακών. Οι μέθοδοι αυτές προβλέπουν ομοιόμορφη ρίψη των ινών (με τη βοήθεια κεφαλών ρίψεως) επάνω σε μεταλλικά ελάσματα όπου στη συνέχεια οι στρωματωμένες ίνες κατανομούνται ομοιόμορφα με τη βοήθεια ειδικών κεφαλών κατανομής.

Η βαθμιδωτή στρωμάτωση δηλ. στρώσεις με διαφορετική μορφολογία και σύσταση ινών που σχεδόν πάντοτε εφαρμόζεται στην περίπτωση των μοριοπλακών δεν κρίνεται τόσο απαραίτητη για τις ινοπλάκες μέσης πυκνότητας επειδή οι ίνες σαν υλικό στρωμάτωσης παρουσιάζουν ικανοποιητική ομοιογένεια συγκριτικά με τα ξυλοτεμαχίδια.

Το στρωματωμένο υλικό παρουσιάζει μετά το τέλος της στρωμάτωσης μεγάλο πάχος (μπορεί να φθάσει μέχρι το 25 πλάσιο του τελικού πάχους της ινοπλάκας) πράγμα που αρείλεται στο μικρό ειδικό βάρος των ινών. Γι' αυτό προτού το στρωματωμένο υλικό οδηγηθεί στη θερμή πρέσσα εφαρμόζεται μιά προσυμπίεση σε ψυχρή πρέσα η οποία μειώνει το πάχος του στρωματωμένου υλικού στο 1/3 του αρχικού του. Στη συνέχεια το στρωματωμένο υλικό τεμαχίζεται ώστε να πάρη τις τελικές διαστάσεις μήκους και πλάτους και οδηγείται στη θερμή πρέσα (Σχήμα 23). Η θέρμανση των πλακών της πρέσας μπορεί να γίνει με νερό, με έλαιο ή με ατμό. Όμως για την παραγωγή ινοπλακών πάχους > 16 mm και για την εξασφάλιση ομοιόμορφου προφίλ πυκνότητας κατά το πάχος της πλάκας πρέπει να προτιμούνται πρέσες όπου η θέρμανση πετυχαίνεται με υψίσυχο ρεύμα.

Ε. Τελικές επεξεργασίες

Μετά τη θερμή συμπίεση τους οι έτοιμες ινοπλάκες ψύχονται περίπου στους 60°C ώστε να ελαττωθεί ο κίνδυνος υδρόλυσης της συγκολλητικής ουσίας (εφ' όσον πρόκειται για ουρία-φορμαλδεΐδη), στη συνέχεια ορθογωνίζονται οι αψίδες τους και αποθηκεύονται για λίγες μέρες ώστε να απωθήσουν ομοιόμορφη υγρασία. Ακολούθως λειαίνεται η επιφάνειά τους, γίνεται ποιοτική ταξινόμηση και το προϊόν είναι πλέον έτοιμο να διατεθεί στο εμπόριο.

3.2 Ιδιότητες

Η εμφάνιση των ινοπλακών μέσης πυκνότητας στην αγορά προκάλεσε, από την άποψη της ταξινόμησής τους, μια σχετική σύγχυση επειδή ούτε στις κλασσικού τύπου ινοπλάκες υγρής στρωμάτωσης (πορώδεις ή σκληρές) αλλά ούτε και στις μοριοπλάκες μπορούσαν να ενταχθούν. Για το λόγο αυτό αρχικά ορισμένες χώρες στην Ευρώπη όπως η Ισπανία, η Ιταλία και η Μεγάλη Βρετανία καθιέρωσαν ειδικές προδιαγραφές για το νέο προϊόν. Στις ΗΠΑ η Εθνική Ένωση Μοριοπλακών και το αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προδιαγραφών καθιέρωσαν από το 1994 ειδική προδιαγραφή για το MDF (Πίνακας 12). Σήμερα στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει καθιερωθεί σχετική Ευρωπαϊκή προδιαγραφή η EN 622-5/1997 η οποία παρουσιάζεται στους επόμενους Πίνακες 8 έως 11.

Πίνακας 8. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες γενικών χρήσεων για ξηρά περιβάλλοντα* (τύπος MDF).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	23	23	23	23	22	20	18	17	15
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	-	-	2700	2700	2500	2200	2100	1900	1700

*Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65% (κατασκευές εσωτερικών χώρων και επιπλοποιία).

Πίνακας 9. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες γενικών χρήσεων για υγρά περιβάλλοντα* (τύπος MDF.H).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,60
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	27	27	27	27	26	24	22	17	15
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	2700	2700	2700	2700	2500	2400	2300	2200	2000
Κατά πάχος διόγκωση μετα κυκλικό τεστ (%)	EN 317 EN 321	50	40	25	19	16	15	15	15	15
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 319 EN 321	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
**Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 319 EN1087-1	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

*Υγρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες του χρόνου υπερβαίνει το 85%.

**Προβλέπεται η εξής τροποποίηση σε σχέση με την EN 1087-1: Η συγκόλληση των δοκιμών με τα πλακίδια γίνεται αφού περατωθεί ο χειρισμός τους με βρασμό ως ακολούθως. Τα δοκίμια αφού βράσουν για (120±5) min εμβαπτίζονται κάθετα εντός νερού Θ=20±5°C απέχοντα μεταξύ τους και από τον πυθμένα του δοχείου τουλάχιστον 15 mm. Στη συνέχεια αφού απομακρυνθεί η περίσσεια νερού τοποθετούνται για (960±15) min σε κλίβανο θερμοκρασίας ((70±2)°C. Στη συνέχεια απομακρύνονται από τον κλίβανο ψύχονται στο χώρο του εργαστηρίου και συγκολλούνται με τα πλακίδια. Ενδεχομένως προ της συγκόλλησης να απαιτηθεί λείανση της επιφάνειας με γυαλόχαρτο.

Πίνακας 10. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος MDF.LA).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	29	29	29	29	27	25	23	21	19
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	3000	3000	3000	3000	2800	2500	2300	2100	1900

Πίνακας 11. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε υγρά περιβάλλοντα (τύπος MDF.HLS).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,60
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	34	34	34	34	32	30	28	21	19
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	3000	3000	3000	3000	2800	2700	2600	2400	2200
Κατά πάχος διόγκωση μετά κυκλικό τεστ (%)	EN 317 EN 321	50	40	25	19	16	15	15	15	15
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 319 EN 321	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
**Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

**Προβλέπεται τροποποιημένη εφαρμογή σε σχέση με την EN 1087-1 βλ. σχετική υποσημείωση Πίνακα 2.

Οι αναφερόμενες στους Πίνακες 8 έως 11 ιδιότητες προσδιορίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στον ποιοτικό έλεγχο που διενεργεί η παραγωγός εταιρεία.

Πίνακας 12. Απαιτήσεις αμερικάνικων προδιαγραφών (ANSI A208.2/1994) για ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF).

Πυκνότητα (g/cm ³)	Πάχος (mm)	Κάμψη (N/mm ²)		Εγκάρσιος εφελκυσμός (N/mm ²)	Εξαγωγή βίδας (N)		Έκλυση Φορμαλδεΐδης ppm*
		Μέτρο θραύσης	Μέτρο ελαστικότητας			⊥	
Χρήση σε εσωτερικούς χώρους							
>0,800		34,5	3450	0,75	1555	1335	0,30
	➤ ≤21	24	2400	0,60	1445	1110	0,30
0,640-0,800							
	➤ >21	24	2400	0,55	1335	1000	0,30
<0,640		14	1400	0,30	780	670	0,30
Χρήση σε εξωτερικούς χώρους							
	≤21	34,5	3450	0,90	1445	1110	0,30
	>21	31	3100	0,70	1335	1000	0,30

*Προσδιορισμός σύμφωνα με το τεστ μεγάλου θαλάμου (0,260 m² προϊόντος/m³ αέρος) που προβλέπει η αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM E 1333/1990.

Από μία σύγκριση των ιδιοτήτων των διαφόρων προϊόντων ξύλου μεταξύ τους (Πίνακας 13) εύκολα γίνεται κατανοητό ότι η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας έχει μεγαλύτερη συγγένεια με τη μοριοπλάκα απ' ό,τι με τα άλλα προϊόντα ξύλου. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι οι ιδιότητες των δύο προϊόντων ταυτίζονται απόλυτα. Αντίθετα όπως προκύπτει από συγκριτικές έρευνες μεταξύ των δύο προϊόντων υπάρχουν αρκετές διαφορές σε ορισμένες ιδιότητές τους. Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας έχει μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη, καλύτερη λειότητα επιφανείας και περίπου την ίδια αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό σε σύγκριση με τη μοριοπλάκα. Αναφορικά με τις υγρασκοπικές ιδιότητες η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας έχει μικρότερη κατά πάχος διόγκωση (όταν αυξάνεται η υγρασία της) αλλά μεγαλύτερη κατά μήκος διόγκωση σε σχέση με τη μοριοπλάκα. Ακόμη η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιογένεια όσο αφορά το προφίλ πυκνότητας κατά την έννοια του πάχους της, ιδιότητας που ιδιαίτερα εκτιμάται κατά την κατεργασία με κοπτικά μέσα. Από την παράθεση των ιδιοτήτων των δύο προϊόντων προκύπτει - κι αυτό πραγματικά συμβαίνει στην πράξη - ο έντονος ανταγωνισμός τους στην αγορά. Βέβαια είναι ευνόητο ότι η προτίμηση του ενός από τα δύο προϊόντα για μία χρήση δεν είναι συνάρτηση και μόνον της υπεροχής των ιδιοτήτων του αλλά ιδιαίτερη βαρύτητα έχει και το κόστος του προϊόντος για τη συγκεκριμένη χρήση. Σε σχέση με το κόστος πρέπει να τονισθεί ότι η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας στη Βόρεια Αμερική και Νέα Ζηλανδία κοστίζει 20% μέχρι 50% περισσότερο ενώ στην Ευρώπη το κόστος της φθάνει το διπλάσιο εκείνου της μοριοπλάκας.

Πίνακας 13.

Ιδιότητες διαφόρων προϊόντων ξύλου με μορφή πλάκας και φυσικού ξύλου από πεύκη (*Pinus radiata*) (Johansson 1983)

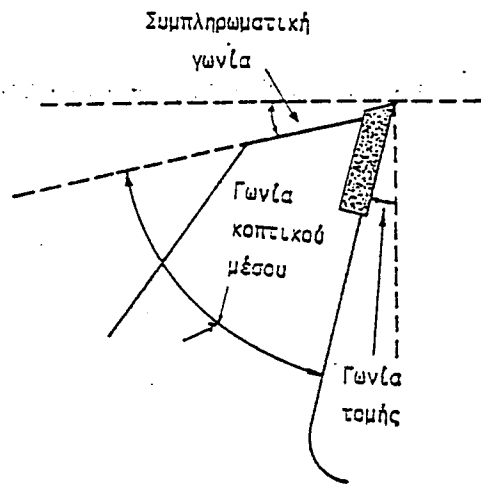
Ιδιότητες	Ινοπλάκα μέσης πυκνότητας	Μοριοπλάκα	Ινοπλάκα μεγάλης πυκνότητας (Σκληρή)	Αντικολητό	Φυσικό ξύλο της <i>Pinus radiata</i>
Πυκνότητα (g/cm ³)	0,725	0,660	1,000	0,550	0,480
Αντοχή σε στατική κάμψη (N/mm ²)	36	25	40	70	76
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	0,9	0,7	1,7	-	-
Όριο ελαστικότητας σε στατική κάμψη (N/mm ²)	3000	3450	5400	8500	9100
Κατά μήκος (πλάτος) διόγκωση μετά ύγρανση σε συνθήκες από 50% σε 90% σχετική υγρασία (%)	0,25	0,25	0,25	0,10	-

3.3 Μηχανικές και άλλες βελτιωτικές επεξεργασίες

Όπως προαναφέρθηκε προ της πολτοποίησής τους τα ξυλοτεμαχίδια απαλάσσονται (πλύση με νερό) από τις διάφορες ξένες προσμίξεις. Γι' αυτό στο έτοιμο προϊόν περιέχονται ελάχιστα ποσοστά άμμου παρ' όλα αυτά όμως η σκληρυμένη συγκολλητική ουσία αμβλύνει σχετικά γρήγορα τα κοπτικά μέσα κατά την κατεργασία της ινοπλάκας με κοπτικά μηχανήματα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο συνιστώνται κοπτικά μέσα με ακμές μεγάλης σκληρότητας. Από την πράξη αποδείχθηκε πλεονεκτική η ενίσχυση των ακμών των κοπτικών μέσων με ειδικά καρβίδια (οργανομεταλλικές ενώσεις του άνθρακα) όπως είναι π.χ. το SiC. Κατά την κατεργασία των εγκάρσιων διατομών του προϊόντος με φρέζα ή δισκοπρίονα για αποχωριζόμενο πάχος ξυλοτεμαχιδίων 0,08 μέχρι 0,13 mm συνιστώνται για τις ακμές του κοπτικού μέσου γωνία τομής 15°, και συμπληρωματική (ελεύθερη γωνία) 20° μέχρι 22° (Σχήμα 29). Στην περίπτωση που γίνεται κατεργασία των εγκάρσιων διατομών με τόρνο ή φρέζα προκειμένου να δοθούν στο προϊόν διάφορα σχήματα, τότε συνιστώνται συγκεκριμένες ταχύτητες τροφοδοσίας όπως δείχνεται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Μέγιστες ταχύτητες τροφοδοσίας σε m/min κατά την κατεργασία της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με περιφερειακή τομή (Wilke 1982)

Αριθμός κοπτικών μέσων	Μέγιστες ταχύτητες τροφοδοσίας (m/min)		
	3600	5000	7200
1	5	7	10
2	10	14	15
3	15	21	30
4	20	28	40
6	30	42	60



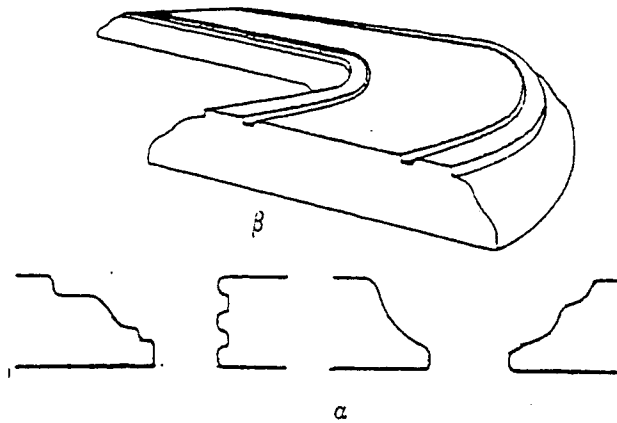
Σχήμα 29. Χαρακτηριστικά ακμής κοπτικού μέσου

Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου είναι η πολύ καλή ομοιογένεια πυκνότητας και η συνεκτική (μη πορώδης) και μάλιστα με πολύ καλή λειότητα επιφάνεια των εγκάρσιων διατομών της. Όλες αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν την άνετη και πλεονεκτική κατεργασία του προϊόντος με φρέζα, τόρνο ή παντογράφο για τη δημιουργία διαφόρων προφίλ και αναγλύφων σχημάτων (Σχήμα 30). Κατά την κατεργασία με κοπτικά μέσα πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο σχηματισμός ορθογωνικών τομών αλλά αντίθετα να προτιμάται η κατασκευή καμπύλων επιφανειών διότι με αυτό τον τρόπο, ελευθερώνεται στις τεμνόμενες επιφάνειες μικρότερο ποσοστό ινών, οι ανακρίβειες κατεργασίας δεν γίνονται τόσο εμφανείς και επιτυγχάνεται πιό ομοιόμορφη επικάλυψη με βερνίκια (Σχήμα 31).

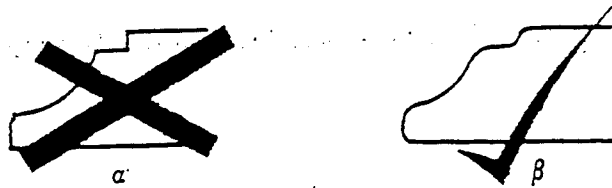
Αναφορικά με τη λείανση των επιφανειών του προϊόντος συνιστάται οι ακμές των λειαντικών μέσων να είναι κατασκευασμένες από καρβίδια και η ταχύτητα του λειαντικού μέσου κατά τη λείανση να ανέρχεται περίπου σε 1500 m/min. Κατά τη βιομηχανική παραγωγή η λείανση της επιφάνειας της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας γίνεται με λειαντικό χαρτί (γυαλόχαρτο) N^o 120 το οποίο δίνει μια ικανοποιητική λειότητα και επιτρέπει τη μετέπειτα επικάλυψη με Ξυλόφυλλα ή πλαστικά φύλλα. Στην περίπτωση όμως που πρόκειται να γίνει επικάλυψη με βερνίκια ή με μικρού πάχους πλαστικά φύλλα τότε συνιστάται μια πρόσθετη λείανση με λειαντικό χαρτί N^o 200 μέχρι 320. Ειδικά για τη λείανση των εγκάρσιων διατομών του προϊόντος συνιστάται λειαντικό χαρτί N^o 150 μέχρι 240.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την κατεργασία του προϊόντος με κοπτικά μηχανήματα και ιδιαίτερα με λειαντικά μηχανήματα, ώστε η εξαιρετικά λεπτόκοκκος Ξυλόσκονη που παράγεται να απομακρύνεται με αποροφητήρες και να συλλέγεται με ειδικά φίλτρα. Ειδικότερα η ταχύτητα του αέρα στους αποροφητήρες (απαγωγούς) πρέπει στην περίπτωση της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας να είναι μεγαλύτερη από 30 m/s ενώ για Ξυλόσκονη συμπαγούς ξύλου και μοριοπλακών επαρκεί μια ταχύτητα 10-20 m/s. Επί πλέον, επειδή Ξηρός αέρας ευνοεί στο να αιωρείται και παραμένει στον αέρα μεγάλη ποσότητα λεπτόκοκκης Ξυλόσκονης, συνιστάται η υγρασία των χώρων κατεργασίας να διατηρείται σε ποσοστό 50%.

Για τις διαφόρου είδους συγκολλήσεις της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με Ξυλόφυλλα, πλαστικά φύλλα ή άλλα προϊόντα ξύλου πιό κατάλληλες συγκολλητικές ουσίες θεωρούνται η ουρία-φορμαλδεΰδη, ο οξικός πολυβινυλεστέρας, οι εποξειδικές ρητίνες και οι τροποποιημένες ουρεθάνες.

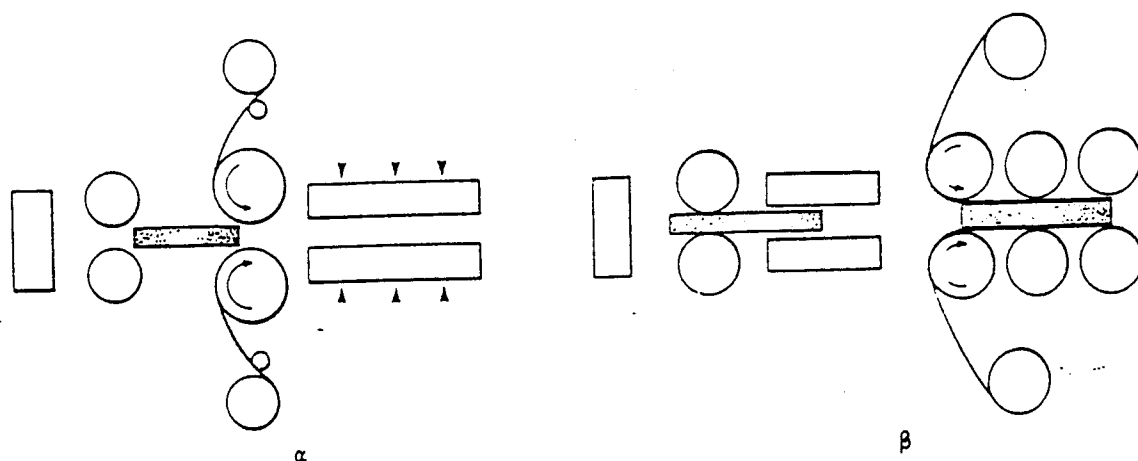


Σχήμα 30. Διάφορα σχήματα (προφίλ) της εγκάρσιας διατομής α και της επιφάνειας β, των ινοπλακών μέσης πυκνότητας μετά την κατάλληλη κατεργασία με κοπτικά μέσα

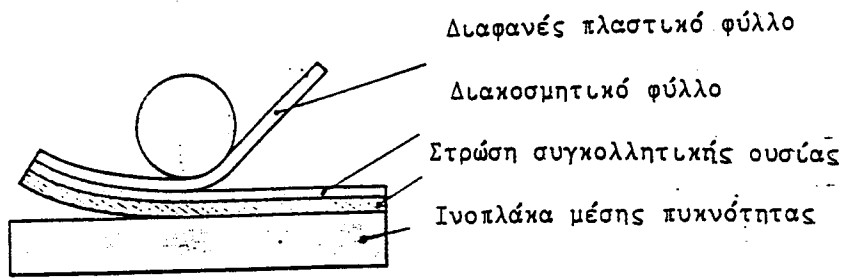


Σχήμα 31. α. ακατάλληλος και β. κατάλληλος διαμόρφωση της εγκάρσιας διατομής της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με κοπτικά μέσα

Η επικάλυψη της επιφάνειας της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με πλαστικά φύλλα (χαρτί εμποτισμένο με συγκολλητική ουσία ή φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου γνωστού ως PVC) γίνεται είτε σε θερμαινόμενες πρέσες, είτε μεταξύ θερμαινόμενων κυλίνδρων (Σχήμα 32, και 33). Στην περίπτωση αυτή ιδιαίτερη σημασία έχει οι προς επικάλυψη πλάκες να μην εμφανίζουν ανοχές πάχους μεγαλύτερες του $\pm 0,3$ mm, η επιφάνειά τους να έχει ομαλόμορφη δομή και πορώδες (λείανση με λειαντικό χαρτί τουλάχιστον N^ο 120), και να έχει απαλλαγεί προηγουμένως από τυχόν υπάρχουσα ξυλόσκονη.



Σχήμα 32. Επικάλυψη Ινοπλάκων μέσης πυκνότητας με πλαστικοποιημένο χαρτί α. με τη μέθοδο των θερμαινόμενων πλακών πρέσσας, β. με τη μέθοδο των θερμαινόμενων κυλίνδρων.



Σχήμα 33. Διάταξη στρώσεων επενδυμένης με πλαστικά φύλλα Ινοπλάκας μέσης πυκνότητας

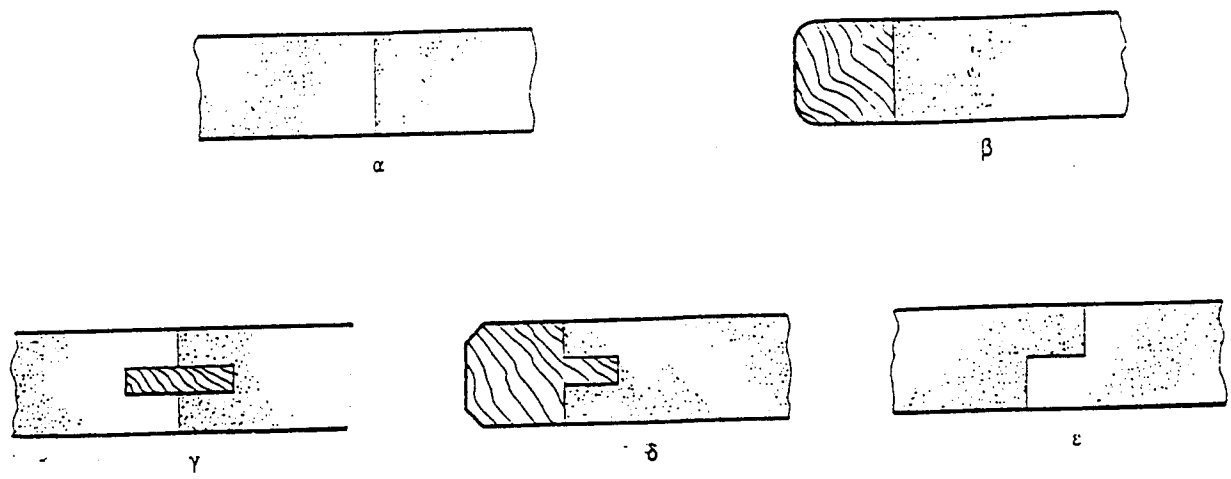
Κατά την κατά πάχος συγκόλληση των ινοπλακών μέσης πυκνότητας μεταξύ τους ή με συμπαγές ξύλο (Σχήμα 34), όπως επίσης και κατά τις γωνιακές συγκολλήσεις τους (Σχήμα 35) πρέπει οι προς συγκόλληση επιφάνειες να εμφανίζουν λείες τομές, η συγκολλητική ουσία να έχει σχετικά μεγάλη συγκέντρωση και η συγκράτηση (συμπίεση) των συγκολλημένων επιφανειών να διαρκεί μέχρι την πλήρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας.

Κατά τη χρησιμοποίηση ξύλινων πύρρων (καβίλιες) στις συνδέσεις της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας προτιμώνται πύρροι με ανώμαλη επιφάνεια και ως συγκολλητική ουσία συνιστάται η ουρία-φορμαλδεΐδη ή ο οξικός πολυβινυλεστέρας (Σχήμα 36).

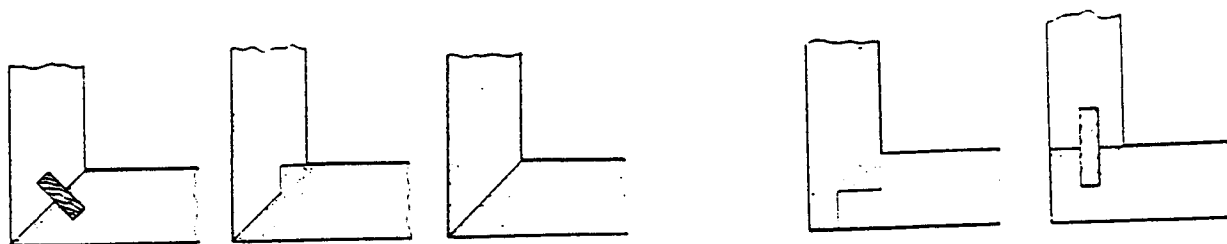
Στον Πίνακα 15 συγκρίνονται οι διάφορες ιδιότητες της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με τα άλλα ανταγωνιστικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στην επιπλοποιΐα ξύλου.

3.4 Χρήσεις-Εφαρμογές

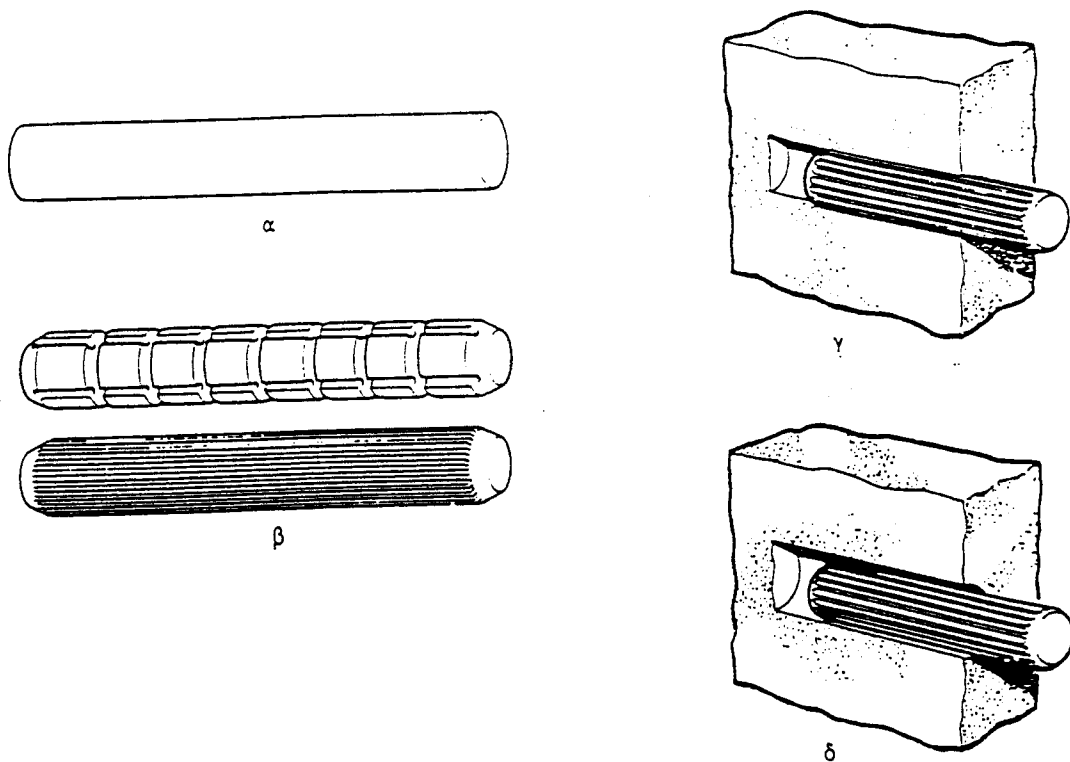
Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας έχει υποκαταστήσει το συμπαγές ξύλο σε αρκετές από τις παραδοσιακές χρήσεις του όπως επίσης ανταγωνίζεται με επιτυχία σε αρκετές χρήσεις τα άλλα προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας και μάλιστα στις χρήσεις εκείνες όπου το κόστος του προϊόντος σε συνδυασμό με τις ιδιότητές του καθιστούν πλεονεκτικότερη τη χρησιμοποίησή του. Οι κύριες εφαρμογές αφορούν κυρίως την επιπλοποιΐα και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Ειδικότερα χρησιμοποιείται για επενδύσεις τοίχων και οροφών, για κουφώματα και πόρτες, για τραπέζια και καρέκλες, για ντουλάπια, συρτάρια, ράφια και κορνίζες, για εσωτερικές σκάλες, για θρανία και πίνακες, για πλαίσια κουρτινών, για παιδικά παιχνίδια (πλεονεκτούν διότι δεν έχουν ακίδες όπως το ξύλο) κ.ά. Ακόμη είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του προϊόντος και σε άλλες ειδικές χρήσεις όπου απαιτείται ανθεκτικότητα στην υγρασία, με την προϋπόθεση βέβαια ότι θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του προϊόντος ανθεκτικές στην υγρασία συγκολλητικές ουσίες π.χ. φαινόλη-, ή μίγμα ουρίας-μελαμίνης-φορμαλδεΐδης. Τέτοιες χρήσεις αφορούν διάφορες κατασκευές εξωτερικών χώρων ή εσωτερικών χώρων όπου αναπτύσσεται υψηλή υγρασία όπως είναι τα έπιπλα κήπου, τα τροχόσπιτα, τα πλαίσια για παράθυρα και πόρτες, οι πινακίδες εξωτερικών χώρων, τα έπιπλα λουτρού και κουζίνας κ.ά.



Σχήμα 34. Διάφοροι τρόποι κατά πάχους σύνδεσης Ινοπλακών μέσης πυκνότητας (α,β,γ,δ,ε)



Σχήμα 35. Τρόποι γωνιακών συγκολλήσεων Ινοπλακών μέσης πυκνότητας



Σχήμα 36. α. Ακατάλληλος, β. Κατάλληλοι τύποι ξύλινων πύρρων για συνδέσεις ινο-
πλακών μέσης πυκνότητας, γ. Ακατάλληλος τρόπος σύνδεσης (επειδή η διά-
μετρος οπής είναι ίδια με τη διάμετρο του πύρρου) δ. Κατάλληλος τρό-
πος σύνδεσης (η διάμετρος του πύρρου είναι 0,1 mm μικρότερη από τη
διάμετρο της οπής).

Πίνακας 15 Σύγκριση των ιδιοτήτων της ινοπλάνας μέσης πυκνότητας με τις αντίστοιχες ιδιότητες άλλων ανταγωνιστικών προϊόντων ξύλου που χρησιμοποιούνται στην επιπλασία (9).

Ιδιότητες	Μοριπλάνα	Αντικολλητό	Πηχοσανίδα
Πυκνότητα	≈	+	+
Αντοχή σε στατική κάμψη	-	+	+
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό	-	+	+
Κατά επιφάνεια επιμήκυνση μετά από ύγραση	+	+	+
Αντοχή σε εξαγωγή βίδας			
- κάθετα στην επιφάνεια	≈	/	+
- παράλληλα στην επιφάνεια	-	/	+
Καταλληλότητα κατεργασίας με κοπτικά μέσα			
- επιφάνεια	-	/	-
- εγκάρσιες διατομές	-	/	-
Καταλληλότητα επικάλυψης με βερνίκια			
- επιφάνεια	≈	≈	≈
- εγκάρσιες διατομές	-	/	-
Καταλληλότητα επένδυσης με πλαστικά φύλλα	≈	-	-
Καταλληλότητα επένδυσης με ξυλόφυλλα	≈	-	-

+ πλεονεκτεί σε σύγκριση με την ινοπλάνα μέσης πυκνότητας

- μειονεκτεί σε σύγκριση με την ινοπλάνα μέσης πυκνότητας

≈ περίπου ισότιμες ιδιότητες με την ινοπλάνα μέσης πυκνότητας

/ δεν εφαρμόζεται

4. Τεχνοοικονομική και τεχνολογική σύγκριση μεταξύ της υγρής και ξηρής μεθόδου παραγωγής Ινοπλανών

Οι διαφορές που παρουσιάζουν οι δύο μέθοδοι παραγωγής ινοπλανών (υγρή και ξηρή) στην τεχνολογία τους επιδρούν άμεσα στην οικονομικότητά τους. Η σχετικώς μεγάλη ποσότητα των απόνερων κατά την υγρή μέθοδο εκτός το ότι απαιτούν σημαντικό κόστος για τον καθαρισμό έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια πρώτης ύλης (8-16%) έναντι της ξηρής μεθόδου. Τα μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας του στρωματωμένου υλικού απαιτούν μεγαλύτερη διάρκεια συμπίεσης στην πρέσσα δηλ. περισσότερη θερμική ενέργεια στην υγρή μέθοδο απ'ότι στην ξηρή.

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, των συγκολλητικών ουσιών και των άλλων πρόσθετων είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση της ξηρής μεθόδου. Για μια ημερήσια παραγωγή 150 τόννοι/24 ώρες (πάχος ινοπλάνιας 3,2 mm) τα τρέχοντα έξοδα λειτουργίας των μηχανημάτων είναι μεγαλύτερα στην ξηρή μέθοδο. Στην περίπτωση της ξηρής μεθόδου είναι δύσκολη η διατήρηση των ινών, μετά την ξήρανση ή ανάμιξή τους με την συγκολλητική ουσία, σε μια ορισμένη υγρασία επειδή οι ίνες τείνουν πάντοτε να αποκτήσουν την υγρασία ισορροπίας του περιβάλλοντος. Τα υπολείμματα της παραγωγής που προκύπτουν κατά την ξηρή μέθοδο (τεμαχισμός στρωματωμένου υλικού ή παύρωση πλανών), αντίθετα απ'ότι συμβαίνει με την υγρή μέθοδο, δεν επαναχρησιμοποιούνται αλλά χρησιμοποιούνται ως καύσιμος ύλη γεγονός που επιδρά αρνητικά στην οικονομικότητα της μεθόδου.

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζεται η κατανάλωση υλικών και ενέργειας για την παραγωγή με τις δύο μεθόδους 1 τόννου ινοπλάνιας.

Πίνακας 16 . Κατανάλωση σε πρώτες ύλες, νερό και ενέργεια για την παραγωγή 1 τόννου ινοπλάνιας μεγάλης πυκνότητας με την υγρή και ξηρή μέθοδο (Autorenkollektiv 1975)

Πρώτες ύλες και Ενέργεια	Κατανάλωση για παραγωγή 1 τόννου Ινοπλάνιας (πάχος 3,2 mm)	
	υγρή μέθοδος	ξηρή μέθοδος
Εύλο (m ³)	2,3-2,9	2,1-2,2
Συγκολλητική ουσία (Kg)	0-25	15-25
Παραφίνη (Kg)	1,5-15	11-20
Ηλεκτρική ενέργεια (KWh)	460-600	560-610
Θερμική ενέργεια (Gcal)	1,5-2,3	1,2-2,0
Νερό (m ³)	35-80	7-10

Βιβλιογραφία

- Anonymous 1987. MDF - a product and industry in transition; capacity still grows. Wood based panels international: 12-15
- Autorenkollektiv 1975. Werkstoffe aus Holz. Holztechnik. VEB Fachbuchversag Leipzig
- Bachmann G. 1975. Konstruktive und statische Eigenschaften von Faserplatten mittlerer Dichte aus Holz. Holztechnologie: 85-89
- Bengtson K. 1976. Mittelharte Holzfaserplatten - Produktion, Eigenschaften, Anwendung und Produktionsentwicklung. Vortrag anlässlich der 35. Sitzung der Techn. Komm. der FESYP in Frankfurt: 57-65
- Bhagwat S., Maloney T. 1980. The developing industry and process variables and their effects on board quality. Proceedings of 14. International particleboard Symposium W.S.U.: 283-290
- Borchgrevink G. 1980. Fabricating and Using MDF. Proceeding of 14. International Particleboard Symposium W.S.U.: 291-311
- Chapman K.M. 1979. Improved uniformity in medium density fiberboard. Poceedings of 13. International Particleboard Symposium W.S.U.: 237-253
- Deppe H. - J, Knoll K. - H. 1984. Herstellung mittelharter Faserplatten aus Altpapier - und Müllfasermaterial. Teil 2: Recyclingstoffe als Ausgangsmaterial. Holz - Zentralblatt Nr. 28
- Dunky M., Eissfeldt H., Henke H., Müller R., Munk E., Nicolay A. 1988. Duroplastische Leime und Holzwerkstoffe. Band 10. Duroplaste in Becker/Braun. Kunststoff - Handbuch. Carl Hanser Verlag München, Wien
- FAO 1976. Yearbook of forest products 1963-1974. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- FAO 1986. Yearbook of forest products 1974-1985. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- FAO 1989. Yearbook of forest products 1978-1989. Food and agriculture organisation of the united Nations. Rome.
- FIDOR 1981. Fibre building boards technical information. Machining and finishing medium density fibreboard (MDF)
- FIDOR/FIRA 1983. Medium density fiberboard (MDF). Product Standard
- Grigoriou A. 1983. Vergleichende Untersuchungen an mittelharten Faserplatten (MDF) und Spanplatten. Holz Roh - Werkstoff: 183-186

- Γρηγορίου Αθανάσιος 1985. Ινοπλάκια μέσης πυκνότητας ένα νέο προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας στην ελληνική αγορά - Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες, χρήσεις και προοπτικές. Γεωτεχνικά. Τεύχος 3: 17-36
- Hammock L. 1982. Resin Blending of MDF Fiber. Proceedings of 16. International Particleboard Symposium W.S.U.: 245-259
- Johansson L.N.A. 1983. MDF - Mitteldichte Faserplatten. Holz Roh - Werkstoff: 255-260
- Jonsson S., Antoine H. 1982. MDF in Europa: Boom oder Überkapazität? Holz Kunststoffverarbeitung: 630-631
- Kehr E. 1977. Verfahren zur Herstellung von Faserplatten mittlerer Dichte - MDF. Holztechnologie: 67-76
- Kollmann F., Kuenzi E., Stamm A. 1975. Principles of Wood Science and Technology. II Wood based Materials Springer Verlag New York Heidelberg Berlin
- Lampert H. 1966. Faserplatten. Leipzig: VEB Fachbuchverlag
- Lein F. 1978. Tendenzen der MDF - Plattenerzeugung. Holz Roh - Werkstoff: 379-382
- Mitteldichte Faserplatten MDF. Herstellung, Bearbeitung, Anwendung. Euro MDF Board (European Association of Medium Density Fibreboard Manufacturers), 1987
- Sitzler H. - D. 1981. Einfache und wirtschaftliche Herstellung von MDF - Platten. Holz - Zentralblatt Nr. 111: 1671-1672
- Soler Gual 1982. Die MDF - Platte als Substitutionsprodukt für Holz in der Möbelfertigung und im Innenausbau 40. Sitzung der Technischen Kommission der FESYP, Giessen: 146-162
- Suchsland, O., Woodson G. 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States. United States Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture Handbook No. 640
- Sunds Defibrator 1984. Fiberboard Industry & Trade. Statistical Data on Hardboard Insulation Board & MDF. Stockholm, Sweden.
- Sunds Defibrator 1989. Panelboard Industry Trade. Statistical Data on Wood-Based Panels Stockholm. Sweden.
- Swiderski J. 1963. Vergleich der Verfahren zur Herstellung von Hartplatten: Nass - Halbtrocken - und Trockenverfahren. Holz Roh-Werkstoff: 217-225
- Wilke 1982. Bearbeitung und Oberflächenbehandlung von MDF - Platten. Holz - Zentralblatt Nr. 28-401

Z. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΜΕ ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Γενικά

Η κατασκευή σύνθετων προϊόντων από τεμαχίδια ξύλου και ανόργανες συγκολλητικές ουσίες έχει αρχίσει πολύ νωρίτερα απ'ότι η κατασκευή αντίστοιχων προϊόντων με οργανικές συγκολλητικές ουσίες. Όπως είναι αυτονόητο η μεθοδολογία παραγωγής αυτών των προϊόντων από τότε που πρωτοεμφανίστηκαν μέχρι σήμερα έχει ποικιλότροπα τροποποιηθεί επειδή στο μεταξύ χρονικό διάστημα αποκτήθηκαν νέες γνώσεις και πείρα αναφορικά με την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής.

Η ξυλώδης πρώτη ύλη που συνήθως χρησιμοποιείται μπορεί να είναι είτε ξυλοτεμαχίδια όμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των κοινών μορισπλανιών με οργανικές συγκολλητικές ουσίες, είτε τεμαχίδια ξύλου μορφής νημάτων (ξυλέριο), είτε ίνες ξύλου. Η παραγωγή των ξυλωδών νημάτων γίνεται με πλάνιση κορμοτεμαχίων-συνήθως μήκους 50 cm και υγρασίας $\approx 20\%$ - σε ειδικές πλάνες* από τα διάφορα είδη ξύλου προτιμούνται η ερυθρέλατη, η ελάτη, η πεύκη (δασική, μαύρη) και η λεύκη* τα ξυλώδη νήματα έχουν συνήθως τις εξής διαστάσεις: μήκος μέχρι 500 mm, πλάτος 1...5 mm και πάχος 0,2...0,5 mm. Ανάλογα λοιπόν με τη μορφή που συμμετέχει η ξυλώδης ύλη για την κατασκευή σύνθετων προϊόντων, διακρίνονται:

- I Μορισπλάνες ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες (ξύλο σε μορφή τεμαχιδίων).
- II Ελαφρές πλάνες ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες (ξύλο σε μορφή ξυλωδών νημάτων).
- III Ινοπλάνες ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες (ξύλο σε μορφή ινών).

Οι ανόργανες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται σαν συγκολλητικές ουσίες είναι οι ακόλουθες:

A. Γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Ο γύψος σκληρύνεται γρήγορα όταν έρχεται σε επαφή με νερό, το σκληρυνόμενο σώμα όμως είναι ευπρόσβλητο από νερό και κάτω από υγρές συνθήκες ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό η μηχανική αντοχή του.

B. Οξείδιο του Μαγνησίου (MgO)

Το οξείδιο του μαγνησίου παράγεται με τη θέρμανση ($\approx 800^\circ\text{C}$) του μαγνησίτη (MgCO_3) και έχει την ιδιότητα όταν αναμιχθεί με διαλύματα των αλάτων MgCl_2 ή MgSO_4 να μετατρέπεται σε συγκολλητική ουσία η οποία σκληρύνεται σχετικά γρήγορα* όπως συμβαίνει και με το γύψο, η συγκολλητική ουσία με βάση το μαγνήσιο δεν είναι ανθεκτική σε επίδραση νερού.

Γ. Τσιμέντα (σύμπλοκες αργιλλοπυριτικές ενώσεις του ασβεστίου)

Το τσιμέντο ανήκει στα υδραυλικά κονιάματα δηλ. όταν αναμιχθεί με νερό μεταβάλλεται σε σκληρή και συμπαγή μάζα απρόσβλητη από νερό. Το τσιμέντο εκτός από το CaO περιέχει σε διάφορα ποσοστά και οξείδια (τε SiO_2 , το Al_2O_3 και το Fe_2O_3) τα οποία ενισχύουν την ανθεκτικότητα του τσιμέντου σε νερό. Η σύνθεση ενός γνωστού τύπου τσιμέντου του Portland είναι η ακόλουθη: CaO (58-66%), SiO_2 (18-26%), Al_2O_3 (4-12%) και Fe_2O_3 (2-5%).

Τυπικό γκρίσιμα των σύνθετων προϊόντων ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες είναι ότι το ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας σε σχέση με τη μάζα του ξύλου είναι πολύ μεγαλύτερο απ'ότι όταν χρησιμοποιούνται οργανικές συγκολλητικές ουσίες (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 1: Ποσοστά των κύριων πρώτων υλών ανά m^3 σύνθετων προϊόντων ξύλου με οργανικές και ανόργανες συγκολλητικές ουσίες.

Είδος του σύνθετου προϊόντος ξύλου	Απόλυτο ξηρό βάρος ξύλου (Kg)	Συγκολλητική ουσία (Kg)	Νερό (λίτρα)
Μορισπλάκες με οργανικές συγκολλητικές ουσίες	545...695	35... 80	—
Μορισπλάκες με συγκολλητική ουσία το τσιμέντο	250...300	750...850	300...400
Μορισπλάκες με συγκολλητική ουσία οξείδιο του μαγνησίου	250...500	500...530	260...320
Μορισπλάκες με συγκολλητική ουσία γύψο	170...270	750...880	200...280

Σύνθετα προϊόντα ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στην οικοδομική σαν δομικά υλικά. Η ανόργανη συγκολλητική ουσία ενισχύει την αντοχή του προϊόντος σε προσβολή φωτιάς και μυκήτων. Το ξύλο σαν υλικό πρόσμιξης (υλικό πλήρωσης) ελαττώνει το συνολικό βάρος του σύνθετου προϊόντος και βελτιώνει τις θερμομονωτικές ιδιότητές του. Οι εύθρυπτες ανόργανες συγκολλητικές ουσίες παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε συμπίεση αλλά μικρή αντοχή σε εφελκυσμό· η ιδιότητα αυτή βελτιώνεται στα σύνθετα προϊόντα όταν τα ξυλοτεμαχίδια έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις (μεγάλο μήκος σε σχέση με το πάχος) και σχηματίζουν μαζί με τη συγκολλητική ουσία μία συμπαγή και σταθερή μάζα.

Με την ολοένα αυξανόμενη τιμή του ενεργειακού κόστους έχει αποφασιστική σημασία στην τελική τιμή ενός προϊόντος η δαπάνη σε ενέργεια (θερμική ή ηλεκτρική) που απαιτείται για την παραγωγή του. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2 η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή ενός τόννου οργανικής συγκολλητικής ουσίας από φαινόλη-φορμαλδεΰδη είναι πολύ μεγαλύτερη απ'ότι χρειάζεται για τις ανόργανες συγκολλητικές ουσίες. Η διαφορά αυτή μειώνεται αισθητά αν σαν μέτρο αναφοράς ληφθεί η απαιτούμενη ενέργεια ανά m^3 παραγομένων μορισπλακών ξύλου. Αυτό κυρίως οφείλεται στο ότι στις μορισπλάκες με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες το ποσοστό συμμετοχής της συγκολλητικής ουσίας ανά m^3 προϊόντος είναι πολύ μεγαλύτερο από ότι το αντίστοιχο των μορισπλακών με οργανικές συγκολλητικές ουσίες (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 2: Απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή συγκολλητικών ουσιών και μορισπλάκων ξύλου με συγκολλητικές ουσίες.

Είδος προϊόντος	Απαιτούμενη ενέργεια GJ/t	Απαιτούμενη ενέργεια GJ/m ³
ληκτική ουσία	φαινόλη-φορμαλδεΰδη	38,5
	τσιμέντο	4,1
	γύψος	1,4
μορισπλά- κα	μορισπλάκα με φαινόλη- φορμαλδεΰδη	6,17
	μορισπλάκα με τσιμέντο	5,61
	μορισπλάκα με γύψο	2,61
GJ=10 ⁹ Joule, t=τόνος		

1. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία το τσιμέντο

Αποτελούν τη σπουδαιότερη κατηγορία μεταξύ των προϊόντων ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες. Το τσιμέντο εξασφαλίζει στο σύνθετο προϊόν καλύτερη αντιπυρική προστασία, καλύτερη ανθεκτικότητα σε επίδραση νερού και υψηλότερη ανθεκτικότητα σε προσβολές μυκήτων και εντόμων. Αυτή η ανθεκτικότητα σε προσβολές φυτικών και ζωικών οργανισμών οφείλεται κυρίως στον αλκαλικό χαρακτήρα της συγκολλητικής ουσίας. Η καλή αντιπυρική συμπεριφορά σύνθετων προϊόντων ξύλου με τσιμέντο αποδίδεται στην επικάλυψη της επιφάνειας των ξυλοτεμαχιδίων με το τσιμέντο (αντιπυρικό υλικό) το οποίο μερικώς εισέρχεται και στα τοιχώματα των κυττάρων του ξύλου. Η θετική επίδραση του ξύλου στο σύνθετο προϊόν αναφέρεται στο ότι μειώνει το βάρος (πυκνότητα) του, ελαττώνει θερμοαγωγιμότητα, βελτιώνει την ικανότητα επεξεργασίας του με κοπτικά μέσα (τομή, πρίση κ.ά.), εξασφαλίζει καλές ελαστικο-μηχανικές ιδιότητες, βελτιώνει την ανθεκτικότητά του σε παγετό. Ακόμη το ξύλο με την ιδιότητά του της προσρόφησης και εκρόφησης υγρασίας και την καλύτερη θερμο- και ηχομόνωση δίνει στο σύνθετο προϊόν με τσιμέντο, το οποίο χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό κατοικιών ή χώρων εργασίας, καλύτερες ιδιότητες από άποψη υγιεινής και διαβίωσης σε σύγκριση με το αμιγές μπετόν. Ο τύπος του τσιμέντου που σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιείται - επειδή σε σύγκριση με άλλους τύπους τσιμέντων σκληρύνεται ταχύτερα - για την κατασκευή σύνθετων προϊόντων ξύλου είναι το τσιμέντο Portland τύπου 45 F (PZ 45 F)*. Η ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό

*PZ 45 F: τσιμέντο Portland με αντοχή σε συμπίεση μετά από 28 ημέρες σκλήρυνσης 45 N/mm² ή 450 Kp/cm²

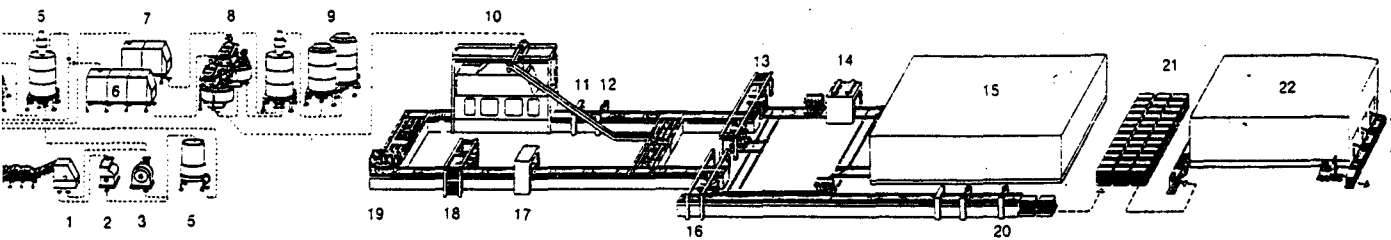
οδηγεί σε προοδευτική συμπίκνωση και στερεοποίηση (σκληρυνση) του πολτού. Η πλήρης σκληρυνση (μέγιστες τιμές μηχανικής αντοχής) εξασφαλίζεται 28 ημέρες μετά την ανάμιξη με νερό. Σαν επιταχυντές (καταλύτες) αυτής της μακράς διαδικασίας σκληρυνσης του τσιμέντου χρησιμοποιούνται κυρίως τα διαλύματα του CaCl_2 (3...5%) του MgCl_2 αλλά και της υδρούλου (Na_2SiO_3) με τα οποία αναμιγνύονται τα Ξυλοτεμαχίδια προτού αναμιχθούν με το τσιμέντο.

Ελαφρές πλάκες από Ξύλο (Ξυλώδη νήματα) και τσιμέντο βρίσκονται σε χρήση διεθνώς από το 1930. Εκτός από τις πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες διαθέτουν επαρκή αντοχή σε κάμψη και καλή ικανότητα μηχανικής επεξεργασίας. Αν και το προϊόν αρχικά εκτοπίσθηκε έντονα από την εμφάνιση νέων υλικών π.χ. αφρώδη πλαστικά, υαλοβάμβακας, κ.ά, που διαθέτουν καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες, σήμερα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται κυρίως ως πολυσύνθετο προϊόν μαζί με άλλα νέα υλικά· ένα τέτοιο πολυσύνθετο προϊόν (τρίστρωμη πλάκα) έχει μεσαία στρώση πλάκα πάχους 25 mm από αφρώδες πολυστυρόλιο ενώ η άνω και κάτω στρώση του προϊόντος αποτελείται από ελαφρή πλάκα Ξύλο-τσιμέντου πάχους 5...7,5 mm.

Οι ελαφρές πλάκες Ξύλου - τσιμέντου λόγω της μικρής θερμοαγωγιμότητάς τους (0,08-0,1 Kcal/m.h.grd), χρησιμοποιούνται κυρίως στην οικοδομική σαν θερμομονωτικά υλικά.

Οι σχετικά μικρές τιμές των ελαστικο-μηχανικών ιδιοτήτων των ελαφρών πλακών Ξύλου-τσιμέντου (βλ. Πίνακα 3)-λόγω της μικρής πυκνότητάς τους ($360...570 \text{ Kg/m}^3$)-περιορίζουν την αξιοποίησή τους σε χρήσεις όπου η κατασκευή είναι εκτεθειμένη σε υψηλές τάσεις φόρτισης. Η αδυναμία αυτή ξεπεράστηκε με την παραγωγή σύνθετων προϊόντων Ξύλου-τσιμέντου (μοριοπλάκες με τσιμέντο) μεγάλης πυκνότητας ($1100...1300 \text{ Kg/m}^3$) τα οποία αντέχουν σε υψηλές στατικές φορτίσεις (Πίνακας 3). Επί πλέον οι μοριοπλάκες τσιμέντου πλεονεκτηών των ελαφρών πλακών όσο αφορά την ανθεκτικότητα σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες διότι η επιφάνειά τους εμφανίζεται περισσότερο συμπαγής (κλειστή). Η τεχνολογία παραγωγής μοριοπλακών τσιμέντου τύπου Duripanel (Μέθοδος Bison) περιγράφεται στη συνέχεια (Σχήμα 1). Ξυλοτεμαχίδια διαστάσεων 0,2...0,4 mm πάχους και 10...30 mm μήκους αναμιγνύονται σε χλωρή κατάσταση (χωρίς ξήρανση) με πρόσθετες ουσίες (σκληρυντές) όπως είναι π.χ. τα διαλύματα MgCl_2 και CaCl_2 (3...5%) και κατόπιν με κατάλληλη ποσότητα νερού και τσιμέντου. Το μίγμα στρωματώνεται επάνω σε λαμαρίνες μέχρι να αποκτήσει το επιθυμητό πάχος και την επιθυμητή πυκνότητα. Στη συνέχεια μερικές στρωματωμένες πλάκες στοιβάζονται (η μία πάνω στην άλλη) ώστε να σχηματίσουν ένα πακέτο το οποίο συμπιέζεται σε υδραυλική πρέσσα (ψυχρή συμπίεση) με πίεση $\approx 25 \text{ Kp/cm}^2$. Αφού μετά τη συμπίεση οι στρωματωμένες πλάκες αποκτήσουν ένα προκαθορισμένο πάχος (τελικό πάχος του προϊόντος) το πακέτο στερεώνεται και σταθεροποιείται με τη χρησιμοποίηση σιδηρών αριγκτήρων. Στη συνέχεια το πακέτο μεταφέρεται εκτός της πρέσσας σε κλειστό χώρο θερμοκρασίας $\approx 80^\circ \text{ C}$ προκειμένου να επιταχυνθεί ο ρυθμός σκληρυνσης του τσιμέντου, έτσι ώστε μετά από 6...8 ώρες να είναι δυνατή η αποστοίβαση των μεμονωμένων πλακών. Μετά την αποστοίβαση του πακέτου, οι λαμαρίνες οδηγούνται μετά από σχετικό καθαρισμό στη μηχανή στρωματώσεως για επαναχρησιμο-

ποίηση, ενώ οι πλάκες του στραματωμένου υλικού μετά την παύση των αιμών τους στοιβάζονται σε πακέτα και παραμένουν σε ειδικό χώρο στοίβασης τόσο χρόνο μέχρι την οριστική σκλήρυνση του τσιμέντου (18...20 ημέρες). Στη συνέχεια οι πλάκες αποστοιβάζονται και κλιματίζονται σε χώρο κλιματισμού μέχρι να αποκτήσουν υγρασία $\approx 9\%$.



Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση της ροής παραγωγής μοριοπλανών τσιμέντου (μέθοδος BISON).

- 1 σπαστήρας θρυμματισμού ξύλου, 2 μύλος μεταθρυμματισμού, 3 μύλος μεταθρυμματισμού, 4 κοσκινητής, 5 αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων, 6 αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων μεσαίας στρώσης, 7 αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων επιφανειακών στρώσεων, 8 αναμικτήρας, 9 αποθηκευτής τσιμέντου, 10 μηχανήμα στραματώσεως, 11 καθορισμός μήκους πλανών, 12 προσδιορισμός της επιφανειακής πυκνότητας της πλάκας, 13 μηχανισμός στοίβασης πλανών, 14 πρέσα, 15 χώρος τοποθέτησης πλανών για περαιτέρω σκλήρυνση, 16 μηχανισμός αποστοίβασης πλανών, 17 καθορισμός λαμαρινών στραματώσεως, 18 αποθήκευση λαμαρινών, 19 προωθητής λαμαρινών, 20 δισκοπρίονος παρυψώσεως, 21 ενδιάμεσος χώρος αποθήκευσης, 22 χώρος κλιματισμού.

Πίνακας 3: Πυκνότητα, μηχανική αντοχή και διαστασιακές μεταβολές μοριοπλανών ξύλου με ανόργανες και οργανικές συγκολλητικές ουσίες.

Είδος σύνθετου προϊόντος	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Αντοχή σε στατική κάμψη (N/mm ²)	Διαστασιακές μεταβολές μήκους και πλάτους που αντιστοιχεί σε μεταβολή κλίματος από 20°C/30% σε 20°C/85% (%)
Μοριοπλάκες με οργανικές συγκολλητικές ουσίες	610...735	8...20	3...5
Μοριοπλάκες με τσιμέντο	1100...1300	9...15	3...5
Μοριοπλάκες με οξειδίο του μαγνησίου	850...900	7...14	—
Μοριοπλάκες με γύψο	1100...1200	4...10	0,3...0,9
Γυψοπλάκες με γύψο	1100...1150	6...8	0,3...0,6
Κύνηδες πλάκες γύψου-αρτονιού	800...850	3...8	0,3...0,4
Λαφρές πλάκες ξύλου με ανόργανες συγκολλητικές ουσίες	360...570	0,4...1,7	1,0...2,4

Το κύριο μειονέκτημα που πρέπει να υπερπηδηθεί σχετικά με την τεχνολογία παραγωγής μοριοπλακών με τσιμέντο είναι οι εξαιρετικά μεγάλοι χρόνοι που απαιτούνται (μέχρι 28 ημέρες) για την πλήρη σκλήρυνση του τσιμέντου. Σ' αυτό οφείλεται κυρίως και η μικρή δυναμικότητα (25-200 m³/ημερησίως) των εργοστασίων μοριοπλακών τσιμέντου σε σύγκριση με εκείνη των μοριοπλακών με οργανικές συγκολλητικές ουσίες (250...1000 m³/ημερησίως). Ένα άλλο σοβαρό μειονέκτημα είναι ότι σε ορισμένα είδη ξύλου διάφορες ουσίες του ξύλου οι οποίες σε αλκαλικό περιβάλλον εύκολα εκχυλίζονται εμποδίζουν ή και καθιστούν αδύνατη τη σκλήρυνση του τσιμέντου. Γι' αυτό το λόγο το ξύλο ορισμένων δασικών ειδών όπως είναι η δρύς, λάρινα, οξυά έχει αποδειχθεί ότι είναι τελείως ακατάλληλο για την παραγωγή σύνθετων προϊόντων με τσιμέντο. Από έρευνες διαπιστώθηκε ότι οι ουσίες αυτές ανήκουν είτε στους υδατάνθρακες είτε στις φαινολικές ουσίες. Η ανασταλτική δράση των ουσιών αυτών εξηγήθηκε ως εξής: κατά την ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό σχηματίζεται υδροξείδιο του ασβεστίου το οποίο αντιδρά με τους υδατάνθρακες και τις φαινολικές ουσίες του ξύλου οπότε σχηματίζονται αδιάλυτα στο νερό άλατα του ασβεστίου· τα άλατα αυτά περιβάλλουν την επιφάνεια των κόκκων του τσιμέντου σαν μονωτικό στρώμα με αποτέλεσμα να εμποδίζουν τη σκλήρυνσή του.

Για την άρση αυτού του μειονεκτήματος έχουν δοκιμασθεί οι ακόλουθες μέθοδοι:

1) εμποτισμός των ξυλοτεμαχιδίων με όξινα - υδρολυόμενα άλατα (CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4) τα οποία εμποδίζουν το σχηματισμό αδιάλυτων αλάτων στην επιφάνεια των ξυλοτεμαχιδίων και έτσι βελτιώνουν τη διαδικασία σκλήρυνσης του τσιμέντου, 2) εμποτισμός των ξυλοτεμαχιδίων με κατάλληλες ανόργανες ή οργανικές ουσίες όπως είναι η υδρύαλος, η άσφαλτος και ο οξικός πολυβινυλεστέρας οι οποίες ελαττώνουν σημαντικά το πορώδες του ξύλου και εμποδίζουν έτσι την αρνητική επίδραση των σακχάρων στη σκλήρυνση του τσιμέντου, 3) αποικοδόμηση των υδρολυόμενων σακχάρων του ξύλου από βακτήρια και μύκητες μετά από αποθήκευση των ξυλοτεμαχιδίων στο ελεύθερο περιβάλλον.

Τα αναφερθέντα μειονεκτήματα ευθύνονται για τα σχετικά μεγάλο κόστος των μοριοπλακών τσιμέντου στη μέση Ευρώπη. Η κύρια προσπάθεια για μεταβολή της κατάστασης αυτής επικεντρώνεται στη δυνατότητα ανεύρεσης τσιμέντων που απαιτούν μικρούς χρόνους σκλήρυνσης· μ' αυτό τον τρόπο -εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων- θα γίνει δυνατή και η χρησιμοποίηση ενός μεγαλύτερου αριθμού δασικών ειδών σαν πρώτης ύλης επειδή σε μικρούς χρόνους σκλήρυνσης τα πολύ μικρά μόνο ποσοστά των ουσιών που θα προλάβουν να εκχυλισθούν δεν θα έχουν τη δυνατότητα να εμποδίσουν τη σκλήρυνση του τσιμέντου.

Οι ιδιότητες των σύνθετων προϊόντων ξύλου - τσιμέντου εξαρτώνται όχι μόνο από τον τύπο του τσιμέντου (χημική σύνθεση) και τις διαστάσεις των ξυλοτεμαχιδίων αλλά κι από το δασικό είδος ξύλου, την προσβολή του η μή από βακτήρια και μύκητες και επί πλέον από την αναλογία (κατά βάρος) μεταξύ ξύλου και τσιμέντου και την τελική πυκνότητα του προϊόντος. Σύμφωνα με σχετικές ερευνητικές εργασίες η αύξηση της αναλογίας σε τσιμέντο σε σχέση με το ξύλο ενώ

βελτιώνει την αντοχή σε συμπίεση μειώνει την αντοχή του σύνθετου προϊόντος σε κάμψη . Επίσης πρόσφατα υλοτομημένο ξύλο έχει δυσμενέστερη συμπεριφορά στην συγκόλλησή του με τσιμέντο απ'ότι παλαιότερα υλοτομημένο ξύλο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αριθμός των ολιγομερών και μονομερών σακχάρων του ξύλου που επηρεάζουν αρνητικά τη συγκόλλησή του με το τσιμέντο μειώνεται σημαντικά μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου από την υλοτομία. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι ιδιότητες ορισμένων τύπων μορισπλακών ξύλου - τσιμέντου με τις εμπορικές ονομασίες όπως κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά και ιδιότητες μορισπλακών τσιμέντου - ξύλου του εμπορίου

	Arbolit	Fibrolit	Durisol	Duripanel
Πρώτες ύλες: Είδος ξύλου	Κωνοφόρα και Πλατύφυλλα (εκτός από Δρύ). Υπολείμματα κατεργασίας ξύλου.	Κωνοφόρα	Κωνοφόρα και μικρής πυκνότητας Πλατύφυλλα. Υπολείμματα κατεργασίας ξύλου χωρίς φλοιό.	Κωνοφόρα
Υγρασία ξύλου	όχι πρόσφατα υλοτομημένο ξύλο	μετά από 6 μήνες αποθήκευσης	15-20%	-
Διαστάσεις Ξυλοτεμαχιδίων	Μήκος 2...40 mm	Μήκος έως 500 mm Πλάτος 3...5 mm Πάχος 2 mm	3...30 mm	(10...25) mm 1mm (1...2)mm
Τσιμέντο Portland	PZ 40, PZ 50	PZ 30, PZ 40	PZ 40, PZ 50	PZ 40, PZ 50
Ιδιότητες:				
Πυκνότητα (Kg/m ³)	500...700	300...500	500...600	1200
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)	0,7...1,0	0,4...1,2	0,9...1,2	10...12
Αντοχή σε συμπίεση (N/mm ²)	0,5-3,5	-	1,5...3,5	15
Θερμική αγωγιμότητα (W/m.K)	0,17...0,29	0,099...0,15	0,11...0,25	0,25
Συμμετοχή των πρώτων υλών στην παραγωγή 1m ³ προϊόντος:				
Τσιμέντο Portland (Kg)	280...400	180...220	250...350	700
Ξύλο (Kg)	180...300	120...280	200...230	250
Νερό (Kg)	100...150	100...150	70...100	550

2. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία το οξείδιο του Μαγνησίου.

Συγκολλητικές ουσίες με βάση το οξείδιο του μαγνησίου (MgO) δεν αποτελούν υδραυλικά κονιάματα όπως το τσιμέντο γι' αυτό και χαρακτηρίζονται από μικρή ανθεκτικότητα σε επίδραση νερού.

Το MgO έχει την ιδιότητα όταν αναμιχθή με διαλύματα αλάτων δισθενών μετάλλων όπως είναι το $MgCl_2$, $MgSO_4$ και το $CaCl_2$ να δημιουργεί έναν πολτό ο οποίος σκληρύνεται σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσα σε 1...6 ώρες. Η ταχύτητα σκλήρυνσης και η αντοχή της συγκολλητικής ουσίας μετά τη σκλήρυνση εξαρτώνται από το είδος και τη συγκέντρωση των αναφερθέντων διαλυμάτων αλάτων που δρουν σαν σκληρυντές' αναφορικά με τις ιδιότητες αυτές το $MgCl_2$ είναι το καταλληλότερο, μειονεκτεί όμως α) διότι ευνοεί τη διάβρωση των λαμαρινών όπου γίνεται η στρωμάτωση του υλικού μετά την ανάμιξη των πρώτων υλών και β) διότι μειώνει την ανθεκτικότητα της συγκολλητικής ουσίας σε επίδραση νερού.

Σύνθετα προϊόντα με προιονίδια ξύλου σαν υλικό πλήρωσης και οξείδιο του μαγνησίου, σαν συγκολλητική ουσία κατασκευάζονται ήδη από τον 19^{ου} αιώνα και αξιοποιούνται κυρίως στην κατασκευή δαπέδων. Λόγω των αναφερθέντων μειονεκτημάτων που παρουσιάζει το $MgCl_2$ (σαν σκληρυντής) αντικαταστάθηκε με το $MgSO_4$ το οποίο βελτιώνει την ανθεκτικότητα των δεσμών της συγκολλητικής ουσίας σε νερό αλλά μειώνει αισθητά τη μηχανική αντοχή της' το μειονέκτημα αυτό ξεπεράστηκε με πρόσθετο θερμικό χειρισμό που εφαρμόζεται στο προϊόν μετά την αρχική σκλήρυνσή του. Από το 1920 μεγάλη σπουδαιότητα απόκτησαν ελαφρές πλάκες με συγκολλητική ουσία MgO γνωστές με την εμπορική ονομασία Heraklith.

Η παραγωγή του προϊόντος αυτού γίνεται ως εξής: το ξυλέριο (ξύλωδη νήματα) αναμιγνύεται πρώτα με διάλυμα $MgSO_4$ και στη συνέχεια με κόνη MgO . Το μίγμα αφού στρωματωθεί σε μορφή πλακών διέρχεται από θερμή πρέσα όπου μέσα σε 10 λεπτά σκληρύνεται. Στη συνέχεια οι πλάκες διέρχονται από ειδικό ξηραντήριο για ξήρανση και μετά την παύση των ατμών του στοιβάζονται σε πακέτα. Οι πλάκες αφήνονται στοιβαγμένες περίπου για 7 ακόμη μέρες-ώστε να περατωθεί η σκλήρυνση-και στη συνέχεια διατίθενται στο εμπόριο.

Στα σύνθετα προϊόντα του ξύλου με αυτήν τη συγκολλητική ουσία προστέθηκαν Μοριόπλάκες και Ινοπλάκες οι οποίες παράγονται με θερμή συμπίεση (180...220°C).

Γενικά η ζήτηση σε σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία MgO έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω της μειωμένης ανθεκτικότητάς της σε επίδραση νερού και του υψηλότερου κόστους σε σχέση με τις δύο άλλες ανταγωνιστικές ανόργανες συγκολλητικές ουσίες δηλ. το τσιμέντο και το γύψο.

3. Σύνθετα προϊόντα ξύλου με συγκολλητική ουσία τον γύψο.

Ο γύψος ανήκει στα μη υδραυλικά κονιάματα δηλ. είναι ευπρόσβλητος στο νερό γι' αυτό τα σύνθετα προϊόντα που σχηματίζει με το ξύλο χρησιμοποιούνται κυρίως σε χώρους που δεν έρχονται σε άμεση επαφή με νερό.

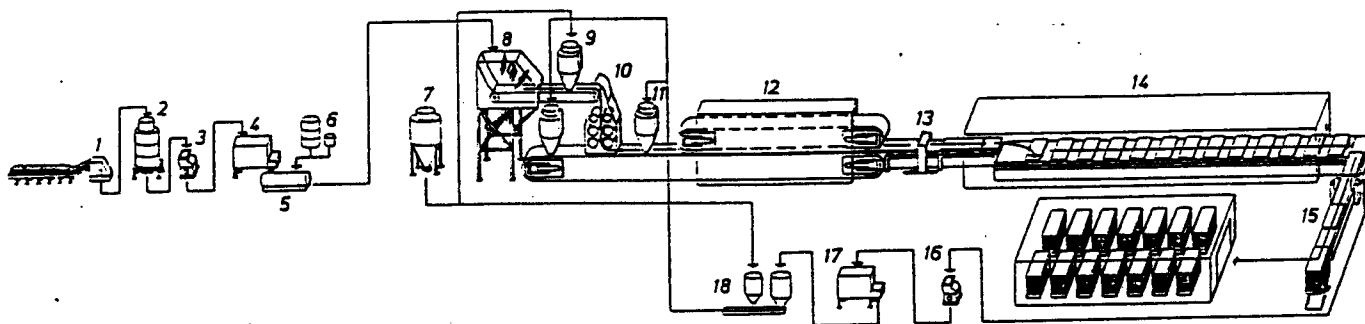
Ελαφρές πλάκες ξύλου με γύψο κατασκευάζονται από την αρχή του αιώνα μας όμως με την εμφάνιση των μονωτικών πλακών από ανόργανες ίνες και αφρώδη πλαστικά έχουν εκτοπισθεί από την αγορά. Αντίθετα μεγαλύτερης πυκνότητας σύνθετα προϊ-

όντα γύψου έχουν αποκτήσει μία αρκετά πλεονεκτική θέση στην αγορά κυρίως λόγω της μικρής διαστασιακής μεταβολής που εμφανίζονται στην κατεύθυνση του μήκους ή του πλάτους των (βλ. Πίνακας 3). Στην κατηγορία των προϊόντων αυτών ανήκουν σύνθετα προϊόντα με μεσαία στρώση γύψο και επικατασκευασμένες στρώσεις από χοντρό χαρτόνι. Το προϊόν αυτό λόγω των μικρών διαστασιακών μεταβολών στην επίδραση υγρασίας ανταγωνίζεται επιτυχώς τις κοινές μοριοπλάκες (με οργανικής φύσεως συγκολλητικές ουσίες) σε δομικές κατασκευές εσωτερικών χώρων π.χ. κατασκευή χωρισμάτων, επενδύσεις τοίχων κ.ά. Από τις αρχές του 1970 έχει εμφανιστεί και παράγεται βιομηχανικώς στη Μέση Ευρώπη η Ινοπλάκα γύψου. Στην περίπτωση του προϊόντος αυτού οι ίνες προέρχονται από την πολτοποίηση παλιού χαρτιού το οποίο σαν υπόλειμμα βρίσκει με τον τρόπο αυτό μια χρήσιμη αξιοποίηση. Κατά τη βιομηχανική παραγωγή των αναφερθέντων παραπάνω σύνθετων προϊόντων γύψου (ελαφρές πλάκες, σύνθετες πλάκες γύψου - χαρτονιού, ινοπλάκες) ο γύψος επεξεργάζεται σε πολτώδη μέχρι ρευστή κατάσταση (υγρά μέθοδος). Για το σκοπό αυτό κατά την ανάμιξη των υλικών προστίθεται νερό σε τέτοιο ποσοστό ώστε η αναλογία νερού: γύψου να κυμαίνεται από 0,70...0,90. Αν ληφθεί υπ' όψιν ότι η αναγκαία για τη σκλήρυνση του γύψου αναλογία είναι μόνο 0,15...0,19 είναι ευνόητο ότι η επί πλέον ποσότητα νερού θα πρέπει να απομακρυνθεί από το προϊόν με τεχνητή ξήρανση πράγμα που σημαίνει σημαντικό κόστος. Το μειονέκτημα αυτό αντιμετωπίζεται με επιτυχία στην περίπτωση εφαρμογής της ημιξηρής μεθόδου παραγωγής μοριοπλακών γύψου - ξύλου κατά την οποία η αναλογία νερού: γύψου κυμαίνεται έως 0,35 με αποτέλεσμα να πετυχαίνεται μείωση του κόστους ξήρανσης κατά ~ 50% σε σύγκριση με την υγρή μέθοδο.

Η ανακάλυψη της ημιξηρής μεθόδου σε συνδυασμό με τα γνωστά προβλήματα που παρουσιάζει η παραγωγή μοριοπλακών τσιμέντου - ξύλου (αντιοικονομικά μεγάλοι χρόνοι σκλήρυνσης του τσιμέντου, ακαταλληλότητα πολλών ειδών ξύλου ως πρώτη ύλη λόγω της ύπαρξης εκχυλισμάτων - σακχάρων που εμποδίζουν την πήξη του τσιμέντου κ.ά) έδωσε ώθηση στην εμφάνιση τα τελευταία 5 χρόνια στην Ευρώπη ενός νέου προϊόντος της μοριοπλάκας γύψου - ξυλοτεμαχιδίων.

Η τεχνολογία παραγωγής της μοριοπλάκας γύψου δείχνεται στο Σχήμα 2 και αναπτύσσεται στη συνέχεια. Σαν συγκολλητική ουσία των ξυλοτεμαχιδίων χρησιμοποιείται η φυσική γύψος. Όμως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και "χημικός" γύψος ο οποίος είτε προκύπτει σαν δευτερεύον προϊόν από την παρασκευή φασφορικού οξέως κατά την παραγωγή χημικών λιπασμάτων, είτε προκύπτει σαν υπόλειμμα κατά τη χρησιμοποίηση του φυσικού γύψου σαν δεσμευτή των βιομηχανικών ρυπογόνων αερίων ενώσεων του θείου. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις προτού χρησιμοποιηθεί ο χημικός γύψος στην παραγωγή σύνθετων μοριοπλακών με ξύλο προηγείται καθαρισμός του από ακατάλληλες ξένες προσμίξεις. Το ξύλο σαν πρώτη ύλη μπορεί να είναι στρογγύλη ξυλεία Κωνοφόρων ή Πλατυφύλλων ή υπολείμματα κατεργασίας ξύλου κατά προτίμηση απαλλαγμένα από φλοιό. Σύμφωνα με σχετικές

έρευνες όλα τα μέχρι τώρα χρησιμοποιηθέντα είδη ξύλου είναι κατάλληλα για την παραγωγή μορισπλακών γύψου. Τα ξυλοτεμαχίδια παράγονται με θρυμματισμό του ξύλου σε κατάλληλους σπαστήρες και το πάχος τους δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,30 πμ. Τα χλωρά ξυλοτεμαχίδια αναμιγνύονται στη συνέχεια με τόση ποσότητα νερού ώστε η συνολική ποσότητα (συμπεριλαμβανομένης και εκείνης των χλωρών ξυλοτεμαχιδίων) νερού: γύψου να κυμαίνεται από 0,25 έως 0,35. Ακολουθεί ανάμιξη των υγρών ξυλοτεμαχιδίων με κόνη γύψου σε κατάλληλους αναμικτήρες. Η αναλογία ξύλου: γύψου κυμαίνεται περίπου από 0,20 μέχρι 0,30. Εάν είναι απαραίτητο προστίθεται κατά την ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων - γύψου και κατάλληλοι επιβραδυντές ή επιταχυντές έτσι ώστε η έναρξη της κρυσταλοποίησης (σκλήρυνσης) του γύψου να αρχίσει μετά τη συμπίεση στην πρέσα. Στη συνέχεια το αναμιγμένο υλικό στραματώνεται σε λαμαρίνες και οι στραματωμένες πλάκες οδηγούνται σε ψυχή πρέσα (θερμοκρασία περιβάλλοντος) για συμπίεση μέχρι να αποκτήσει η πλάκα το τελικό επιθυμητό πάχος. Επειδή ο απαιτούμενος χρόνος σκλήρυνσης του γύψου είναι σχετικά μικρός η διάρκεια συμπίεσης του στραματωμένου υλικού στην πρέσα διαρκεί περίπου 6 πμ. Στη συνέχεια οι πλάκες απομακρύνονται από την πρέσα με περιεχόμενη υγρασία περίπου 15% γι' αυτό οδηγούνται σε ξηραντήριο προκειμένου η τελική υγρασία τους να κατέβει περίπου σε 2%. Μετά την ξήρανση ακολουθεί η παρόαση και η λείανση της επιφάνειας των πλοκών. Οι μορισπλάκες γύψου χρησιμοποιούνται κυρίως σαν δομικά υλικά σε εσωτερικούς χώρους (χωρίσματα, επενδύσεις τοίχων, πατώματα κ.ά.) και ανταγωνίζονται επιτυχώς τις κοινές μορισπλάκες (με οργανικές συγκολλητικές ουσίες) επειδή έχουν καλύτερη διαστασιακή σταθερότητα (βλ. Πίνακα 3) εξασφαλίζουν καλύτερη αντιπυρική προστασία και δεν εκλύουν φορμαλδεΐδη.



Σχήμα 2: Σχηματική παράσταση της ροής παραγωγής μορισπλακών γύψου με την ημιξηρή μέθοδο. 1.σπαστήρας θρυμματισμού, 2.αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων, 3.σπαστήρας μεταθρυμματισμού, 4.αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων, 5.αναμικτήρας, 6.τροφοδότηση με πρόσθετες χημικές ουσίες, 7.αποθηκευτής γύψου, 8.αποθηκευτής ξυλοτεμαχιδίων μεσαίας στρώσης, 9.τροφοδότηση με γύψο, 10.μηχανισμός ανάμιξης και στραματώσης μεσαίας στρώσης, 11.μηχανισμός στραματώσης επιφανειακών στρώσεων, 12.πρέσα, 13.καθορισμός μήκους πλοκών, 14.ξηραντήριο, 15.δισκοπρίονας παρυφώσεως, 16.μύλος θρυμματισμού υπολειμμάτων παρυφώσεως, 17.αποθηκευτής, 18.αναμικτήρας πρώτων υλών για επιφανειακές στρώσεις.

4. Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv: Werkstoffe aus Holz und andere Werkstoffe der Holzindustrie.
VEB Fachbuchverlag Leipzig 1975.
- Bücking, G.: Die Herstellung gipsgebundener Spanplatten im Endlosverfahren.
Holz als Roh- und Werkstoff 41 (1983): 427-430.
- Kossatz, G., Lempfer, K.: Zur Herstellung gipsgebundener Spanplatten in einem
Halbtrockenverfahren. Holz Roh-Werkstoff 40 (1982): 333-337.
- Kossatz, G., Lempfer, K., Sattler, H.: Anorganisch gebundene Holzwerkstoffplatten.
FESYP. Geschäftsbericht 1982/83: 98-108.
- Lee, A., Hong, Z., Phillips, D., Hse, C.: Effect of cement/wood ratios and
wood storage conditions on hydration temperature, hydration time, and
compressive strength of wood - cement mixtures. Wood and Fiber Science
19 (1987): 262-268.
- Marutzky, R.: Einfluss der Lagerung auf die Verwertbarkeit von Nadelholz als
Rohmaterial für zementgebundene Holzspanplatten. Teil 1. Problemstellung
und vergleichende Untersuchungen.
Holz - Zentralblatt Nr. 110, 1986: 1526, 1528
Teil 2. Ergebnisse der Lagerungsversuche
Holz - Zentralblatt Nr. 113, 1986: 1570, 1571
Teil 3. Ergänzende Untersuchungen und Zusammenfassung
Holz - Zentralblatt Nr. 129, 1988: 1858, 1859.
- Moslemi, A., Garcia, F., Hofstrand, A.: Effect of various treatments and
additives on wood - Portland cement - water systems.
Wood and Fiber Science 15 (1983): 164-176.
- Moslemi, A., Pfister, S.: The influence of cement/wood ratio and cement type
on bending strength and dimensional stability of wood - cement composite
panels.
- Pampel, H., Schwarz, H.-G.: Technologie und Verfahrenstechnik zementgebundener
Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 37 (1979): 195-202.
- Sandermann, W., Brendel, M.: Die zementvergiftende Wirkung von Holzinhaltstoffen
und ihre Abhängigkeit von der chemischen Konstitution. Holz Roh-Werkstoff
14 (1956): 307-313.
- Schwarz, H.: Industrielle Produktion gipsgebundener Spanplatten in einer
neuen Anlage in Finnland.
Holz Roh-Werkstoff 44 (1986): 385-387.
- Wienhaus, O.: Werkstoffe aus Holz und Zement.
Holztechnologie 20 (1979): 207-215.

Η. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ

ο. Γενικά

Οι βελτιωτικές επεξεργασίες στην επιφάνεια του ξύλου και των προϊόντων του έχουν σκοπό να μεταβάλλουν την αισθητική και την εμφάνιση της επιφάνειας σε επιθυμητή κατεύθυνση, να βελτιώσουν την ανθεκτικότητά της έναντι θερμικών, μηχανικών, φυσικών, βιολογικών και χημικών επιδράσεων και γενικώς να αυξήσουν την αξία χρήσεως του προϊόντος.

Στις επικαλύψεις χρησιμοποιούνται δύο κατηγορίες υλικών:

- Βελτιωτικές επεξεργασίες με υλικά ρευστής κατάστασης π.χ. επιχρίσματα (βερνίκια)
- Βελτιωτικές επεξεργασίες με στερεά επενδύματα π.χ. ξυλόφυλλα, πλαστικά φύλλα.

1. Βελτιωτικές επεξεργασίες με ρευστά υλικά

Διακρίνονται δύο κατηγορίες:

- Υλικά τα οποία μεταβάλλουν το φυσικό χρώμα της επιφάνειας του ξύλου με χημική αντίδραση χωρίς να επηρεάζουν τη φυσική δομή (σχεδίαση του ξύλου)· πρόκειται συνήθως για αραιά διαλύματα τα οποία μετά την εφαρμογή τους δεν δημιουργούν εμφανή πρόσθετη επίστρωση στην επιφάνεια επεξεργασίας.
- Υλικά τα οποία επιστρώνονται στην επιφάνεια του ξύλου ή των προϊόντων ξύλου με σκοπό να αποτελέσουν μετά την ξήρανσή τους μόνιμες επιστρώσεις προκειμένου να μεταβάλλουν την αισθητική της επιφάνειας και να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα της από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες. Τα υλικά αυτά ονομάζονται επιχρίσματα ή κοινώς βερνίκια.

Οι χημικές ουσίες που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία εφαρμόζονται μόνο στην επιφάνεια του συμπαγές ξύλου ή σε προϊόντα ξύλου επενδυμένα με ξυλόφυλλο. Διακρίνονται δύο είδη:

1) Ουσίες οι οποίες προσδίνουν στην επιφάνεια ομοιόμορφο ανοιχτό χρώμα και την απαλάσσουν από μεταχρωματισμούς δηλ. ενεργούν ως λευκαντικά. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται: το κιτρικό οξύ (3-5%), το οξικό οξύ (5-10%), το οξαλικό οξύ (2,5-5%), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (30-35%) είτε μόνο του είτε σε συνδυασμό με το υδροξείδιο του καλίου κ.α.

2) Ουσίες οι οποίες προσδίνουν μια επιθυμητή απόχρωση στην επιφάνεια χωρίς να μεταβάλλουν τη φυσική εμφάνισή της. Πρόκειται για χημικές ουσίες οι οποίες αντιδρούν με εκχυλίσματα ή χρωστικές ουσίες οι οποίες ευρίσκονται στην επιφάνεια του ξύλου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διαλύματα αλκαλίων και αλάτων με βαρέα μέταλλα (Νικελίου, Χρωμίου, Χαλκού, Σιδήρου και Μαγγανίου).

Στην περίπτωση που πρόκειται για κωνοφόρα ή άλλα είδη ξύλου τα οποία περιέχουν φυσικές ρητίνες προτού γίνει επικάλυψη της επιφάνειάς τους με διαφανή επιχρίσματα προηγείται απομάκρυνση της ρητίνης με κατάλληλα διαλύματα (τετραχλωράνθρακας, ακετόνη) ή σαπωνοποιητές (σόδα, ποτάσσα κ.ά.).

Στη συνέχεια αναπτύσσεται ιδιαίτερα η δεύτερη κατηγορία υλικών επιφανειακής επεξεργασίας του ξύλου λόγω της μεγάλης σπουδαιότητάς της.

1.1. Βελτιωτικές επεξεργασίες με επιχρίσματα (βερνίκια)

1.1.1 Γενικά

Τα επιχρίσματα επιστρώνονται στην επιφάνεια του ξύλου ή των προϊόντων ξύλου συνήθως σε τρεις αλληλοδιαδοχικές στρώσεις: τη βασική στρώση (εξομάλυνση σφαλμάτων της επιφάνειας, πλήρωση πόρων ξύλου), τη μεσαία στρώση (δρά ως συνδετικό μέσο μεταξύ της βασικής στρώσης και επίστρωσης) και την επίστρωση ή επιφανειακή στρώση (βελτίωση της επιφάνειας από άποψη εμφάνισης και ανθεκτικότητας σε διάφορες επιδράσεις).

Τα επιχρίσματα (βερνίκια) μπορεί να είναι διαφανή (διατήρηση της φυσικής εμφάνισης του ξύλου) ή αδιαφανή με διάφορες αποχρώσεις χρωμάτων. Συνήθως αποτελούνται από μίγμα διαφόρων ουσιών, οι κυριότερες των οποίων είναι:

1. Τα κύρια συστατικά

Αυτά μπορεί να είναι διάφορα φυτικά ή ζωικά έλαια (λινέλαιο, σογέλαιο) ή διάφορες φυσικές ρητίνες (κολοφώνιο) ή και συνθετικά πολυμερή (αλκυδικές ρητίνες, αμινοπλάστες, φαινολοπλάστες, πολυαμίδια, πολυαιθυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδια, πολυεστέρες κ.ά.).

2. Διαλύτες

Αποσκοπούν στην ομοιογενοποίηση και τη διευκόλυνση της επίστρωσης των κύριων συστατικών. Οι συνήθεις διαλύτες που χρησιμοποιούνται στα επιχρίσματα είναι οι αλκοόλες, οι εστέρες, οι κετόνες, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και η βενζίνη.

3. Υλικά πληρώσεως

Αυξάνουν τον όγκο των κύριων συστατικών του επιχρίσματος, εμποδίζουν τη διείδυσή του στο εσωτερικό του ξύλου και προσδίνουν ελαστικότητα στην επίστρωση. Ως υλικά πληρώσεως βρίσκουν εφαρμογή κυρίως φυσικές ή συνθετικές ρητίνες, αιωρήματα πυριτικών οξέων και άλλες οργανικές ενώσεις.

4. Σκληρυντές

Χρησιμοποιούνται ως καταλύτες και επιταχυντές της χημικής αντίδρασης σκλήρυνσης των επιχρισμάτων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφορα ανόργανα και οργανικά οξέα.

5. Χρωστικές

Πρόκειται για ουσίες ανόργανες π.χ. οξειδία μετάλλων, ή οργανικές π.χ. με βάση την πίσσα ή την ανιλίνη οι οποίες προσδίνουν στα επιχρίσματα τα επιθυμητά χρώματα.

Ανάλογα με το είδος του κύριου συστατικού τα επιχρίσματα διακρίνονται στις εξής κύριες κατηγορίες (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Κύριες κατηγορίες επιχρισμάτων

Κύρια συστατικά	Μέθοδος ξήρανσης - Ιδιότητες
Έλαια και αλκυδικές ρητίνες	Με οξείδωση και εξάτμιση του διαλύτη συνήθως σε ξηραντήρια με θερμό αέρα. Κατάλληλα για επιχρίσεις επιφανειών εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Οι επιστρώσεις εμφανίζουν μικρή σκληρότητα αλλά ηυξημένη ελαστικότητα και ανθεκτικότητα σε υγρασία κι άλλες κλιματικές επιδράσεις.
Νιτροκυτταρίνες (NC)	Ξήρανση με εξάτμιση του διαλύτη με θερμό αέρα και σπανίως με υπέρυθρη ακτινοβολία. Κατάλληλες για εσωτερικούς χώρους. Εμφανίζουν ελαστικότητα αλλά δεν είναι ανθεκτικές σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και επιδράσεις ελαίων, οξέων και αλκαλίων.
Αμινοπλάστες (SH) (Επιχρίσματα σκληραινόμενα με οξέα)	Ξήρανση συνήθως με υπέρυθρη ή υπεριώδη ακτινοβολία σπάνια με θερμό αέρα. Αποτελούνται από δύο κύρια συστατικά, την αμίνη (ουρία ή μελαμίνη) και τη φορμαλδεΰδη.

Σκλήρυνση με πολυσυμπύκνωση των δύο κύριων συστατικών με την βοήθεια σκληρυντή (οξύ) ο οποίος δρα ως καταλύτης. Κατάλληλοι κυρίως για εσωτερικούς χώρους. Οι επιστρώσεις εμφανίζουν ελαστικότητα και είναι σχετικά σκληρές. Παρουσιάζουν καλή ανθεκτικότητα σε νερό, αλκοόλες, βενζίνη και άλλα διαλυτικά μέσα.

Ακόρεστοι (UP)
πολυεστέρες

Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα του ενός κύρια συστατικά με βάση ακόρεστα και κεκορεσμένα δικαρβονικά οξέα και δισθενείς αλκοόλες σε συνδυασμό με μονομερή (π.χ. στυρόλιο). Η σκλήρυνση της επίστρωσης επιτυγχάνεται με πολυμερισμό των κύριων συστατικών, ο οποίος προκαλείται με υπεριώδη ακτινοβολία. Κατάλληλοι για έπιπλα και γενικώς για εσωτερικούς χώρους. Επιστρώσεις ανθεκτικές έναντι νερού, αλκοολών και άλλων χημικών αντιδραστηρίων.

Πολυουρεθάνες (PU)

Ξήρανση με θερμό αέρα ή υπέρυθη ακτινοβολία. Αποτελούνται από δύο κύρια συστατικά τις πολυαλκοόλες και τα δικαρβονικά οξέα. Μετά την ανάμιξη των κύριων συστατικών η σκλήρυνση συμβαίνει με αντιδράσεις πολυπροσθήκης. Κατάλληλες για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Επιστρώσεις ανθεκτικές σε νερό, αλκοόλες, οξέα, διαλυτικά μέσα, υψηλές θερμοκρασίες.

Σημαντικές ιδιότητες των επιχρισμάτων είναι το ιξώδες, η απόλυτη ξηρή μάζα και το σημείο ανάφλεξης. Οι κυριότερες από τις ιδιότητες που σχετίζονται με την επεξεργασία τους είναι η διαλυτότητα, η ικανότητα ψεκασμού, η ικανότητα επάλειψης κ.ά. Ιδιαίτερη σπουδαιότητα έχουν οι ιδιότητες της στρώσης του επιχρίσματος μετά την ξήρανση-σκλήρυνσή του όπως είναι: η σκληρότητα, ο βαθμός

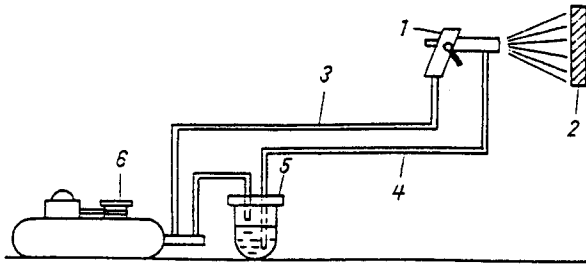
στίλβωσης, η ανθεκτικότητα στο φως, σε χημικά αντιδραστήρια και σε υψηλές θερμοκρασίες.

1.1.2. Μέθοδοι επίστρωσης των επιχρισμάτων

Κατά την επικάλυψη με επιχρίσματα εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι ανάλογα με το μέγεθος της επιφάνειας, το είδος της παραγωγικής διαδικασίας και την κατηγορία του επιχρίσματος.

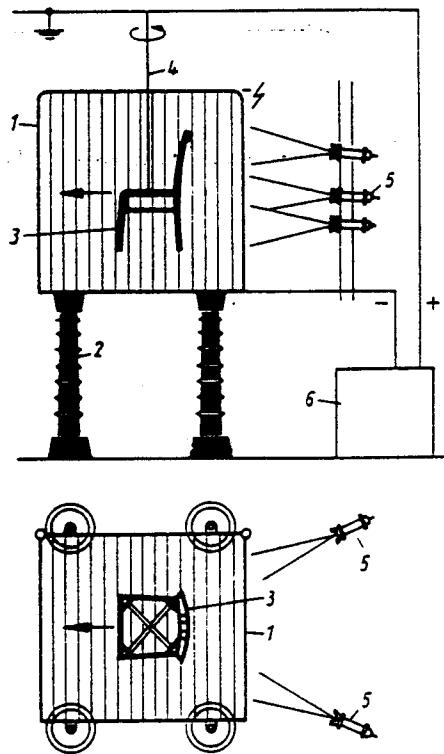
Η πιο απλούστατη μέθοδος είναι επάλειψη των επιφανειών με πινέλο, βούρτσα ή κατάλληλα περιστρεφόμενους κυλίνδρους. Όπως είναι ευνόητο οι παραπάνω μέθοδοι επάλειψης είναι ανεπαρκείς όταν πρόκειται για βιομηχανική παραγωγή. Στην περίπτωση αυτή έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα μηχανήματα τα οποία λειτουργούν με διάφορες αρχές όπως είναι: ο ψεκασμός (Σχήμα 1 και 2), η εμβάπτιση (Σχήμα 3), η επάλειψη (Σχήμα 4) και η έκχυση (Σχήμα 5).

Στην περίπτωση που πρόκειται να γίνει επίστρωση με επιχρίσματα πολύπλοκης γεωμετρικής μορφής (π.χ. καρέκλες, καλύμματα τηλεοράσεων κ.ά.) εφαρμόζεται συνήθως ο ψεκασμός του επιχρίσματος με πεπιεσμένο αέρα με τη χρήση κατάλληλου ακροφυσίου. Παραλλαγή αυτής της μεθόδου είναι ο ηλεκτροστατικός ψεκασμός ο οποίος εφαρμόζεται ως εξής: δημιουργείται με γεννήτρια ηλεκτρικό πεδίο με αρνητικό πόλο τον ψεκαστήρα και θετικό πόλο το προς επίστρωση αντικείμενο. Έτσι τα σταγονίδια του επιχρίσματος που εκτοξεύονται από το ακροφύσιο του ψεκαστήρα ως αρνητικά φορτισμένα ακολουθούν τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου και καταλήγουν στην επιφάνεια του προς επίστρωση αντικειμένου. Η ελάχιστη υγρασία του προς επίστρωση αντικειμένου (προϊόν ξύλου) προκειμένου να διαθέτει την απαιτούμενη ηλεκτροαγωγιμότητα είναι 8%. Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σε αντικείμενα με πολύπλοκο γεωμετρική μορφή π.χ. καρέκλες, καλύμματα τηλεοράσεων, πλαίσια παραθύρων κ.ά. Ένα παράδειγμα ηλεκτροστατικού ψεκασμού δείχνει το Σχήμα 2. Η μέθοδος της εμβάπτισης εφαρμόζεται όταν πρόκειται να επιχρισθούν όλες οι επιφάνειες του προϊόντος ξύλου. Η ταχύτητα εμβάπτισης σε συνδυασμό με το είδος του επιχρίσματος καθορίζει το πάχος της επίστρωσης. Για την επάλειψη μικρού πάχους επιχρισμάτων σε μεγάλης επιφάνειας επίπεδων προϊόντων ξύλου χρησιμοποιείται ευρέως η επάλειψη με κυλίνδρους. Το πάχος του επιχρίσματος καθορίζεται από την απόσταση μεταξύ του κυλίνδρου τροφοδοσίας και του κυλίνδρου επάλειψης. Ο κύλινδρος τροφοδοσίας έχει μεταλ



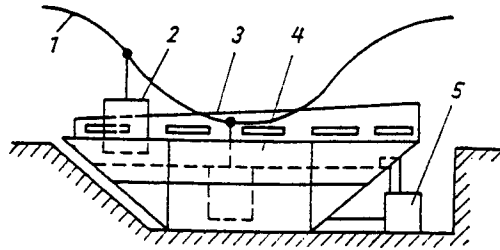
Σχήμα 1. Επίστρωση επιχρίσματος με ψεκασμό

- 1. ψεκαστήρας, 2. επιφάνεια προς επίστρωση, 3. διοχέτευση πεπιεσμένου αέρα, 4. διοχέτευση επιχρίσματος, 5. δοχείο επιχρίσματος, 6. παραγωγή συμπιεσμένου αέρα

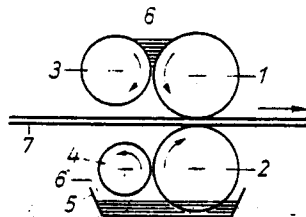


Σχήμα 2. Ηλεκτροστατικός ψεκασμός επιχρίσματος σε καρέκλα

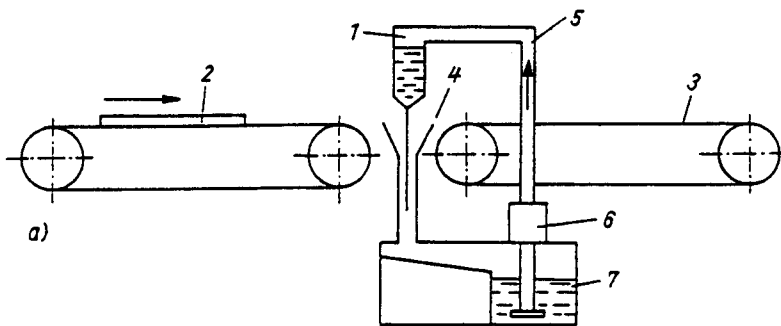
- 1. Δικτυωτό ηλεκτρόδιο, 2. στηρίγματα, 3. καρέκλα, 4. περιστρεφόμενος μηχανισμός, 5. ψεκαστήρας, 6. γεννήτρια



Σχήμα 3. Επίστρωση επιχρίσματος με εμβάπτιση
1. μεταφορικός μηχανισμός, 2. αντικείμενο προς επίστρωση, 3. μηχανισμός ανύψωσης και βύθισης του αντικειμένου, 4. λεκάνη εμβάπτισης, 5. αντλία πλήρωσης της λεκάνης με επίχρισμα



Σχήμα 4. Επίστρωση επιχρίσματος με επάλειψη
1. άνω κύλινδρος επάλειψης, 2. κάτω κύλινδρος επάλειψης, 3. άνω κύλινδρος τροφοδοσίας επιχρίσματος, 4. κάτω κύλινδρος τροφοδοσίας επιχρίσματος, 5. δοχείο επιχρίσματος, 6. επίχρισμα, 7. αντικείμενο προς αμφίπλευρη επίστρωση



Σχήμα 5. Επίστρωση επιχρίσματος με έκχυση
1. κεφαλή έκχυσης, 2. αντικείμενο προς επίστρωση, 3. μεταφορική ταινία, 4. χοάνη, 5. μεταφορέας του επιχρίσματος, 6. αντλία, 7. δοχείο επιχρίσματος

λική και λεία επιφάνεια ενώ ο κύλινδρος επάλειψης έχει την επιφάνειά του επικαλυμμένη με στρώμα ελαστικού. Κατά την επάλειψη επιχρισμάτων με έκχυση η ποσότητα εκροής του επιχρίσματος εξαρτάται από τη στάθμη του επιχρίσματος στο δοχείο έκχυσης κι από την επικρατούσα εκεί πίεση. Για την εξασφάλιση σταθερού πάχους επίστρωσης θα πρέπει κατά τη μέθοδο αυτή το γινόμενο της ταχύτητας μεταφοράς του προς επάλειψη προϊόντος επί τη μάζα εκροής να είναι σταθερό.

1.1.3. Μέθοδοι ξήρανσης των επιχρισμάτων

Κατά την εφαρμογή των επιχρισμάτων σε βιομηχανική κλίμακα διακρίνονται οι ακόλουθες μέθοδοι ξήρανσης και σκλήρυνσης μετά την επίστρωσή τους.

- Ξήρανση με θερμό αέρα
- Ξήρανση με υπέρυθρη ακτινοβολία (IR)
- Ξήρανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV)
- Ξήρανση με ακτινοβολία ηλεκτρονίων (ES)

Όπως είναι ευνόητο οι διαδικασίες ξήρανσης (σκλήρυνσης) του επιχρίσματος εξαρτώνται από το είδος του επιχρίσματος και διακρίνονται:

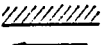

- Ξήρανση με θερμό αέρα π.χ. εξάτμιση διαλυτικού μέσου (νιτροκυτταρίνες)
- Ξήρανση με οξείδωση από το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα (έλαια)
- Ξήρανση με χημικές αντιδράσεις οι οποίες προκαλούνται συνήθως με ακτινοβολίες π.χ. πολυσυμπύκνωση (αμινοπλάστες), πολυπροσθήκη (πολυουρεθάνες), πολυμερισμός (ακόρεστοι πολυεστέρες).

Ξήρανση επιχρισμάτων με θερμό αέρα

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί στις νιτροκυτταρίνες, στους αμινοπλάστες στις πολυουρεθάνες και τους ακόρεστους πολυεστέρες. Στην περίπτωση αυτή το μέσο θέρμανσης είναι ο θερμός αέρας ο οποίος προκαλεί την εξάτμιση του διαλύτη του επιχρίσματος και τη δημιουργία στερεής στρώσης στην επιφάνεια του προϊόντος. Η ταχύτητα εξάτμισης του διαλυτικού μέσου εξαρτάται τόσο από τις συνθήκες ξήρανσης (θερμοκρασία, ταχύτητα αέρος) αλλά και από το είδος του διαλυτικού μέσου. Σημασία επίσης έχει αν ο θερμός αέρας κινείται κάθετα ή παράλληλα προς

τη στρώση του επιχρίσματος (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Διάρκεια ξήρανσης (min) επιχρίσματος από αμινοπλάστη με κάθετη και παράλληλη κίνηση του θερμού αέρα

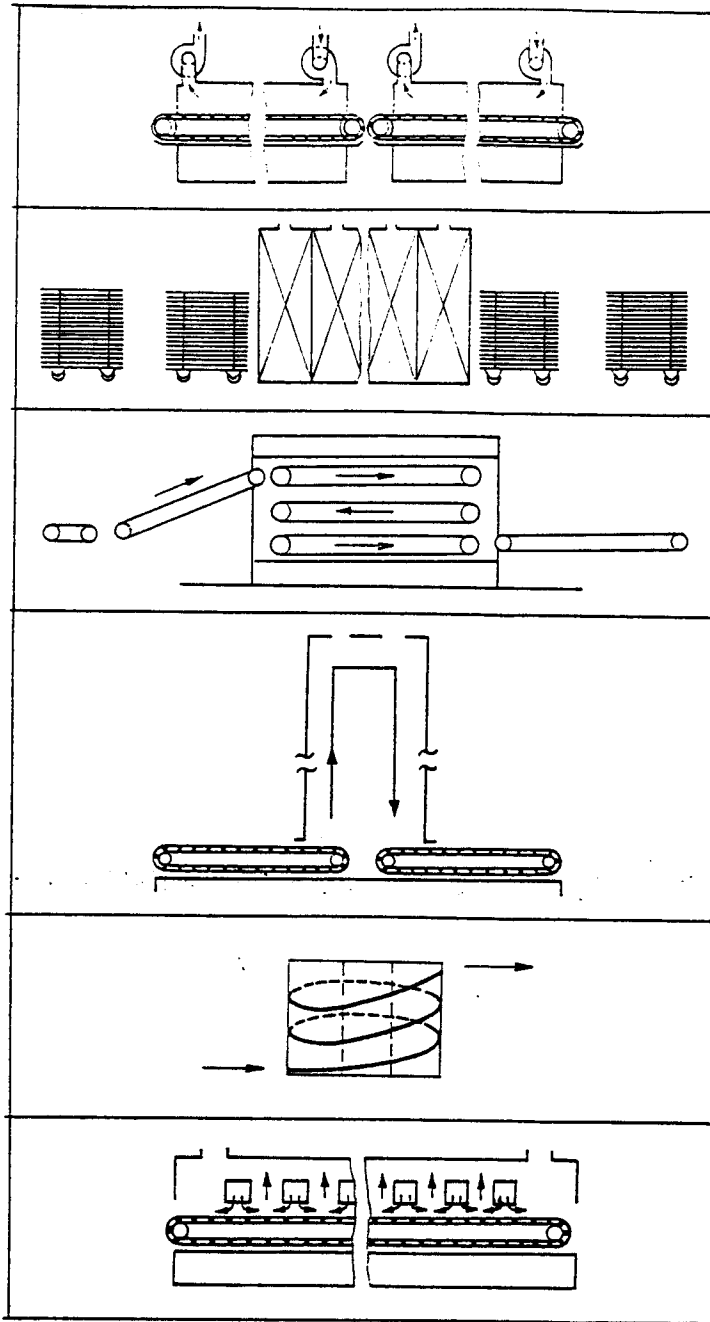
Φάσεις	Παράλληλη κίνηση 	Κάθετη κίνηση 
Εξάτμιση διαλυτικού μέσου	3,0	1,5
Προξήρανση	5,0	2,0
Σκλήρυνση	3,0	1,0
Ψύξη	3,0	1,5
	<u>14,0</u>	<u>6,0</u>

Στον Πίνακα 3 δείχνονται οι διαδοχικές φάσεις ξήρανσης ενός επιχρίσματος με θερμό αέρα.

Πίνακα 3. Παράδειγμα ξήρανσης επιχρίσματος στην επιφάνεια επενδυμένης με ξυλόφυλλο μοριοπλάκας με χρήση θερμού αέρα

Φάσεις	Τεχνολογικές συνθήκες
Προθέρμανση	50 sec σε 45°C θερμοκρασία επιφάνειας· θερμοκρασία αέρα 160°C
Επάλειψη επιχρίσματος	Ποσότητα 125 g/m ² Νιτροκυτταρίνης
Εξάτμιση διαλυτικού μέσου	2,5 min σε 20°C
Ξήρανση	6 min σε 40-60°C θερμοκρασία επιφάνειας
Ψύξη	40-60 sec
Λείανση	
Απομάκρυνση σκόνης	

Στο Σχήμα 6 δείχνονται διάφοροι τύποι Ξηραντηρίων που λειτουργούν με θερμό αέρα.



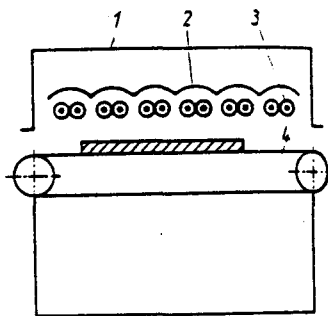
Σχήμα 6. Τύποι ξηραντηρίων επιχρισμάτων με θερμό αέρα

Ξήρανση επιχρισμάτων με υπέρυθη ακτινοβολία (IR)

Με τη μέθοδο αυτή ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφάται από τη στρώση του επιχρίσματος μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και συντελεί στη σκλήρυνση του επιχρίσματος. Η απορροφούμενη ποσότητα ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματός της και από το είδος και πάχος της στρώσης. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σκλήρυνσης επιχρίσματος με υπέρυθη ακτινοβολία. Ξηραντήριο με υπέρυθη ακτινοβολία δείχνει το Σχήμα 7.

Πίνακας 4. Σκλήρυνση επιχρίσματος ακόρεστου πολυεστέρα στην επιφάνεια μοριοπλάκας με υπέρυθη ακτινοβολία

Φάσεις	Τεχνολογικές συνθήκες
Επάλειψη επιχρίσματος	200-250 g/m ² ακόρεστου πολυεστέρα
Εξάτμιση διαλυτικού μέσου	210-240 sec
Σκλήρυνση	50-60 sec με IR - ακτινοβολία
Ψύξη	100-120 sec



Σχήμα 7. Ξηραντήριο επιχρισμάτων με υπέρυθη ακτινοβολία

1. περίβλημα Ξηραντηρίου, 2. ανακλαστής, 3. απομπός ακτινοβολίας, 4. μεταφορική ταινία

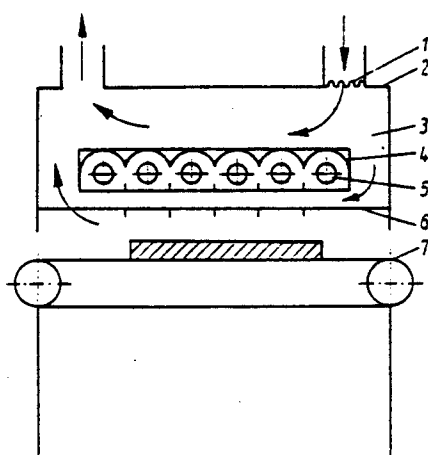
Ξήρανση επιχρισμάτων με υπεριώδη ακτινοβολία

Η σκλήρυνση του επιχρίσματος συμβαίνει με φωτοχημικό τρόπο, και βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε επιχρίσματα ακόρεστων πολυεστέρων. Ο πολυμερισμός των κύριων συστατικών του επιχρίσματος και η δημιουργία μακρομορίων πολυεστέρα με αιθυλενικούς δεσμούς προκαλείται από ελεύθερες ρίζες, οι οποίες παράγονται κατά την ακτινοβολία του επιχρίσματος με υπεριώδη ακτινοβολία.

Στον Πίνακα 5 δείχνεται ένα παράδειγμα σκλήρυνσης επιχρίσματος με υπεριώδη ακτινοβολία. Ξηραντήριο με υπεριώδη ακτινοβολία παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.

Πίνακας 5. Σκλήρυνση επιχρίσματος στην επιφάνεια επενδυμένης με ξυλόφυλλα μοριοπλάκας με υπεριώδη ακτινοβολία

Φάσεις	Τεχνολογικές συνθήκες
Προθέρμανση	15 sec με UV-ακτινοβολία
Επάλειψη	400-500 g/cm ²
Εξάτμιση διαλυτικού μέσου	240 sec
Συμπύκνωση	160 sec με UV-ακτινοβολία
Σκλήρυνση	60 sec με UV-ακτινοβολία
Ψύξη	60 sec
Δείανση	



Σχήμα 8. Ξηραντήριο επιχρισμάτων με υπεριώδη ακτινοβολία

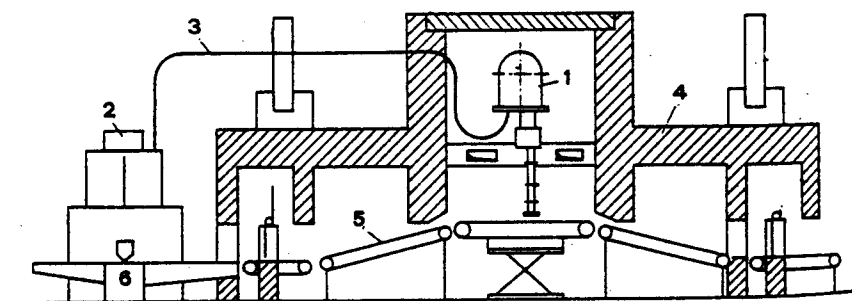
1. φίλτρο αέρος, 2. περίβλημα Ξηραντηρίου, 3. ψυχρός αέρας,
4. ανακλαστής ακτινοβολίας, 5. εκπομπός ακτινοβολίας, 6. φίλτρο υάλου, 7. μεταφορική ταινία

Ξήρανση με ακτινοβολία ηλεκτρονίων (ES)

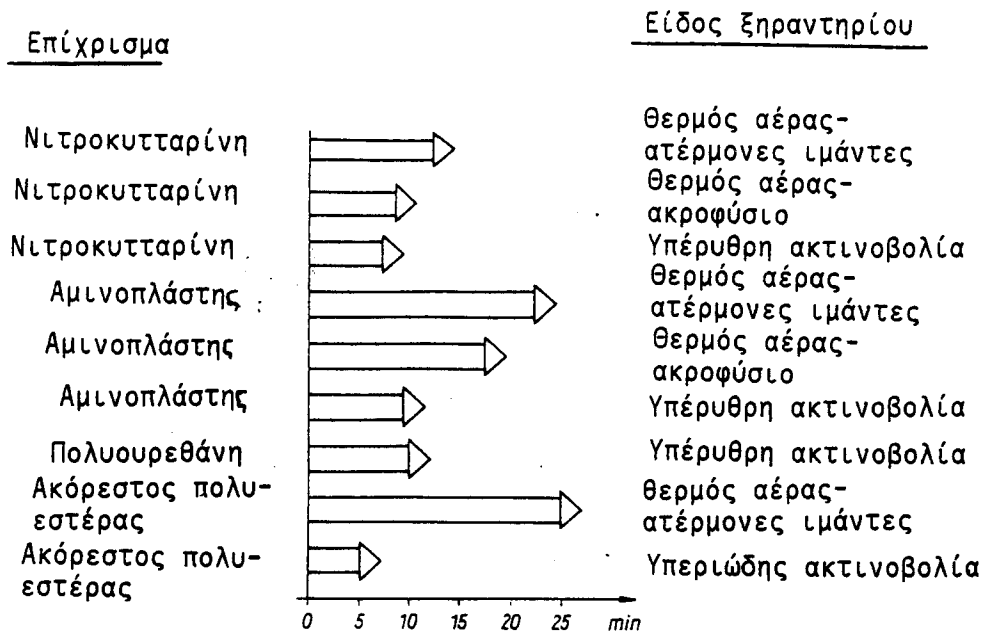
Η σκλήρυνση του επιχρίσματος επιτυγχάνεται με δέσμη ηλεκτρονίων τα οποία διασπών του διπλούς δεσμούς άνθρακος των κύριων συστατικών του επιχρίσματος και τα οδηγούν σε πολυμερισμό. Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε επιχρίσματα με βάση ακόρεστους πολυεστέρες, ακόρεστες πολυουρεθάνες, εποξειδικές και ακρυλικές ρητίνες. Το Σχήμα 9 δείχνει Ξηραντήριο με ακτινοβολία ηλεκτρονίων. Η μέθοδος πλεονεκτεί από την άποψη του μικρού ενεργειακού κόστους, του περιορισμένου χώρου που απαιτεί και οικονομικότητας στη χρήση επιχρίσματος. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα Ξήρανσης επιχρίσματος επάνω σε Ξυλόφυλλο με ακτινοβολία ηλεκτρονίων:

- Επάλειψη με επίχρισμα 15 g/m^2
- Σκλήρυνση με ταχύτητα διέλευσης της επιφάνειας 25 m/min
- Δείανση με λεπτότατο λειαντικό μέσο Κατηγορίας 400
- Επάλειψη με 10 g/m^2
- Σκλήρυνση με ταχύτητα διέλευσης της επιφάνειας 25 m/min
- Στοίβαση

Όπως είναι ευνόητο η διάρκεια Ξήρανσης εξαρτάται όχι μόνο από τη μέθοδο Ξήρανσης αλλά και από το είδος του επιχρίσματος (Σχήμα 10).



Σχήμα 9. Ξηραντήριο επιχρισμάτων με ακτινοβολία ηλεκτρονίων
1. επιταχυντής ηλεκτρονίων, 2. γεννήτρια υψηλής τάσης,
3. καλώδιο υψηλής τάσης, 4. προστατευτικό περίβλημα από μπετόν, 5. μεταφορικός μηχανισμός, 6. μηχανή έκχυσης επιχρίσματος



Σχήμα 10. Διάρκεια Ξήρανσης διαφανών επιχρισμάτων με επιταχυνόμενη Ξήρανση (60°C) σε σχέση με το είδος του Ξηραντηρίου και το είδος του επιχρίσματος (ποσότητα 150 g/m²)

1.1.4. Άλλες επεξεργασίες μετά την ξήρανση του επιχρίσματος

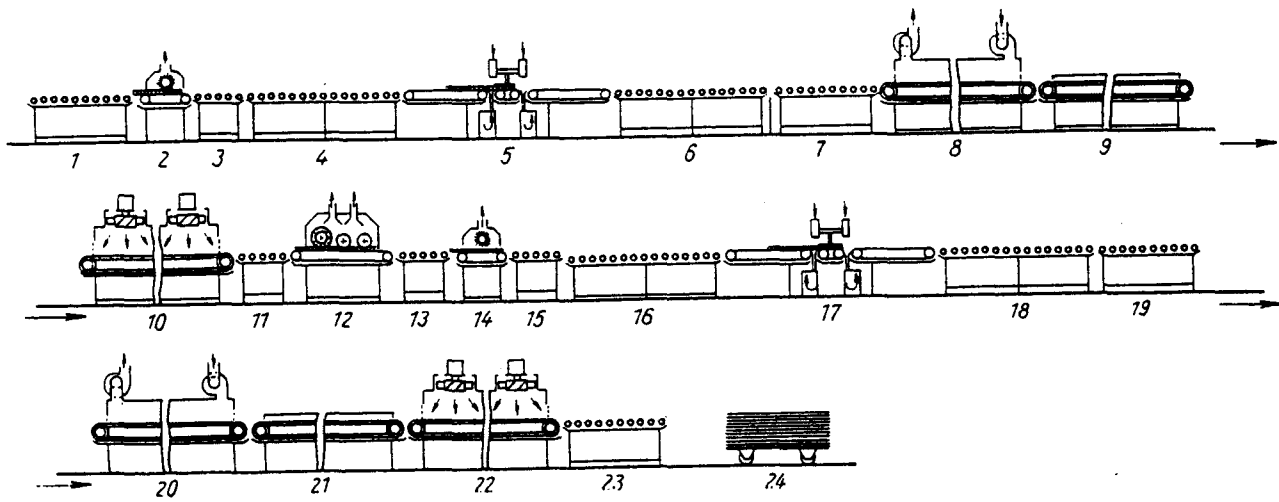
Συνήθως μετά την ξήρανση του επιχρίσματος είναι αναγκαίο να βελτιωθεί η λειότητα της επίστρωσης πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται με κατάλληλη λείανση. Η λείανση γίνεται με λειαντικά μηχανήματα τα οποία διαθέτουν ατέρμονα λειαντική ταινία ή κύλινδρο επαφής με τη βοήθεια εξαιρετικά λεπτόκοκκων λειαντικών μέσων (κατηγορία 240 και άνω). Στην περίπτωση που επιδιώκεται στίλβωση της επιφάνειας μετά τη λείανση ακολουθεί το λουστράρισμα (στίλβωση) της επιφάνειας του επιχρίσματος με κατάλληλα στίλβωτικά μέσα, όπως είναι η κίςσυρις, τα οξειδία του αλουμινίου και χρωμίου, το ανθρακικό ασβέστιο κ.ά.

Οι τομείς εφαρμογής και οι ιδιότητες των κυριότερων επιχρισμάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 6 και 7 αντίστοιχα.

Πίνακας 6. Τομείς εφαρμογής των επιχρισμάτων

Τομείς εφαρμογής	Έλαια + Αλκυδικές τίνες	Νιτροκυτταρίνη ρητίνες	Αμινοπλάστες	Ακόρεστοι πολυεστέρες	Πολυουρεθάνες
Επιπλοποιϊα	Έπιπλα εσωτερικών χώρων	-	+	+	+
	Έπιπλα κουζίνας	+	-	+	+
	Έπιπλα εργαστηρίων	-	-	ο	+
	Έπιπλα γραφείων και σχολείων	-	ο	+	ο
	Έπιπλα κήπου	+	-	+	-
Παιδικά παιχνίδια	-	+	ο	-	-
Αθλητικά όργανα	-	-	+	-	+
Μουσικά όργανα	-	+	+	+	-
Δομικά στοιχεία οικοδομών	Παράθυρα και εξωτερικές θύρες	+	-	+	-
	Εσωτερικές θύρες	+	ο	+	ο
	Σκάλες	ο	-	ο	-
	Παρκέττα	ο	-	+	-
Ναυπηγική-κατασκευή οχημάτων	Οχήματα	-	-	+	-
	Βαγόνια	+	-	ο	-
	Εσωτερικές κατασκευές πλοίων	+	-	+	+
	Κατασκευές πλοίων	+	-	-	+

+: πολύ κατάλληλα, ο: μέτρια κατάλληλα, -: ακατάλληλα



Σχήμα 11. Φάσεις επικάλυψης της επιφάνειας προϊόντων ξύλου με επιχρίσματα σε βιομηχανική κλίμακα
 1,4,7,11,13,16,19. Μεταφορική ταινία εισόδου 2,14. καθαρισμός από σκόνη , 3,15,23. Μεταφορική ταινία εξόδου, 5,17. επάλειψη με έκχυση, 6,18. κύλινδροι μείωσης της ταχύτητας μεταφοράς, 8,20. εξαερισμός, 9,21. ξήρανση επιχρίσματος, 10,22. ψυκτικοί θάλαμοι,12. λειαντικό μηχάνημα 24. στοίβαση

Πίνακας 8. Μέγιστες επιτρεπτές τιμές διαλυτών και επιχρισμάτων σε χώρους εργασίας

Διαλυτικό μέσο	cm ³ /m ³	mg/m ³	Επιχρίσματα	cm ³ /m ³
Ακετόνη	420	1000	Νιτροκυτταρίνη	55
Βενζίνη	250	1000	Αμινοπλάστες	65
Τολουόλιο	55	200	Ακόρεστοι πολυεστέρες	48
Ευλόλιο	45	200	Έλαια και Αλκυδικές ρητίνες	250
Βενζόλιο	15	50		
Στυρόλιο	48	200		

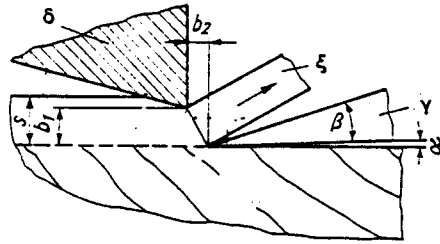
2. Βελτιωτικές επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με ξυλόφυλλα

Η επικάλυψη της επιφάνειας του ξύλου ή των προϊόντων του με διακοσμητικά ξυλόφυλλα αποτελεί την πιο παλιά μέθοδο βελτίωσης της επιφάνειας αυτών των προϊόντων. Τα διακοσμητικά ξυλόφυλλα παράγονται συνήθως με παλινδρομική τομή (Σχήμα 12) σε πάχη 0,05-2,7 mm (συνήθως 0,6-1,0 mm). Τα κύρια είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διακοσμητικών ξυλοφύλλων (Πίνακας 9.) συνήθως πλεονεκτούν από την άποψη του χρώματος και της σχεδίασης.

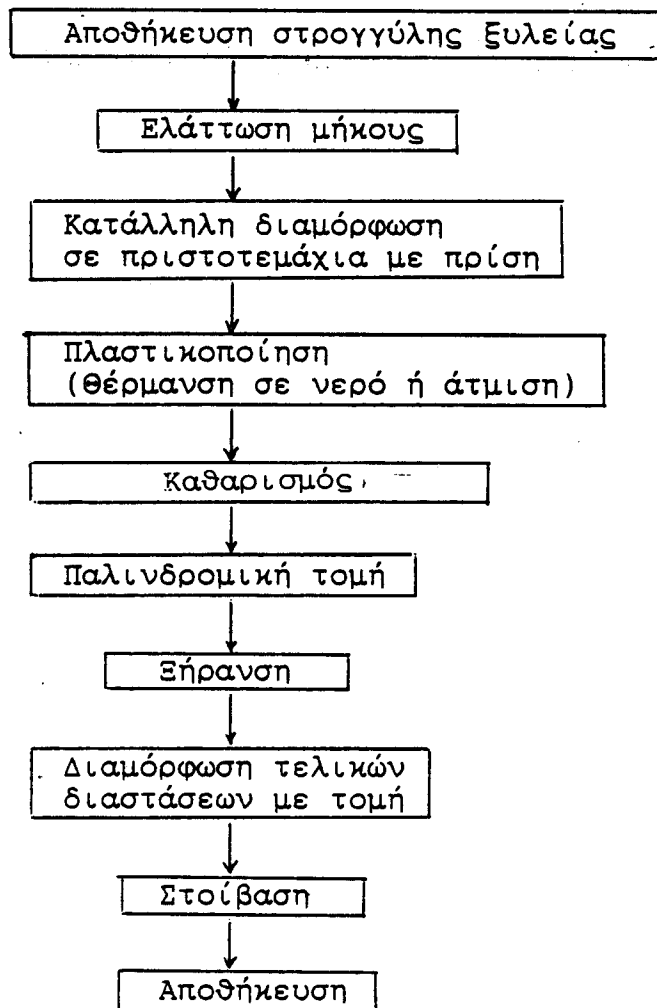
Πίνακας 9. Δασικά είδη κατάλληλα για παραγωγή διακοσμητικών ξυλοφύλλων

Είδη ευρωπαϊκού χώρου	Τροπικά είδη
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Aningeria</i> ssp. (Aningré)
<i>Picea abies</i>	<i>Turraenthus africana</i> (Avodiré)
<i>Pinus silvestris</i>	<i>Mansonia altissima</i> (Beté)
<i>Larix decidua</i>	<i>Guarea cedrata</i> (Bossé)
<i>Acer</i> spp.	<i>Dracontoleum</i> spp. (Dao)
<i>Betula pendula</i>	<i>Dumoria africana</i> (Douka)
<i>Quercus</i> spp.	<i>Entandrophragma Candollei</i> (Kosipo)
<i>Prunus cerasus</i>	<i>Pterygola macrocarpa</i> (Koto)
<i>Ulmus</i> spp.	<i>Dumoria heckelii</i> (Makoré)
<i>Juglans regia</i>	<i>Distemonantus Benthamianus</i> (Movingui)
<i>Castanea sativa</i>	<i>Dalbergia</i> spp. (Palisander)
	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sapeli)
	<i>Entandrophragma utile</i> (Sipo)
	<i>Tectona grandis</i> (Teak)
	<i>Entandrophragma angolense</i> (Tiama)
	<i>Millettia laurentii</i> (Wengé)
	<i>Swietenia macrophylla</i> (Mahagoni)

Στο Σχήμα 13 δείχνονται κατά σειρά οι φάσεις παραγωγής διακοσμητικών ξυλοφύλλων με παλινδρομική τομή.



Σχήμα 12. Χαρακτηριστικά στοιχεία παραγωγής Ξυλόφυλλου με παλινδρομική τομή. α. ελεύθερη γωνία, β. γωνία κοπτικού μέσου, γ. κοπτικό μέσο, δ. πιεστικός οδηγός, s. πάχος Ξυλόφυλλου, b_1 οριζόντια απόσταση ακμής πιεστικού οδηγού από κοπτικό μέσο, b_2 κατακόρυφη απόσταση ακμής πιεστικού οδηγού από κοπτικό μέσο, ξ. Ξυλόφυλλο



Σχήμα 13. Τεχνολογικές φάσεις παραγωγής διακοσμητικών Ξυλοφύλλων

Οι ιδιότητες των Ξυλοφύλλων εξαρτώνται αποκλειστικά από τις ιδιότητες των ειδών Ξύλου από τα οποία προέρχονται. Μεταξύ των ιδιοτήτων εκείνων οι οποίες παίζουν σπουδαίο ρόλο στην επικάλυψη Ξυλοφύλλων σε συμπαγές Ξύλο ή προϊόντα Ξύλου ανήκει το μέγεθος της διόγκωσης και ρίκνωσης σε εφαπτομενική και ακτινική κατεύθυνση. Στον Πίνακα 10 δείχνονται οι μέσες τιμές διόγκωσης και ρίκνωσης ειδών Ξύλου που χρησιμοποιούνται για παραγωγή Ξυλοφύλλων. Η ιδιότητα αυτή είναι πρωταρχικής σημασίας και πρέπει να παίρνεται υπόψη στην περίπτωση επικάλυψης της άνω και κάτω πλευράς ενός προϊόντος Ξύλου με Ξυλόφυλλα που προέρχονται από είδη Ξύλου που διαφέρουν σημαντικά ως προς τη διόγκωση-ρίκνωση. Μια άλλη σημαντική ιδιότητα είναι ο βαθμός διαπερατότητας των Ξυλοφύλλων. Πολύ μεγάλη διαπερατότητα του Ξύλου μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα το διαποτισμό και την εμφάνιση κηλίδων της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια του Ξυλόφυλλου πράγμα ανεπιθύμητο. Οι τιμές της διαπερατότητας σε αέρα ορισμένων δασικών ειδών δείχνονται στον Πίνακα 11. Επίσης οι χημικές ιδιότητες των Ξυλοφύλλων και ιδίως η ύπαρξη ορισμένων ομάδων εκχυλίσματων μπορούν να προκαλέσουν μεταχρωματισμούς κατά την επίστρωση του Ξυλόφυλλου με βερνίκια ή να εμποδίσουν τη δημιουργία ισχυρών δεσμών κατά τη συγκόλληση του Ξυλόφυλλου. Το χρώμα του Ξυλόφυλλου εξαρτάται από το είδος του Ξύλου και μεταβάλλεται με την επίδραση του φωτός ή υψηλών θερμοκρασιών. Η σχεδίαση του Ξυλόφυλλου εξαρτάται κυρίως από το είδος Ξύλου και την κατεύθυνση τομής σε σχέση με την αξονική κατεύθυνση.

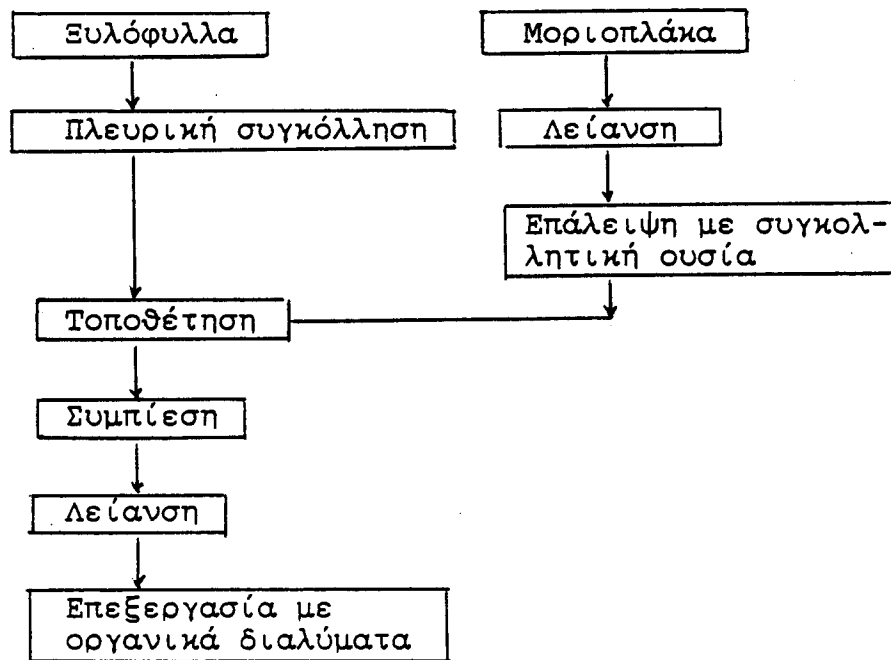
Πίνακας 10. Διόγκωση και ρίκνωση ειδών Ξύλου κατάλληλων για παραγωγή διακοσμητικών Ξυλοφύλλων

Είδος Ξύλου	Διόγκωση/Ρίκνωση (%) ανά 1% προσροφούμενης υγρασίας	
	εφαπτομενικά	ακτινικά
Σφένδαμος	0,29	0,15
Σημύδα	0,26	0,23
Δρυς	0,31	0,19
Φράξος	0,24	0,17
Λάρικα	0,28	0,13
Φτελιά	0,27	0,17
Makoré	0,30	0,18
Sapeli	0,26	0,19
Teak	0,26	0,16

Πίνακας 11. Διαπερατότητα διακοσμητικών ξυλοφύλλων σε διάφορα είδη ξύλου

Είδος Ξύλου	Πάχος (mm)	Διαπερατότητα σε αέρα (cm ³ /min)
Sapeli	0,6	600-2000
Δρυς	0,6	120-800
Καρυδιά	0,6	0-110
Φράξος	0,8	0-20

Στο Σχήμα 14 δείχνονται οι τεχνολογικές φάσεις επικάλυψης μιας μοριοπλάκας με ξυλόφυλλα



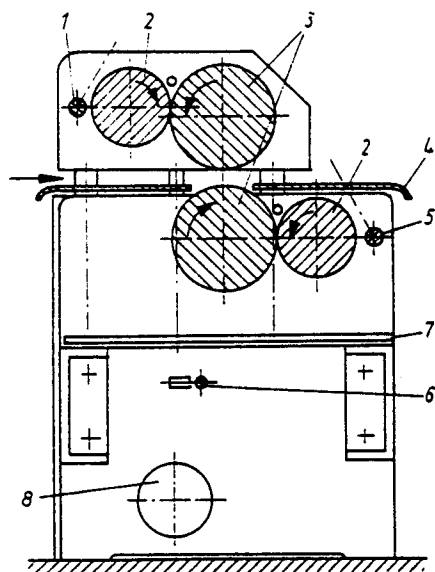
Σχήμα 14. Τεχνολογικές φάσεις επικάλυψης μοριοπλάκας με ξυλόφυλλο

Μετά την πλευρική συγκόλληση (σύνδεση) των ξυλοφύλλων μεταξύ τους ώστε να αποκτήσουν το κατάλληλο μήκος/πλάτος ακολουθεί η τοποθέτησή τους επάνω στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου η οποία έχει προηγουμένως επαλειφθεί με συγκολλητική ουσία. Για την επάλειψη της συγκολλητικής ουσίας χρησιμοποιούνται περιστρεφόμενα τύμπανα με την επιφάνειά του καλυμμένη με σκληρό ελαστικό (Σχήμα 15). Οι συνήθεις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση των ξυλοφύλλων είναι η ουρία-φορμαλδεΐδη και διάφορα πολυβινυλικά γαλακτώματα. Η συγκόλληση επιτυγχάνεται συνήθως με θερμή συμπίεση σε πολυόροφες ή μονόροφες υδραυλικές πρέσες. Η θερμοκρασία συγκόλλησης εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας και κυμαίνεται σε θερμές πρέσες συνήθως από 120^ο-150^οC. Η διάρκεια συμπίεσης εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας, από τη θερμοκρασία, αλλά και από τον τύπο της πρέσας (πολυόροφη ή μονόροφη). Για τη συγκόλληση διακοσμητικών ξυλοφύλλων προτιμάται η μονόροφη πρέσα η οποία πλεονεκτεί από την άποψη της αυτοματοποίησης (Σχήμα 16). Το ύψος της πίεσης δεν πρέπει να ξεπερνά μια μέγιστη τιμή πέραν της οποίας συμπιέζεται το προϊόν ξύλου (μείωση αρχικού πάχους)· γι' αυτό οι πιέσεις που εφαρμόζονται δεν υπερβαίνουν συνήθως τα 15 Kp/cm². Στους Πίνακες 12 και 13 παρουσιάζονται 2 παραδείγματα συνθηκών συμπίεσης κατά την επικάλυψη ξυλοφύλλων με πολυόροφη και μονόροφη πρέσα. Μετά τη λείανση του ξυλόφυλλου ακολουθεί επιφανειακή επεξεργασία με οργανικά διαλύματα τα οποία χωρίς να μεταβάλλουν τη σχεδίαση του ξύλου επιτυγχάνουν μια ελκυστική, απόχρωση του φυσικού χρώματός του.

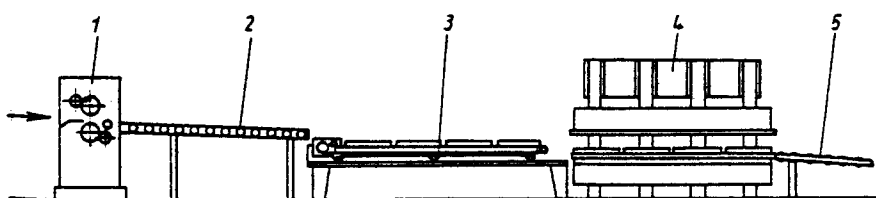
Πίνακας 12. Τεχνολογικές συνθήκες συμπίεσης κατά τη συγκόλληση ξυλοφύλλων με προϊόντα ξύλου σε πολυόροφες πρέσες

Συνθήκες συμπίεσης	Προϊόντα ξύλου	
	Μοριοπλάκες	Ινοπλάκες
Θερμοκρασία (°C)	120-140	100-120
Πίεση (Kp/cm ²)	8-10	1,1-1,3
Διάρκεια (min)	5-7	5-7
Ανοικτός χρόνος ¹ (min)	2	3
Κλειστός χρόνος ² (min)	2-3	2-3
Υγρασία (%)	10-12	10-12

1. Χρόνος μεταξύ επαλείψεως της συγκολλητικής ουσίας και επαφής των συγκολλούμενων επιφανειών
2. Χρόνος μεταξύ επαφής και εφαρμογής πίεσης στις συγκολλούμενες επιφάνειες



Σχήμα 15. Μηχάνημα επάλειψης της επιφάνειας ξυλοφύλλων με συγκολλητική ουσία. 1. μοχλός χειρισμού άνω κύλινδρου τροφοδοσίας, 2. κύλινδρος τροφοδοσίας, 3. κύλινδρος επαλείψεως, 4. τράπεζα στήριξης προϊόντος ξύλου, 5. μοχλός χειρισμού κάτω κύλινδρου τροφοδοσίας, 6. μοχλός ανύψωσης του άνω μέρους ανάλογα με το πάχος του προϊόντος ξύλου, 7. δοχείο συλλογής της περίσσειας της συγκολλητικής ουσίας, 8. κινητήρας



Σχήμα 16. Επικάλυψη προϊόντων ξύλου με ξυλόφυλλα και πλαστικά φύλλα σε μονόροφη πρέσσα. 1. μηχανή επάλειψης της επιφάνειας του προϊόντος ξύλου με συγκολλητική ουσία, 2. προωθητικοί κύλινδροι, 3. μηχανισμός μεταφοράς του προϊόντος ξύλου στην πρέσσα, 4. μονόροφη πρέσσα, 5. προωθητικοί κύλινδροι.

Πίνακας 13. Τεχνολογικές συνθήκες συμπίεσης κατά τη συγκόλληση ξυλοφύλλων με προϊόντα ξύλου σε μονόροφη πρέσσα

Συνθήκες συμπίεσης	Προϊόντα ξύλου	
	Μοριοπλάκες	Ινοπλάκες
Θερμοκρασία (°C)	140-150	90-100
Πίεση (Kp/cm ²)	9-10	11-13
Διάρκεια (sec)	30-45	80-90
Ανοιχτός χρόνος (sec)	150	150
Κλειστός χρόνος (sec)	30-60	30-60
Υγρασία (%)	10-12	10-12

3. Βελτιωτικές επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα

Πρόκειται συνήθως για φύλλα χάρτου εμποτισμένα με συνθετικές ρητίνες (ουρία-, μελαμίνη-, φαινόλη - φορμαλδεΐδη, ακόρεστοι πολυεστέρες, PVC) και σπανιότερα για πλαστικά φύλλα κατασκευασμένα αποκλειστικά από συνθετικές ρητίνες π.χ. PVC. Ανάλογα με τον τύπο του πλαστικού φύλλου και τη μεθοδολογία επικάλυψης διακρίνονται οι εξής δύο περιπτώσεις:

- α) Επικάλυψη με πλαστικά φύλλα με χρήση συγκολλητικών ουσιών
- β) Επικάλυψη με πλαστικά φύλλα χωρίς τη χρήση συγκολλητικών ουσιών.

3.1. Επικαλύψεις επιφανειών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα με χρήση συγκολλητικών ουσιών

Οι επικαλύψεις αφορούν προϊόντα ξύλου με φορφή πλάκας όπως είναι οι μοριοπλάκες, οι ινοπλάκες, οι πηχοσανίδες και τα αντικολλητά. Η επικάλυψη με πλαστικά φύλλα απαιτεί επιφάνειες ξύλου με μικρή τραχύτητα και καλή ομοιογένεια της επιφάνειας, υγρασία από 6 μέχρι 10% και αποκλίσεις πάχους των πλακών μέχρι $\pm 0,15$ mm. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της κατηγορίας των πλαστικών φύλλων είναι ότι η συνθετική ρητίνη εμποτισμού βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους σκλήρυνσης, έτσι ώστε η αισθητική εμφάνιση των πλαστικών φύλλων δεν μεταβάλλεται κατά την επικάλυψή τους στις επιφάνειες των προϊόντων ξύλου. Γι' αυτό το λόγο η επικάλυψη γίνεται με την ίδια περίπου τεχνική όπως και στα ξυλόφυλλα. Τα πλαστικά φύλλα μπορεί να προορίζονται για επικαλύψεις των μεγάλων επιφανειών των προϊόντων ξύλου ή των εγκάρσιων διατομών τους.

Ανάλογα με το είδος της συνθετικής ρητίνης εμποτισμού των πλαστικών φύλλων διακρίνονται:

- Πλαστικά φύλλα εμποτισμένα με θερμοσκληραινόμενες ρητίνες κυρίως ουρία-φορμαλδεΐδη, ακόρεστους πολυεστέρες και ακόρεστες ακρυλικές ρητίνες.
- Πλαστικά φύλλα εμποτισμένα με θερμοπλαστικές ρητίνες όπως είναι το PVC.

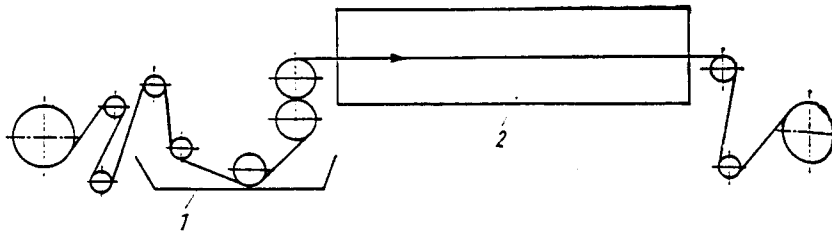
Ανάλογα με το σκοπό που υπηρετούν τα πλαστικά φύλλα διακρίνονται:

- Πλαστικά φύλλα εξομάλυνσης της τραχύτητας, άλλων ανωμαλιών της επιφάνειας ή επικάλυψη του σκούρου χρώματος εφόσον πρόκειται σε ένα μετέπειτα στάδιο η επιφάνεια να επικαλυφθεί με ανοιχτόχρωμα υλικά· στην περίπτωση αυτή τα πλαστικά αποτελούν μια ενδιάμεση στρώση (μεσόστρωση) επί της οποίας επιστρώνεται η τελική στρώση (επίστρωση) από επιχρίσματα ή άλλα πλαστικά φύλλα· όπως είναι ευνόητο τα πλαστικά αυτής της κατηγορίας δεν έχουν διακοσμητική εμφάνιση.
- Πλαστικά με σκοπό να βελτιώσουν την αισθητική εμφάνιση και την ανθεκτικότητα της επιφάνειας σε μηχανικές και χημικές επιδράσεις.

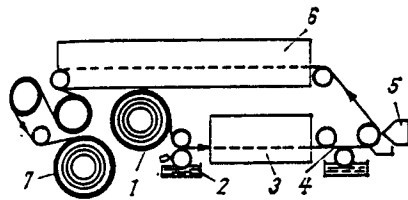
Τα πλαστικά φύλλα που παράγονται από εμποτισμό φύλλων χάρτου με συνθετικές ρητίνες (Σχήμα 17), είτε επικαλύπτονται ως έχουν μετά τον εμποτισμό επί των επιφανειών ξύλου, είτε αμέσως μετά τον εμποτισμό επιστρώνονται με βερνίκια (Σχήμα 18) ή άλλα λεπτότερα πλαστικά φύλλα (Σχήμα 19). Τα πλαστικά φύλλα συνήθως έχουν διακοσμητική εμφάνιση που συνίσταται σε φωτογραφικές απομιμήσεις ελκυστικών σχεδιάσεων ξυλοφύλλων ή φέρουν διάφορους μονόχρωμους χρωματισμούς. Τα φύλλα χάρτου που χρησιμοποιούνται στον εμποτισμό έχουν ανάλογα με το σκοπό που προορίζεται το πλαστικό φύλλο επιφανειακό βάρος 60-150 g/m². Μεγαλύτερο βάρος έχουν όταν το πλαστικό φύλλο πρόκειται να αποτελέσει μια ενδιάμεση στρώση (εξομάλυνση τραχύτητας) και μικρότερο όταν αποτελούν την τελική επίστρωση της επιφάνειας. Τα φύλλα χάρτου εμποτίζονται με ποσοότητες συνθετικής ρητίνης που κυμαίνονται από 40 μέχρι 55% του βάρους του φύλλου.

Πλαστικά φύλλα που κατασκευάζονται αποκλειστικά από θερμοπλαστικές ρητίνες (Σχήμα 20) αμέσως μετά την παραγωγή τους μπορούν επίσης να επιστρώνονται με διακοσμητικό λεπτό πλαστικό φύλλο (Σχήμα 21).

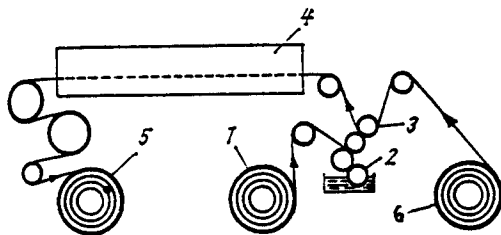
Στους Πίνακες 14 και 15 παρουσιάζονται οι ιδιότητες πλαστικών φύλλων εμποτισμένων με θερμοσκληραινόμενες και θερμοπλαστικές ρητίνες.



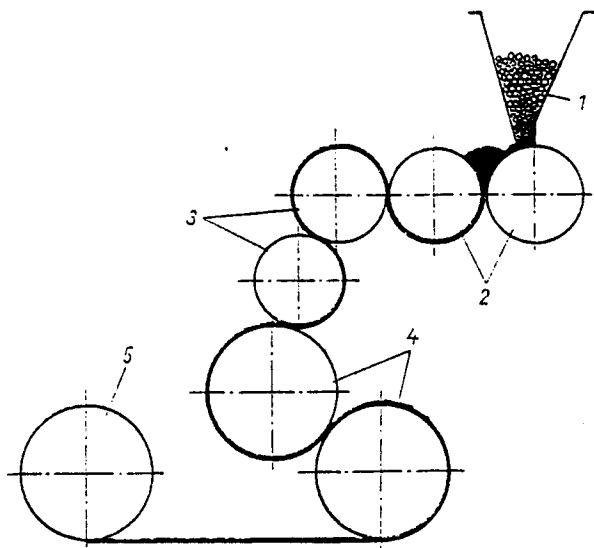
Σχήμα 17. Παραγωγή πλαστικού φύλλου με εμποτισμό φύλλου χάρτου με συνθετική ρητίνη. 1. δοχείο συνθετικής ρητίνης, 2. Ξηραντήριο



Σχήμα 18. Επίστρωση πλαστικού φύλλου με επίχρισμα. 1. εκτύλιξη πλαστικού φύλλου, 2. πρώτη επίστρωση με επίχρισμα, 3. Ξηραντήριο, 4. τελική επίστρωση με επίχρισμα, 5. καθορισμός πάχους επιχρίσματος, 6. Ξηραντήριο, 7. περιτύλιξη

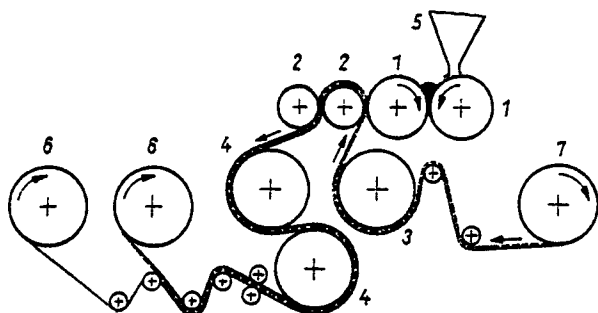


Σχήμα 19. Επικάλυψη πλαστικού φύλλου με άλλο λεπτό πλαστικό φύλλο. 1. εκτύλιξη πλαστικού φύλλου, 2. επάλειψη με συγκολλητική ουσία, 3. επικάλυψη με λεπτό πλαστικό φύλλο, 4. Ξηραντήριο, 5. περιτύλιξη πλαστικού φύλλου, 6. εκτύλιξη λεπτού πλαστικού φύλλου



Σχήμα 20. Παραγωγή θερμοπλαστικού φύλλου από PVC.

1. τεμαχίδια PVC, 2. κύλινδροι τήξης του PVC, 3. κύλινδροι τροφοδοσίας, 4. κύλινδροι ψύξης, 5. περιτύλιξη πλαστικού φύλλου



Σχήμα 21. Επικάλυψη θερμοπλαστικού φύλλου με διακοσμητικό πλαστικό φύλλο. 1. κύλινδρος τήξης PVC, 2. κύλινδροι τροφοδοσίας, 3. κύλινδρος προθέρμανσης διακοσμητικού φύλλου, 4. κύλινδροι ψύξης, 5. χοάνη τροφοδοσίας με PVC, 6. περιτύλιξη, 7. εκτύλιξη διακοσμητικού πλαστικού φύλλου

Πίνακας 14. Πλαστικά φύλλα από θερμοσκληραινόμενες ρητίνες

	Ρ η τ ί ν η ε μ π ο τ ι σ μ ο ύ		
	Ουρία-φορ- μαλδεϋδη	Ακόρεστη ακρυ- λική ρητίνη	Ακόρεστος πολυεστέρας
Πάχος (mm)	0,15-0,20	0,15-0,20	0,10-1,15
Επιφανειακό επίχρισμα	Νιτροκυττα- ρίνη Αμινοπλάστης	Πολυακρυλική, ρητίνη, Νιτρο- κυτταρίνη, Αμι- νοπλάστης, Πολυ- ουρεθάνη	Ακόρεστος Πολυ- εστέρας, Πολυου- ρεθάνη
Ανθεκτικότητα σε θερμοκρα- σία 100°C	πολύ καλή - καλή	καλή-μειωμένη	πολύ καλή - καλή
Ανθεκτικότητα σε διαλύματα			
- Νερό	πολύ καλή-καλή	πολύ καλή-καλή	πολύ καλή-καλή
- Αλκοόλη	πολύ καλή-καλή	πολύ καλή-καλή	πολύ καλή-καλή
- Μελάνη	μέτρια-μειωμένη	πολύ καλή-καλή	πολύ καλή-καλή

Πίνακας 15. Πλαστικά φύλλα από θερμοπλαστική ρητίνη PVC

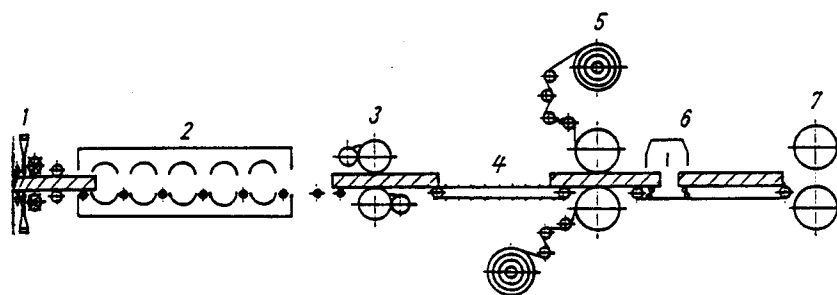
Πάχος (mm)	0,2-0,6
Πυκνότητα (g/cm ³)	1,44
Ανθεκτικότητα σε θερμοκρασία	10min σε 60°C επιφέρει ρίκνωση 1,5%
Ανθεκτικότητα σε διαλύματα	
- Νερό	πολύ καλή
- Αλκοόλη	πολύ καλή
- Μελάνη	πολύ καλή

Η συγκόλληση των πλαστικών φύλλων στις επιφάνειες των προϊόντων ξύλου γίνεται με κατάλληλες συγκολλητικές ουσίες όπως είναι η ουρία-φορμαλδεϋδη και ρητινικά γαλακτώματα με κύριο εκπρόσωπο το PVAc. Για το σκοπό αυτό η επιφάνεια του προϊόντος ξύλου προ της επικάλυψης με το πλαστικό φύλλο επαλείφεται με συγκολλητική ουσία σε ποσοστό που κυμαίνεται από 80-180 g/m². Μετά τη τοποθέτηση των πλαστικών φύλλων στην επιφάνεια η συγκόλληση επιτυγχάνεται σε κλασσικού τύπου πολυόροφες ή μονόροφες πρέσες (Σχήμα 16).

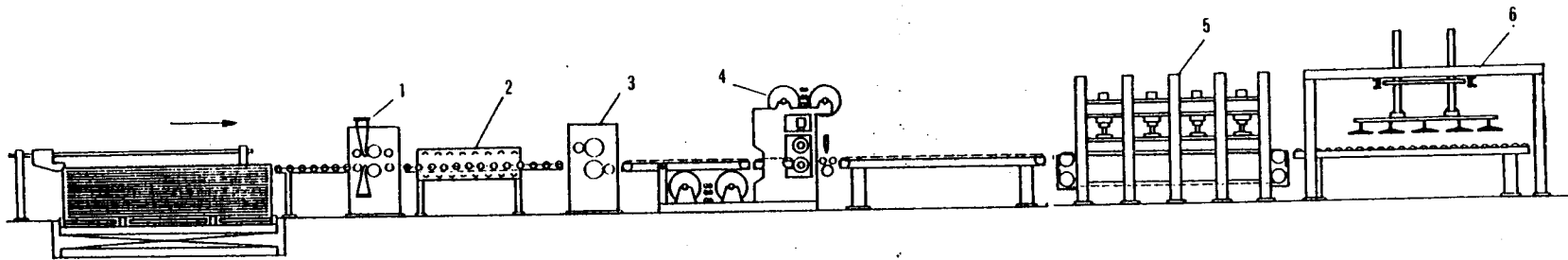
Για πλαστικά φύλλα εμποτισμένα με θερμοσκληραινόμενες ρητίνες η θερμοκρασία και διάρκεια συμπίεσης κυμαίνονται 100-150°C και 0,3-0,5 min ενώ για θερμοπλαστικά φύλλα 50°C και 3-5 min αντίστοιχα. Τα τελευταία χρόνια ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει η επικάλυψη πλαστικών φύλλων με κυλινδρικού τύπου πρέσες λόγω της μεγάλης αποδοτικότητάς τους (Σχήμα 22). Οι πρέσες αυτές σε θερμοκρασία 50°C επιτυγχάνουν πλεονεκτικές ταχύτητες παραγωγής που κυμαίνονται από 10-20 m/min. Σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρείται πλεονεκτική η συνύπαρξη πρέσας κυλινδρικού τύπου με μονόροφη πρέσα κλασσικού τύπου (Σχήμα 23). Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται οι συνθήκες συγκόλλησης-συμπίεσης πλαστικών φύλλων με κλασσικού τύπου πρέσες.

Πίνακας 16. Συνθήκες συγκόλλησης-συμπίεσης διαφόρων τύπων πλαστικών φύλλων με πρέσες κλασσικού τύπου

	Ουρία-φορμαλδεϋδη	Ακόρεστος ακρυλεστέρας	Ακόρεστος πολυεστέρας	PVC
Είδος συγκολλητικής ουσίας	ο υ ρ ί α - φ ο ρ μ α λ δ ε υ δ η			Ρητινικό γαλάκτωμα
Ποσότητα συγκολλητικής ουσίας (g/m ²)	100-120	100-120	90-130	160-180
Πίεση (N/mm ²)	0,9-1,1	0,9-1,1	0,8-1,2	0,1-0,2
Θερμοκρασία (°C)	140-150	140-150	115-120	20-45
Διάρκεια συμπίεσης (sec)	25-40	25-40	30-45	120-180



Σχήμα 22. Επικάλυψη προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα σε πρέσα κυλινδρικού τύπου. 1. καθαρισμός επιφάνειας προϊόντος ξύλου με βούρτσα, 2. προθέρμανση επιφάνειας προϊόντος ξύλου, 3. επάλειψη της επιφάνειας με συγκολλητική ουσία, 4. στέγνωμα της συγκολλητικής ουσίας, 5. επικάλυψη με πλαστικό φύλλο, 6. τομή, 7. επανασυμπίεση



Σχήμα 23. Επικάλυψη προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα με χρήση κυλινδρικού τύπου πρέσσας και μονόροφης πρέσσας κλασσικού τύπου.

1. καθαρισμός επιφάνειας προϊόντος ξύλου από σκόνη, 2. προθέρμανση, 3. επάλειψη επιφάνειας με συγκολλητική ουσία, 4. επικάλυψη πλαστικού φύλλου με κυλινδρική πρέσσα, 5. μονόροφη πρέσσα, 6. μηχανισμός απομάκρυνσης της επικαλυμμένης πλάκας από την πρέσσα

3.2. Επικαλύψεις επιφανειών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα χωρίς τη χρήση συγκολλητικών ουσιών

Πρόκειται για φύλλα χάρτου εμποτισμένα με θερμοσκληραινόμενες ρητίνες οι οποίες δεν έχουν πλήρως αποσκληρυνθεί αλλά ευρίσκονται σε ένα στάδιο προσκλήρυσης. Η πλήρη σκλήρυση των ρητινών συμβαίνει κατά τη συμπίεση των πλαστικών φύλλων επάνω στην επιφάνεια των προϊόντων ξύλου σε θερμές πρέσες με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών. Οι κυριότερες συνθετικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των πλαστικών φύλλων ανήκουν στην κατηγορία των ρητινών πολυσυμπύκνωσης (μελαμίνη-φορμαλδεΐδη, ουρία-φορμαλδεΐδη και φαινόλη-φορμαλδεΐδη) και πολυμερισμού (ακόρεστοι πολυεστέρες). Από τις ρητίνες πολυσυμπύκνωσης η συνθετικότερη που χρησιμοποιείται είναι η μελαμίνη-φορμαλδεΐδη η οποία πλεονεκτεί σχετικά με την ουρία-φορμαλδεΐδη σε ορισμένες ιδιότητες όπως είναι η χημική δραστηριότητα, η ικανότητα πλαστικοποίησης και η ελαστικότητα. Κατά τον εμποτισμό του φύλλου χάρτου για παραγωγή πλαστικού φύλλου η χημική αντίδραση πολυσυμπύκνωσης της μελαμίνης-φορμαλδεΐδης διακόπτεται με κατάλληλη ψύξη μετά τη δεύτερη φάση συμπύκνωσης (B-φάση Ρεσιτόλης) κατά την οποία η ρητίνη διαθέτει ακόμη πλαστικότητα. Στην περίπτωση των ακόρεστων πολυεστέρων, οι οποίοι παράγονται με πολυμερισμό των ακόρεστων δικαρβονικών οξέων και πολυσθενών αλκοολών, η αντίδραση πολυμερισμού κατά την παραγωγή των πλαστικών φύλλων διακόπτεται με προσθήκη κατάλληλων χημικών ενώσεων σε ένα προστάδιο ώστε η ρητίνη να διαθέτει ακόμη την απαραίτητη πλαστικότητα. Η πλαστικότητα του πλαστικού φύλλου (ικανότητα πλαστικοποίησης) μπορεί να υπολογισθεί από την παρακάτω σχέση:

$$\Pi = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 (\%)$$

Π: πλαστικότητα

m_1 : μάζα του πλαστικού φύλλου προ της συμπίεσης σε θερμή πρέσα

m_2 : μάζα πλαστικού φύλλου μετά τη συμπίεση στη θερμή πρέσα σε ορισμένες συνθήκες (140°C, 2-8 N/mm², 5 min).

Με κριτήριο της συνθήκης του χώρου όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το επικαλυμμένο με πλαστικά φύλλα προϊόν ξύλου διακρίνονται πλαστικά φύλλα κατάλληλα για εσωτερικούς χώρους και άλλα κατάλληλα για εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

3.2.1. Επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα για εσωτερικούς χώρους

Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν τα πλαστικά φύλλα διακρίνονται στους εξής τύπους:

- Διακοσμητικά πλαστικά φύλλα.

Πρόκειται για φύλλα χάρτου μονόχρωμα ή με φωτογραφική απομίμηση ελκυστικών σχεδιάσεων ξυλοφύλλων από ακυτταρίνη με βάρος 80-150 g/m² εμποτισμένα συνήθως με μελαμίνη-φορμαλδεΐδη σε ποσοστό 100-140%.

- Πλαστικά φύλλα επικάλυψης των διακοσμητικών πλαστικών φύλλων.

Πρόκειται για φύλλα χάρτου ακυτταρίνης βάρους 20-40 g/m² εμποτισμένα με μελαμίνη-φορμαλδεΐδη σε ποσοστό 250%. Αυτά τα πλαστικά φύλλα είναι διαφανή μικρού πάχους και επικαλύπτουν τα διακοσμητικά στις περιπτώσεις που επιδιώκεται οι επικαλυμμένες επιφάνειες να αποκτήσουν ιδιαίτερα αυξημένη μηχανική αντοχή όπως είναι π.χ. επιφάνειες τραπεζιών, πάγκοι εργασίας κ.ά.

- Πλαστικά φύλλα εξομάλυνσης (επικάλυψης) της ηυξημένης τραχύτητας των επιφανειών των προϊόντων ξύλου.

Αυτά αποτελούνται από φύλλα χάρτου ακυτταρίνης ή χάρτου υψηλής μηχανικής αντοχής (παραγωγή με τη θειϊκή μέθοδο Kraft) βάρους 80-100 g/m² ή 150 g/m² αντίστοιχα, εμποτισμένα με φαινόλη-φορμαλδεΐδη σε ποσοστά 60-90%. Πρόκειται για πλαστικά φύλλα που αποτελούν την ενδιάμεση στρώση μεταξύ επιφάνειας προϊόντος ξύλου και διακοσμητικού φύλλου με σκοπό να εξομαλύνουν τυχόν υπάρχουσα τραχύτητα της επιφάνειας ώστε αυτή να μη διαπεράσει και γίνει ευδιάκριτη στην επιφάνεια του πλαστικού φύλλου μετά την επικάλυψη.

Στον Πίνακα 17 δείχνονται οι κυριότερες ιδιότητες των φύλλων χάρτου ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να υπηρετήσουν τα πλαστικά φύλλα.

Πίνακας 17. Ιδιότητες φύλλων χάρτου ανάλογα με τον τύπο του πλαστικού φύλλου

Ιδιότητες	Προορισμός πλαστικού φύλλου		
	Επικάλυψη διακοσμητικού	Διακοσμητικό	Εξομάλυνση τραχύτητας
Βάρος (g/m ²)	20-40	80-140	80-150

Αντοχή ¹ σε σχίσση (N)	15	26-35	34-50
Λευκότητα (%)	85	87	75
Υγρασία (%)	5-8	4-8	5-7
τιμή -pH	6,0-7,4	5,5-7,0	6,0-8,0
Περιεκτικότη- τα σε ρητίνη εμποτισμού (%)	200-300	100-140	60-100

¹. Κατά μήκος της διεύθυνσης παραγωγής

Ετον Πίνακα 18 δείχνονται οι κυριότερες ιδιότητες των πλαστικών φύλλων ανάλογα με το σκοπό που υπηρετούν

Πίνακας 18. Ιδιότητες πλαστικών φύλλων

Ιδιότητες	Προορισμός πλαστικού φύλλου			
	Επικάλυψη διακοσμητικού	Διακοσμη- τικό	Διακοσμη- τικό	Εξομάλυνση τραχύτητας
Βάρος (g/m ²)	25-50	80-150	80-150	60-150
Είδος ρητί- νης εμποτισμού	Μελαμίνη- φορμαλδεΰδη	Ακόρεστος Πολυεστέρας	Μελαμίνη- φορμαλδεΰδη	Μελαμίνη-φορ- μαλδεΰδη, Μί- ξη Μελαμίνης και Ουρίας- φορμαλδεΰδης, φαινόλη-φορ- μαλδεΰδη
Περιεκτικό- τητα σε ρη- τίνη (%)	200-300	100-200	100-140	60-100

Προϋπόθεση για την επιτυχή επικάλυψη προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα είναι η κατάλληλη για το σκοπό αυτό ποιότητα των προϊόντων ξύλου. Κατάλληλα από άποψη ποιότητας θεωρούνται εκείνα τα προϊόντα ξύλου (πρόκειται κυρίως για μοριοπλάκες και ινοπλάκες και ολιγότερο για αντικολλητά) τα οποία έχουν: λεία και ομοιόμορφη επιφάνεια, πυκνότητα ικανή ώστε να μη μειώνεται το πάχος τους κατά την συμπίεσή τους στην πρέσσα κατά τη διάρκεια της επικάλυψης, ομοιόμορφο πάχος, τιμή pH όχι μικρότερη από 6

για να αποφεύγεται η υπερσκληρυνση (μείωση ελαστικότητας-τάση προς θραύση) της ρητίνης του πλαστικού φύλλου, περιεκτικότητα σε υγρασία 6-8%. Στους Πίνακες 19 και 20 παρουσιάζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες μοριοπλακών και ινοπλακών για μια επιτυχή επικάλυψή τους με πλαστικά φύλλα σε σχέση με το είδος της πρέσσας.

Πίνακας 19. Ελάχιστες απαιτήσεις στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες μοριοπλακών για επιτυχή επικάλυψή τους με πλαστικά φύλλα

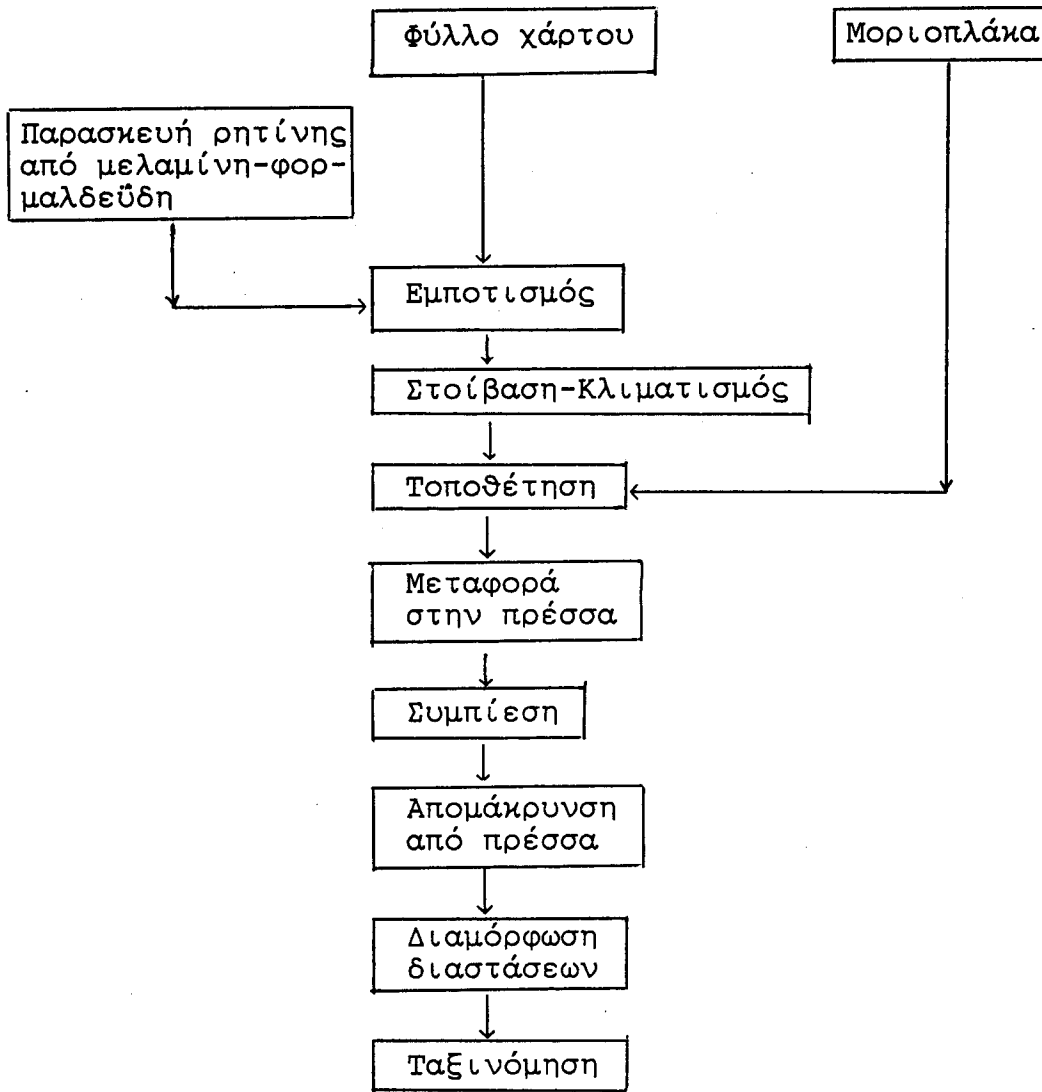
Ιδιότητες	Είδος πρέσσας	
	Πολυόροφη	Μονόροφη
Αποκλίσεις πάχους (mm)	$\pm 0,15-0,20$	$\pm 0,15-0,20$
Πυκνότητα (g/cm^3)	0,64-0,73	0,60-0,68
Υγρασία (%)	5-9	6-11
Κατά πάχος διόγκωση μετά 2 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	8	8
Τραχύτητα επιφάνειας (μm)	80	80
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm^2)	0,35	0,30
Αντοχή σε κάμψη (N/mm^2)	18	16
Συμπιεστότητα (%)	6-8	5-7

Πίνακας 20. Ελάχιστες απαιτήσεις στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες σκληρών ινοπλακών για επιτυχή επικάλυψή τους με πλαστικά φύλλα

Ιδιότητες	Είδος πρέσσας	
	Πολυόροφη ή Μονόροφη	
Αποκλίσεις πάχους (mm)	$\pm 0,20$	
Πυκνότητα (g/cm^3)	0,95-1,05	

Υγρασία (%)	3-7
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	18
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)	35

Στο Σχήμα 24 έχουν απεικονισθεί οι τεχνολογικές φάσεις επικάλυψης ενός προϊόντος ξύλου με πλαστικά φύλλα. Όπως προκύπτει από το Σχήμα στις εγκαταστάσεις ανήκουν δοχεία παραγωγής και συμπύκνωσης της συνθετικής ρητίνης με δυνατότητα εφαρμογής κατάλληλων θερμοκρασιών (θέρμανση-ψύξη), σκάφες εμποτισμού του φύλλου χάρτου και χώροι στοίβασης και κλιματισμού των πλαστικών φύλλων. Ο κλιματισμός γίνεται σε ειδικούς χώρους όπου επικρατούν συνθήκες θερμοκρασίας 15-20°C και σχετικής υγρασίας 50-60% στις συνθήκες αυτές ο κλιματισμός διαρκεί από 6-10 εβδομάδες. Η σειρά τοποθέτησης και ο αριθμός των πλαστικών φύλλων στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου πριν της συμπίεσης στη θερμή πρέσσα εξαρτώνται από τον τύπο του προϊόντος ξύλου αλλά και από τη χρήση που προορίζεται να ικανοποιήσει το επικαλυμμένο με πλαστικά φύλλα προϊόν. Το Σχήμα 25 δείχνει μερικά παραδείγματα αλληλοδιαδοχικής τοποθέτησης πλαστικών φύλλων στις επιφάνειες μοριοπλακών και ινοπλακών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως ινοπλάκες, για οικονομικούς λόγους επιλέγεται μια ασύμμετρος τοποθέτηση των πλαστικών φύλλων στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου. Στην περίπτωση αυτή ο κίνδυνος διαστασιακής αστάθειας αυξάνει και το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη ιδίως όταν το επικαλυμμένο προϊόν ξύλου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε χώρους διαφορετικής σχετικής υγρασίας από την υγρασία ισοροπίας του. Πάντως, ανεξάρτητα από τη συμμετρική ή μη τοποθέτηση των πλαστικών φύλλων, η διαστασιακή αστάθεια του τελικού προϊόντος μετά την επικάλυψη αυξάνεται ανάλογα με το βάρος του φύλλου χάρτου και το ποσοστό υγρασίας του πλαστικού φύλλου.

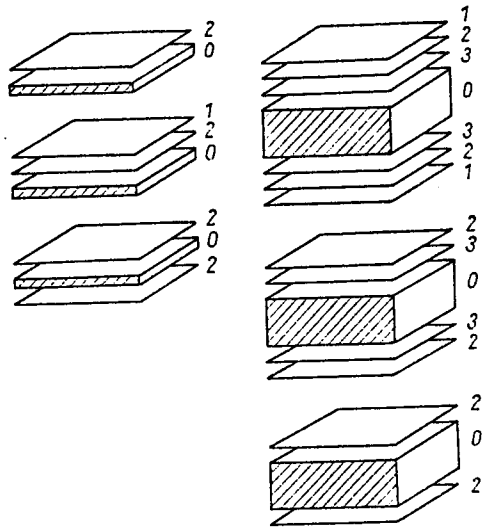


Σχήμα 24. Τεχνολογικές φάσεις επικάλυψης μοριοπλάκας με πλαστικά φύλλα

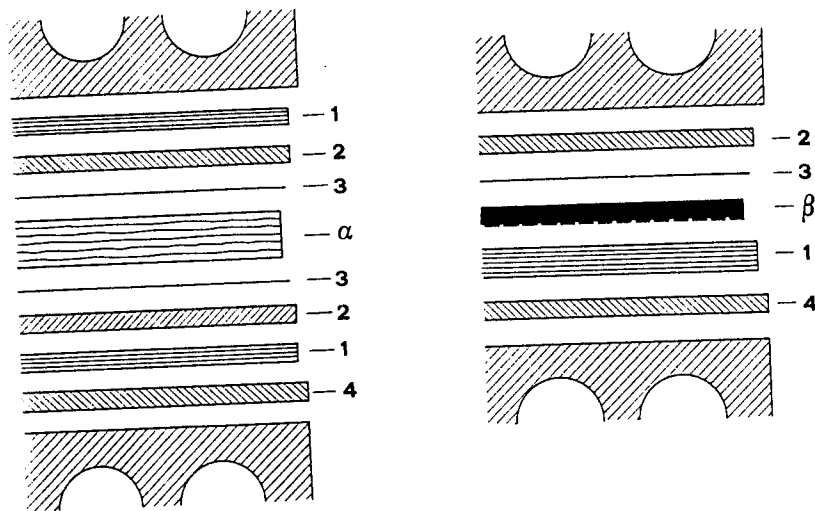
Η βασική φάση επικάλυψης προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα γίνεται με συμπίεσή τους σε θερμές πρέσσες κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Στο Σχήμα 26 δείχνεται η σειρά τοποθέτησης των μεταλλικών ελασμάτων των πλαστικών φύλλων και των προϊόντων ξύλου προ της συμπίεσης στην πρέσσα. Επί πλέον είναι συνήθης η χρησιμοποίηση υφασμάτινων μονωτικών πλακών πάχους 3-10 mm από ίνες ασβέστου ή σκληρό ελαστικό μεταξύ των πλακών της πρέσσας και των μεταλλικών ελασμάτων· οι πλάκες αυτές αποσκοπούν στη βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια επικάλυψης, στην ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης και την εξομοίωση των αποκλίσεων πάχους του προϊόντος ξύλου και των μεταλλικών ελασμάτων. Για την επίτευξη υψηλού βαθμού στίλβωσης στις επικαλυμμένες με πλαστικά

Σκληρή Ινοπλάκα

Μοριοπλάκα



Σχήμα 25. Τρόποι αλληλοδιαδοχικής τοποθέτησης πλαστικών φύλλων στις επιφάνειες προϊόντων ξύλου. 1. διαφανές πλαστικό φύλλο επικάλυψης διακοσμητικού, 2. διακοσμητικό πλαστικό φύλλο, 3. πλαστικό φύλλο εξομάλυνσης τραχύτητας επιφάνειας προϊόντος ξύλου, 0. προϊόν ξύλου



Σχήμα 26. Σειρά τοποθέτησης προϊόντων ξύλου και μέσωσων επικάλυψης στην πρέσσα. 1. μονωτική πλάκα, 2. μεταλλικό έλασμα, 3. πλαστικό φύλλο επικάλυψης, α. μοριοπλάκα, β. σκληρή ινοπλάκα, 4. μεταλλικό έλασμα μεταφοράς

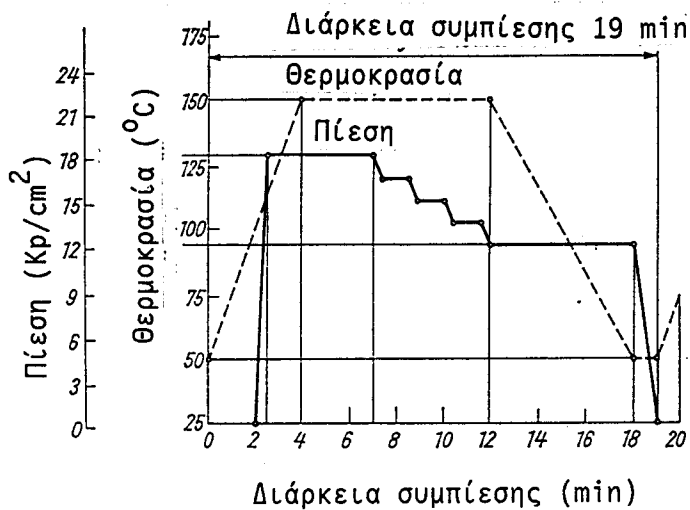
φύλλα επιφάνειες είναι καθοριστική η χρησιμοποίηση επινικελωμένων ή επιχρωμιωμένων μεταλλικών ελασμάτων με άριστα στιλβωμένες επιφάνειες. Εάν επιδιώκεται η παραγωγή επιφανειών μειωμένης στίλβωσης τότε μεταξύ πλαστικού φύλλου και μεταλλικού ελάσματος τοποθετείται κατάλληλο φύλλο χάρτου. Η θερμή συμπίεση εφαρμόζεται σε κλασσικού τύπου πολυόροφες ή μονόροφες πρέσσες.

Επικαλύψεις σε πολυόροφες πρέσσες

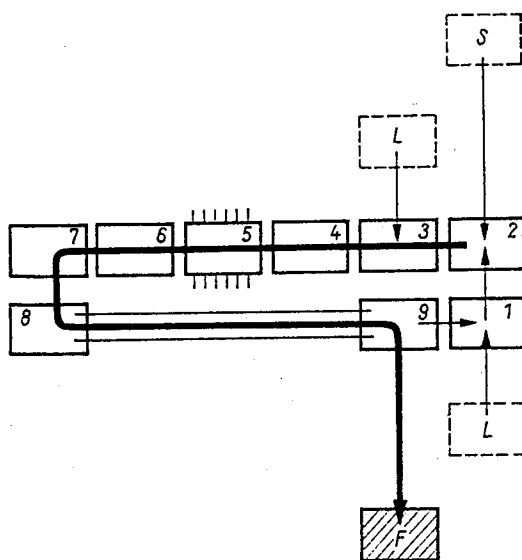
Η συνήθης μέγιστη θερμοκρασία που εφαρμόζεται στις πρέσσες αυτές είναι 145-150°C ενώ η πίεση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 18 Kp/cm² για μοριοπλάκες και 35 Kp/cm² για σκληρές ινοπλάκες. Με τις συνθήκες αυτές η συνολική διάρκεια συμπίεσης στην πρέσσα διαρκεί 16-20 min ενώ η χρησιμοποίηση συνθετικών ρητινών επιταχυνόμενης σκλήρυνσης μπορεί να μειώσει το χρόνο σε 10-12 min. Ένα τυπικό διάγραμμα πίεσης και θερμοκρασίας κατά την επικάλυψη μοριοπλακών με πλαστικά φύλλα δείχνει το Σχήμα 27. Οι επί μέρους φάσεις συμπίεσης σε πολυόροφες πρέσσες απεικονίζονται στο Σχήμα 28. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της επικάλυψης πλαστικών φύλλων σε πολυόροφες πρέσσες είναι, η μετά από ορισμένο χρόνο συμπίεσης στη μέγιστη θερμοκρασία των 150°C, η μείωση της θερμοκρασίας στους 50-80°C και η βαθμιαία ελάττωση της μέγιστης πίεσης. Η μείωση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με μηχανισμό ψύξης που διαθέτουν οι πολυόροφες πρέσσες και αποβλέπει στον υψηλό βαθμό στίλβωσης των επικαλυμμένων επιφανειών και μείωση του κινδύνου εμφάνισης επιφανειακών ραγάδων.

Επικαλύψεις σε μονόροφες πρέσσες

Ο εμποτισμός των πλαστικών φύλλων με συνθετικές ρητίνες επιταχυνόμενης σκλήρυνσης επιτρέπει τη σημαντική μείωση του χρόνου επικάλυψης (2-3 min) κατά τη συμπίεση σε μονόροφες πρέσσες. Στην περίπτωση αυτή η θερμοκρασία της πρέσσας ανέρχεται από 175-190°C και δεν απαιτείται μείωση της θερμοκρασίας με ψύξη κατά τη διάρκεια της συμπίεσης. Οι επί μέρους φάσεις συμπίεσης σε μονόροφες πρέσσες παρουσιάζονται στο Σχήμα 29. Με εξαίρεση την αδυναμία επίτευξης υψηλού βαθμού στίλβωσης η χρήση των μονόροφων πρεσών κατά τις επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα είναι, σε σύγκριση με τις πολυόροφες πρέσσες, πλεονεκτική για τους παρακάτω λόγους:



Σχήμα 27. Τυπικό διάγραμμα θερμοκρασίας και πίεσης κατά τη διάρκεια επικάλυψης μοριοπλακών με πλαστικά φύλλα σε πολυόροφες πρέσες



Σχήμα 28. Σχηματική παράσταση των φάσεων επικάλυψης με πλαστικά φύλλα σε πολυόροφη πρέσσα. S. προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας, L. πλαστικό φύλλο, F. προϊόν ξύλου μετά την επικάλυψη, 1. τοποθέτηση πλαστικού φύλλου (κάτω επιφάνεια) επάνω σε μεταλλικό έλασμα, 2. τοποθέτηση του προϊόντος ξύλου, 3. τοποθέτηση του πλαστικού φύλλου (άνω επιφάνεια) επάνω στο προϊόν ξύλου, 4. προώθηση στην πρέσσα, 5. συμπίεση στην πρέσσα, 6. απομάκρυνση από την πρέσσα, 7., 8. προώθηση, 9. προώθηση του επικαλυμμένου προϊόντος για στοίβαση και του μεταλλικού ελάσματος στη θέση 1.

- Λόγω της μικρής διάρκειας συμπίεσης η μείωση του αρχικού πάχους των προϊόντων ξύλου είναι μικρή· έτσι η πυκνότητα των προϊόντων ξύλου μπορεί να είναι μικρότερη από αυτή που απαιτείται στις πολυόροφες πρέσες.
- Μικρότερα έξοδα συμπίεσης λόγω του μικρότερου ενεργειακού κόστους πράγμα που οφείλεται στην απουσία ψύξης και επαναύξησης της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της συμπίεσης.

Πλαστικά φύλλα εμποτισμένα με μελαμίνη-φορμαλδεΰδη έχουν ευρύτερη χρήση και υπερτερούν σε σχέση με τα εμποτισμένα με ακόρεστους πολυεστέρες. Έτσι παρ'όλο που τα πλαστικά φύλλα από ακόρεστους πολυεστέρες έχουν καλύτερη πλαστικότητα (Σχήμα 30) και επικαλύπτονται με σχετικά μικρότερες πιέσεις χωρίς να είναι αναγκαία η ψύξη, λόγω του υψηλότερου κόστους και της μειωμένης αντοχής τους σε μηχανικές επιδράσεις, δεν έχουν τύχει μέχρι τώρα ευρείας εφαρμογής.

Κατά τον ποιοτικό έλεγχο των επιφανειών προϊόντων ξύλου επικαλυμμένων με πλαστικά φύλλα προσδιορίζονται συγκεκριμένες ιδιότητες οι κυριότερες των οποίων είναι: διαστασιακές μεταβολές μετά την τοποθέτησή τους σε κλίματα μικρής και μεγάλης σχετικής υγρασίας, ανθεκτικότητα σε τριβή, σε βραστό νερό, σε αναμμένο τσιγάρο, σε υδρατμό, σε επίδραση διαφόρων χημικών ενώσεων, στην επίδραση της φυσικής ακτινοβολίας, συμπεριφορά έναντι πυρός, τάση εμφάνισης επιφανειακών ραγάδων.

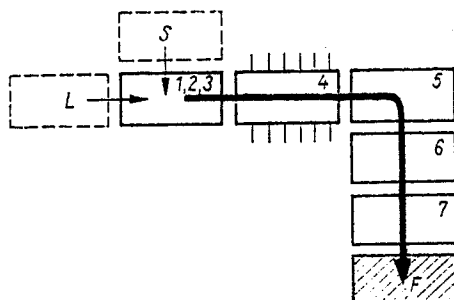
3.2.2. Επικαλύψεις προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα για εξωτερικές κλιματικές συνθήκες

Πρόκειται για πλαστικά φύλλα συνήθως εμποτισμένα με φαινόλη-φορμαλδεΰδη ή με εστέρες ακρυλικών οξέων, τα οποία εξασφαλίζουν την επικαλυμμένη επιφάνεια έναντι υψηλής υγρασίας και έναντι μηχανικών και χημικών επιδράσεων.

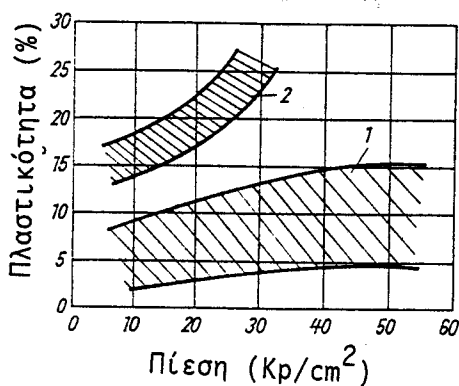
3.2.2.1. Επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα φαινόλης-φορμαλδεΰδης

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ανάλογα με τη χρήση των επικαλυμμένων προϊόντων ξύλου:

- Επικαλύψεις προκειμένου τα επικαλυμμένα προϊόντα ξύλου να χρησιμοποιηθούν στην οικοδομική (κατασκευή ξυλοτύπων για μορφοποίηση σκυροδέματος)



Σχήμα 29. Σχηματική παράσταση των φάσεων επικάλυψης με πλαστικά φύλλα σε μονόροφη πρέσσα. S. προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας, L. πλαστικό φύλλο, F. προϊόν ξύλου μετά την επικάλυψη, 1,2,3. τοποθέτηση πλαστικού φύλλου και προϊόντος ξύλου και προώθηση στην πρέσσα, 4. συμπίεση στην πρέσσα, 5. απομάκρυνση από την πρέσσα, 6,7. προώθηση του επικαλυμμένου προϊόντος για στοίβαση



Σχήμα 30. Βαθμός πλαστικοποίησης, πλαστικών φύλλων από 1. μελαμίνη-φορμαλδεϋδη και 2. ακόρεστους-πολυεστέρες, σε σχέση με το βαθμό συμπίεσης

- Επικαλύψεις προκειμένου τα επικαλυμμένα προϊόντα ξύλου να χρησιμοποιούνται ως κατασκευαστικά υλικά σε εξωτερικές χρήσεις.

Στην πρώτη περίπτωση τα πλαστικά φύλλα παράγονται από εμποτισμό φύλλων χάρτου βάρους $40-75 \text{ g/m}^2$ με φαινόλη-φορμαλδεΐδη σε ποσοστό 200% για φύλλα χάρτου μικρού βάρους και 100% για φύλλα χάρτου μεγάλου βάρους. Τα πλαστικά φύλλα έχουν χρώμα καστανό και χρησιμοποιούνται στην επικάλυψη κυρίως αντικολλητών αλλά και μοριοπλακών και ινοπλακών. Η υγρασία των προϊόντων ξύλου κατά την επικάλυψη θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5-8%. Στην περίπτωση των αντικολλητών, η παραγωγή και επικάλυψη είναι δυνατόν να γίνονται συγχρόνως. Η επικάλυψη γίνεται σε θερμαινόμενες πρέσες σε θερμοκρασίες $120-140^\circ\text{C}$ και διάρκεια 5-12 min. Το μέγεθος της πίεσης εξαρτάται από το προϊόν ξύλου και κυμαίνεται από $15-30 \text{ Kp/cm}^2$. Η μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας με ψύξη της πρέσας κατά τη διάρκεια της συμπίεσης δεν είναι αναγκαία. Η επικάλυψη των προϊόντων ξύλου με φαινολικά πλαστικά φύλλα αυξάνει σημαντικά την ανθεκτικότητά τους σε επίδραση υγρασίας (νερού) και σε μηχανική αποτριβή. Έτσι, ενώ η προσρόφηση νερού από αντικολλητό μετά από 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (20°C) χωρίς προστασία των εγκάρσιων διατομών του κυμαίνεται από 28-31%, η επικάλυψη του με φαινολικό πλαστικό φύλλο μειώνει την προσρόφηση σε 8-11%. Αντίστοιχα η κατά πάχος διόγκωση του ακάλυπτου αντικολλητού του παραπάνω παραδείγματος από 5-9% μειώνεται στην περίπτωση του επικαλυμμένου με φαινολικό πλαστικό φύλλο σε 0,8-1,3%.

Στη δεύτερη περίπτωση τα επικαλυμμένα με φαινολικά πλαστικά φύλλα προϊόντα ξύλου (κυρίως αντικολλητά) χρησιμοποιούνται για επενδύσεις σιδηροδρομικών οχημάτων, αυτοκινήτων ψυγείων, ως υλικά συσκευασίας για τη θαλάσσια μεταφορά βαρέων εμπορευμάτων (μηχανημάτων) κ.ά. Τα πλαστικά φύλλα παράγονται με εμποτισμό φύλλων χάρτου βάρους $150-180 \text{ g/m}^2$ με φαινολική ρητίνη σε ποσοστό 140-160%. Κατά την επικάλυψη-συμπίεση του φαινολικού πλαστικού φύλλου στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου εφαρμόζονται θερμοκρασίες που κυμαίνονται από $135-140^\circ\text{C}$ και διάρκεια περίπου 10 min. Στην περίπτωση του αντικολλητού, η παραγωγή του και η επικάλυψη με φαινολικό πλαστικό φύλλο μπορούν να γίνουν συγχρόνως οπότε για αντικολλητό πάχους 25 mm απαιτούνται περίπου 18 min συμπίεσης στην πρέσα. Το ύψος της εφαρμοζόμενης πίεσης εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος ξύλου και ανέρχεται π.χ. για

αντικολλητό οξυάς σε 15 Kp/cm^2 . Η επικάλυψη με φαινολικά πλαστικά φύλλα βελτιώνει σημαντικά την ανθεκτικότητα της επιφάνειας του προϊόντος ξύλου έναντι υγρασίας και μηχανικής αποτριβής. Έτσι ενώ η προσρόφηση νερού μιας μοριοπλάκας, συγκολλημένης με φαινόλη-φορμαλδεΐδη, μετά από 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό με ερμητική προστασία των εγκάρσιων διατομών της ανέρχεται σε 43-56%, μετά την επικάλυψή της με φαινολικά πλαστικά φύλλα η προσρόφηση μειώνεται σε 1,8%. Η αντίστοιχη κατά πάχος διόγκωση της παραπάνω αναφερθείσης μοριοπλάκας προ της επικάλυψης με πλαστικό φύλλο είναι 4,3% ενώ μετά την επικάλυψη μόνο 0,3%. Επίσης η ανθεκτικότητα της επιφάνειας έναντι αποτριβής, ενώ για μη επικαλυμμένη μοριοπλάκα είναι 1,45 g απώλειες/10000 επαναλαμβανόμενες καταπονήσεις σε επικαλυμμένη με πλαστικό φύλλο μοριοπλάκα βελτιώνεται σε 0,49 g απώλειες/1000 επαναλαμβανόμενες καταπονήσεις.

3.2.2.2. Επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα από εστέρες του ακρυλικού οξέως

Η ρητίνη εμποτισμού των πλαστικών φύλλων είναι προϊόν πολυμερισμού των εστέρων του ακρυλικού οξέως. Τα πλαστικά φύλλα παράγονται σε διάφορους χρωματισμούς και η επικάλυψη των προϊόντων ξύλου γίνεται σε θερμοκρασίες $135-140^{\circ}\text{C}$, με πίεση $12-15 \text{ Kp/cm}^2$ και διάρκεια 7-8 min. Τα πλαστικά φύλλα αυτού του τύπου εξασφαλίζουν άριστες ιδιότητες στις επιφάνειες των προϊόντων ξύλου και τα καθιστούν κατάλληλα για εξωτερικές χρήσεις ή ειδικές χρήσεις που απαιτούν υψηλή ανθεκτικότητα σε υγρασία και μηχανική αποτριβή. Έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως στη ναυπηγική, στην οικοδομική, στην κατασκευή εργαστηρίων κ.ά.

4. Επικαλύψεις των επιφανειών των προϊόντων ξύλου με δέσμες πλαστικών φύλλων

Η δέσμη αποτελείται από μεμονωμένα πλαστικά φύλλα τα οποία αφού τοποθετηθούν με ορισμένη αλληλοδιαδοχή συγκολλούνται με θερμή συμπίεση σε ένα φύλλο. Συνήθεις ρητίνες εμποτισμού είναι η μελαμίνη-φορμαλδεΐδη και οι ακόρεστοι πολυεστέρες. Δέσμες πλαστικών φύλλων από ακόρεστους πολυεστέρες βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στις επικαλύψεις των εγκάρσιων διατομών των προϊόντων ξύλου, ενώ δέσμες πλαστικών φύλλων μελαμίνης χρησιμοποιούνται ευρέως για την αμφίπλευρη επικάλυψη των μεγάλων επιφανειών των

προϊόντων ξύλου. Στον Πίνακα 21 παρουσιάζονται οι ιδιότητες των πλαστικών φύλλων τύπου δέσμης ανάλογα με τη ρητίνη εμποτισμού. Στην περίπτωση που βάση εμποτισμού είναι η μελαμίνη-φορμαλδεΐδη τότε μόνο το επιφανειακό διακοσμητικό φύλλο είναι εμποτισμένο με μελαμίνη-φορμαλδεΐδη ενώ τα κάτω απ' αυτό πλαστικά φύλλα είναι εμποτισμένα με φαινόλη-φορμαλδεΐδη. Η συγκόλληση των πλαστικών φύλλων τύπου δέσμης στις επιφάνειες των προϊόντων ξύλου γίνεται συνήθως με οξικό πολυβινυλεστέρα και με ουρία-φορμαλδεΐδη. Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται οι τεχνολογικές παράμετροι συγκόλλησης πλαστικών φύλλων τύπου δέσμης σε επιφάνειες προϊόντων ξύλου.

Πίνακας 21. Ιδιότητες πλαστικών φύλλων τύπου δέσμης

Ιδιότητες	Ρητίνη εμποτισμού	
	Μελαμίνη-Φορμαλδεΐδη	Ακόρεστοι πολυεστέρες
Εφελκυσμός παράλληλα της επιφάνειας (Κρ/cm ²)	900-1100	400-500
Εφελκυσμός κάθετα της επιφάνειας (Κρ/cm ²)	10-15	10-15
Βαθμός αλλοίωσης σε επιδράσεις υγρών		
- νερού	0	0-1
- μελάνης	0	0-1
- αλκοόλης	0	0-1
Ανθεκτικότητα σε βρασμό (αύξηση της μάζας %)	5-10	20-35

0. ανύπαρκτος, 0-1. ανύπαρκτος μέχρι πολύ μικρός

Πίνακας 22. Τεχνολογικές παράμετροι επικάλυψης επιφανειών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα τύπου δέσμης

Ποσότητα επάλειψης συγκολλητικής ουσίας (g/cm ²)	Είδος συγκολλητικής ουσίας	
	PVAc	Ουρία-Φορμαλδεΐδη
	100-180	

Θερμοκρασία συγκόλλησης
(°C)

20-40

Πίεση
(N/mm²)

2-5

6-8

Πλαστικά φύλλα τύπου δέσμης γνωστά με τα εμπορικά ονόματα Ρεσοπάλ, Ντουροπάλ, Φορμάϊκα κ.ά. λόγω μιας σειράς πλεονεκτημάτων τους (σκληρή επιφάνεια, καλή ανθεκτικότητα σε επιδράσεις χημικών ενώσεων και υψηλών θερμοκρασιών) χρησιμοποιούνται ευρέως για επικαλύψεις προϊόντων ξύλου που πρόκειται να αξιοποιηθούν ως κατασκευαστικά υλικά για έπιπλα κουζίνας, τραπέζια, εσωτερικές επενδύσεις οχημάτων, βαγονιών, πλοίων.

5. Επικαλύψεις των εγκάρσιων διατομών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα

Μετά την αμφίπλευρη επικάλυψη των προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα αναγκαία προϋπόθεση για τη χρησιμοποίησή τους στην επιπλοποιΐα και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων είναι η προστασία των εγκάρσιων διατομών τους. Το υλικό επικάλυψης των ακμών, προκειμένου να υπάρχει μια αισθητική αρμονία, πρέπει να έχει παρόμοια διακοσμητική εμφάνιση με αυτό που επικαλύφθηκαν η άνω και κάτω επιφάνειες του προϊόντος. Ανάλογα με το είδος της ρητίνης εμποτισμού τα πλαστικά φύλλα διακρίνονται σε:

- Πλαστικά φύλλα από PVC.

Παράγονται σε πάχη από 0,4-0,6 mm σε πολυάριθμους χρωματισμούς και άλλες διακοσμητικές εμφανίσεις. Είναι αδιαπέραστα από νερό και υγρασία και ανθεκτικά σε επιδράσεις χημικών αντιδραστηρίων. Μια κατηγορία αυτών των πλαστικών φύλλων φέρει στην εσωτερική επιφάνειά τους στρώση από εύτηκτη θερμοπλαστική ρητίνη η οποία προ της επικάλυψής στην εγκάρσια διατομή του προϊόντος ξύλου ενεργοποιείται με κατάλληλη θέρμανση.

- Πλαστικά φύλλα από ακόρεστους πολυεστέρες.

Πρόκειται για δέσμες πλαστικών φύλλων πάχους 0,6 mm των οποίων η άνω στρώση αποτελείται από πλαστικό με διακοσμητική εμφάνιση. Πλαστικά φύλλα αυτού του τύπου αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι 180°C, είναι αδιαπέρατα από νερό και υδρατμό και δεν σχηματίζουν επιφανειακές ραγάδες.

- Πλαστικά φύλλα από μελαμίνη-φορμαλδεΐδη
Πρόκειται για δέσμες πλαστικών φύλλων πάχους 0,4-0,5 mm των οποίων το άνω διακοσμητικό πλαστικό φύλλο αποτελείται από μελαμίνη-φορμαλδεΐδη ενώ τα κάτω από αυτό ευρισκόμενα συνήθως από φαινόλη-φορμαλδεΐδη.

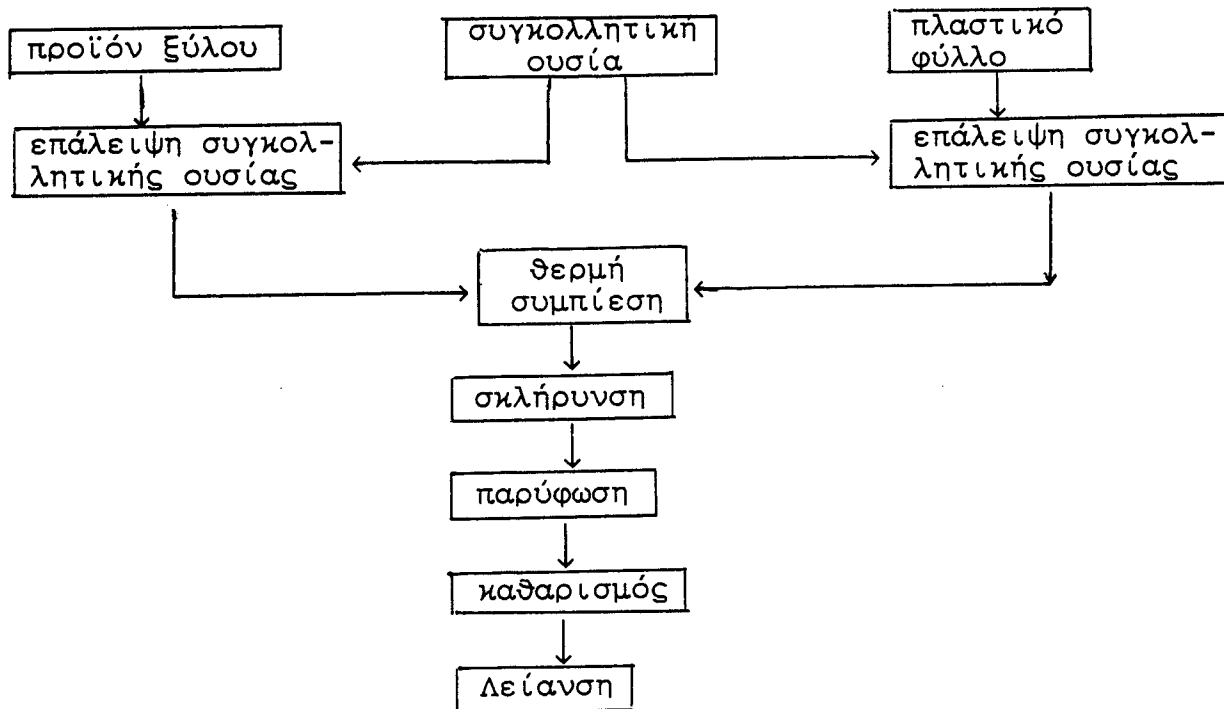
Για τη συγκόλληση των πλαστικών φύλλων στις εγκάρσιες διατομές των προϊόντων ξύλου χρησιμοποιούνται οι εξής συγκολλητικές ουσίες:

- Εύτηκτες θερμοπλαστικές ρητίνες
Πρόκειται για 100% θερμοπλαστικές ρητίνες οι οποίες έχουν στερεή μορφή στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τήκονται σε ορισμένη θερμοκρασία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν και μετά την ψύξη στερεοποιούνται. Πρόκειται για πολυμερή με βασικά συστατικά κυρίως το πολυμερές του αιθυλενίου-οξικού βινυλεστέρα, τα πολυαμίδια, τους πολυεστέρες το πολυβουτυλένιο κ.ά.
- Ρητινικά γαλακτώματα
Κύριος εκπρόσωπος με ευρεία χρήση είναι ο οξικός πολυβινυλεστέρας (PVAc).
- Ρητίνες πολυσυμπυκνώσεως
Κυρίως χρησιμοποιείται η ουρία-φορμαλδεΐδη αμιγής ή σε κατάλληλη μίξη με μελαμίνη-φορμαλδεΐδη. Οι δεσμοί αυτών των ρητινών είναι ανθεκτικότεροι σε συνθήκες υψηλής υγρασίας από ότι οι δύο προηγούμενες συγκολλητικές ουσίες.

5.1. Επικαλύψεις επίπεδων διατομών

Κατά τη συγκόλληση των πλαστικών φύλλων με ρητινικά γαλακτώματα ή ρητίνες πολυσυμπύκνωσης εφαρμόζεται η ψυχρή-θερμή μέθοδος (Σχήμα 31). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η συγκολλητική ουσία επαλείφεται τόσο στις εγκάρσιες διατομές του προϊόντος ξύλου ($120-150 \text{ g/m}^2$) όσο και στην κάτω επιφάνεια (μη διακοσμητική) του πλαστικού φύλλου ($50-80 \text{ g/m}^2$). Στη συνέχεια οι δύο επιφάνειες ξηραίνονται με υπέρυθρη ακτινοβολία ώστε να απομακρυνθεί το νερό. Αφού επικαλυφθεί η εγκάρσια διατομή με το πλαστικό φύλλο η συγκόλληση πραγματοποιείται κατόπιν συμπίεσης του πλαστικού φύλλου με θερμαινόμενο μεταλλικό έλασμα. Η θερμοκρασία ενεργοποίησης της συγκολλητικής ουσίας είναι 130°C . Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται ταχύτητες παραγωγής μέχρι 25 m/min . Σύμφωνα με μια παραλλαγή αυτής της μεθόδου η συγκολλητική ουσία προϋπάρχει σε στερεή

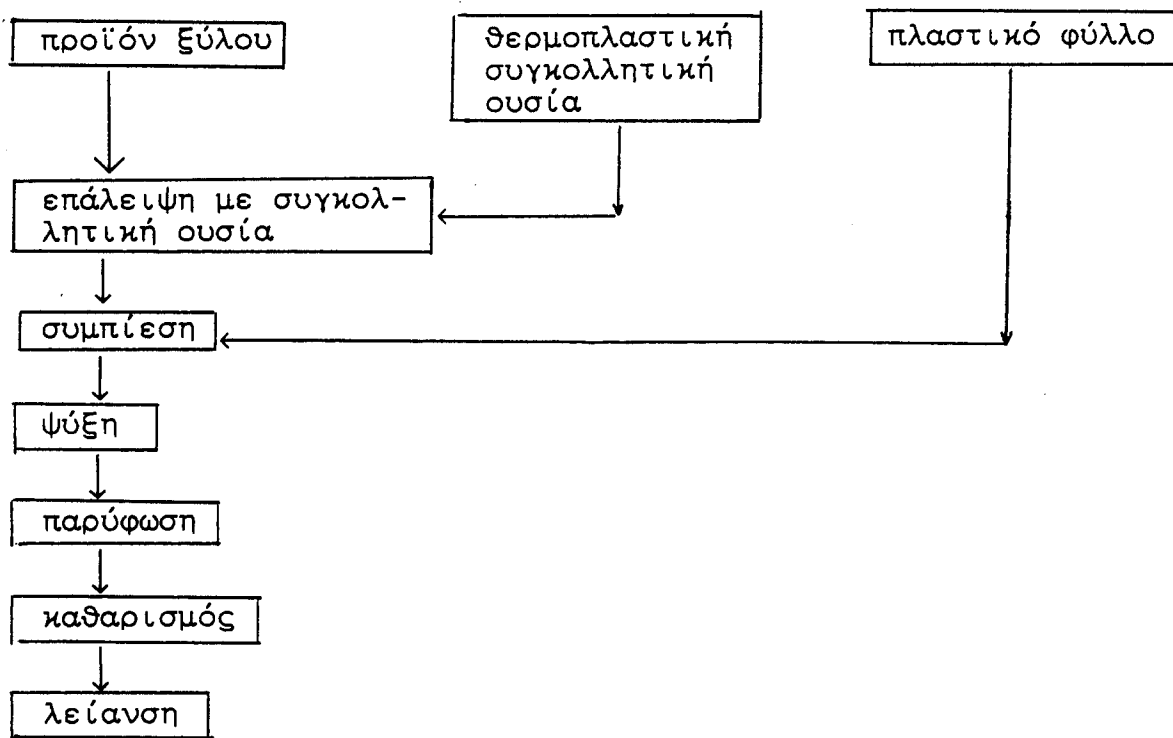
μορφή στην κάτω επιφάνεια του πλαστικού φύλλου οπότε επαλείφεται μόνο η εγκάρσια διατομή του προϊόντος ξύλου. Η συγκόλληση επιτυγχάνεται και στην περίπτωση αυτή με θέρμανση σε κατάλληλες θερμοκρασίες. Η μέθοδος μπορεί να επιτύχει ταχύτητες παραγωγής μέχρι 50 m/min.



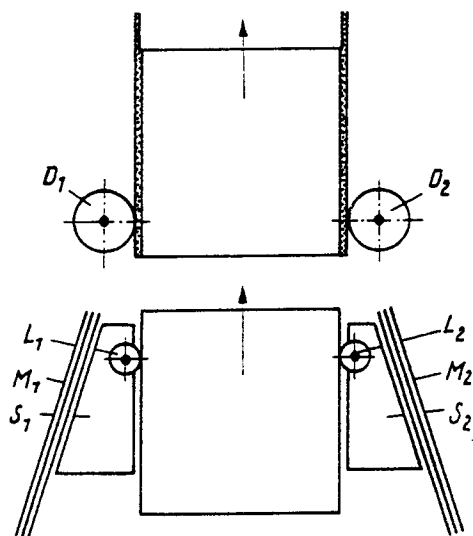
Σχήμα 31. Επί μέρους φάσεις επικάλυψης των εγκάρσιων διατομών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα από ρητινικά γαλακτώματα ή ρητίνες πολυσυμπυκνώσεως (μέθοδος ψυχρή-θερμή)

Κατά τη συγκόλληση των πλαστικών φύλλων με εύτηκτες θερμοπλαστικές ρητίνες ακολουθείται η θερμή-ψυχρή μέθοδος (Σχήμα 32 α,β). Χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι η επάλειψη της εγκάρσιας διατομής του προϊόντος ξύλου με θερμοπλαστική ρητίνη (150-250 g/m²) ρευστής μορφής. Η στερεοποίηση της ρητίνης συμβαίνει με ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος μετά την τοποθέτηση του πλαστικού φύλλου. Η μέθοδος είναι δυνατόν να επιτύχει ταχύτητες παραγωγής μέχρι 25 m/min. Κατά μια παραλλαγή της μεθόδου αυτής (Σχήμα 33 α,β) η θερμοπλαστική ρητίνη δεν επαλείφεται στην εγκάρσια διατομή του προϊόντος ξύλου αλλά προϋπάρχει σε στερεή μορφή στην κάτω επιφάνεια του πλαστικού φύλλου. Η ενεργοποίηση αυτής της στρώσης της συγκολλητικής ουσίας γίνεται με κατάλληλη θέρμανση με θερμό αέρα (250-400°C). Η πο-

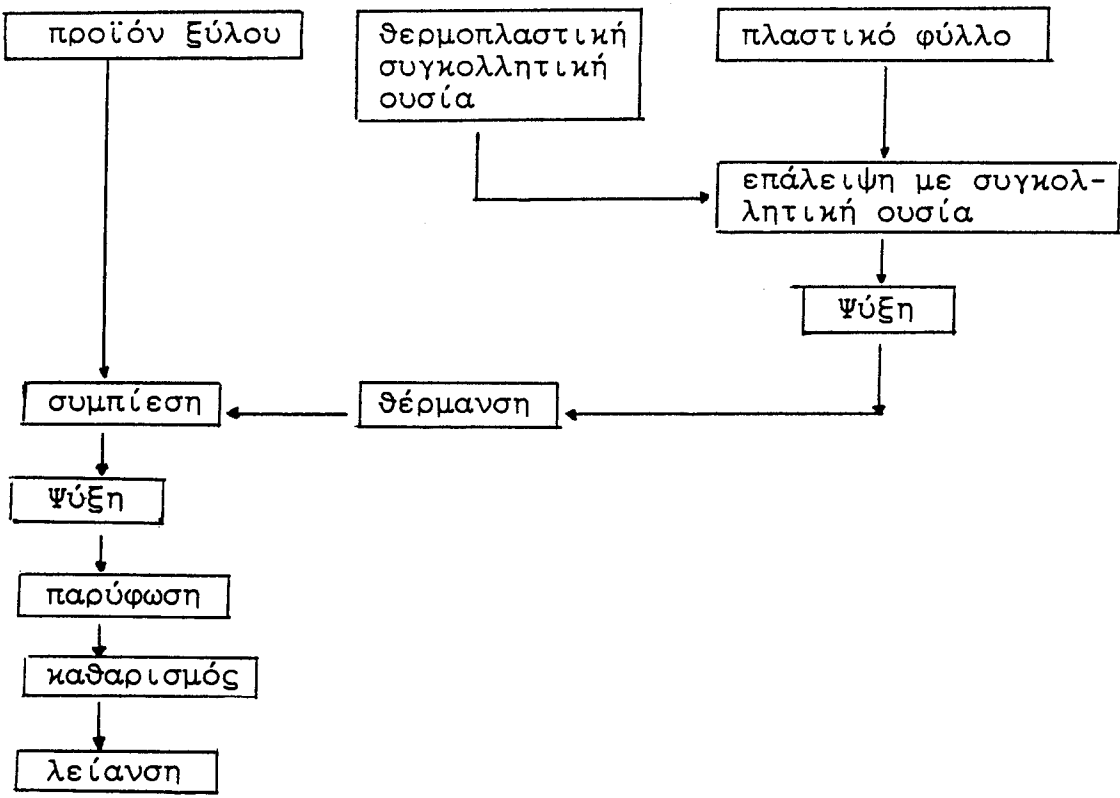
σότητα της συγκολλητικής είναι μικρότερη ($80-120 \text{ g/m}^2$) από της προηγούμενης μεθόδου και η ταχύτητα παραγωγής μπορεί να φθάσει τα 18 m/min .



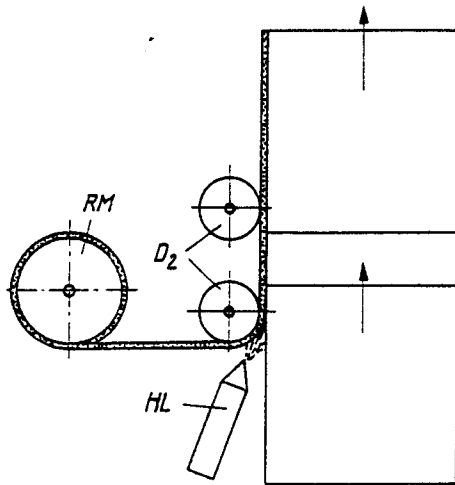
Σχήμα 32 α. Επί μέρους φάσεις επικάλυψης των εγκάρσιων διατομών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα. Επάλειψη θερμοπλαστικής συγκολλητικής ουσίας στις εγκάρσιες διατομές του προϊόντος ξύλου. (Θερμή-Ψυχρή μέθοδος)



Σχήμα 32β. Επικάλυψη εγκάρσιας διατομής προϊόντος ξύλου με δέσμες πλαστικών φύλλων (μέθοδος θερμή-ψυχρή) M_1, M_2 . δέσμη πλαστικών φύλλων, S_1, S_2 . δοχείο εύτηκτης θερμοπλαστικής ρητίνης, L_1, L_2 . κύλινδροι επάλειψης, D_1, D_2 . κύλινδροι συμπίεσης του πλαστικού φύλλου στην εγκάρσια διατομή



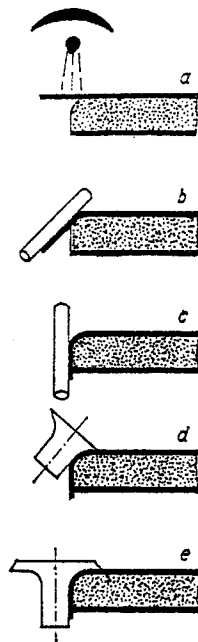
Σχήμα 33 α. Επί μέρους φάσεις επικάλυψης των εγκάρσιων διατομών προϊόντων ξύλου με πλαστικά φύλλα. Η θερμοπλαστική συγκολλητική ουσία προϋπάρχει σε στερεή μορφή στην κάτω επιφάνεια του πλαστικού φύλλου (παραλλαγή θερμής-Ψυχρής μεθόδου)



Σχήμα 33β. Επικάλυψη εγκάρσιας διατομής προϊόντος ξύλου με δέσμες πλαστικών φύλλων (παραλλαγή της θερμής-Ψυχρής μεθόδου). RM. τύμπανο περιέλιξης του πλαστικού φύλλου τύπου δέσμης, HL. θερμαντικό σώμα διοχέτευσης θερμού αέρα στην κάτω πλευρά του πλαστικού φύλλου, D₂. κύλινδροι συμπίεσης του πλαστικού φύλλου στην εγκάρσια διατομή

5.2. Επικαλύψεις μη επίπεδων διατομών

Στην περίπτωση επικάλυψης μη επίπεδων διατομών των προϊόντων ξύλου (καμπύλων ή κυρτών) απαιτείται πλαστικοποίηση του πλαστικού φύλλου προκειμένου να αποκτήσει την κατάλληλη ακτίνα καμπυλότητας. Η υπερνίκηση της ακαμψίας επιτυγχάνεται με τοπική θέρμανση του πλαστικού φύλλου (υπέρυθρη ακτινοβολία ή θερμό αέρα) σε θερμοκρασίες που εξαρτώνται από τη ρητίνη του πλαστικού φύλλου. Έτσι για δέσμες πλαστικών φύλλων εμποτισμένων με ακόρεστους πολυεστέρες απαιτείται θερμοκρασία 80-140°C, με μελαμίνη-φορμαλδεΐδη 140-230°C, ενώ για πλαστικά φύλλα από PVC περίπου 60-80°C. Τόσο η διάρκεια θέρμανσης όσο και το ύψος της θερμοκρασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει ορισμένα όρια διότι αυτό μειώνει το βαθμό στίλβωσης των διακοσμητικών πλαστικών φύλλων. Το Σχήμα 34 δείχνει ένα παράδειγμα επικάλυψης καμπύλης διατομής ενός προϊόντος ξύλου με πλαστικό φύλλο.



Σχήμα 34. Επικάλυψη καμπύλης διατομής προϊόντος ξύλου με πλαστικό φύλλο. α. πλαστικοποίηση πλαστικού φύλλου με υπέρυθρη ακτινοβολία, β, γ. κάμψη του πλαστικού φύλλου, δ, ε. συμπίεση του πλαστικού φύλλου στην εγκάρσια διατομή

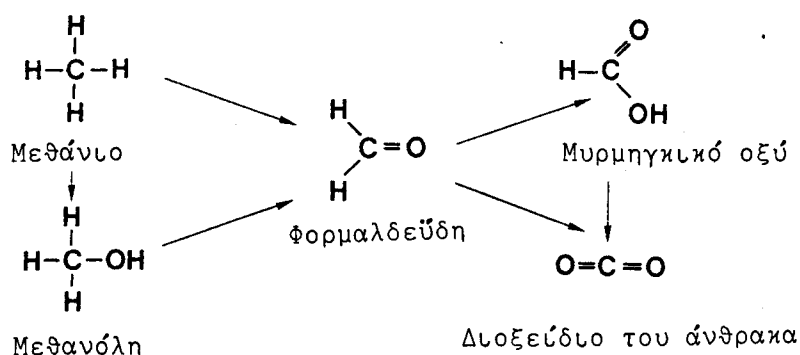
Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv 1974. Werkstoffe aus Holz
VEB Fachbuchverlag Leipzig
- Autorenkollektiv 1977. Holzbearbeitung
VEB Fachbuchverlag Leipzig
- Autorenkollektiv 1984. Wissensspeicher Holztechnik. Grundlagen
VEB Fachbuchverlag Leipzig
- Bodenstedt, W. 1973. Moderne Verfahren der Spanplattenbeschichtung
mit Melaminharzen. Kunstharz-Nachrichten 32.(1973), Nr.
4: 13-19
- Böhme, P. 1980. Industrielle Oberflächenbehandlung von plat-
tenförmigen Werkstoffen aus Holz. VEB Fachbuchverlag
Leipzig
- DIN Taschenbuch 60. 1982. Normen für Holzfaserplatten, Spanplatten
Sperrholz. Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth
Verlag GmbH Berlin, Köln
- Enzensberger, W. 1969. Moderne Beschichtungsverfahren für Holzwerk-
stoffplatten. Holz-Roh und Werkstoff.(27) Nr. 12: 441-463
- Ettingshausen v.O. 1969. Die Dekorative Beschichtung von Holzwerk-
stoffen mit Kunstharzimprägnierten Papieren. Goldschmidt
informiert Nr. 9: 3-16
- Schute, H. 1978. Fertigung und Verarbeitung dekorativer Schicht-
stoffplatten. Holz-Zentralblatt Nr. 2/3: 19-20
- Soiné, H. 1977. Moderne Oberflächenbeschichtung. Holztechnologie.
Nr. 2: 100-104

Θ. ΕΚΛΥΣΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗΣ ΑΠΟ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΥΛΟΥ

1. Φορμαλδεΐδη (ιδιότητες, παραγωγή, χρήσεις)

Η φορμαλδεΐδη από χημικής άποψης είναι μια απλή αλδεΐδη (HCHO) της οποίας η βιομηχανική παραγωγή άρχισε πριν 90 χρόνια. Στη συνήθη θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση ευρίσκεται σε αέριο μορφή, είναι άχρωμος, εξαιρετικά ευδιάλυτη στο νερό, στην αλκοόλη και άλλους πολικούς διαλύτες. Στο εμπόριο κυκλοφορεί κυρίως σε μορφή υδάτινου διαλύματος (37-40%) με τις ονομασίες φορμόλη και φορμαλίνη ή σε στερεή μορφή (Παραφορμαλδεΐδη). Η φορμαλδεΐδη σε βιομηχανική κλίμακα παράγεται με οξείδωση του μεθανίου (φυσικού αερίου) ή της μεθυλικής αλκοόλης (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Παραγωγή και προϊόντα αποικοδόμησης της φορμαλδεΐδης

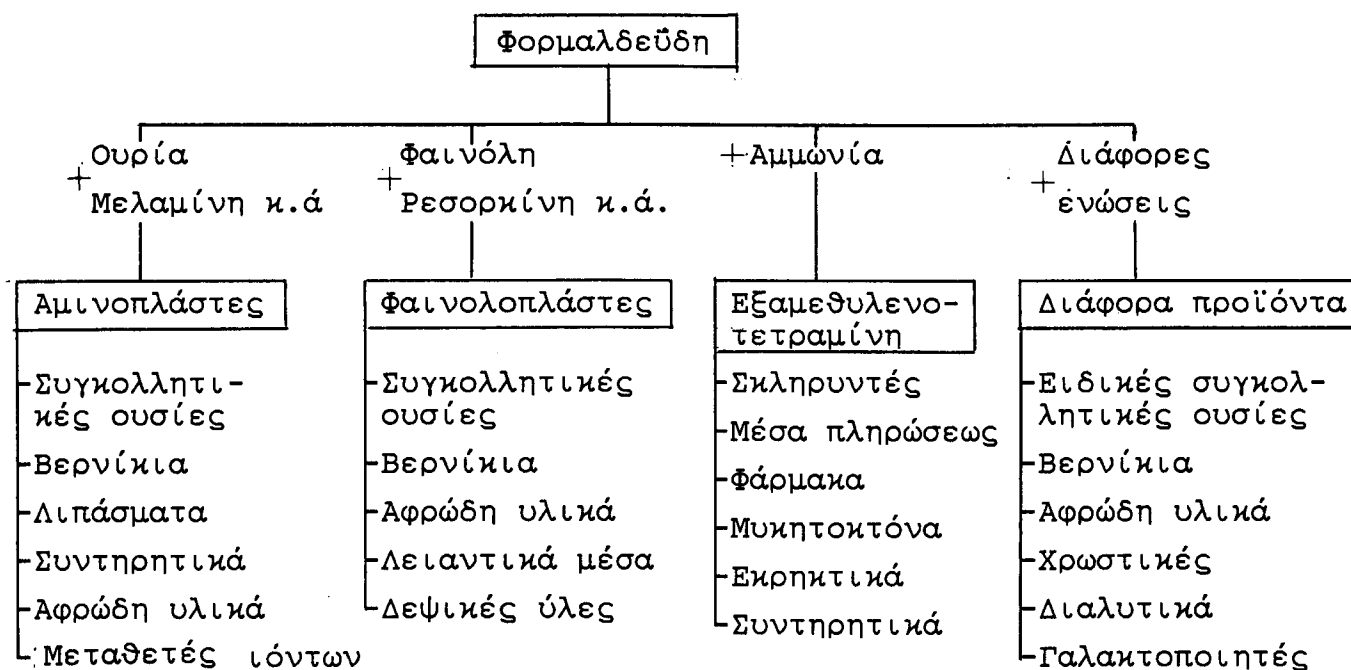
Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ορισμένες από τις κύριες ιδιότητες της φορμαλδεΐδης. Η ευρεία βιομηχανική χρήση της φορμαλδεΐδης οφείλεται στην υψηλή χημική δραστηριότητά της σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα και τη χαμηλή τιμή της. Για τους παραπάνω λόγους αποτελεί μια πολύτιμη χημική ουσία για οργανικο-χημικές συνθέσεις. Χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς όπως είναι η υφασματοποιϊα, η ιατρική, η φαρμακευτική, η γεωργία, η παραγωγή πλαστικών, τα καλλυντικά κ.ά. Αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για τη σύνθεση πολυάριθμων ενώσεων και κυρίως συνθετικών πολυμερών (Πίνακας 2) γι' αυτό και θεωρείται από τις σπουδαιότερες βασικές ενώσεις της χημικής βιομηχανίας.

Πίνακας 1. Κύριες ιδιότητες της Φορμαλδεΐδης

Χημικώς καθαρή Φορμαλδεΐδη

χημικός τύπος	HCHO
συνώνυμα	Μυρμηγκική αλδεΐδη Μεθανάλη Φορμόλη Φορμαλδεΐδη
μοριακό βάρος	30,03
σημείο τήξεως	-118 °C
σημείο βρασμού	-19 °C
Διαλύματα Φορμαλδεΐδης του εμπορίου	
συγκέντρωση Φορμαλδεΐδης	37-40%
πυκνότητα	1,09-1,15 g/cm ³
ειδική θερμότητα	2,5-3,3 KJ/Kg

Πίνακας 2. Η Φορμαλδεΐδη ως βασική πρώτη ύλη για τη σύνθεση διαφόρων προϊόντων και οι τομείς εφαρμογής τους



Στη φύση εκλύεται η φορμαλδεΐδη σε μικρές ποσότητες από ορισμένα φυτά και δένδρα. Όμως η έκλυση στο περιβάλλον μπορεί να συμβεί και με διάφορες άλλες διεργασίες, όπως π.χ. κατά την παραγωγή προϊόντων στη σύνθεση των οποίων συμμετέχει η φορμαλδεΐδη, κατά την καύση του ξύλου, του άνθρακα, των σακχάρων και υγρών καυσίμων αλλά και κατά τις φωτοχημικές αποικοδομήσεις άλλων ορ-

γανικών ενώσεων που εκλύονται στον αέρα από άλλες πηγές. Λόγω της μεγάλης χημικής δραστηριότητάς της η φορμαλδεΐδη αντιδρά γρήγορα με ιχνοενώσεις και ρύπους που υπάρχουν στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Επίσης με την επίδραση του φωτός και του οξυγόνου διασπάται σε διοξείδιο του άνθρακος (Σχήμα 1). Για τους παραπάνω λόγους ο χρόνος ημιζωής κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας κυμαίνεται μόνο 1 μέχρι 2 ώρες.

Όμως έκλυση φορμαλδεΐδης κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να συμβή και σε εσωτερικούς χώρους όπου έχουν τοποθετηθή διάφορα προϊόντα ή κατασκευές π.χ. συνθετικοί τάπητες, έπιπλα από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου κ.ά. στην παραγωγή των οποίων καθ'οιανδήποτε τρόπο συμμετέχει η φορμαλδεΐδη.

2. Βιολογικές και φυσιολογικές επιδράσεις της φορμαλδεΐδης

Η φορμαλδεΐδη σε καθαρή μορφή έχει χαρακτηριστική δριμεία οσμή και μπορεί να προκαλέσει σε μεγάλες συγκεντρώσεις δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. Όπως είναι φυσικό λοιπόν υπάρχουν εκτενείς επιδημιολογικές έρευνες σε ανθρώπους και πειραματικές έρευνες σε ζώα σχετικά με την επίδραση της φορμαλδεΐδης η οποία εξαρτάται τόσο απ'τη συγκέντρωσή της όσο κι από τη διάρκεια της επίδρασης. Βέβαια τα οριακά ποσοστά συγκέντρωσης της φορμαλδεΐδης από τα οποία αρχίζουν οι δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου διαφέρουν από άτομο σε άτομο. Γενικά όμως όπως προκύπτει από τη μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας τα οριακά ποσοστά δυσάρεστης οσμής της φορμαλδεΐδης κυμαίνονται από 0,15-0,30 mg/m³ αέρος, οι ερεθισμοί στα μάτια και τους επιθηλιακούς ιστούς των αναπνευστικών οργάνων παρατηρούνται σε συγκεντρώσεις από 0,30-0,90 mg/m³ αέρος, ενώ συγκεντρώσεις από 0,90-6,0 mg/m³ αέρος καθιστούν ανυπόφορη την παραμονή του ανθρώπου επί μακρό χρόνο. Σύμφωνα με διεθνείς πειραματικές έρευνες σε ζώα αποδείχθηκε ότι έκθεσή τους σε συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης 0,2-3,0 ppm* προκάλεσε ερεθισμούς στους επιθηλιακούς ιστούς των αναπνευστικών οργάνων, ενώ σε συγκέντρωση 15 ppm ένα ποσοστό των πειραματικών ζώων προσβλήθηκε από καρκίνο της μύτης. Σχετικές επιδημιολογικές έρευνες σε ανθρώπους οι οποίοι στους εργασιακούς τους χώρους ήταν εκτεθειμένοι σε ατμούς φορμαλδεΐδης έδειξαν ότι υπέφεραν από ερεθισμούς των ματιών της μύτης και του λάρυγγα, ενώ ορισμένος αριθμός εργαζομένων προσβλήθηκε από αλλεργική δερματίτιδα. Παρόλο που οι μέχρι τώρα σχετικές έρευνες - οι επιδημιολογικές

* 1ppm= parts per million. Στην περίπτωση της φορμαλδεΐδης 1 ppm= 1ml/m³ αέρος= 1,25 mg/m³ αέρος

έρευνες συνεχίζονται - δεν αποδεικνύουν την καρκινογόνο δράση της φορμαλδεΐδης στον άνθρωπο, υπάρχει υποψία ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να προκαλεί η φορμαλδεΐδη καρκίνο. Για το λόγο αυτό όπως δείχνεται στον Πίνακα 3 πολλές χώρες προκειμένου να προστατεύσουν την υγεία του ανθρώπου έχουν θεσπίσει με εθνικές προδιαγραφές ανώτατα επιτρεπτά ποσοστά συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης τόσο σε εργασιακούς όσο και σε κατοικίσιμους χώρους.

Πίνακας 3. Μέγιστα επιτρεπτά ποσοστά συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης σε εργασιακούς και κατοικίσιμους χώρους σύμφωνα με τις εθνικές προδιαγραφές διαφόρων χωρών.

Χώρα	Εργασιακοί χώροι HCHO ppm	Κατοικήσιμοι χώροι HCHO ppm
Αυστρία	0,5	0,10
Βέλγιο	1,0	-
Γαλλία	2,0	-
Γερμανία	0,5	0,10
Δανία	0,3	0,12
Ελβετία	0,5	0,10
Ελλάδα	-	-
Ιταλία	-	0,10
Σουηδία	0,5	0,20
Νορβηγία	0,5	0,10
Φινλανδία	0,5	0,12
Μ. Βρετανία	2,0	-
ΗΠΑ	0,75	0,10
Αυστραλία	1,0	0,10
Καναδάς	1,0	0,10

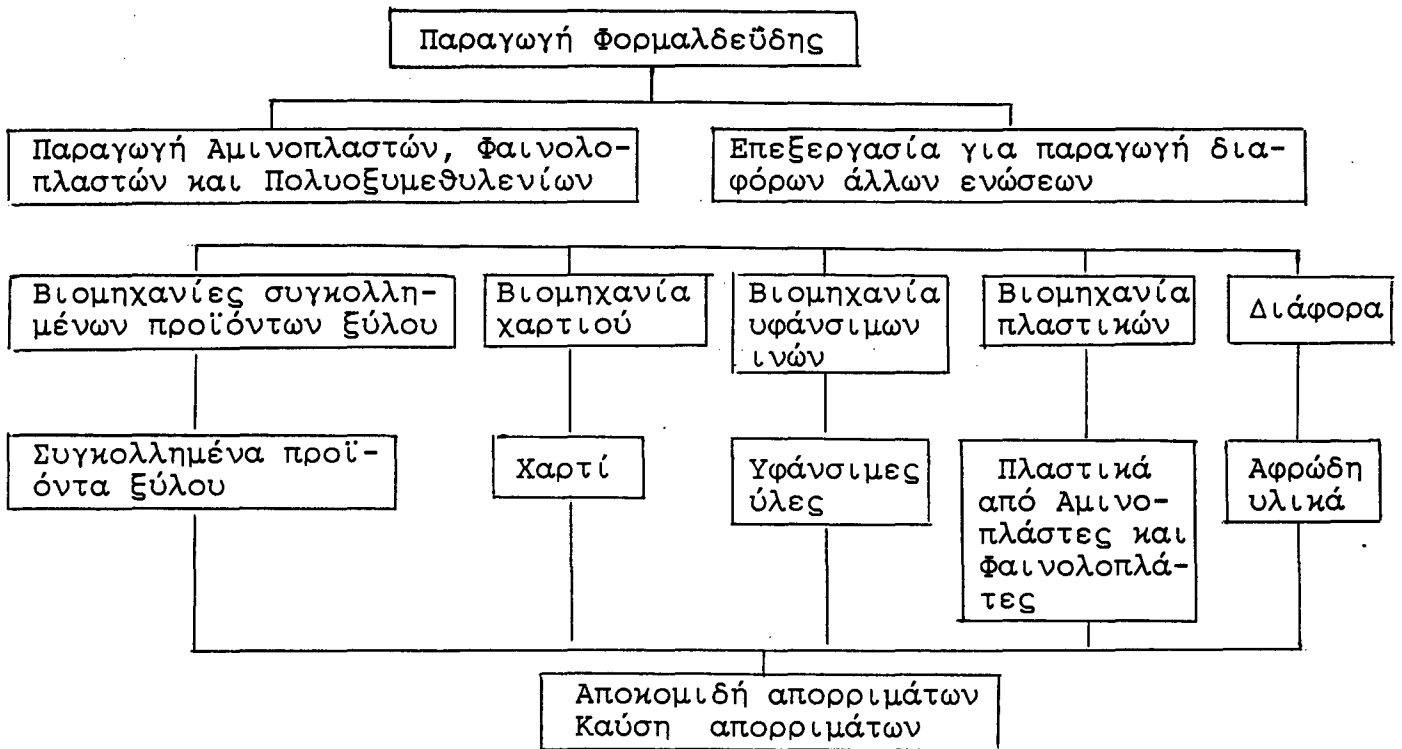
3. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου

3.1. Γενικά

Μεταξύ των πιθανών πηγών έκλυσης φορμαλδεΐδης σε κατοικίσιμους χώρους περιλαμβάνονται έπιπλα κι άλλες κατασκευές στις οποίες συμμετέχουν σαν κατασκευαστικά υλικά προϊόντα ξύλου συγκολλημένα

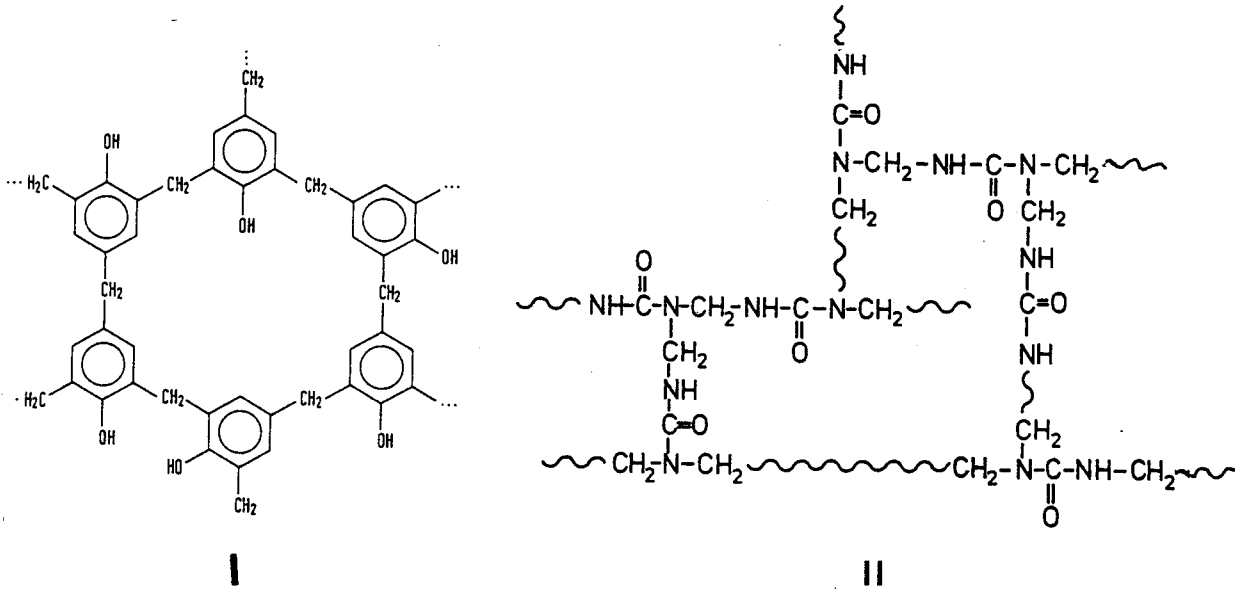
με συνθετικές ρητίνες που περιέχουν σαν κύριο συστατικό τη φορμαλδεΐδη (Σχήμα 2). Οι κυριότερες από αυτές είναι οι αμινοπλάστες (ουρία-, και μελαμίνη-φορμαλδεΐδη) και οι φαινολοπλάστες (κυρίως φαινόλη-φορμαλδεΐδη) δηλ. προϊόντα πολυσυμπύκνωσης αντίστοιχα της ουρίας, μελαμίνης και φαινόλης με τη φορμαλδεΐδη. Σε

Σχήμα 2. Πιθανές πηγές έκλυσης Φορμαλδεΐδης



μικρότερα ποσοστά προστίθεται φορμαλδεΐδη και στις φυσικές ρητίνες (καζεΐνη, γλουτολίνη) προκειμένου να αυξήσει τη διάρκεια αποθήκευσής τους και στον οξικό πολυβινυλεστέρα (PVAc) ως μικροβιογόνος. Η φορμαλδεΐδη μπορεί επίσης να περιέχεται στις επικαλύψεις των επίπλων ως συστατικό των βερνικιών ή ως συστατικό των συνθετικών ρητινών από τις οποίες παράγονται τα πλαστικά φύλλα. Στη περίπτωση των φαινολοπλαστών η φορμαλδεΐδη αντιδρά με τα φαινολικά συστατικά (φαινόλη, Ρεσορκίνη, Κρεσόλη) οπότε παράγονται διαμέσου μεθυλενικών και μεθυλενοαιθερικών δεσμών τριδιάστατα μεγαλομόρια (Σχήμα 3). Τα μεγαλομόρια αυτά διαθέτουν πολύ καλή χημική σταθερότητα λόγω της ύπαρξης των δεσμών C-C. Οι φαινολοπλάστες χρησιμοποιούνται σε συγκολλήσεις που απαιτούν υψηλή ανθεκτικότητα έναντι θερμικών και υδρολυτικών επιδράσεων δηλ. κυρίως σε εξωτερικές χρήσεις και ελάχιστα σε κατασκευές εσωτερικών χώρων. Οι Αμινοπλάστες παράγονται με αντίδραση της φορμαλδεΐδης με τις αμινομάδες οργανικών ενώσεων και κυρίως της Ουρίας

και της Μελαμίνης οπότε σχηματίζονται τριδιάστατα μόρια (Σχήμα 3). Τα μόρια αυτά συνδέονται με δεσμούς -C-N- οι οποίοι είναι ολιγότερο σταθεροί σε σύγκριση με τους δεσμούς C-C των φαινολοπλαστών. Για το λόγο αυτό οι Αμινοπλάστες δεν έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε υδρολυτικές επιδράσεις. Μεταξύ των Αμινοπλαστών η Μελαμίνη-φορμαλδεΐδη διαθέτει υψηλότερη ανθεκτικότητα σε υδρολυτικές διασπάσεις απ'ότι η ουρία-φορμαλδεΐδη.



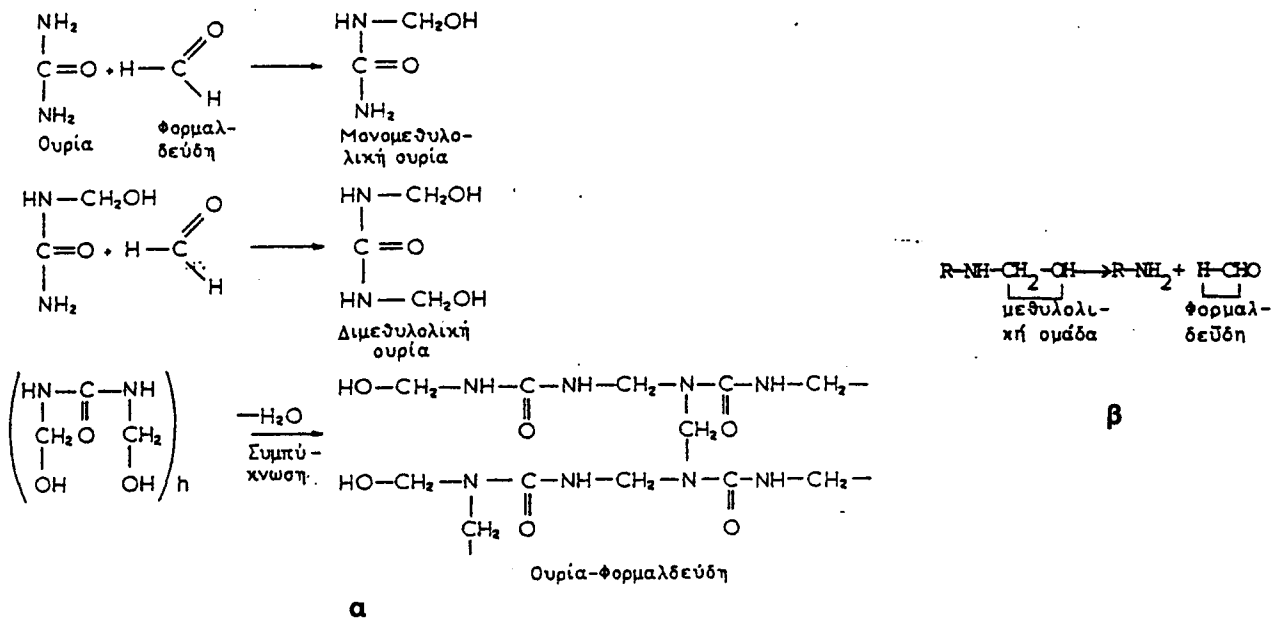
Σχήμα 3. Χημική δομή I. φαινόλης-φορμαλδεΐδης και II. ουρίας-φορμαλδεΐδης

Το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου επικεντρώνεται λοιπόν στην ουρία-φορμαλδεΐδη όχι μόνο εξ' αιτίας της μικρής χημικής σταθερότητάς της όπως προαναφέρθηκε αλλά και του γεγονότος ότι λόγω του χαμηλού κόστους της είναι η συχνότερα χρησιμοποιούμενη στις συγκολλήσεις προϊόντων ξύλου που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς χώρους.

Η ουρία-φορμαλδεΐδη ανήκει στους αμινοπλάστες πολυσυμπύκνωσης και παράγεται συνήθως σε μοριακές αναλογίες ουρίας: φορμαλδεΐδης που κυμαίνονται από 1:1,15 μέχρι 1:2,1. Η πολυσυμπύκνωση (σκλήρυνση) της ουρίας-φορμαλδεΐδης πετυχαίνεται σε όξινο περιβάλλον (προσθήκη κατάλληλου καταλύτη) και συνήθως σε θερμοκρασίες >100 °C κατά τη συμπίεση των προς κατασκευή προϊόντων ξύλου σε θερμές πρέσες. Οι αντιδράσεις πολυσυμπύκνωσης της φορμαλδεΐδης παρουσιάζονται με απλοποιημένη μορφή στο Σχήμα 4α.

Μετά την πολυσυμπύκνωση μια μικρή μόνο ποσότητα από την αρχική

συνολική ποσότητα της φορμαλδεΐδης παραμένει ελεύθερη στο έτοιμο προϊόν ενώ η υπόλοιπη πολυσυμπυκνώνεται με την ουρία. Όπως είναι ευνόητο αυτή η ελεύθερη ποσότητα φορμαλδεΐδης εκλύεται σύντομα στο περιβάλλον μετά την κατασκευή του προϊόντος. Επί πλέον όμως και ένα μέρος της φορμαλδεΐδης που έχει πολυσυμπυκνωθεί με την ουρία, κάτω από ορισμένες συνθήκες (υψηλής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας) που ευνοούν την υδρόλυση των συγκολλητικών δεσμών, μπορεί να ελευθερωθεί από το έτοιμο προϊόν. Ο μηχανισμός υδρόλυσης της ουρίας-φορμαλδεΐδης που οδηγεί σε πρόσθετη έκλυση φορμαλδεΐδης δεν έχει πλήρως διασαφηνισθεί όμως πιστεύεται ότι οφείλεται στη διάσπαση των μεθυλολικών ομάδων της συγκολλητικής ουσίας (Σχήμα 4β).



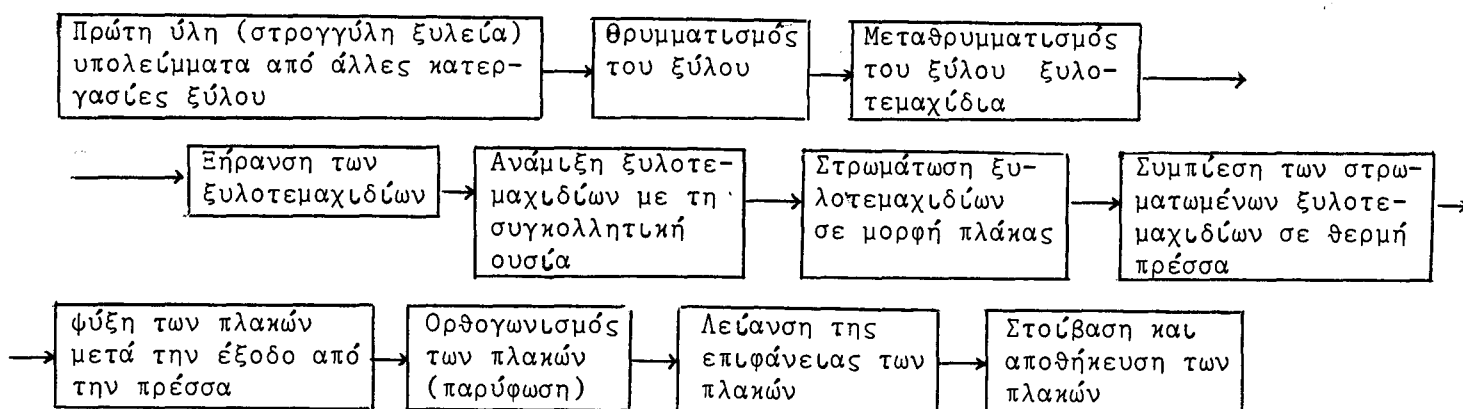
Σχήμα 4. α. Πολυσυμπύκνωση ουρίας-φορμαλδεΐδης
 β. Υδρόλυση μεθυλολικών ομάδων ουρίας-φορμαλδεΐδης

Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης στο πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου αρχίζει στον ευρωπαϊκό χώρο περί τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Τη χρονική αυτή περίοδο αλλά και αργότερα καταγράφηκαν σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και στις Η.Π.Α. παράπονα μικρών κυρίως παιδιών από παιδικούς σταθμούς και σχολεία για κεφαλόπονους, ερεθισμούς ματιών και αναπνευστικών οδών. Παρόμοια συμπτώματα όμως αναφέρθηκαν κι από ενήλικες οι οποίοι διέμεναν είτε σε συνήθεις κατοικίες είτε

σε προκατασκευασμένα σπίτια. Επισταμένοι έλεγχοι στους παραπάνω χώρους προσδιόρισαν συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης που κυμαινόταν από 0,3-1,0 ppm και σε μερικές περιπτώσεις έφθαναν τα 3,0 ppm. Η ύπαρξη φορμαλδεΐδης στους εν λόγω χώρους αποδόθηκε στον πρόσφατο εξοπλισμό τους με έπιπλα ή άλλες κατασκευές που είχαν σαν δομικά υλικά κυρίως μοριοπλάκες συγκολλημένες με ουρία-φορμαλδεΐδη.

3.2 Έκλυση φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες

Η μοριοπλάκα παράγεται από ξυλοτεμαχίδια τα οποία αφού αναμιχθούν με θερμοσκληρυντική ρητίνη πολυσυμπυκνώσεως συμπιέζονται σε προκαθορισμένα πάχη σε θερμές πρέσες όπου συμβαίνει η πολυσυμπύκνωση (σκληρυνση) της συγκολλητικής ουσίας (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Στάδια βιομηχανικής παραγωγής μοριοπλακών

Ήδη από την αρχή που διαπιστώθηκε το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στις μοριοπλάκες επειδή,

- 1) Είναι το συχνότερα χρησιμοποιούμενο προϊόν ξύλου σε κατασκευές εσωτερικών χώρων. Επειδή προορίζεται για εσωτερικές χρήσεις, και συγκολλείται σχεδόν αποκλειστικά με ουρία-φορμαλδεΐδη
- 2) Κάτω από τις ίδιες συνθήκες εκλύει πολύ μεγαλύτερα ποσοστά φορμαλδεΐδης σε σύγκριση με αντίστοιχα προϊόντα ξύλου όπως είναι τα αντικολλητά, οι πηχοσανίδες και οι σκληρές ινοπλάκες.

Για τους παραπάνω λόγους το μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον για το πρόβλημα έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου έχει αφιερωθή στις μοριοπλάκες.

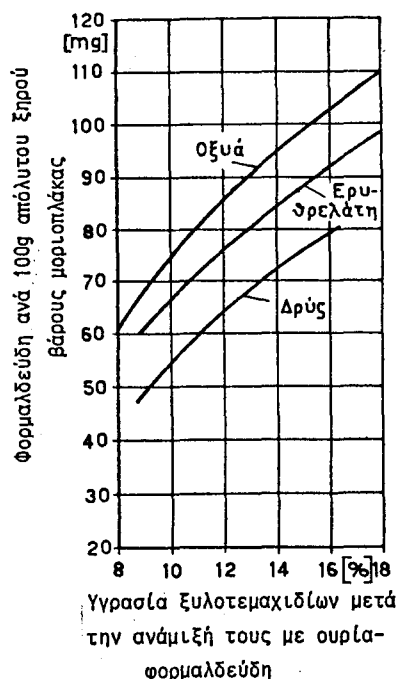
3.2.1 Παράγοντες επηρεάζοντες τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες

Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται, 1) στους ενδογενείς οι οποίοι έχουν σχέση με ορισμένα χαρακτηριστικά της δομής και με τις τεχνολογικές παραμέτρους παραγωγής των μοριοπλακών, και 2) στους εξωγενείς οι οποίοι αναφέρονται κυρίως στις συγκεκριμένες συνθήκες των εσωτερικών χώρων όπου έχουν τοποθετηθή οι μοριοπλάκες σαν κατασκευαστικά υλικά.

Οι κυριότεροι από τους ενδογενείς παράγοντες περιγράφονται στη συνέχεια.

1) Το είδος της λιγνινοκυτταρινικής πρώτης ύλης

Η συνήθης λιγνινοκυτταρινική πρώτη ύλη είναι το ξύλο διαφόρων δασικών ειδών. Έχει διαπιστωθεί ότι μοριοπλάκες κατασκευασμένες με ορισμένα είδη ξύλου εκλύουν μικρότερα ποσοστά φορμαλδεΐδης απ'ότι όταν χρησιμοποιηθούν άλλα είδη ξύλου. Επίσης έχει εξακριβωθεί ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία φλοιού: ξύλου σαν πρώτης ύλης στη μάζα της μοριοπλάκας τόσο μικρότερα είναι τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης.



Σχήμα 6. Επίδραση του δασικού είδους και της υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων στην έκλυση φορμαλδεΐδης

2) Το πορώδες της μοριοπλάκας

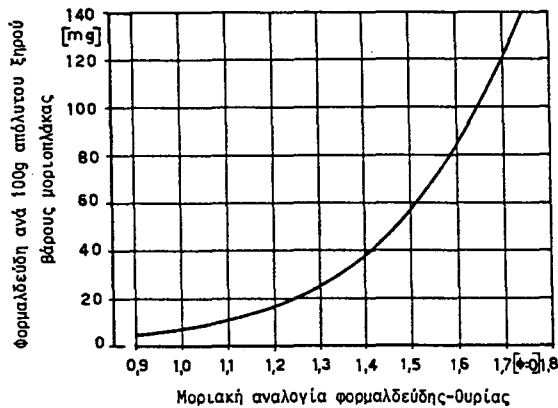
Από σχετικές έρευνες είναι γνωστό ότι μεγάλο πορώδες δηλ. μικρή πυκνότητα αυξάνουν τα ποσοστά και το ρυθμό έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες. Για το λόγο αυτό ο ρυθμός έκλυσης φορμαλδεΐδης είναι μεγαλύτερος από τη μεσαία στρώση απ'ότι από τις επιφανειακές στρώσεις των μοριοπλακών.

3) Το ποσοστό υγρασίας των Ξυλοτεμαχιδίων προ της συμπίεσης στη θερμή πρέσα

Όσα μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας τόσο μεγαλύτερη και η έκλυση φορμαλδεΐδης (Σχήμα 6).

4) Η μοριακή αναλογία της ουρίας-φορμαλδεΐδης

Όσο μικρότερη είναι η μοριακή αναλογία της συγκολλητικής ουρίας σε φορμαλδεΐδη τόσο μικρότερα είναι τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από τη μοριοπλάκα.

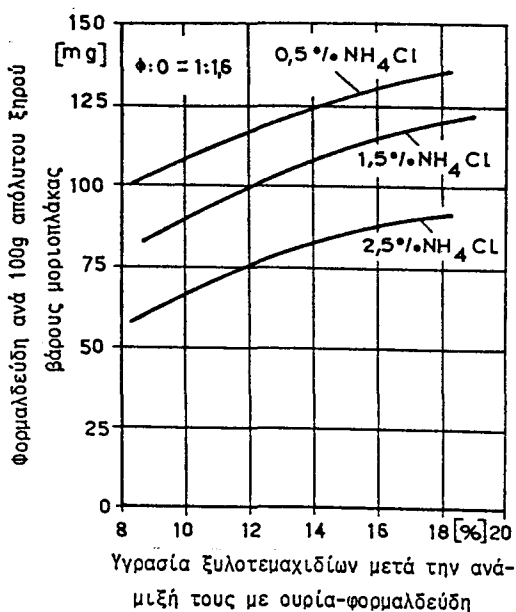


Σχήμα 7. Επίδραση της μοριακής αναλογίας ουρίας-φορμαλδεΐδης στην έκλυση φορμαλδεΐδης

5) Το είδος και η ποσότητα του προστιθέμενου σκληρυντή (καταλύτη) στη συγκολλητική ουσία

Από τα διάφορα είδη σκληρυντή που χρησιμοποιούνται για την ουρία-φορμαλδεΐδη εκείνα που προκαλούν τη μικρότερη έκλυση φορμαλδεΐδης είναι τα αμμωνιακά άλατα και μεταξύ αυτών το χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl). Στην περίπτωση του NH_4Cl έχει βρε-

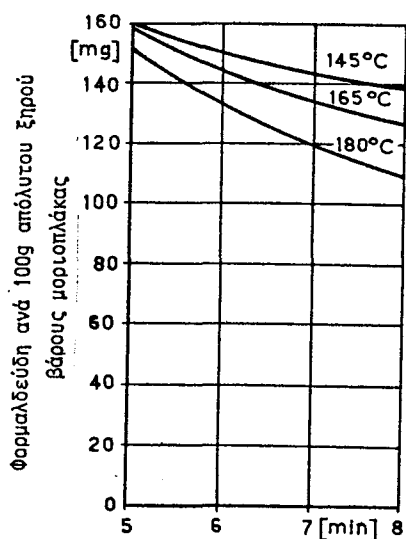
θεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό χρησιμοποίησής του τόσο μικρότερα είναι τα ποσοστά έκλυσης.



Σχήμα 8. Επίδραση της υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων και των ποσοστών του προστιθέμενου σκληρυντή (NH_4Cl) στην έκλυση φορμαλδεΐδης

6) Οι συνθήκες συμπίεσης στη θερμή πρέσσα

Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια συμπίεσης και όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της πρέσσας τόσο μικρότερα είναι τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από τη μοριοπλάκα.



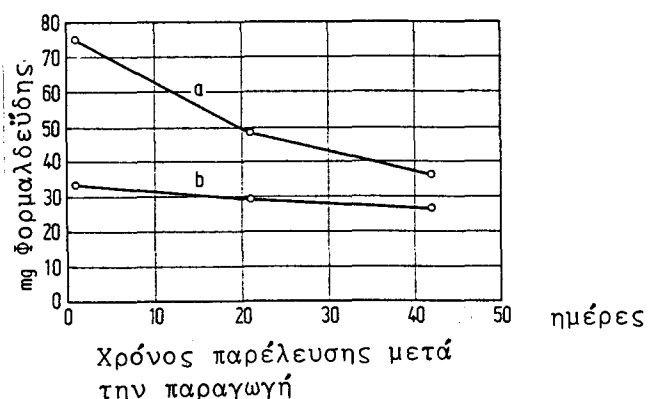
Σχήμα 9. Επίδραση της θερμοκρασίας της πρέσσας και της διάρκειας συμπίεσης των ξυλοτεμαχιδίων στην έκλυση φορμαλδεΐδης

7) Το ποσοστό της χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας

Ειδικά για την περίπτωση της ουρίας-φορμαλδεΐδης έχει βρεθεί ότι η αύξηση του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας (ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων) δεν οδηγεί σε αναλογική αύξηση των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης από τη μοριοπλάκα. Έτσι π.χ. η αύξηση του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας κατά 50% επιφέρει αύξηση των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης μόνο κατά 20%.

8) Η διάρκεια αποθήκευσης που μεσολαβεί από την παραγωγή των μοριοπλακών μέχρι την τελική χρησιμοποίησή τους

Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια αποθήκευσης των μοριοπλακών τόσο μικρότερα είναι τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης (Σχήμα 10). Αυτό ισχύει με την προϋπόθεση ότι κατά τη διάρκεια αποθήκευσης δεν έλαβαν χώρα πρόσθετες υδρολυτικές διασπάσεις των δεσμών της συγκολλητικής ουσίας οι οποίες ευνοούν ελευθέρωση μεγαλύτερων ποσοστών φορμαλδεΐδης.



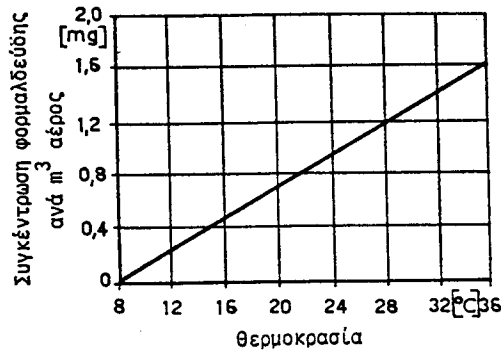
Σχήμα 10. Επίδραση της διάρκειας αποθήκευσης στα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης (πάχος πλάκας 20 mm, Μέθοδος WKI, $\alpha:F/U=1,55$, $\beta:F/U=1,27$)

Οι κυριότεροι από τους εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες είναι οι ακόλουθοι:

1) Το ύψος της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του χώρου όπου έχουν τοποθετηθεί οι μοριοπλάκες

Η αύξηση είτε της θερμοκρασίας είτε της υγρασίας είτε και των δύο συγχρόνως σε ένα εσωτερικό χώρο όπου οι μοριοπλάκες ευρίσκονται ως κατασκευαστικά υλικά επίπλων ή άλλων αντικει-

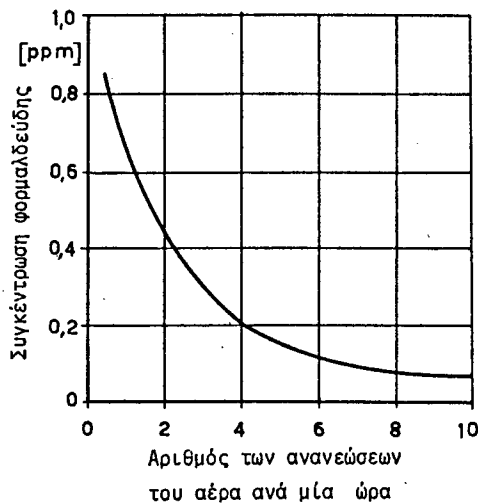
μένων επιφέρει αύξηση των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης (Σχήμα 11).



Σχήμα 11. Επίδραση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου τοποθέτησης των μοριοπλάκων στην έκλυση φορμαλδεΐδης

2) Η συχνότητα ανανέωσης του αέρα στον εσωτερικό χώρο όπου έχουν τοποθετηθεί οι μοριοπλάκες

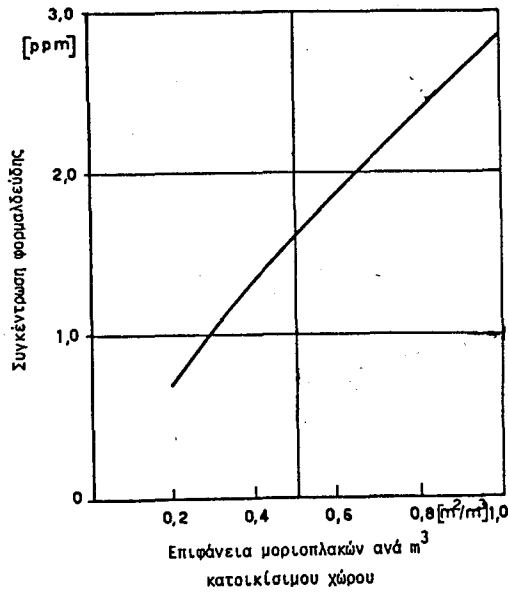
Όπως είναι ευνόητο όσο συχνότερη είναι η ανανέωση του αέρα τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης στο συγκεκριμένο χώρο (Σχήμα 12).



Σχήμα 12. Επίδραση της συχνότητας ανανέωσης του αέρα εσωτερικού χώρου στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης εκλυομένης από μοριοπλάκες

3) Η συνολική επιφάνεια των μοριοπλακών σε m^2 σε σχέση με το συνολικό όγκο του χώρου όπου έχουν τοποθετηθεί

Όπως είναι ευνόητο η αύξηση της ποσότητας (επιφάνειας) των μοριοπλακών στο συγκεκριμένο χώρο προκαλεί ηξημένα ποσοστά συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης (Σχήμα 13).



Σχήμα 13. Επίδραση της επιφάνειας των τοποθετημένων σε ένα εσωτερικό χώρο μοριοπλακών στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης ανά m^3 αέρος

3.3 Έκλυση φορμαλδεΐδης από άλλα προϊόντα ξύλου

Εκτός από τις μοριοπλάκες και άλλα προϊόντα ξύλου (αντικολλητά, πηχοσανίδες, ινοπλάκες) τα οποία χρησιμοποιούνται ως κατασκευαστικά υλικά για έπιπλα και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων μπορεί να αποτελούν πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης. Αυτό συμβαίνει εφόσον τα παραπάνω προϊόντα έχουν συγκολληθή με συνθετικές ρητίνες που έχουν σαν βασικό συστατικό τη φορμαλδεΐδη.

Στην περίπτωση των αντικολλητών το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης επικεντρώνεται όταν σαν συγκολλητική ουσία χρησιμοποιείται η ουρία-φορμαλδεΐδη. Αντίθετα αντικολλητά συγκολλημένα είτε με φαινόλη-φορμαλδεΐδη είτε με Οξικό Πολυβινυλεστέρα εκλύουν μικρές ποσότητες που μπορεί να θεωρηθούν αβλαβείς για τον

άνθρωπο. Η έκλυση φορμαλδεΐδης από αντικολλητά συγκολλημένα με ουρία-φορμαλδεΐδη επηρεάζεται από τους ακόλουθους τεχνολογικούς παράγοντες:

1) Μοριακή αναλογία ουρίας:φορμαλδεΐδης.

Όπως και στις μοριοπλάκες όσο μεγαλύτερο το ποσοστό συμμετοχής της φορμαλδεΐδης στη ρητίνη τόσο μεγαλύτερα τα ποσοστά έκλυσης.

2) Το Δασικό είδος προέλευσης του ξυλόφυλλου.

3) Ο αριθμός των στρώσεων για ένα δεδομένο πάχος αντικολλητού.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ξυλοφύλλων για ένα δεδομένο πάχος τόσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά έκλυσης από το αντικολλητό.

4) Το ύψος της θερμοκρασίας της πρέσσας που εφαρμόζεται κατά τη θερμή συγκόλληση.

Υψηλότερες θερμοκρασίες συγκόλλησης μειώνουν τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από το έτοιμο προϊόν.

Στη περίπτωση των Ινοπλακών πρόβλημα έκλυσης φορμαλδεΐδης δεν υπάρχει για τις σκληρές ινοπλάκες που παράγονται με υγρή στρωμάτωση επειδή ως συγκολλητική ουσία χρησιμοποιείται συνήθως η φαινόλη-φορμαλδεΐδη και μάλιστα σε μικρά ποσοστά (μέχρι 2%). Όπως είναι ευνόητο και οι μονωτικές ινοπλάκες που παράγονται με υγρή στρωμάτωση χωρίς συγκολλητική ουσία, δεν ρυπαίνουν τους εσωτερικούς χώρους με έκλυση φορμαλδεΐδης. Αντίθετα το πρόβλημα έκλυσης φορμαλδεΐδης από τις ινοπλάκες μέσης πυκνότητας οι οποίες παράγονται με ξηρή στρωμάτωση είναι εξ'ίσου έντονο όπως και στις μοριοπλάκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για την συγκόλλησή τους χρησιμοποιούνται μεγάλα ποσοστά ουρίας-φορμαλδεΐδης (περίπου 8-10%) και μάλιστα με μεγάλη περιεκτικότητα της συνθετικής ρητίνης σε φορμαλδεΐδη.

3.4 Έκλυση φορμαλδεΐδης από υλικά επικάλυψης επίπλων και άλλων ξυλοκατασκευών.

Πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να είναι και ορισμένα επιχρίσματα (βερνίκια) τα οποία περιέχουν φορμαλδεΐδη και χρησιμοποιούνται για επιστρώσεις της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου. Από την άποψη αυτή κύρια θέση κατέχουν τα σκληρυνόμενα με οξέα βερνίκια που έχουν σαν βασικό συστατικό τους αμινοπλάστες. Επίσης οι τροποποιημένες με αμινοπλάστες νιτροκυτταρίνες και αλκυδικές ρητίνες κατά τη χρησιμοποίησή τους

σε επικαλύψεις προϊόντων ξύλου αποτελούν πηγές έκλυσης φορμαλδεΰδης.

Μια άλλη πηγή έκλυσης φορμαλδεΰδης μπορεί να είναι τα πλαστικά φύλλα δηλ. φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με αμινοπλάστες δηλ. ουρία-φορμαλδεΰδη ή μελαμίνη-φορμαλδεΰδη τα οποία χρησιμοποιούνται ως υλικά επικάλυψης των επιφανειών των προϊόντων ξύλου.

4. Μέθοδοι Προσδιορισμού των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΰδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου

Οι μέθοδοι αφορούν συγκολλημένα προϊόντα του τύπου των ξυλοπλακών όπως είναι οι μοριοπλάκες, ινοπλάκες, αντικολλητά, πηχοπλάκες, OSB ή και άλλων κατηγοριών εφ' όσον είναι συγκολλημένα με συγκολλητική ουσία η οποία περιέχει φορμαλδεΰδη. Οι μέθοδοι διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Α. Προσδιορισμός της περιεχόμενης ποσότητας φορμαλδεΰδης ανά μάζα συγκολλημένου προϊόντος. Εδώ ανήκουν η μέθοδος **Perforator** και η μέθοδος της **φιάλης**. Β. Προσδιορισμός της περιεχόμενης ποσότητας φορμαλδεΰδης ανά επιφάνεια συγκολλημένου προϊόντος. Εδώ ανήκει η μέθοδος της **αεριοανάλυσης**. Γ. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης φορμαλδεΰδης η οποία εκλύεται από συγκολλημένα προϊόντα μετά την τοποθέτησή τους σε ειδικό κλειστό χώρο (θάλαμο). Εδώ ανήκει η μέθοδος του **θαλάμου**.

Από τις παραπάνω μεθόδους η μέθοδος Perforator και η μέθοδος της φιάλης είναι εύρηστες, φθηνές και εύκολα μπορούν να εφαρμοσθούν κατά τον τρέχοντα ποιοτικό έλεγχο σε βιομηχανίες και βιοτεχνίες ξύλου. Το κόστος εφαρμογής των τριών μεθόδων, Perforator: αεριοανάλυση:θαλάμου ανέρχεται αναλογικά και αντίστοιχα σε 0,5:8:100.

4.1 Μέθοδος Perforator (EN 120/1992).

Η μέθοδος Perforator περιγράφεται στην ευρωπαϊκή προδιαγραφή (European Norm 120) η οποία έγινε αποδεκτή και ισχύει από το 1992 για όλες τις χώρες της ευρωπαϊκής κοινότητας. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε συγκολλημένα προϊόντα των οποίων η επιφάνεια δεν φέρει κανενός είδους επικάλυψη ή επένδυση (πλαστικά φύλλα, ξυλόφυλλα, βερνίκια, κ.ά.). Η περιεχόμενη ποσότητα φορμαλδεΰδης ανά μάζα συγκολλημένου προϊόντος που προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή επηρεάζεται από μία σειρά παραμέτρων οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπως: η ηλικία του προϊόντος (αρχομένης από την ημερομηνία παραγωγής του), οι συνθήκες έκθεσης-χρήσης που μεσολάβησαν μέχρι τον προσδιορισμό της φορμαλδεΰδης, η περιεχόμενη υγρασία κ.ά.

Η αρχή της μεθόδου Perforator είναι η εξής: Σε μια ειδική για το σκοπό της μεθόδου συσκευή εκχυλίσεως ονομαζόμενη Perforator εκχυλίζονται με τολουόλιο δοκίμια του συγκολλημένου προϊόντος ξύλου διαστάσεων 25mm x 25mm x πάχος του προϊόντος. Η εκχυλισθείσα από τα δοκίμια ποσότητα φορμαλδεΰδης αφού δεσμευθεί με απεσταγμένο νερό προσδιορίζεται σε αυτό με την αναλυτική μέθοδο της φωτομετρίας (μέθοδος ακετυλοακετόνης). Τα ποσοστά που προσδιορίζονται σε mg ανάγονται σε 100 g απόλυτου ξηρού βάρους του προϊόντος ξύλου.

Ο προσδιορισμός της φορμαλδεΰδης δεν πρέπει να γίνεται σε χρόνο που υπερβαίνει τις 72 ώρες μετά τη δειγματοληψία των δοκιμίων.

Τα διαδοχικά στάδια της μεθόδου είναι τα ακόλουθα: Για κάθε προσδιορισμό (εκχύλιση) παίρνεται από το υπ' όψη προϊόν αριθμός δοκιμίων έτσι ώστε η συνολική ποσότητα να ανέρχεται σε 110 g περίπου. Τα δείγματα τοποθετούνται στη σφαιρική φιάλη της συσκευής Perforator (Σχήμα 14) στην οποία προσθέτουμε 600 ml καθαρού τολουολίου (απαλλαγμένο από νερό και ξένες προσμίξεις). Στη συνέχεια τοποθετείται ο κωνικός σύνδεσμος επί της φιάλης και μετά ο εκχυλιστήρας με το φίλτρο. Στον εκχυλιστήρα προσθέτουμε 1000 ml απεσταγμένου νερού έτσι ώστε μεταξύ της ελεύθερης στάθμης του νερού και της θέσης εκροής του σιφωνίου του εκχυλιστήρα να υπάρχει μια απόσταση 2 έως 3 cm. Στη συνέχεια τοποθετείται στον εκχυλιστήρα ο κωνικός σύνδεσμος και ο ψύκτης, ο οποίος συνδέθηκε με το σωλήνα απορροφήσεως. Στο τελικό άκρο του σωλήνα απορροφήσεως προσαρμόζεται η κωνική φιάλη (βλ. Σχήμα 14) στην οποία έχουν προστεθεί 100 ml απεσταγμένου νερού έτσι ώστε τυχόν ποσότητα φορμαλδεΰδης που δεν θα δεσμευθεί από το νερό του εκχυλιστήρα να απορροφηθεί από το νερό της κωνικής φιάλης.

Αφού τελειώσει η συνδεσμολογία αρχίζει η λειτουργία της συσκευής με θέρμανση της σφαιρικής φιάλης με κατάλληλο θερμαντικό μανδύα. Η συνολική διάρκεια εκχύλισης, η οποία υπολογίζεται από τη στιγμή εμφάνισης των πρώτων φυσαλίδων τολουολίου στο φίλτρο, ανέρχεται σε δύο ώρες. Η θερμοκρασία πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε οι φυσαλίδες να εμφανισθούν μέσα σε 20 έως 30 min από την έναρξη της θέρμανσης. Ακόμη η θερμοκρασία εκχύλισης πρέπει να επιτρέπει την επανασυλλογή 70...90 σταγόνων τολουολίου ανά min καθ' όλη τη διάρκεια της εκχύλισης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε κατά τη διάρκεια της εκχύλισης να μη διοχετευθεί νερό από τη κωνική φιάλη απορροφήσεως στα άλλα μέρη της συσκευής.

Μετά πάροδο δύο ωρών από την έναρξη της εκχύλισης διακόπτεται η θέρμανση και απομακρύνεται η κωνική φιάλη απορροφήσεως. Το περιεχόμενο του εκχυλιστήρα (υδάτινο διάλυμα φορμαλδεΰδης στην επιφάνεια του οποίου επιπλέει ποσότητα τολουολίου) μετά τη ψύξη περίπου στους 20° C μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 2000 ml και το τολουόλιο απομακρύνεται από το διάλυμα με σιφώνιο. Στη συνέχεια η συσκευή Perforator εκπλύνεται δύο φορές με προσθήκη κάθε φορά 200 ml απεσταγμένου νερού. Το νερό αυτό της έκπλυσης μαζί με το νερό της κωνικής φιάλης

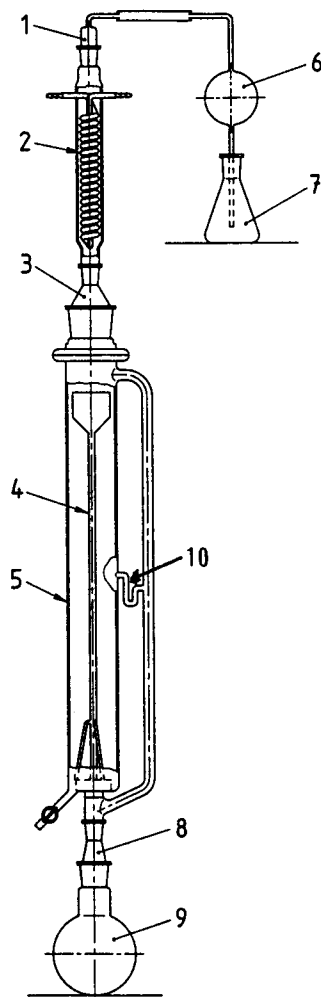
απορροφήσεως προστίθενται στη φιάλη των 2000 ml η οποία ακολούθως πληρούται με απεσταγμένο νερό μέχρι 2000 ml. Από τη φιάλη αυτή παίρνονται τα δείγματα για τον αναλυτικό προσδιορισμό των ποσοστών φορμαλδεΐδης.

Για κάθε προσδιορισμό διενεργούνται δύο επαναλήψεις.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία εκχύλισης επαναλαμβάνεται χωρίς τη χρησιμοποίηση δειγμάτων του προϊόντος ξύλου δηλ. μόνο με τολουόλιο (τυφλό πείραμα εκχύλισης).

Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η ποιότητα τολουολίου. Εάν προκύψει τιμή η οποία υπερβαίνει το 1 mg φορμαλδεΐδης/600 ml τολουολίου τότε το τολουόλιο κρίνεται ακατάλληλο και δεν χρησιμοποιείται.

EN 120 : 1992



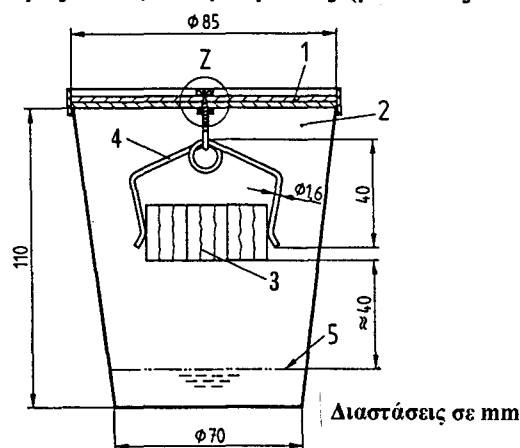
Σχήμα 14. Συσκευή μέτρησης των περιεχόμενων ποσοστών φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων με τη μέθοδο Perforator. 1. κωνικός σύνδεσμος 29/32, 2. ψύκτης, 3. κωνικοί σύνδεσμοι 45/40 και 71/51, 4. φίλτρο, 5. εκχυλιστήρας τύπου Perforator, 6. σφαιρικός σωλήνας απορροφήσεως, 7. κωνική φιάλη (Erlenmeyer) 250 ml, 8. κωνικοί σύνδεσμοι 29/32 και 45/40, 9. σφαιρική φιάλη, 10. σιφώνιο.

Η μέθοδος αυτή περιγράφεται στην ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-3 η οποία έγινε δεκτή και ισχύει στις χώρες της ευρωπαϊκής κοινότητας από το 1996. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε συγκολλημένα προϊόντα των οποίων η επιφάνεια δεν φέρει επικαλύψεις ή επενδύσεις με άλλα υλικά (βερνίκια, πλαστικά φύλλα, ξυλόφυλλα κ.ά.).

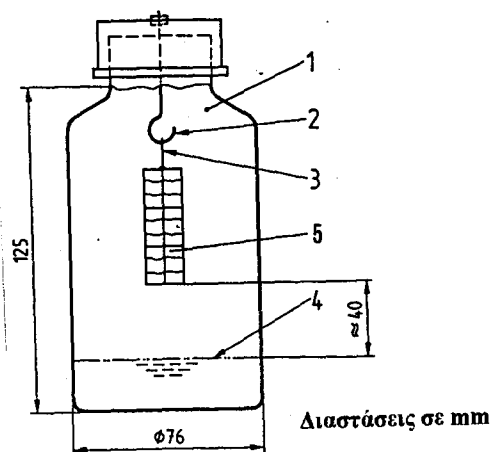
Η αρχή της μεθόδου φιάλης είναι η ακόλουθη: Τα ποσοστά φορμαλδεΐδης προσδιορίζονται σε ορισμένη μάζα δοκιμίων του συγκολλημένου προϊόντος τα οποία αναρτώνται εντός πλαστικής φιάλης ορισμένου όγκου υπεράνω στάθμης απεσταγμένου νερού σταθερής θερμοκρασίας. Η εκλυόμενη από τα δοκίμια φορμαλδεΐδη μετά από καθορισμένη χρονική διάρκεια απορροφάται (δεσμεύεται) από το απεσταγμένο νερό. Η περιεχόμενη στο απεσταγμένο νερό ποσότητα φορμαλδεΐδης προσδιορίζεται φωτομετρικώς (μέθοδος ακετυλοακετόνης) και το αποτέλεσμα εκφράζεται σε mg φορμαλδεΐδης ανά 100 g απόλυτου ξηρού βάρους του συγκολλημένου προϊόντος.

Τα διαδοχικά στάδια της μεθόδου είναι τα ακόλουθα:

Δοκίμια του συγκολλημένου προϊόντος διαστάσεων 25mm x 25mm x πάχος προϊόντος και αριθμού τέτοιου ώστε η συνολική μάζα να ανέρχεται σε περίπου 20 g αναρτώνται με τη χρήση μανδάλου (σφιγκτήρα) σε φιάλη κωνικής μορφής (Σχήμα 15) ή με ελαστικό σύνδεσμο σε φιάλη κυλινδρικής μορφής (Σχήμα 16) χωρητικότητας 500 ml. Στη φιάλη η οποία είναι κατασκευασμένη από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο τοποθετούνται 50 ml απεσταγμένου νερού θερμοκρασίας 20° C. Στη συνέχεια η φιάλη κλείνεται ερμητικά και τοποθετείται για 3 ώρες σε κλίβανο θερμοκρασίας 40° C. Η απόσταση του κάτω άκρου των δοκιμίων από τη στάθμη του νερού πρέπει να είναι περίπου 40 mm. Μετά τη λήξη του χρόνου παραμονής στον κλίβανο, απομακρύνονται τα δοκίμια, κλείνεται ερμητικά η φιάλη η οποία αφήνεται προς ψύξη τους 20° C. Στη συνέχεια η περιεχόμενη ποσότητα της φορμαλδεΐδης η οποία έχει απορροφηθεί από το απεσταγμένο νερό προσδιορίζεται φωτομετρικώς (μέθοδος ακετυλοακετόνης).



Σχήμα 15. Συσκευή μέτρησης των περιεχόμενων ποσοστών φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων με τη μέθοδο της φιάλης (κωνική μορφή). 1. κάλυμμα φιάλης, 2. κωνική φιάλη 500 ml, 3. δοκίμια συγκολλημένου προϊόντος, 4. μάνδαλο (σφιγκτήρας) συγκράτησης δοκιμίων, 5. στάθμη απεσταγμένου νερού.



Σχήμα 16. Συσκευή μέτρησης των περιεχόμενων ποσοστών φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων με τη μέθοδο της φιάλης (κυλινδρική μορφή).
1. κυλινδρική φιάλη των 500 ml με κάλυμμα, 2. άγκιστρο από ανοξείδωτο χάλυβα, 3. ελαστικός σύνδεσμος, 4. στάθμη απεσταγμένου νερού, 5. δοκίμια συγκολλημένου προϊόντος.

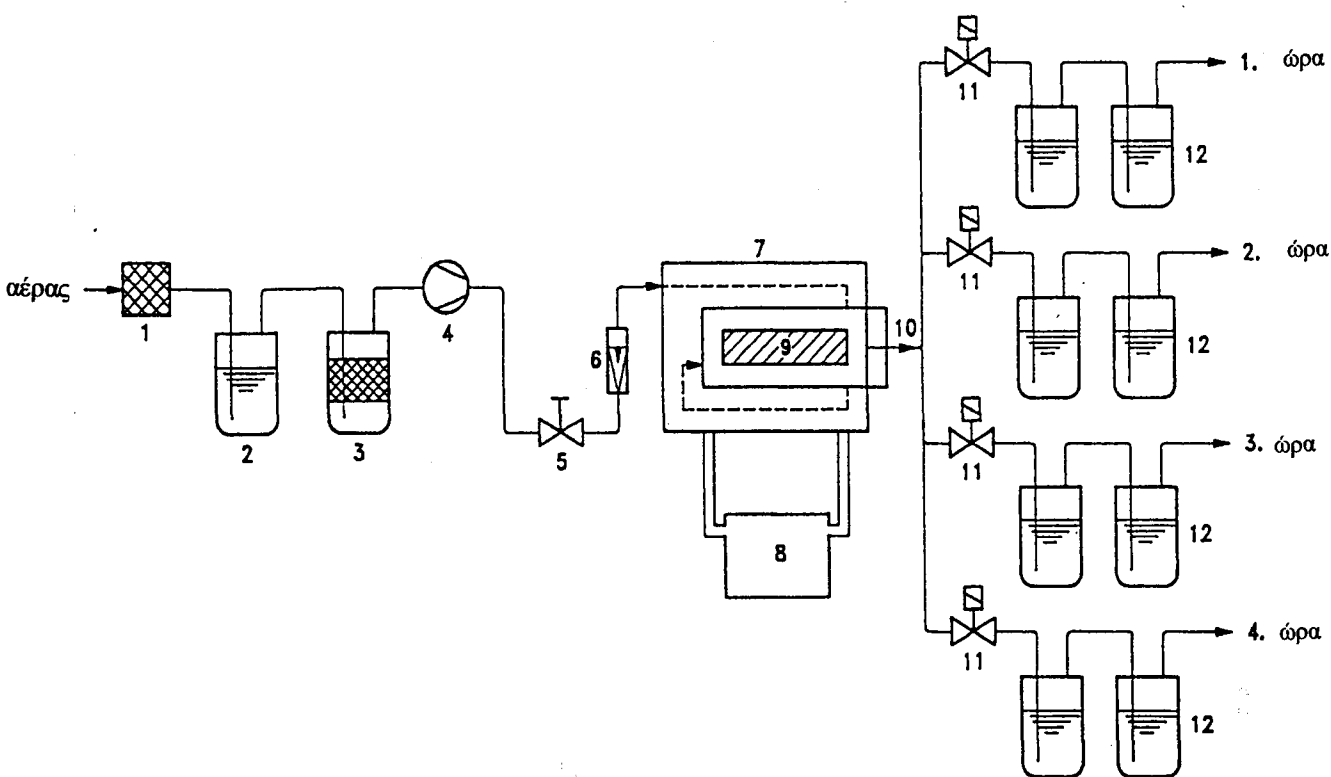
4.3 Μέθοδος της αεριοανάλυσης (EN 717-2/1994).

Η μέθοδος περιγράφεται στην ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-2 η οποία έγινε δεκτή και ισχύει στις χώρες της ευρωπαϊκής κοινότητας ήδη από το 1994. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί σε συγκολλημένα προϊόντα ξύλου των οποίων η επιφάνεια δεν φέρει (γυμνή) ή φέρει επικαλύψεις ή επενδύσεις με διάφορα υλικά (βερνίκια, πλαστικά φύλλα, ξυλόφυλλα κ.ά.).

Η αρχή της μεθόδου αεριοανάλυσης είναι η ακόλουθος: Ένα δοκίμιο του συγκολλημένου προϊόντος γνωστής επιφάνειας τοποθετείται σε κλειστό χώρο στον οποίο επικρατούν συγκεκριμένες συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση και διερχόμενη ποσότητα αέρα/ώρα). Η εξερχόμενη από το δείγμα φορμαλδεΐδη αναμιγνύεται με τον αέρα που υπάρχει στον κλειστό χώρο. Ο αέρας αυτός οδηγείται προς έξοδο αφού διέλθει διαμέσου φιαλών απεσταγμένου νερού όπου δεσμεύεται η τυχόν υπάρχουσα φορμαλδεΐδη. Τα ποσοστά φορμαλδεΐδης στο απεσταγμένο νερό προσδιορίζονται με τη μέθοδο της φωτομετρίας και ανάγονται σε επιφάνεια (m^2) του προϊόντος λαμβανομένου υπόψη του χρόνου σε ώρες που διήρκτησε η διοχέτευση του αέρα και δίνονται σε $mg/m^2 \cdot h$.

Τα διαδοχικά στάδια της μεθόδου είναι τα ακόλουθα: Σε δοκίμιο του συγκολλημένου προϊόντος διαστάσεων 400mm x 50mm x πάχος του προϊόντος

απομονώνονται αεροστεγώς (με βερνίκι πολυουρεθάνης ή αυτοκόλλητη ταινία αλουμινίου) οι εγκάρσιες διατομές (σόκορα) από την υπόλοιπη επιφάνεια. Το δοκίμιο τοποθετείται εντός κλειστού χώρου (θαλάμου) ειδικής συσκευής (βλ. Σχήμα 17) ο οποίος θερμαίνεται στους $(60 \pm 0,5)^\circ \text{C}$. Από την έναρξη της δοκιμής το δοκίμιο εντός του θαλάμου περιλούεται με αέρα θερμοκρασίας $(60 \pm 0,5)^\circ \text{C}$, υγρασίας $(2 \pm 1) \%$ και ταχύτητα τροφοδοσίας $(60 \pm 3) \text{ l/ώρα}$. Ο εξερχόμενος από το θάλαμο αέρας με την εντός αυτού υπάρχουσα φορμαλδεΐδη διέρχεται από δύο φιάλες απεσταγμένου νερού περιέχουσες αντίστοιχα 20 και 30 ml. Από την έναρξη της δοκιμής προσδιορίζεται επί 4 ώρες ανά διαστήματα μίας ώρας ή περιεχόμενη στις φιάλες ποσότητα φορμαλδεΐδης. Κάθε 1 ώρα ο αέρας του θαλάμου οδηγείται σε νέο ζεύγος φιαλών απεσταγμένου νερού δηλ. συνολικά χρησιμοποιούνται 4 ζεύγη φιαλών. Μετά το πέρας της δοκιμής προσδιορίζεται η περιεχόμενη ποσότητα φορμαλδεΐδης (mg) σε κάθε ζεύγος φιαλών την 1^η, 2^η, 3^η και 4^η ώρα από την έναρξη της δοκιμής και υπολογίζεται ο μέσος όρος από τις τέσσερες μετρήσεις ο οποίος ανάγεται ανά επιφάνεια του δοκιμίου σε m^2 .



Σχήμα 17. Συσκευή προσδιορισμού των ποσοτών φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων ξύλου με τη μέθοδο της αεριοανάλυσης. 1. καθαρισμός φίλτρου εισερχόμενου αέρος, 2. φιάλη καθαρισμού αέρος, 3. ξηραντήριο αφύγρανσης αέρος, 4. αντλία αέρος, 5. βαλβίδα, 6. μετρητής παροχής αέρος, 7. θάλαμος, 8. θερμοστάτης, 9. δοκίμιο συγκολλημένου προϊόντος ξύλου, 10. έξοδος αέρος, 11. μαγνητικού τύπου βαλβίδα απορροής αέρος, 12. τέσσερα ζεύγη φιαλών απορρόφησης των ποσοτών φορμαλδεΐδης του συγκολλημένου προϊόντος την 1^η, 2^η, 3^η και 4^η ώρα από την έναρξη της δοκιμής.

4.4 Μέθοδος του θαλάμου.

Η μέθοδος περιγράφεται στην προκαταρκτική προδιαγραφή ENV 717-1 η οποία δημοσιεύθηκε το 1998 και ισχύει στις χώρες της ευρωπαϊκής κοινότητας. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της έκλυσης φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων ξύλου των οποίων η επιφάνεια δεν φέρει (γυμνή) ή φέρει επικαλύψεις ή επενδύσεις με διάφορα υλικά (βερνίκια, πλαστικά φύλλα, ξυλόφυλλα κ.ά.).

Η αρχή της μεθόδου είναι η ακόλουθος: Δοκίμια του συγκεκριμένου προϊόντος γνωστής επιφάνειας τοποθετούνται σε κλειστό θάλαμο στον οποίο επικρατούν σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας και ανανέωσης αέρος. Η εκλύομενη από τα δοκίμια φορμαλδεΐδη αναμιγνύεται με τον υπάρχοντα στο θάλαμο αέρα. Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης στον αέρα του θαλάμου δείγμα αέρος γνωστού όγκου διοχετεύεται σε φιάλη περιέχουσα απεσταγμένο νερό και προσδιορίζεται η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης στο διάλυμα νερού λαμβανομένου υπόψη του όγκου του δείγματος αέρος. Ο προσδιορισμός της φορμαλδεΐδης σε δείγματα αέρος του θαλάμου συνεχίζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μέχρις ότου αποκατασταθεί ισορροπία στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης του αέρα εντός του θαλάμου. Το αποτέλεσμα των προσδιορισμών εκφράζεται σε mg/m^3 .

Σύμφωνα με την προδιαγραφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις κατηγορίες θαλάμων οι οποίοι ανάλογα με τον όγκο τους διακρίνονται: Α. Μεγάλος θάλαμος όγκου $\geq 12 \text{ m}^3$, Β. Θάλαμος όγκου 1 m^3 και Γ. Θάλαμος όγκου $0,225 \text{ m}^3$.

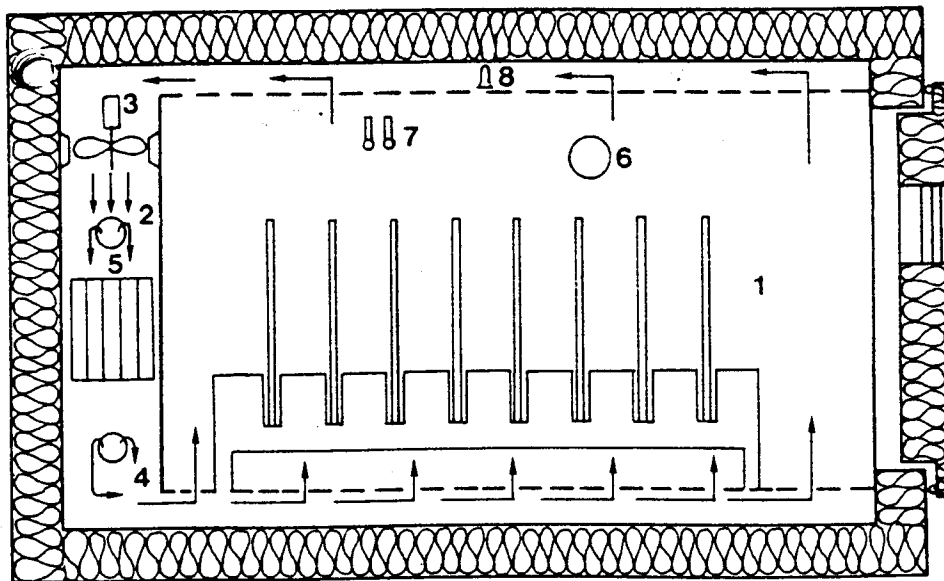
Τα δοκίμια που θα τοποθετηθούν στο θάλαμο πρέπει να έχουν συνολική επιφάνεια $1 \text{ m}^2/1 \text{ m}^3$ και η σχέση μεταξύ του μήκους των γυμνών εγκάρσιων διατομών (σόκορων) U προς τη συνολική επιφάνειά τους A πρέπει να είναι $U/A=1,5 \text{ m}/\text{m}^2$. Έτσι, στη περίπτωση του μεγάλου θαλάμου ($\geq 12 \text{ m}^3$) τα δοκίμια έχουν διαστάσεις $1,0\text{m} \times 2,0\text{m} \times$ πάχος και δεν απαιτείται μόνωση των εγκάρσιων διατομών διότι στα 6 m μήκους των ακμών αντιστοιχεί επιφάνεια 4 m^2 δηλ. $U/A=1,5$. Έτσι ανάλογα με τον όγκο του θαλάμου αντιστοιχεί 1 δοκίμιο για κάθε 4 m^3 αυτού. Στη περίπτωση του θαλάμου με όγκο 1 m^3 τοποθετούνται δύο δοκίμια διαστάσεων $0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times$ πάχος και απαιτείται μόνωση του $1,25 \text{ m}$ των ακμών με αυτοκόλλητη ταινία αλουμινίου. Στη περίπτωση του θαλάμου με όγκο $0,225 \text{ m}^3$ τοποθετούνται δύο δοκίμια διαστάσεων $0,2\text{m} \times 0,28\text{m}$ και απαιτείται μόνωση των ακμών τους μήκους $0,792$.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής επικρατούν στο θάλαμο οι ακόλουθες συνθήκες: θερμοκρασία $23 \pm 0,5^\circ \text{ C}$, σχετική υγρασία $45 \pm 3 \%$, ανανέωση αέρα $1,0 \pm 0,05$ φορές/ώρα, ταχύτητα αέρα στην επιφάνεια των δοκιμίων $0,1-0,3 \text{ m/s}$.

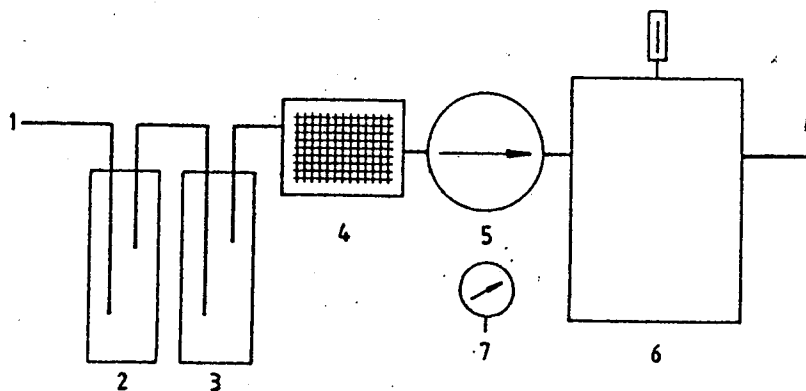
Η διαδικασία προσδιορισμού της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης εντός του θαλάμου είναι η ακόλουθος: Τα δοκίμια τοποθετούνται στο μέσο του θαλάμου κάθετα, σε απόσταση τουλάχιστον 200 mm μεταξύ τους και με την επιφάνειά τους παράλληλη με

την κίνηση του αέρα εντός του θαλάμου. Το Σχήμα 18 αποτελεί ένα παράδειγμα μεγάλου θαλάμου $\geq 12 \text{ m}^3$ με τα δοκίμια τοποθετημένα εντός αυτού. Το πρώτο δείγμα αέρος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης παίρνεται τουλάχιστον 3 ώρες μετά την τοποθέτηση των δοκιμίων. Με ειδική συσκευή η οποία δείχνεται στο Σχήμα 19 δείγμα αέρος του θαλάμου όγκου τουλάχιστον 120 l διοχετεύεται με ταχύτητα 2 l/min σε δύο φιάλες περιέχουσες τουλάχιστον 25 ml απεσταγμένου νερού.

Η δεσμευθείσα στο απεσταγμένο νερό των φιαλών ποσότητα φορμαλδεΐδης προσδιορίζεται φωτομετρικώς (μέθοδος ακετυλοακετόνης). Η δειγματοληψία αέρος του θαλάμου γίνεται δύο φορές ημερησίως και τουλάχιστον για 10 ημέρες έτσι ώστε να υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες τιμές για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης μετά την αποκατάσταση ισορροπίας της φορμαλδεΐδης εντός του θαλάμου.



Σχήμα 18. Μεγάλος θάλαμος προσδιορισμού των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων ξύλου. 1. δοκίμια συγκολλημένου προϊόντος, 2. είσοδος αέρος, 3. ανεμιστήρας, 4. είσοδος ατμού, 5. εναλλακτήρας θερμότητας, 6. δίοδος εξερχόμενου αέρος, 7. μέτρηση θερμοκρασίας και θερμοκρασίας υγροποίησης, 8. δειγματοληψία αέρος.

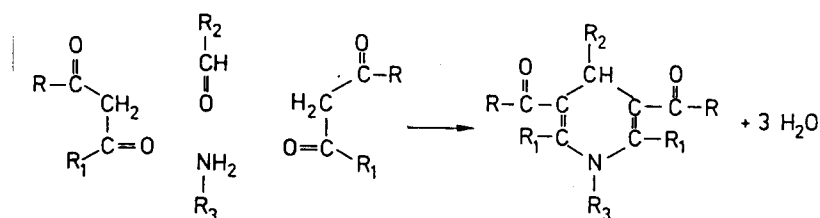


Σχήμα 19. Συσκευή δειγματοληψίας αέρος για προσδιορισμό της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης εντός του θαλάμου. 1. είσοδος αέρος, 2. φιάλη απεσταγμένου νερού για απορρόφηση φορμαλδεΐδης αέρος, 3. εφεδρική φιάλη απεσταγμένου νερού, 4. ξηραντήριο αφύγρανσης αέρος, 5. αντλία, 6. μέτρηση παροχής αέρος και θερμοκρασίας, 7. Μανόμετρο.

4.5 Αναλυτικές μέθοδοι ποσοτικού προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης σε υδάτινα διαλύματα.

Οι ανωτέρω μέθοδοι προσδιορισμού φορμαλδεΐδης που περιγράφησαν σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές προβλέπουν αναλυτικό προσδιορισμό των ποσοστών φορμαλδεΐδης στα υδάτινα διαλύματα με την μέθοδο της φωτομετρίας. Μεταξύ των διαφόρων παραλλαγών της φωτομετρικής μεθόδου προτιμάται η μέθοδος της ακετυλοακετόνης.

Η αρχή της μεθόδου είναι η εξής: Η φορμαλδεΐδη σε υδατικό διάλυμα αντιδρά παρουσία ιόντων αμμωνίου και ακετυλοακετόνης και σχηματίζει σύμφωνα με την ακόλουθο αντίδραση την κιτρίνου χρώματος τη διακετυλο-διυδρολουτιδίνη η οποία σε μήκος κύματος 412 nm δείχνει το μέγιστο φάσμα απορρόφησης. Με τη χρήση ενός σπεκτροφωτόμετρου προσδιορίζεται το μέγιστο φάσμα απορρόφησης της ένωσης αυτής, σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης του απεσταγμένου νερού.



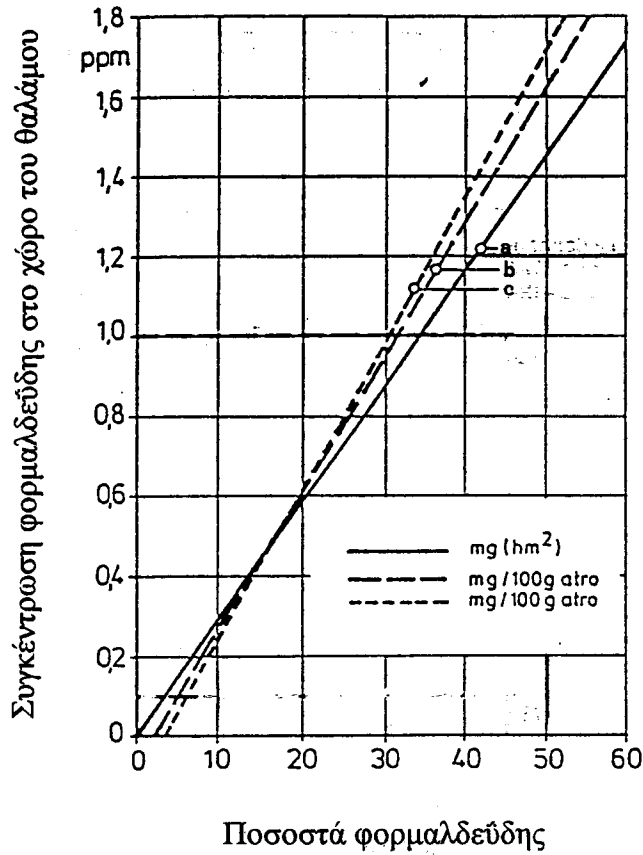
Σχηματισμός διακετυλο-διυδρολουτιδίνης κατά την αντίδραση της φορμαλδεΐδης με ακετυλοακετόνη παρουσία ιόντων αμμωνίου

Αναλυτικότερα η μέθοδος εφαρμόζεται ως εξής: Παίρνεται δείγμα 10 ml από το προς προσδιορισμό υδατικό διάλυμα της φορμαλδεΐδης στο οποίο προστίθενται 10 ml διαλύματος ακετυλοακετόνης (0,04 N) και 10 ml διαλύματος οξικού αμμωνίου (20%). Το μίγμα αφού ανακινηθεί τοποθετείται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 40° C για 15 min. Στη συνέχεια το κίτρινης χροιάς διάλυμα-μίγμα ψύχεται περίπου 30 min στο χώρο του εργαστηρίου και στη συνέχεια προσδιορίζεται το μέγιστο φάσμα απορρόφησής του σε σχέση με απεσταγμένο νερό με τη χρήση σπεκτροφωτομέτρου σε μήκος κύματος 412 nm. Η τιμή του μέγιστου φάσματος απορρόφησής του διαλύματος ανάγεται σε ποσοστά φορμαλδεΐδης με βάση γνωστή εξίσωση. Η σχετική εξίσωση αποτελεί έκφραση της συσχέτισης μεταξύ των τιμών των φασμάτων απορρόφησης και των αντίστοιχων ποσοστών φορμαλδεΐδης γνωστής συγκέντρωσης διαλυμάτων (μάρτυρες).

Η μέθοδος της φωτομετρίας ενδείκνυται και για προσδιορισμούς μικρών ποσοστών φορμαλδεΐδης δηλ. <10 mg/100 g προϊόντος ξύλου. Αντίθετα η μέθοδος της ιωδιομετρίας η οποία είχε υιοθετηθεί παλαιότερα από σχετικές προδιαγραφές παρουσιάζει μικρή αξιοπιστία για μετρήσεις ποσοστών φορμαλδεΐδης <10 mg. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ιώδιο εκτός από τη φορμαλδεΐδη αντιδρά και με άλλες οξειδούμενες ενώσεις έτσι ώστε η υπολογιζόμενη με την ιωδιομετρία τιμή της φορμαλδεΐδης μπορεί να είναι στην πραγματικότητα μικρότερη από την υπολογιζόμενη. Για τον παραπάνω λόγο οι σχετικές ευρωπαϊκές προδιαγραφές έχουν υιοθετήσει τη μέθοδο της φωτομετρίας (ακετυλοακετόνης) για τον προσδιορισμό των ποσοστών φορμαλδεΐδης σε υδατίνα διαλύματα.

4.6 Συσχετίσεις μεταξύ των εργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού των περιεχόμενων ποσοστών φορμαλδεΐδης στα συγκολλημένα προϊόντα και της συγκέντρωσής της στον αέρα κλειστών χώρων.

Η πρακτική σημασία και ο σκοπός προσδιορισμού των ποσοστών φορμαλδεΐδης σε μικρά δοκίμια προϊόντων ξύλου όπως γίνεται με τις παραπάνω εργαστηριακές μεθόδους που αναφέρθηκαν (Μέθοδος Perforator, φιάλης και αεριοανάλυσης), συνίσταται στο ότι τα προσδιοριζόμενα ποσοστά φορμαλδεΐδης μπορούν να αναχθούν σε ποσοστά συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης mg/m³ ή ppm που θα είχαν εκλυθεί στον αέρα ενός κλειστού χώρου όπου τα συγκεκριμένα προϊόντα είχαν τοποθετηθεί κάτω από ορισμένες συνθήκες (θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ανανέωσης αέρος, ποσότητας προϊόντος ξύλου σε m² ανά m³ του εσωτερικού χώρου). Με βάση σχετικές έρευνες έχουν βρεθεί τέτοιες συσχέτισεις μεταξύ εργαστηριακών μεθόδων που χρησιμοποιούν μικρά δείγματα όπως είναι π.χ. η μέθοδος Perforator, φιάλης και αεριοανάλυσης και της μεθόδου του θαλάμου που χρησιμοποιεί δοκίμια μεγάλων διαστάσεων (Σχήμα 20).



Σχήμα 20. Συσχετίσεις μεταξύ της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης μοριοπλακών προσδιορισθείσης με τη μέθοδο του θαλάμου (40 m^3) (πλήρωση θαλάμου με 1 m^2 ανά 1 m^3 αέρος, θερμοκρασία θαλάμου 23° C , σχετική υγρασία θαλάμου 45%, αριθμός ανανεώσεων αέρος 1/ανά ώρα) και των μεθόδων α. αεριοανάλυσης, β. Perforator, γ. WKI-φιάλης (40° C , 24 h).

5. Μέγιστα επιτρεπτά ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.

Η διαπίστωση ότι ορισμένα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες εκλύουν ικανές ποσότητες φορμαλδεΐδης σε κατοικήσιμους χώρους, όπου τοποθετούνται σαν κατασκευαστικά υλικά, και συγχρόνως η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης στο πρόβλημα αυτό οδήγησε πολλές χώρες να θεσπίσουν με εθνικές προδιαγραφές τα ανώτατα επιτρεπτά ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Το νόημα των προδιαγραφών αυτών είναι, ότι συγκολλημένα προϊόντα ξύλου με ποσοστά φορμαλδεΐδης μεγαλύτερα από τα ανώτατα επιτρεπτά προβλεπόμενα όρια απαγορεύεται να χρησιμοποιηθούν σαν κατασκευαστικά υλικά επίπλων ή άλλων αντικειμένων σε εσωτερικούς χώρους. Κι αυτό διότι σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να οδηγήσουν σε επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου υψηλές συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης στους συγκεκριμένους χώρους.

Με βάση τα παραπάνω σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν γίνει ρυθμίσεις και υπάρχουν σχετικές εθνικές προδιαγραφές αναφορικά με τα επιτρεπόμενα μέγιστα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Ειδικότερα για τις μοριοπλάκες οι σχετικές ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN 312-1/1996 προβλέπουν δύο ποιοτικές κλάσεις (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Ποιοτικές κλάσεις ποσοστών φορμαλδεΐδης μοριοπλακών σύμφωνα με την ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 312-1/1996.

Κλάσεις	Περιεχόμενα ποσοστά φορμαλδεΐδης (Μέθοδος Perforator EN 120/1992) mg/100g ξηρού βάρους πλάκας
1	≤ 8,0 mg/100g
2	> 8,0 mg/100g ≤ 30 mg/100g

Οι εθνικές προδιαγραφές της Δανίας αποκλίνουν από την ανωτέρω ευρωπαϊκή προδιαγραφή και προβλέπουν μία ποιοτική κλάση με ανώτατη επιτρεπόμενη μέση τιμή 6,5 mg/100g σε διάστημα ποιοτικού ελέγχου 6 μηνών και οριακή τιμή (μεμονωμένη) 8,0 mg/100g. Οι εθνικές προδιαγραφές της Γερμανίας αποκλίνουν επίσης από την ανωτέρω ευρωπαϊκή προδιαγραφή και προβλέπουν: μία ποιοτική κλάση με μέση τιμή ≤ 6,5 mg (ποιοτικός έλεγχος 6 μηνών) γυμνές (μη επικαλυμμένες) μοριοπλάκες με ποσοστά > 8 mg αλλά ≤ 10 mg μπορούν να γίνουν αποδεκτές μετά όμως από κατάλληλη επικάλυψη επιπλέον επικαλυμμένες

μοριοπλάκες μπορούν να γίνουν αποδεκτές εάν η τιμή Perforator δεν υπερβαίνει τα 12 mg μετά την αφαίρεση της επικάλυψης.

Όσο αφορά τις ινοπλάκες μέσης πυκνότητας τύπου MDF οι σχετικές ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN 622-1/1997 προβλέπουν δύο ποιοτικές κλάσεις (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Ποιοτικές κλάσεις ποσοστών φορμαλδεΐδης ινοπλακών τύπου MDF σύμφωνα με την ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 622-1/1997.

Κλάσεις	Περιεχόμενα ποσοστά φορμαλδεΐδης (Μέθοδος Perforator EN 120/1992) mg/100g ξηρού βάρους πλάκας
1	≤ 9,0 mg/100g
2	≤ 40 mg/100g

Αποκλίσεις από την παραπάνω προδιαγραφή εμφανίζουν οι εθνικές προδιαγραφές της Δανίας και Γερμανίας. Η προδιαγραφή της Δανίας προβλέπει μία ποιοτική κλάση με μέγιστη μέση τιμή 7,0 mg/100g για ποιοτικό έλεγχο 6 μηνών και μεμονωμένες οριακές τιμές έως 8,0 mg/100g. Τα ίδια ισχύουν και στη σχετική προδιαγραφή της Γερμανίας επιπλέον όμως γίνονται αποδεκτές και ινοπλάκες γυμνές (μη επικαλυμμένες) με ποσοστά > 8,0 mg και ≤ 10,0 mg/100g με την προϋπόθεση ότι θα επικαλυφθούν με κατάλληλη επικάλυψη· επίσης γίνονται αποδεκτές και επικαλυμμένες μοριοπλάκες οι οποίες μετά την απομάκρυνση της επικάλυψης εμφανίζουν τιμή έως 12 mg/100g.

Αναφορικά με τα αντικολλητά (κόντρα-πλακέ) η σχετική ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 1084/1995 προβλέπει τρεις ποσοτικές κλάσεις (Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Ποιοτικές κλάσεις έκλυσης φορμαλδεΐδης αντικολλητών σύμφωνα με την ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 1084/1995.

Κλάσεις	Ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης (Μέθοδος αεριοανάλυσης EN 1084/1995, μέτρηση μετά 4 εβδ. κλιματισμού δοκιμίων σε κλίμα (20±2)° C, (65±5) % σχ.υγρ.) mg HCHO/m ² h
A	≤ 3,5
B	≤ 8,0
C	> 8,0

Αποκλίσεις από την ανωτέρω προδιαγραφή παρουσιάζουν οι εθνικές προδιαγραφές διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών. Έτσι π.χ. οι γερμανικές προδιαγραφές προβλέπουν μία

ποιοτική κλάση με επιτρεπτή μέγιστη μέση τιμή $\leq 2,5$ mg HCHO/m²h για ποιοτικό έλεγχο 6 μηνών και μεμονωμένες τιμές $\leq 3,5$ mg HCHO/m²h στην περίπτωση που οι μετρήσεις γίνουν 3 ημέρες μετά την παραγωγή του αντικολλητού (δηλ. δεν ακολουθήσει κλιματισμός) τότε οι αντίστοιχες ανωτέρω τιμές μπορεί να είναι $\leq 5,0$ mg HCHO/m²h η μέση τιμή και $\leq 6,0$ mg HCHO/m²h οι μεμονωμένες τιμές.

Σχετικά τα ποσοστά συγκέντρωσης της φορμαλδεΐδης στον αέρα των κατοικήσιμων χώρων οι περισσότερες εθνικές προδιαγραφές των ευρωπαϊκών χωρών προβλέπουν μέγιστες τιμές έως 0,10 ml/m³ (ppm) ενώ τα ποσοστά αυτά είναι μεγαλύτερα στους εργασιακούς χώρους και κυμαίνονται από 0,3 έως 2,0 ppm (Πίνακας 3).

6. Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου

Τα τελευταία δέκα χρόνια εντατικοποιημένες προσπάθειες ερευνητικών ινστιτούτων, ερευνητικών κέντρων βιομηχανιών παραγωγής συγκολλητικών ουσιών και συγκολλημένων προϊόντων ξύλου και άλλων οργανισμών και φορέων είχαν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ορισμένων μέτρων και μεθόδων μείωσης των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης. Οι δυνατότητες αυτές έχουν προταθή από την FESYP και αναφέρονται σε μοριοπλάκες, ορισμένες όμως από αυτές μπορούν να εφαρμοσθούν και σε άλλα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Διακρίνονται δύο κατηγορίες δυνατοτήτων ανάλογα εάν εφαρμόζονται κατά την παραγωγή του προϊόντος οπότε αναφέρονται στην πρώτη ύλη και τις τεχνολογικές παραμέτρους παραγωγής ή εάν εφαρμόζονται στο έτοιμο προϊόν μετά την παραγωγή του.

6.1. Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης με μεταβολή των χαρακτηριστικών της πρώτης ύλης και των τεχνολογικών παραμέτρων της παραγωγής

1. Χρησιμοποίηση τύπων ουρίας-φορμαλδεΐδης με όσο το δυνατόν μικρότερα ποσοστά φορμαλδεΐδης

Ενώ πριν δέκα περίπου χρόνια η συνήθης μοριακή αναλογία της ουρίας-φορμαλδεΐδης για μοριοπλάκες ήταν 1:1,8 σήμερα παράγονται και ρητίνες με μοριακή αναλογία 1:1,15 έως και 1:1,0. Αυτό ήταν αποτέλεσμα συστηματικών ερευνών σύμφωνα με τις οποίες μείωση της μοριακής αναλογίας ουρίας:φορμαλδεΐδης σε ποσοστά <1:1,30 μειώνει σημαντικά τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες και μάλιστα σε τιμές αποδεκτές από τις σχετικές προδιαγραφές. Η χρησιμοποίηση ουρίας:φορμαλδεΐδης με μειωμένη μοριακή αναλογία σε φορμαλδεΐδη δεν επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες των μοριοπλακών όμως προκαλεί σημαντική αύξηση στην κατά πάχος διόγκωσή τους σε νερό. Επί πλέον οι δεσμοί αυτού του τύπου ουρίας-φορμαλδεΐδης είναι πιο εύθρυπτοι και υδρολύονται ευκολότερα από ότι πλουσιότερες σε φορμαλδεΐδη ρητίνες. Ακόμη αυτές οι συγκολλητικές ουσίες έχουν μικρότερη διάρκεια αποθήκευσης. Για να αντιμετωπισθούν οι αρνητικές επιδράσεις που συνεπάγεται η χρήση συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης μειωμένης μοριακής αναλογίας σε φορμαλδεΐδη συνιστάται αυστηρότερος ποιοτικός έλεγχος των διαφόρων σταδίων της παραγωγής μοριοπλακών και ειδικότερα τα εξής μέτρα:

- Υπολείμματα άκρων που προκύπτουν κατά τον ορθωγωνισμό των μοριοπλακών δεν πρέπει ή μόνο σε πολύ μικρά ποσοστά να χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη διότι περιέχουν ήδη φορμαλδεΐδη,
- Χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοστών συγκολλητικής ουσίας, μεγαλύτερων ποσοστών καταλύτη (NH_4Cl) και παραφίνης σε σύγκριση με τις πλουσιότερες σε ουρία-φορμαλδεΐδη συγκολλητικές ουσίες,
- Διατήρηση της υγρασίας των ξυλοτεμαχιδίων προ και μετά την ανάμιξη με τη συγκολλητική ουσία σε χαμηλά επίπεδα,
- Χαμηλή θερμοκρασία των ξυλοτεμαχιδίων προ και μετά την ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία,
- Μικρά διάρκεια αποθήκευσης των αναμιγμένων με τη συγκολλητική ουσία ξυλοτεμαχιδίων,

- Επαρκής ψύξη των μοριοπλακών μετά την έξοδό τους από την πρέσα προτού γίνει η στοίβαση για αποφυγή του κινδύνου υδρόλυσης των δεσμών της κόλλας,
- Με δεδομένο ότι ο μηχανισμός σκλήρυνσης συγκολλητικών ουσιών με μικρά ποσοστά φορμαλδεΐδης είναι βραδύτερος θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο χρονικό σημείο της ελάττωσης της μέγιστης πίεσης κατά την εφαρμογή του διαγράμματος συμπίεσης στην πρέσα.

2. Χρησιμοποίηση κατάλληλων ουσιών που έχουν την ιδιότητα να δεσμεύουν τη φορμαλδεΐδη.

Οι ουσίες αυτές πρέπει να μειώνουν σημαντικά τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης χωρίς να επηρεάζουν αρνητικά το μηχανισμό σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας και τις ιδιότητες του προϊόντος ξύλου. Μπορεί να προστεθούν είτε στη συγκολλητική ουσία είτε στην υδρόφοβη ουσία, είτε να αναμιχθούν με τα ξυλοτεμαχίδια (προ ή μετά την ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία). Σύμφωνα με σχετικές έρευνες ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων ουσιών έχει προταθή για τη δέσμευση της φορμαλδεΐδης. Οι κυριότερες από αυτές είναι: το ανθρακικό και το θειϊκό αμμώνιο, η ουρία, οι πρωτεΐνες, ο ενεργός άνθρακας, το αλεύρι (σιταριού), τα λιγνινοσουλφονικά άλατα, οι αλιφατικές αμίνες, τα θειο-αμίδια, το πυριτικό κάλιο, τα πολυσάκχαρα κ.ά.

3. Χρησιμοποίηση αντί της ουρίας-φορμαλδεΐδης άλλων συγκολλητικών ουσιών

Κατάλληλες θεωρούνται τροποποιημένες αμινοπλαστικές συγκολλητικές ουσίες όπως π.χ. η Μελαμίνη-Ουρία-Φορμαλδεΐδη οι οποίες εκλύουν μικρότερα ποσοστά φορμαλδεΐδης σε σύγκριση με την ουρία-φορμαλδεΐδη. Επί πλέον είναι δυνατόν ουρία-φορμαλδεΐδη με μειωμένη περιεκτικότητα σε φορμαλδεΐδη να τροποποιηθή (ενισχυθή) καταλλήλως με Ρεσορκίνη, διάφορες Πρωτεΐνες ή Ισοκυανικούς εστέρες έτσι ώστε να μην παρουσιάζει τα μειονεκτήματα που συνεπάγεται η αμιγής χρήση της. Επίσης συνιστάται συγκόλληση με Φαινόλη-Φορμαλδεΐδη (σκλήρυνση σε αλκαλικό περιβάλλον) η οποία σαν συγκολλητική ουσία μοριοπλακών εκλύει πολύ μικρά ποσοστά φορμαλδεΐδης (3 έως 6 mg ανά 100 g ξηρού βάρους μοριοπλάκας). Μια άλλη δυνατότητα είναι η χρησιμοποίηση συγκολλητικών ουσιών απαλλαγμένων από φορμαλδεΐδη.

Τέτοιες συγκολλητικές ουσίες είναι οι Ισοκυανικοί εστέρες (έκλυση 2-5 mg HCHO), κυρίως ο διφαινυλο-μεθανο-διϊσοκυανικός εστέρας, που ανήκουν στις πολυουρεθάνες. Αυτές οι συγκολλητικές ουσίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη συγκόλληση των μοριοπλακών αμιγώς ή και σε συνδυασμό με ουρία-φορμαλδεΐδη. Μια τέτοια συνδυασμένη χρήση προβλέπει συγκόλληση της μεσαίας στρώσης των μοριοπλακών με φαινόλη-φορμαλδεΐδη ή Ισοκυανικούς εστέρες ενώ στις επιφανειακές στρώσεις χρησιμοποιείται ουρία-φορμαλδεΐδη.

4. Κατάλληλη ρύθμιση των τεχνολογικών παραμέτρων κατά τη συμπίεση των μοριοπλακών σε θερμές πρέσες.

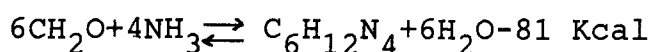
Όπως προαναφέρθηκε (Κεφ. 3.1.1) αύξηση της θερμοκρασίας και της διάρκειας συμπίεσης στην πρέσα επιδρούν ευνοϊκά στη μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες. Στο σημείο αυτό όμως πρέπει να επισημανθή ότι η μείωση αυτή είναι τόσο μικρότερη όσο μικρότερη είναι η μοριακή αναλογία της συγκολλητικής ουσίας σε φορμαλδεΐδη.

- 6.2 Δυνατότητες περιορισμού της έκλυσης φορμαλδεΐδης των συγκολλημένων προϊόντων ξύλου μετά την παραγωγή τους

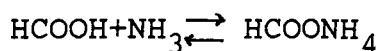
Μια κατηγορία δυνατοτήτων αφορά χειρισμούς με τους οποίους στο έτοιμο προϊόν ξύλου επιδρούν δραστικές χημικές ενώσεις (σε αέριο, υγρά ή στερεά κατάσταση) οι οποίες αντιδρούν εύκολα με τη φορμαλδεΐδη και τη δεσμεύουν. Μια άλλη κατηγορία χειρισμών αφορά επιστρώσεις ή επικαλύψεις της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου με υλικά μικρής διαπερατότητας τα οποία εμποδίζουν την ελευθέρωση της φορμαλδεΐδης στο περιβάλλον. Οι δύο αυτές κατηγορίες χειρισμών μπορούν να συνδυασθούν και να εφαρμοσθούν από κοινού στο ίδιο προϊόν ξύλου.

- 6.2.1 Χειρισμός προϊόντων ξύλου με αμμωνία

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το προϊόν ξύλου μετά την παραγωγή του περιλούζεται με αέριο αμμωνία ή οποία αντιδρά με τη διαθέσιμη φορμαλδεΐδη του προϊόντος ξύλου και σχηματίζει την εξαμεθυλενοτετραμίνη. Με τον τρόπο αυτό δεσμεύεται η φορμαλδεΐδη. Η αντίδραση είναι εξώθερμος και πραγματοποιείται κατά την ακόλουθη εξίσωση:

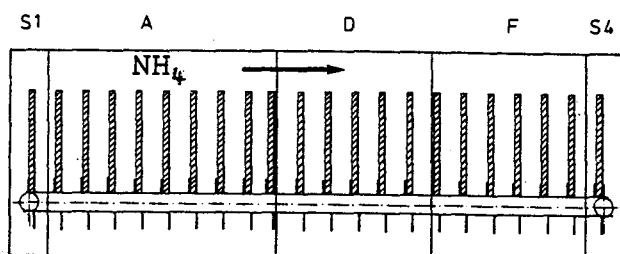


Η μέθοδος εφαρμόζεται με διάφορες τεχνικές από τις οποίες οι κυριότερες είναι δύο: η τεχνική της VERKOR και η τεχνική της RYAB. Η τεχνική VERKOR προβλέπει διαδοχικούς χειρισμούς του προϊόντος ξύλου σε τρεις σε διαδοχική σειρά τοποθετημένους θαλάμους (Σχήμα 24). Στον πρώτο (θάλαμο απορρόφησης) περιλούζεται το προϊόν ξύλου σε θερμοκρασία 35°C με αμμωνία, η οποία σχηματίζει με την υπάρχουσα φορμαλδεΐδη εξαμεθυλενοτετραμίνη. Στο δεύτερο θάλαμο απομακρύνεται η αμμωνία που τυχόν υπάρχει στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου. Στον τρίτο θάλαμο η υπάρχουσα εντός του προϊόντος ξύλου αμμωνία φέρεται να αντιδράσει με μυρμηγκικό οξύ οπότε σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση σχηματίζεται μυρμηγκικό αμμώνιο:



Το μυρμηγκικό αμμώνιο μπορεί να δεσμεύσει τη φορμαλδεΐδη η οποία θα προκύψει μελλοντικά από υδρόλυση της αμινοπλαστικής ρητίνης του προϊόντος ξύλου. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνονται σημαντικές μειώσεις των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης οι οποίες εξαρτώνται από τη διάρκεια χειρισμού του προϊόντος ξύλου με αμμωνία από την πυκνότητα, το πάχος και τα ποσοστά φορμαλδεΐδης του προϊόντος χειρισμού.

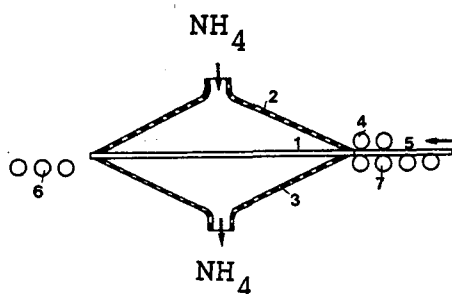
Η τεχνική RYAB προβλέπει διοχέτευση αέριας αμμωνίας στη μια πλευρά του προϊόντος ξύλου, η οποία αναγκάζεται να διέλθει δια μέσου του προϊόντος με τη βοήθεια κενού (0,1-0,6 bar) που εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά του (Σχήμα 25). Η τεχνική μπορεί να εφαρμοσθεί κατά συνεχή ή ασυνεχή τρόπο. Το μέγεθος της μείωσης των ποσοστών φορμαλδεΐδης εξαρτάται από τη διάρκεια χειρισμού του προϊόντος



Σχήμα 24. Χειρισμός μοριοπλακών με αμμωνία με την τεχνική VERKOR. S1. είσοδος, A. θάλαμος προσρόφησης της αμμωνίας, D. θάλαμος απομάκρυνσης της περίσσειας αμμωνίας, F. θάλαμος σταθεροποίησης της αμμωνίας με σχηματισμό αμμωνιακού άλατος εντός της μοριοπλάκας, S₄. έξοδος

με αμμωνία, από την πυκνότητα του και τα αρχικά ποσοστά της στο προϊόν ξύλου.

Το μειονέκτημα των χειρισμών των προϊόντων ξύλου με αμμωνία είναι ότι υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας στον αέρα δημιουργούν κινδύνους έκρηξης.

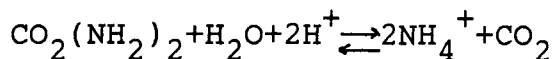


Σχήμα 25. Χειρισμός μοριοπλακών με αμμωνία με την τεχνική RYAB.

1. μοριοπλάκα, 2. άνω περίβλημα, 3. κάτω περίβλημα,
4. προωθητικοί κύλινδροι, 5. επόμενη προς χειρισμό μοριοπλάκα,
6. και 7. κύλινδροι μεταφοράς

6.2.2 Χειρισμός προϊόντων ξύλου με ουρία ή χημικές ενώσεις που ελευθερώνουν αμμωνία

Ο χειρισμός με ουρία προβλέπει ψεκασμό της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου, αμέσως μετά την έξοδό τους από τη θερμή πρέσσα και προ της στοίβασης, με υδατοδιάλυμα ουρίας. Η δράση της ουρίας είναι πολλαπλή. Ένα μέρος αυτής αντιδρά με τη διαθέσιμη στο προϊόν ξύλου φορμαλδεΰδη ενώ ένα άλλο μέρος υπόκειται σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση σε θερμική διάσπαση οπότε ελευθερώνονται αμμωνιακά ιόντα τα οποία μπορεί να αντιδράσουν με τη φορμαλδεΰδη και να σχηματίσουν εξαμεθυλενοτετραμίνη.

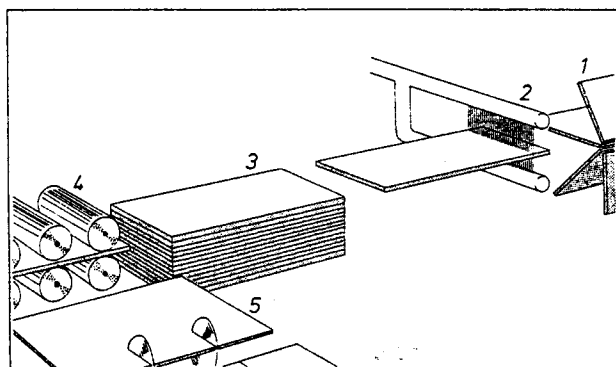


Η θερμική διάσπαση της ουρίας ευνοείται από την ύπαρξη οξέων και υψηλών θερμοκρασιών. Μικρές ποσότητες οξέων είναι δυνατόν να ελευθερώνονται από τη διάσπαση του καταλύτη NH_4Cl ή $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ των αμινοπλαστικών συγκολλητικών ουσιών και από τη θερμική αποικοδόμηση του ξύλου του συγκεκριμένου προϊόντος κατά τη συμπίεση του στη θερμή πρέσσα.

Με τη μέθοδο αυτή έχουν επιτευχθή μειώσεις της έκλυσης φορμαλδεϋδης από μοριοπλάκες που φθάνουν μέχρι 50%.

Αντί της ουρίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν αμμωνιακές ενώσεις και κυρίως τα αμμωνιακά άλατα $(NH_4)_3PO_4$, $(NH_4)_2S_2O_3$, $(NH_4)_2SO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $CH_3CO_2NH_4$ τα οποία διασπώμενα ελευθερώνουν αμμωνία. Σύμφωνα με μια τεχνική (ASSI) της μεθόδου αυτής που εφαρμόσθηκε σε μοριοπλάκες, μετά την έξοδο των μοριοπλακών από την πρέσσα και ψύξη τους για 1/2 ώρα ώστε η θερμοκρασία στην επιφάνειά τους να κυμαίνεται από 40-60°C ακολουθεί ψεκασμός τους με διάλυμα $(NH_4)_2CO_3$ pH 8...9. Οι μοριοπλάκες στη συνέχεια στοιβάζονται για 24 ώρες και μετά οδηγούνται για λείανση.

Μια παρόμοια τεχνική (Swedspan) προβλέπει ψεκασμό των μοριοπλακών αμέσως μετά την έξοδό τους από την πρέσσα με υδατοδιάλυμα ουρίας και άλλων αμμωνιακών ενώσεων, στοίβαση των πλακών και στη συνέχεια λείανση της επιφάνειάς τους (Σχήμα 26).



Σχήμα 26. Μείωση των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεϋδης από μοριοπλάκες με την τεχνική Swedspan. 1. αεροψύκτης μοριοπλακών, 2. ψεκασμός της μοριοπλάκας με χημικές ενώσεις που δεσμεύουν φορμαλδεϋδη, 3. στοίβαση, 4. λείανση επιφανειών, 5. διαμόρφωση των τελικών διαστάσεων με τομή

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται δυνατότητα δέσμευσης της φορμαλδεΐδης μακροπρόθεσμα. Κι αυτό διότι τα αμμωνιακά άλατα, μετά το χειρισμό του προϊόντος ξύλου μερικώς παραμένουν μέσα σ' αυτό και μπορούν να δεσμεύουν ποσότητες φορμαλδεΐδης που πρόκειται να ελευθερωθούν μετά από πιθανή υδρόλυση των δεσμών της αμινοπλαστικής ρητίνης.

6.2.3 Επίστρωση της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου με βερνίκια που περιέχουν ουσίες δεσμευτικές της φορμαλδεΐδης

Πρόκειται για υδάτινα ρητινικά γαλακτώματα τα οποία περιέχουν χημικές ενώσεις όπως ουρία, υδραζίνη, αμμωνία, καζεΐνη οι οποίες έχουν την ιδιότητα να δεσμεύουν φορμαλδεΐδη. Η μείωση των ποσοστών φορμαλδεΐδης εξαρτάται από την ποσότητα επίστρωσης (g/m^2), την περιεκτικότητά του βερνικιού σε δεσμευτές φορμαλδεΐδης, το συντελεστή διαπερατότητας της στρώσης του βερνικιού και την αρχική περιεκτικότητα του προϊόντος ξύλου σε φορμαλδεΐδη.

6.2.4 Επικάλυψη της επιφάνειας των προϊόντων ξύλου με βερνίκια, ξυλόφυλλα και πλαστικά φύλλα

Όπως είναι ευνόητο οι επικαλύψεις των επιφανειών των προϊόντων ξύλου και κυρίως των μοριοπλακών εμποδίζουν την έξοδο της φορμαλδεΐδης στο περιβάλλον. Ο βαθμός μείωσης της έκλυσης φορμαλδεΐδης από επικαλυμμένα προϊόντα ξύλου εξαρτάται από το είδος του υλικού επικάλυψης το πάχος του και το συντελεστή διαπερατότητας. Έτσι π.χ. η μικρότερη μείωση στην έκλυση φορμαλδεΐδης παρατηρείται από προϊόντα ξύλου επικαλυμμένα με ξυλόφυλλα λόγω του μεγάλου συντελεστή διαπερατότητας του ξύλου σε σύγκριση με βερνίκια και πλαστικά φύλλα. Προκειμένου λοιπόν ο περιορισμός της έκλυσης φορμαλδεΐδης από επικαλυμμένα με ξυλόφυλλα προϊόντα ξύλου να ενισχυθή είναι απαραίτητος η επίστρωσή τους με κατάλληλα βερνίκια που επίσης δεν εκλύουν φορμαλδεΐδη. Όμως μπορεί να συμβεί επικαλυμμένα με ξυλόφυλλα προϊόντα ξύλου π.χ. μοριοπλάκες να εκλύουν μεγαλύτερα ποσοστά φορμαλδεΐδης από ότι πριν την επικάλυψη. Αυτό οφείλεται στη χρησιμοποίηση κατά τη συγκόλληση των ξυλοφύλλων στο προϊόν ξύλου ουρίας-φορμαλδεΐδης με μεγάλη μοριακή αναλογία σε φορμαλδεΐδη. Για το σκοπό αυτό οι επικαλύψεις των προϊόντων ξύλου με ξυλόφυλλα πρέπει να γίνονται είτε με ουρία-φορμαλδεΐδη μικρής μοριακής αναλογίας σε

φορμαλδεΐδη είτε με απαλλαγμένες από φορμαλδεΐδη συγκολλητικές ουσίες όπως είναι π.χ. ο PVAc και οι ισοκυανικοί εστέρες (Πίνακας 9).

Αναφορικά με τα βερνίκια ως επιστρώσεις σε προϊόντα ξύλου, το μεγαλύτερο περιορισμό στην έκλυση φορμαλδεΐδης με αυξανόμενη δράση επιτυγχάνουν τα βινυλικά βερνίκια, οι πολυουρεθάνες και οι αλκυδικές ρητίνες. Στην περίπτωση των πλαστικών φύλλων ως υλικών επικάλυψης για περιορισμό της έκλυσης φορμαλδεΐδης από προϊόντα ξύλου η δράση τους εξαρτάται από το είδος της συνθετικής ρητίνης του πλαστικού φύλλου, το πάχος και το ειδικό βάρος του.

Πίνακας 9. Έκλυση φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες της κλάσης E₂ ανάλογα με το είδος της συγκολλητικής ουσίας κατά την επικάλυψή τους με ξυλόφυλλα πάχους 0,6 mm

Είδος συγκολλητικής ουσίας ξυλοφύλλου	Έκλυση φορμαλδεΐδης mg/h.m ²
Ουρία-Φορμαλδεΐδη = 1:2,1	19,9
" = 1:1,8	17,6
" = 1:1,3	3,9
PVAc	1,6
Διϊσοκυανικός εστέρας	0,5

Μη επικαλυμμένη μοριοπλάκα	18,5

Με βάση ερευνητικά δεδομένα και την εμπειρία από την πράξη οι γερμανικές προδιαγραφές συνιστούν για γυμνές μοριοπλάκες της κλάσης E₂ και E₃ τα εξής είδη επικαλύψεων προκειμένου να γίνει αποδεκτή η χρησιμοποίησή τους ως κατασκευαστικών υλικών σε έπιπλα εσωτερικών χώρων:

1. Πλαστικό φύλλο μελαμίνης με βάρος φύλλου χαρτιού $\geq 70 \text{ g/m}^2$
2. Βερνίκι πολυεστέρα με ξηρή μάζα 95% συμπεριλαμβανομένου και του στυρολίου. Ποσότητα επικάλυψης στην επιφάνεια του προϊόντος ξύλου $\geq 250 \text{ g/m}^2$
3. Πολυουρεθάνη δύο συστατικών με ξηρή μάζα 85% και ποσότητα επάλειψης $\geq 300 \text{ g/m}^2$
4. Αλκυδική ρητίνη με ξηρή μάζα 65% και ποσότητα επάλειψης $\geq 230 \text{ g/m}^2$
5. Δέσμες πλαστικών φύλλων με ελάχιστο πάχος 0,5 mm

6. Σκληρό πλαστικό φύλλο από PVC πάχους 0,1 mm
7. Πλαστικό φύλλο πάχους 0,5 mm από ακόρεστο πολυεστέρα
8. Μέτρια σκληρό πλαστικό φύλλο από PVC πάχους 0,18 mm
9. Υδάτινο γαλάκτωμα βερνικιού περιέχον χημικές ενώσεις δεσμεύουσες τη φορμαλδεΐδη. Ποσότητα επάλειψης 200 g/m²
10. Ξυλόφυλλα επιστρωμένα με κατάλληλο είδος και ποσότητα βερνικιού (βλ. Πίνακα 10).

Πίνακας 10. Είδος και ποσότητα επίστρωσης βερνικιών σε επικαλυμμένες με Ξυλόφυλλα μοριοπλάκες

Είδος Ξυλόφυλλου	Είδος βερνικιού		
	Νιτροκυτταρίνη	Πολυουρεθάνη	Ακόρεστος Πολυεστέρας
	Ξηρή μάζα g/m ² επιφάνειας		
Καρυδιά	≥ 58	≥ 30	
Μακορέ	≥ 34	≥ 30	
Δρυς	≥ 52	≥ 30	
Δασική Πεύκη	≥ 50	≥ 30	
Δρυς*	≥ 40		≥ 35
Δασική Πεύκη*	≥ 40		≥ 35

* ισχύει για μοριοπλάκες της κλάσης E₂

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στην επικάλυψη με βερνικία ή άλλα στερεά επενδύματα των εγκάρσιων διατομών των προϊόντων ξύλου και ιδιαίτερα των μοριοπλακών οι οποίες, λόγω του μεγάλου συντελεστή διαπερατότητας εκλύουν 3,5-5 φορές περισσότερη φορμαλδεΐδη (περίπτωση μοριοπλακών) σε σύγκριση με τις επιφανειακές στρώσεις. Το ίδιο ισχύει και για τις διάφορες οπές ή εντομές που έχουν διανοιχθή στα προϊόντα ξύλου, κατά τη χρησιμοποίησή τους ως κατασκευαστικών υλικών επίπλων, από τις οποίες μπορούν να εκλύουν σημαντικά ποσοστά φορμαλδεΐδης. Συνεπώς εγκάρσιες οπές ή κάθε άλλης μορφής ανοίγματα των προϊόντων ξύλου είναι απαραίτητο να επικαλύπτονται με κατάλληλα υλικά επικάλυψης ακόμη κι αν δεν ευρίσκονται στις προσόψεις των επίπλων.

7. Δυνατότητες μείωσης της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους

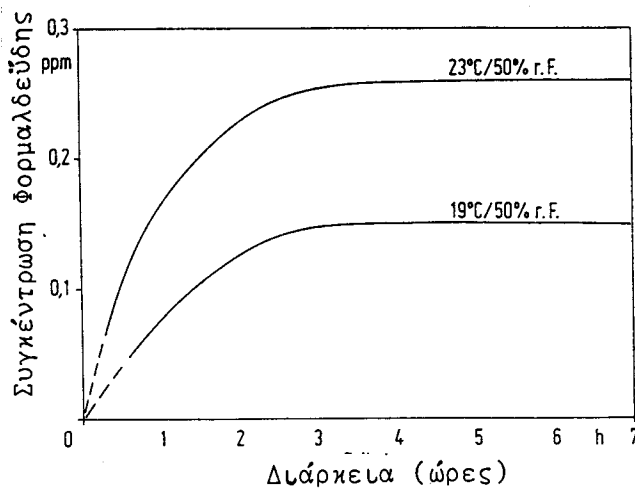
Όπως προαναφέρθηκε (Κεφ. 2) η φορμαλδεΐδη εφ'όσον η συγκέντρωσή της σε κατοικίσιμους χώρους υπερβεί ορισμένα όρια μπορεί να επιδράσει δυσμενώς στην υγεία του ανθρώπου. Οι ερεθισμοί ματιών αρχίζουν ήδη σε συγκέντρωση 0,01 ppm, ενώ η παρουσία της γίνεται αντιληπτή με την όσφρηση σε συγκέντρωση περίπου 0,05 ppm.

Εφ'όσον υπάρχει υποψία για ύπαρξη φορμαλδεΐδης σε κατοικήσιμο χώρο η πρώτη ενέργεια είναι ο προσδιορισμός των ποσοστών συγκέντρωσης της στον αέρα του συγκεκριμένου χώρου. Για το σκοπό αυτό παίρνεται δείγμα αέρος το οποίο διοχετεύεται σε φιάλη περιέχουσα κατάλληλο διάλυμα (συνήθως απεσταγμένο νερό) στο οποίο δεσμεύεται η φορμαλδεΐδη. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της φορμαλδεΐδης στο διάλυμα γίνεται με μεθόδους της αναλυτικής φωτομετρίας από τις οποίες οι πιο ακριβείς είναι: η μέθοδος της παραερυθροανιλίνης, η μέθοδος της ακετυλοακετόνης και η μέθοδος του χρωμοτροπικού οξέως.

Όπως είναι γνωστό η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης σε κλειστούς χώρους εξαρτάται από τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ανανέωση αέρα) που επικρατούν στο χώρο αυτό και οι οποίες μπορούν μέχρι ένα ορισμένο βαθμό να τροποποιηθούν. Γι'αυτό το σκοπό κατά τη λήψη του δείγματος αέρος για προσδιορισμό της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης πρέπει να καταγράφονται οι επικρατούσες τη στιγμή εκείνη εσωτερικές κλιματικές συνθήκες. Το ερώτημα είναι αν η λήψη του δείγματος από το συγκεκριμένο χώρο πρέπει να γίνει σε συνθήκες κανονικής διαβίωσης, ή αν θα πρέπει να μεσολαβήσει ένα διάστημα ορισμένων ωρών (συνήθως 3 μέχρι 5 ώρες) με κλειστά τα παράθυρα και τις πόρτες κατά τη διάρκεια του οποίου αποκαθίσταται μια κατάσταση ισορροπίας της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης (Σχήμα 27). Οι απόψεις των ειδικών στο ερώτημα αυτό διαφέρουν· γι'αυτό συνιστάται η λήψη των δειγμάτων αέρος να γίνεται σε δύο ακραίες συνθήκες ανανέωσης αέρα του χώρου: α) κατόπιν επαρκούς αερισμού, β) κατόπιν διακοπής του αερισμού για ορισμένο χρόνο μέχρι αποκατάστασης ισορροπίας στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης.

Εφ'όσον ο ποσοτικός προσδιορισμός της φορμαλδεΐδης δείξει συγκέντρωση μεγαλύτερη απ'την ανώτατη επιτρεπτή που καθορίζεται από

τις σχετικές εθνικές προδιαγραφές (στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες επικρατεί η τιμή $0,12 \text{ mg HCHO/m}^3$ αέρος βλ. Πίνακα 2) θα πρέπει να αναζητηθούν στο συγκεκριμένο χώρο οι πηγές έκλυσης.



Σχήμα 27. Χρονική διάρκεια αποκατάστασης ισορροπίας στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης μιας προκατασκευασμένης οικίας μετά το κλείσιμο των παραθύρων και θυρών

Όσο αφορά τα κατασκευαστικά υλικά πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης μπορεί να είναι:

- προϊόντα ξύλου (κυρίως μοριοπλάκες, ινοπλάκες μέσης πυκνότητας και αντικολλητά) συγκολλημένα με αμινοπλάστες
- αφρώδη υλικά με βάση την ουρία-φορμαλδεΐδη
- Βερνίκια με βάση τους αμινοπλάστες.

Από τα κατασκευαστικά υλικά που αποτελούν πιθανές πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης παίρνονται δείγματα από τα οποία προσδιορίζονται τα ποσοστά έκλυσης με μια από τις αναφερθείσες μεθόδους (Κεφ. 4). Εφόσον οι προσδιορισμοί εντοπίσουν ορισμένα κατασκευαστικά υλικά ως υπεύθυνα υπερβολικής έκλυσης φορμαλδεΐδης, η μείωση της συγκέντρωσής της στο συγκεκριμένο χώρο μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους χειρισμούς:

- Απομάκρυνση των υλικών έκλυσης φορμαλδεΐδης
- Στεγανοποίηση των επιφανειών έκλυσης φορμαλδεΐδης
- Χειρισμός των υλικών έκλυσης με χημικές ενώσεις που δεσμεύουν φορμαλδεΐδη.

1) Απομάκρυνση των πηγών έκλυσης φορμαλδεΐδης

Η δυνατότητα αυτή είναι εφαρμόσιμη όταν οι πηγές έκλυσης αφορούν κατασκευές μικρού σχετικά όγκου και διαστάσεων όπως εί-

ναι π.χ. μικρά έπιπλα, μικρής επιφάνειας επενδύσεις τοίχων και οροφής με συγκολλημένα προϊόντα ξύλου κ.ά. Επίσης είναι δυνατό να εφαρμοσθή όταν η έκλυση φορμαλδεΐδης προκαλείται από βερνίκια επίστρωσης επιφανειών' στην περίπτωση αυτή γίνεται με απόξεση απομάκρυνση της στρώσης του βερνικιού και αντικατάστασή του με άλλο που δεν περιέχει φορμαλδεΐδη. Αντίθετα η απομάκρυνση των πηγών έκλυσης για λόγους υψηλού κόστους είναι ενεφάρμοστη όταν πρόκειται για εντοιχισμένες κατασκευές ή μεγάλης επιφάνειας επενδύσεις τοίχων και οροφών από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου.

- 2) Στεγανοποίηση των ακάλυπτων επιφανειών έκλυσης φορμαλδεΐδης
Η στεγανοποίηση αφορά κάθε είδους ακάλυπτες επιφάνειες συγκολλημένων προϊόντων ξύλου δηλ. τις κυρίως επιφάνειες, εγκάρσιες διατομές, εντομές, οπές κ.ά. Κάθε γυμνή επιφάνεια θα πρέπει να επικαλυφθή με κατάλληλα φύλλα πλαστικού ή αλουμινίου ή να επιστρωθή με βερνίκια τα οποία δεν εκλύουν φορμαλδεΐδη. Οι εγκάρσιες διατομές μπορεί να επικαλυφθούν και με μικρού πάχους λωρίδες συμπαγές ξύλου. Τα μέτρα αυτά μπορεί να περιορίσουν σημαντικά τη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Μειώσεις των συγκεντρώσεων φορμαλδεΐδης στους εσωτερικούς χώρους προκατασκευασμένης οικίας μετά από επικάλυψη των γυμνών επιφανειών συγκολλημένων προϊόντων ξύλου

Χώρος	Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (ppm)	
	Προ της στεγανοποίησης	Μετά τη στεγανοποίηση
Κουζίνα	0,18	0,08
Καθιστικό δωμάτιο	0,17	0,07
Δωμάτιο παιδιών 1	0,25	0,10
Δωμάτιο παιδιών 2	0,20	0,06

- 3) Χειρισμός με χημικές ενώσεις που δεσμεύουν φορμαλδεΐδη

Η μέθοδος αυτή προβλέπει ψεκασμό των εσωτερικών χώρων με αέριο αμμωνία και είναι γνωστή ήδη από τη δεκαετία του 1960. Κατά το χειρισμό αυτό η αμμωνία αντιδρά με την ελεύθερη φορμαλδεΐδη των συγκολλητικών ουσιών των προϊόντων ξύλου οπότε σχηματίζεται

η μη πτητική ένωση της εξαμεθυλενοτετραμίνης. Επί πλέον με την επίδραση της αμμωνίας το pH της αμινοπλαστικής συγκολλητικής ουσίας μετατοπίζεται από την όξινη προς την αλκαλική περιοχή πράγμα το οποίο επιβραδύνει κάθε πιθανή αντίδραση υδρόλυσης της συγκολλητικής ουσίας η οποία είναι υπεύθυνη για περαιτέρω έκλυση φορμαλδεΐδης. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται σημαντικές μειώσεις στις συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης οι οποίες μπορεί να φθάσουν το 70-90%. (Πίνακας 12). Επειδή η αμμωνία σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι επίσης τοξική θα πρέπει το προσωπικό που θα εκτελέσει τους ψεκασμούς να είναι ειδικευμένο και να παίρνει τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Χειρισμός εσωτερικών χώρων με αμμωνία μπορεί να προκαλέσει μεταχρωματισμό επίπλων κατασκευασμένων από ορισμένα είδη ξύλου όπως είναι π.χ. η δρυς. Στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται η προσωρινή απομάκρυνση ή η κατάλληλη κάλυψη των επίπλων κατά τη διάρκεια του χειρισμού:

Πίνακας 12. Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης σε προκατασκευασμένη οικία 120 m², όγκου 700 m³ προ και μετά το χειρισμό με αμμωνία

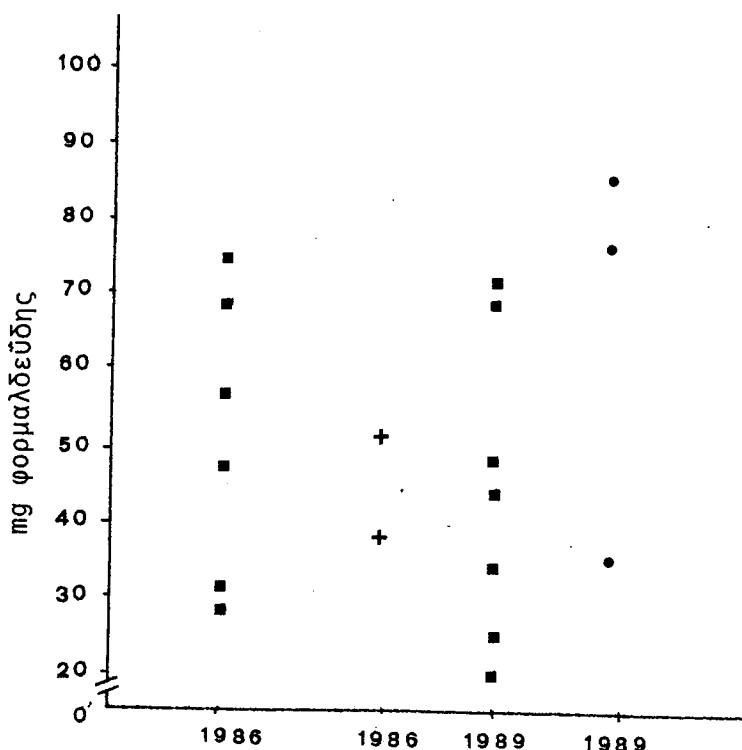
Χώροι	Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (ppm)					Μήνες μετά το χειρισμό με αμμωνία
	Προ του χειρισμού	1	4	7	23	
Καθιστικό	0,27	0,05	0,10	0,05	0,06	
Υπνοδωμάτιο	0,25	0,06	0,11	0,07	0,08	
Κουζίνα	0,39	0,10	0,14	0,10	0,09	

8. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου στην Ελλάδα

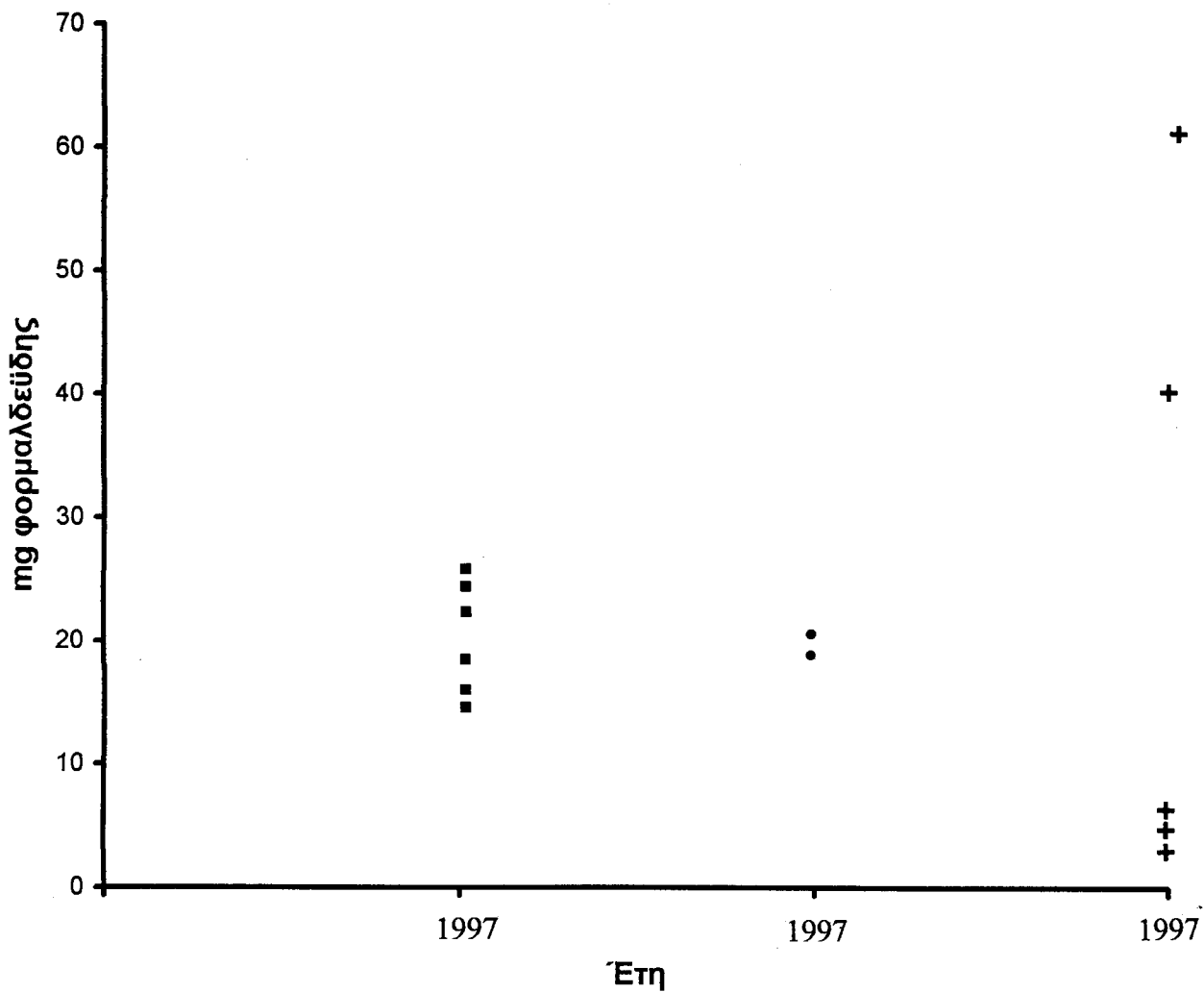
Στην Ελλάδα για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1980 έγινε γνωστό από επιστημονικές εισηγήσεις στη διάρκεια συνεδρίων το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Το 1986 και το 1989 δημοσιεύονται τα πρώτα αποτελέσματα μετρήσεων των ποσοστών έκλυσης φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων ξύλου της ελληνικής αγοράς. Στις σχετικές έρευνες μελετήθηκαν κυρίως μοριοπλάκες ελληνικής παραγωγής αλλά και εισαγόμενα προϊόντα διαφόρων χωρών που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τιμές τόσο των ελληνικής παραγωγής όσο και των εισαγομένων προϊόντων ξύλου κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα (Σχήμα 28). Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά την έρευ-

να του 1986 μόνο ένα και κατά την έρευνα του 1989 μόνο δύο ελληνικά εργοστάσια παρήγαγαν μοριοπλάκες της κλάσης E₂ (ποσοστά ≤30mg/100g ξυλοπλάκας) ενώ τα ποσοστά όλων των υπόλοιπων ξυλοπλακών που μελετήθηκαν υπερέβησαν τα 30mg/100g ξυλοπλάκας).

Νεότερη έρευνα σχετικά με τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης σύνθετων προϊόντων του τύπου μοριοπλακών και MDF εγχώριας παραγωγής αλλά και εισαγομένων που δημοσιεύθηκε το 1997 έδειξε γενικώς μικρότερα ποσοστά σε σύγκριση με εκείνα της αρχικής έρευνας (έτη 1986 και 1989). Έτσι τρεις εισαγόμενες ινοπλάκες (MDF) ανήκαν στην καλύτερη ποιοτική κλάση E₁ (≤8mg/100g ξυλοπλάκας). Μόνο δύο ινοπλάκες υπερέβησαν την κλάση E₂ (≥8mg ≤40mg/100g ξυλοπλάκας) ενώ όλες οι μοριοπλάκες που μελετήθηκαν ανήκαν στην κλάση E₂ (≥8mg ≤30mg/100g ξυλοπλάκας) (Σχήμα 29). Σύμφωνα λοιπόν με τα ανωτέρω αποτελέσματα υπάρχει αισθητή βελτίωση (μείωση) αναφορικά με την έκλυση φορμαλδεΐδης σύνθετων προϊόντων τύπου ξυλοπλακών της ελληνικής αγοράς σε σύγκριση με τη δεκαετία του 1980. Παρ' όλα αυτά ένα μεγάλο ποσοστό σύνθετων προϊόντων της ελληνικής αγοράς εξακολουθεί να αδυνατεί να καταταγεί στην καλύτερη ποιότητα E₁ από άποψη εκπομπής φορμαλδεΐδης.



Σχήμα 28. Ποσοστά φορμαλδεΐδης σύνθετων προϊόντων ξύλου της ελληνικής αγοράς, ■ ■: μοριοπλάκες εγχώριας παραγωγής, ••: εισαγόμενες μοριοπλάκες, ++: εισαγόμενες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF) (μέθοδος φιάλης WKI-Roffael 1975, 40°C/24 ώρες), (Γρηγορίου 1986, Φιλίππου 1989).



Σχήμα 29. Ποσοστά φορμαλδεΐδης σύνθετων προϊόντων ξύλου της ελληνικής αγοράς, ■■■: μοριοπλάκες εγχώριας παραγωγής, ●●●: εισαγόμενες μοριοπλάκες, +++: εισαγόμενες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF) (μέθοδος Perforator EN 120/1992) (Κάββουρας, Πετειναράκης 1997).

Βιβλιογραφία

- Andersen, I., Lundquist, G.R., Mölhave, L. 1975: Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. Atmosperic Enviromment: 1121-1127
- Clary, J. 1980: A review of the health effects of formaldehyde. Vortrag gehalten anlässlich des internationalen Spanplatten Symposiums in Pullman, Washington, USA
- Deppe, H-J., Ernst, K. 1964: Technologie der Spanplatten. Holz-Zentralblatt Verlags-GmbH Stuttgart
- Δημητρακόπουλος, Α. 1982. Ερεθιστικοί ατμοί φορμαλδεΐδης από Μοριοπλάκες και άλλα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου Επίπλου-Διακοσμήσεως-Εξοπλισμού-Μηχανημάτων. FURNITEC; Θεσ/νίκη
- DIN EN 120, 1984: Bestimmung des Formaldehydgehalts. Extraktionsverfahren genannt Perforatormethode
- FESYP: Teil 1. 1982: Empfehlungen zur Verminderung der Formaldehydabgabe von Spanplatten durch herstelltechnische Massnahmen. Oktober 1982 Teil 2. Empfehlungen zur Vermeidung von Belästigungen durch Formaldehydabgabe von Spanplatten durch anwendungstechnische Massnahmen
- Formaldehyd. Gemeinsamer Bericht des Bundesgesundheitsamtes der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und des Umweltbundesamtes. 1984. Verlag Kohlhammer, Stuttgart
- Φιλίππου, Ι. 1984. Το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοσανίδες. Τρόπος αντιμετώπισής του. Πρακτικά 7^{ου} Συνεδρίου Επίπλου-Διακοσμήσεως-Εξοπλισμού-Μηχανημάτων. FURNITEC; Θεσ/νίκη
- Φιλίππου, Ι., Γρηγορίου, Α. 1988. Επίδραση του είδους ξύλου στην Έκλυση φορμαλδεΐδης από μοριοσανίδες. Τεχνικά Χρονικά, Τόμ. 8, Τεύχος 2:41-54
- Φιλίππου, Ι. 1989. Συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης στην ελληνική παραγωγή μοριοσανίδων. Επίπεδα έκλυσης φορμαλδεΐδης. Τεχνικά Χρονικά

- Ginzel, W. 1971: Zum chemisch-hydrolytischen Abbau von Harnstoff-Formaldehydharz in Spanplatten nach dreijähriger Bewitterung. Holz Roh-Werkstoff: 301-305
- Ginzel, W. 1973: Zur Frage der Hydrolyse harnstoffharzgebundener Holz-Spanplatten. Holz Roh-Werkstoff: 18-24
- Grigoriou, A. 1987: Formaldehydabgabe aus den Schmal-und Breitflächen verschiedener Holzwerkstoffe. Holz Roh-Werkstoff: 63-67
- Γρηγορίου, Α. 1986. Έκλυση φορμαλδεΰδης από μοριοπλάκες εγχώριας παραγωγής και εισαγόμενες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας. Τεχνικά Χρονικά, Τόμ. 6. Τεύχος 1: 6-32
- Hanetho, P. 1978: Formaldehyde emission from particleboard and other building materials. A study from the scandinavian countries. Proceed 12th Washington State University Symposium on Particleboard. Pullmann, Washington: 275-286
- Jewell, R. 1980: Reduction of Formaldehyde levels in mobile homes. Vortrag gehalten anlässlich des Formaldehyd-Seminars in Gaithersburg, Maryland, am 9-11 April
- Marutzky, R., Roffael, E., Ranta, L. 1979: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Molverhältnis und Formaldehydabgabe bei Harnstoff-Formaldehyd Leimharzen. Holz Roh-Werkstoff: 303-307
- Marutzky, R., Ranta, L. 1980: Die Eigenschaften formaldehydarker HF-Leimharze und daraus hergestellter Holzspanplatten
- Marutzky, R. 1984: Holzklebstoffe und Formaldehyd. Adhäsion Nr. 12
- Marutzky, R. 1988: Zur Herstellung formaldehydarker Möbel aus furnierten Holzwerkstoffen. HK Holz-und Möbelindustrie Nr. 3: 272-275
- Marutzky, R., Mehlhorn, L., Roffael, E., Flentge, A. 1988: Prüfverfahren nach Gefahrstoffverordnung für formaldehydarme Holzwerkstoffe. Die Prüfraumuntersuchung als Referenzverfahren. Holz Roh-Werkstoff: 253-258
- Marutzky, R. 1989: Möglichkeiten der Formaldehydminderung in belasteten Innenräumen. Holz Roh-Werkstoff: 207-211

- Mayer, J. 1979: Chemische Aspekte bei der Entwicklung formaldehydarmer Klebstoffe für die Holzwerkstoffindustrie. "Spanplatten heute und morgen" DRW-Verlag Stuttgart: 102-111
- Mehlhorn, L. 1986: Normierungsverfahren für die Formaldehydabgabe von Spanplatten. Adhäsion Nr. 6:27-33
- Meyer, B., Andrews, K., Reinhardt, R. 1986: Formaldehyde release from wood products. American Chemical Society, Washington
- Myers, G. 1982: Hydrolytic stability of cured urea-formaldehyde resins. For. Prod. Journ.
- Myers, G. 1984: How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties: A literature critique. Forest Products Journal No. 5:35-41
- Myers, G. 1985: Effect of separate additions to furnish or veneer on formaldehyde emission and other properties: a literature review (1960-1984). Forest Products Journal Nr. 6:57-62
- Myers, G. 1986: Effects of post-manufacture board treatments on formaldehyde emission: a literature review (1960-1984). Forest Products Journal Nr. 6:41-51
- Neusser, H., Zentner, M. 1968: Über die Ursachen und Beseitigung des Formaldehydgeruchs von holzhaltigen Baustoffen, insbesondere von Spanplatten. Holzforschung und Holzverwertung; 101-112
- Petersen, H., Reuther, W., Eisele, W., Wittmann, O. 1973: Zur Formaldehydabspaltung bei der Spanplattenerzeugung mit Harnstoff-Formaldehyd-Bindemitteln; 2. Mitt.: Der Einfluss von Festharzmenge, Presszeit und Presstemperatur. Holz Roh-Werkstoff: 463-469
- Petersen, H., Reuther, W., Eisele, W., Wittmann, O. 1974: Zur Formaldehydabspaltung bei der Spanplattenerzeugung mit Harnstoff-Formaldehyd-Bindemitteln; 3. Mitt.: Der Einfluss von Härteart, Härtemenge und formaldehydbindenden Mitteln. Holz Roh-Werkstoff: 402-410
- Rader, J.: Reizwirkungen von Formaldehyd in Präpariersälen, analytische und experimentelle Untersuchungen. Inauguraldissertation, Würzburg 1974

Riehl, G. 1985: Zur Herstellung von Spanplatten mit formaldehydarmen Harnstoffharzen. Ergebnisse einer Literaturstudie Holztechnologie, Nr. 4: 206-209

Richtlinie über die klassifizierung von Spanplatten bezüglich der Formaldehydabgabe, Fassung April 1980. Herausgegeben vom Ausschuss für einheitliche technische Baubestimmungen (ETB)

Robitschek, P., Christensen, R.L. 1976: Degradation phenomena in ureaformaldehyde resin-bonded particleboard. For. Prod. Journ: 43-46

Roffael, E. 1975: Messung der Formaldehydabgabe. Praxisnahe Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe harnstoffharzgebundener Spanplatten. Holz-Zentralblatt: 1403-1404

Roffael, E. 1982: Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW-Verlag Stuttgart

Roffael, E., Miertzsch, H., Menzel, W. 1982: Nachträgliche Behandlung von Spanplatten zur Verminderung ihres Formaldehydabgabepotentials. Adhäsion Nr. 3

Sundin, B. 1982: Present status of formaldehyde problems and regulations. Vortrag gehalten anlässlich des internationalen Spanplatten-Symposiums in Pullman, Washington, USA

Sundin, B. 1985: The formaldehyde situation in europa. Proceedings 19th International Particleboard Symposium, Pullmann, Washington

Wendlick, J. 1983: Formaldehyde: Summary of epidemiology studies. Vortrag gehalten anlässlich des internationalen Spanplatten Symposiums in Pullman, Washington, USA

Wittmann, O. 1962: Die nachträgliche Formaldehydabspaltung bei Spanplatten. Holz-Roh-Werkstoff Nr. 6: 221-224

Νέα βιβλιογραφία

EN 120, 1992. Wood-based panels. Determination of formaldehyde content. Extraction method called the perforator method.

En 1084, 1995. Plywood. Formaldehyde release classes determined by the gas analysis method.

EN 717-2, 1995. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 2. Formaldehyde release by the gas analysis method.

EN 717-3, 1996. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 3. Formaldehyde release by the flask method.

EN 622-1, 1997. Fiberboards, Specifications. Part 1. General requirements.

EN 717-1, 1999. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 1. Formaldehyde emission by the chamber method.

Dunky, M. 1997. Aminoplastic glue resins: State of the art to meet the challenges of the wood based panels industry. In Proceedings of the 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science Technology 29th Sept.-3rd Oct. 1997, Belgrade, N. Yugoslavia: 385-392.

Κάββουρας, Π.Κ., Πετειναράκης, Ι.Χ. 1997. Σύνθετα προϊόντα ξύλου; Η επίδρασή τους στον αέρα εσωτερικών χώρων. Τεχνικά Χρονικά. Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, τόμος 17 τεύχος 1-2: 43-50.

Μαντάνης Γ., Μαρκεσίνη Ε. 1999. Έκλυση Φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου: Παρούσα κατάσταση. Ξύλο-Έπιπλο.

Formaldehyde: Hazard characterization and Dose-Response Assessment for Carcinogenicity by the Route of Inhalation Revised Edition. Chemical Industry Institute of Toxicology: September 28, 1999. G. Davis Drive Triangle Park, Nc 27709, USA.

Salthammer, T., Marutzky, R., Böttcher, P., 1995. Umweltfreundliche und emissionsarme Möbel. Beschichtungssysteme-Techniken, Prüfung-Bewertung. WKI-Bericht Nr. 31, 1995.

Wolf, F., 1997. Wood-based panels produced with amino-resins with formaldehyde release "Like Natural Wood", In Proceedings of the first European panel products symposium Landudno, Wales, 9-10 Oct., 1997: 243-249.

I. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

1. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών.

EN 120/1992. *Wood based panels. Determination of formaldehyde content. Extraction method called the perforator method. Συγκολλητές ξυλοπλάκες. Προσδιορισμός της περιεχόμενης ποσότητας φορμαλδεΐδης. Μέθοδος εκχύλισης ονομαζόμενη μέθοδος perforator.

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε συγκολλημένα προϊόντα μορφής πλάκας των οποίων η επιφάνεια δεν φέρει κανενός είδους επικάλυψη ή επένδυση (πλαστικά φύλλα, ξυλόφυλλα, βερνίκια, κ.ά.). Η περιεχόμενη ποσότητα φορμαλδεΐδης ανά μάζα συγκολλημένου προϊόντος που προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή επηρεάζεται από μια σειρά παραμέτρων οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπως: η ηλικία του προϊόντος (αρχομένης από την ημερομηνία παραγωγής του), οι συνθήκες έκθεσης - χρήσης που μεσολάβησαν μέχρι τον προσδιορισμό της φορμαλδεΐδης, η περιεχόμενη υγρασία κ.ά.

Η αρχή της μεθόδου Perforator είναι η εξής: Σε μια ειδική για το σκοπό της μεθόδου συσκευή εκχυλίσεως ονομαζόμενη Perforator εκχυλίζονται με τολουόλιο δοκίμια του συγκολλημένου προϊόντος ξύλου διαστάσεων 25 mm x 25 mm x πάχος του προϊόντος. Η εκχυλισθείσα από τα δοκίμια ποσότητα φορμαλδεΐδης αφού δεσμευθεί με απεσταγμένο νερό προσδιορίζεται σε αυτό με την αναλυτική μέθοδο της φωτομετρίας (μέθοδος ακετυλοακετόνης). Τα ποσοστά που προσδιορίζονται σε mg ανάγονται σε 100 g απόλυτου ξηρού βάρους του προϊόντος ξύλου.

Ο προσδιορισμός της φορμαλδεΐδης δεν πρέπει να γίνεται σε χρόνο που υπερβαίνει τις 72 ώρες μετά τη δειγματοληψία των δοκιμίων.

Τα διαδοχικά στάδια της μεθόδου είναι τα ακόλουθα: Για κάθε προσδιορισμό (εκχύλιση) παίρνεται από το υπ' όψη προϊόν αριθμός δοκιμίων έτσι ώστε η συνολική ποσότητα να ανέρχεται σε 110 g περίπου. Τα δείγματα τοποθετούνται στη σφαιρική φιάλη της συσκευής Perforator (Σχήμα 1) στην οποία προσθέτουμε 600 ml καθαρού τολουολίου (απαλλαγμένο από νερό και ξένες προσμίξεις). Στη συνέχεια τοποθετείται ο κωνικός σύνδεσμος επί της φιάλης και μετά ο εκχυλιστήρας με το φίλτρο. Στον εκχυλιστήρα προσθέτουμε 1000 ml απεσταγμένου νερού έτσι ώστε μεταξύ της ελεύθερης στάθμης του νερού και της θέσης εκροής του σιφωνίου του εκχυλιστήρα να υπάρχει μια απόσταση 2 έως 3 cm. Στη συνέχεια τοποθετείται στον εκχυλιστήρα ο κωνικός σύνδεσμος και ο ψύκτης, ο οποίος συνδέθηκε με το σωλήνα απορροφήσεως. Στο τελικό άκρο του σωλήνα απορροφήσεως προσαρμόζεται η κωνική φιάλη (βλ. Σχήμα 1) στην οποία έχουν προστεθεί 100 ml απεσταγμένου νερού έτσι ώστε τυχόν ποσότητα φορμαλδεΐδης που δεν θα δεσμευθεί από το νερό του εκχυλιστήρα να απορροφηθεί από το νερό της κωνικής φιάλης.

Αφού τελειώσει η συνδεσμολογία αρχίζει η λειτουργία της συσκευής με θέρμανση της σφαιρικής φιάλης με κατάλληλο θερμαντικό μανδύα. Η συνολική διάρκεια εκχύλισης, η οποία υπολογίζεται από τη στιγμή εμφάνισης των πρώτων φυσαλίδων τολουολίου

*Wood-based panels (συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών): ο όρος περιλαμβάνει προϊόντα ξύλου τύπου μοριοπλακών, ινοπλακών, αντικολλητών και πηχοπλακών.

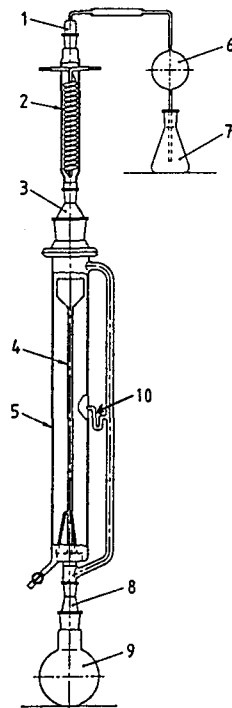
στο φίλτρο, ανέρχεται σε δύο ώρες. Η θερμοκρασία πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε οι φυσαλίδες να εμφανισθούν μέσα σε 20 έως 30 min από την έναρξη της θέρμανσης. Ακόμη η θερμοκρασία εκχύλισης πρέπει να επιτρέπει την επανασυλλογή 70...90 σταγόνων τολουολίου ανά min καθ' όλη τη διάρκεια της εκχύλισης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε κατά τη διάρκεια της εκχύλισης να μη διοχετευθεί νερό από τη κωνική φιάλη απορροφήσεως στα άλλα μέρη της συσκευής.

Μετά πάροδο δύο ωρών από την έναρξη της εκχύλισης διακόπτεται η θέρμανση και απομακρύνεται η κωνική φιάλη απορροφήσεως. Το περιεχόμενο του εκχυλιστήρα (υδατικό διάλυμα φορμαλδεΐδης στην επιφάνεια του οποίου επιπλέει ποσότητα τολουολίου) μετά τη ψύξη περίπου στους 20°C μεταφέρεται σε ογκομετρική κωνική φιάλη των 2000 ml και το τολουόλιο απομακρύνεται από το διάλυμα με σιφώνιο. Στη συνέχεια η συσκευή Perforator εκπλύνεται δύο φορές με προσθήκη κάθε φορά 200 ml απεσταγμένου νερού. Το νερό αυτό της έκπλυσης μαζί με το νερό της κωνικής φιάλης απορροφήσεως προστίθενται στη φιάλη των 2000 ml η οποία ακολούθως πληρούται με απεσταγμένο νερό μέχρι 2000 ml. Από τη φιάλη αυτή παίρνονται τα δείγματα για τον αναλυτικό προσδιορισμό των ποσοστών φορμαλδεΐδης.

Για κάθε προσδιορισμό διενεργούνται δύο ή τρεις επαναλήψεις.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία εκχύλισης επαναλαμβάνεται χωρίς τη χρησιμοποίηση δειγμάτων του προϊόντος ξύλου δηλ. μόνο με τολουόλιο (τυφλό πείραμα εκχύλισης).

Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η ποιότητα τολουολίου. Εάν προκύψει τιμή η οποία υπερβαίνει το 1 mg φορμαλδεΐδης/600 ml τολουολίου τότε το τολουόλιο κρίνεται ακατάλληλο και δεν χρησιμοποιείται.

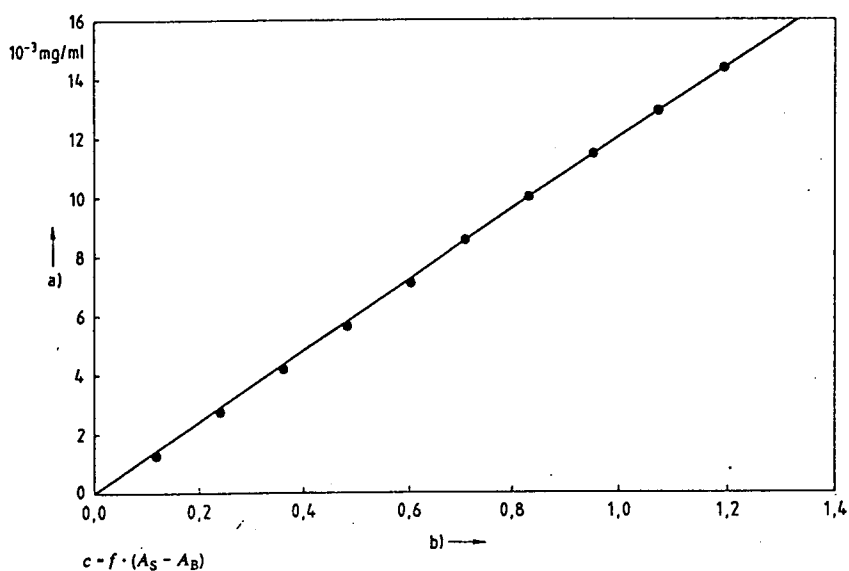


Σχήμα I. Συσκευή μέτρησης των περιεχόμενων ποσοστών φορμαλδεΐδης συγκολλημένων προϊόντων με τη μέθοδο Perforator. 1. κωνικός σύνδεσμος 29/32, 2. ψύκτης, 3. κωνικοί σύνδεσμοι 45/40 και 71/51, 4. φίλτρο, 5. εκχυλιστήρας τύπου Perforator, 6. σφαιρικός σωλήνας απορροφήσεως, 7. κωνική φιάλη (Erlenmeyer) 250 ml, 8. κωνικοί σύνδεσμοι 29/32 και 45/40, 9. σφαιρική φιάλη, 10. σιφώνιο.

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης ποσότητας φορμαλδεΐδης που είναι γνωστή ως “τιμή perforator” σε mg ανά 100 g ξηρής μάζας ξυλοπλάκας γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Τιμή Perforator} = \frac{(A_S - A_B) \cdot f \cdot (100 + H) \cdot V}{m_H} \text{ mg/100 g, atro πλάκας}$$

- όπου,
- A_S : το μήκος απορρόφησης του διαλύματος εκχύλισης
 - A_B : το μήκος απορρόφησης του απεσταγμένου ή απιονισμένου νερού που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκχύλιση
 - H : περιεχόμενη υγρασία της ξυλοπλάκας (%)
 - m_H : η μάζα των δοκιμίων που εκχυλίσθηκαν σε g
 - V : ο όγκος της ογκομετρικής κωνικής φιάλης (2000 ml)
 - f : η κλίση της καμπύλης διακρίβωσης, σε mg/ml (βλ. Σχήμα II).



Σχήμα II. Διάγραμμα διακρίβωσης της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης και του αντίστοιχου μήκους απορρόφησης.

α): συγκέντρωση διαλύματος φορμαλδεΐδης

A_S : μήκος απορρόφησης του διαλύματος εκχύλισης

A_B : μήκος απορρόφησης του αποσταγμένου ή απιονισμένου νερού της εκχύλισης.

β) $A_S - A_B$

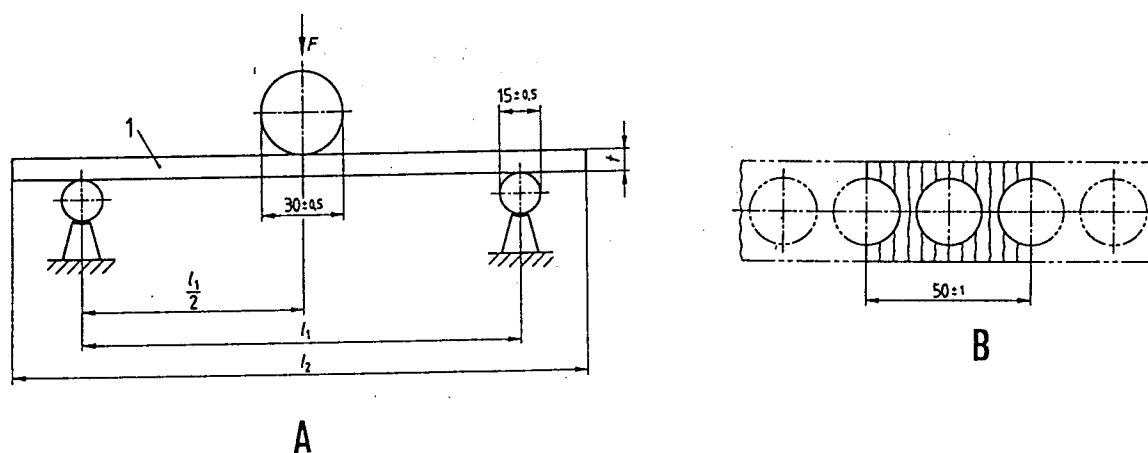
f : η κλίση της καμπύλης διακρίβωσης.

EN 310/1993. Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας και μέτρου θραύσεως σε κάμψη.

Η διάταξη της συσκευής αντοχής όπου τοποθετείται το δοκίμιο για τη δοκιμή δείχνεται στο επόμενο Σχήμα ΙΑ. Τα δοκίμια έχουν ορθογωνικό σχήμα με πλάτος (50 ± 1) mm. Στην περίπτωση των μοριοπλακών ωθήσεως το πλάτος επιλέγεται όπως δείχνει το σχετικό Σχήμα

ΙΒ. Το μήκος l_2 λαμβάνεται ίσο με το 20πλάσιο του πάχους του δοκιμίου συν 50 mm. Το μέγιστο μήκος μπορεί να είναι 1050 mm ενώ το ελάχιστο 150 mm. Τα δοκίμια προ της δοκιμής κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ θερμοκρασία και $65 \pm 5\%$ σχετ. υγρασία). Προ της δοκιμής μετράται το πάχος και το πλάτος του δοκιμίου στο μέσο του μήκους του.

Η απόσταση υποστήριξης l_1 είναι ίση με το 20πλάσιο του πάχους του δοκιμίου, δηλ. $l_1 = 20t$.



Σχήμα Ι. Α. Θέση δοκιμίου στη μηχανή αντοχής κατά τη φόρτιση.

1: Δοκίμιο, F: δύναμη φόρτισης, l_1 : απόσταση στήριξης, l_2 : μήκος δοκιμίου, t: πάχος δοκιμίου.

Β. Επιλογή πλάτους δοκιμίου μοριοπλάκας ωθήσεως κατά τη δοκιμή στη μηχανή αντοχής.

Κατά τη δοκιμή το δοκίμιο τοποθετείται με το μήκος του κάθετα προς τους άξονες των υποστηριγμάτων. Το φορτίο επιδρά στο μέσο του δοκιμίου με σταθερή ταχύτητα τέτοια ώστε η θραύση να επιτευχθεί σε (60 ± 30) s. Το βέλος κάμψης (παραμόρφωση) του δοκιμίου στο μέσο του μετράται με ακρίβεια 0,1 mm. Από κάθε πλάκα συγκολλητού προϊόντος ελέγχονται δύο ομάδες δοκιμίων: Η μία με μήκος παράλληλο και η άλλη με μήκος κάθετο στη διεύθυνση παραγωγής. Σε κάθε ομάδα το ήμισυ του αριθμού των δοκιμίων εξετάζεται με την “άνω επιφάνεια” προς τα άνω και το άλλο ήμισυ με την “κάτω επιφάνεια” προς τα άνω.

Το μέτρο ελαστικότητας E_m (N/mm^2) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4b \cdot t^3 (a_2 - a_1)}$$

όπου, l_1 : η απόσταση των μέσων των υποστηριγμάτων σε mm

b : πλάτος δοκιμίου σε mm

t : πάχος δοκιμίου σε mm

$F_2 - F_1$: μεταβολή (αύξηση) της δύναμης στο ευθύγραμμο τμήμα του διαγράμματος δύναμης-παραμόρφωσης σε N. Το F_1 πρέπει περίπου να φθάνει το 10% και F_2 περίπου το 40% του φορτίου θραύσης (βλ. Σχήμα II).

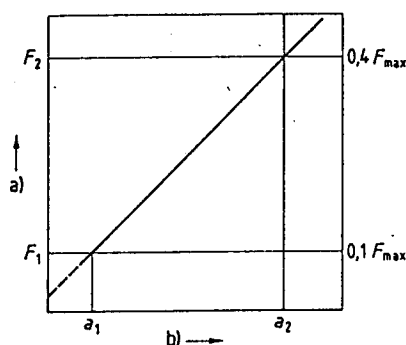
$a_2 - a_1$: η μεταβολή (αύξηση) του βέλους κάμψης που αντιστοιχεί στη μεταβολή φορτίου ($F_2 - F_1$).

Το μέτρο θραύσης f_m σε N/mm^2 υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$f_m = \frac{3F_{\max} \cdot l_1}{2bt^2}$$

όπου, F_{\max} : το φορτίο θραύσης σε N

l_1, b, t : ως ανωτέρω.



Σχήμα II. Διάγραμμα δύναμης – παραμόρφωσης για τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη. α) δύναμη, β) βέλος κάμψης.

EN 322/1993. Wood-based panels. Determination of moisture content. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας.

Για τη λήψη των δοκιμίων πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες της προδιαγραφής EN 326-1. Τα δοκίμια μπορεί να έχουν διάφορο μέγεθος και μορφή, πρέπει όμως να περιλαμβάνουν όλο το πάχος της πλάκας από όπου προέρχονται και η μάζα τους να είναι τουλάχιστον 20 g. Μετά τη δειγματοληψία τα δοκίμια αφού ζυγισθούν με ακρίβεια 0,01 g. εισάγονται σε κλίβανο όπου ξηραίνονται μέχρι σταθερού βάρους σε

θερμοκρασία $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Σταθερό βάρος θεωρείται ότι επιτυγχάνεται όταν δύο μετρήσεις σε διάστημα 6 ωρών δεν διαφέρουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 0,1% της μάζας του δοκιμίου. Μετά την εξαγωγή από τον κλίβανο τα δοκίμια ψύχονται σε ξηραντήριο και αμέσως προσδιορίζεται η μάζα τους με ακρίβεια 0,01 g. Η περιεχόμενη υγρασία H κάθε δοκιμίου εκφράζεται με ακρίβεια 0,1% και υπολογίζεται

από τη σχέση:
$$H = \frac{m_H - m_o}{m_o} \cdot 100$$

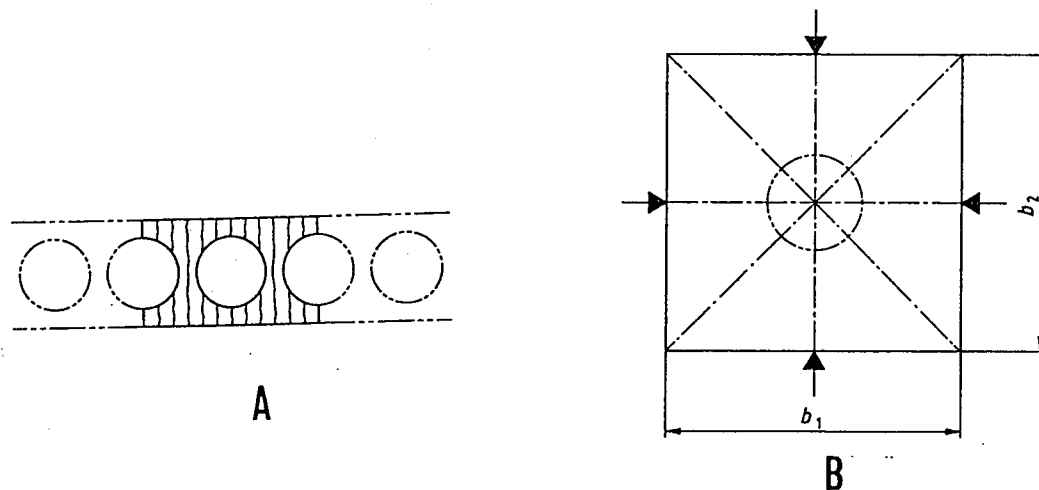
όπου, m_H : η μάζα του δοκιμίου προ της ξήρανσης σε g
 m_o : η μάζα του δοκιμίου μετά την ξήρανση σε g.

EN 323/1993. Wood-based panels. Determination of density. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός της πυκνότητας.

Για τη λήψη των δοκιμίων πρέπει να ακολουθηθούν οι οδηγίες της προδιαγραφής EN 326-1. Τα δοκίμια έχουν μορφή κύβου πλευράς 50 mm. Στην περίπτωση μοριοπλακών ωθήσεως η πλευρά λαμβάνεται όπως δείχνει το σχετικό Σχήμα ΙΑ. Κατ' αρχήν τα δοκίμια κλιματίζονται μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα. Στη συνέχεια μετρείται το πάχος t στο σημείο τομής των διαγωνίων με ακρίβεια 0,05 mm. Οι διαστάσεις b_1 και b_2 μετρώνται με ακρίβεια 0,1 mm όπως δείχνει το επόμενο Σχήμα ΙΒ. Η πυκνότητα του δοκιμίου σε Kg/m^3 υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$r = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \cdot 10^6 \quad \text{όπου, } m: \text{ η μάζα σε g}$$

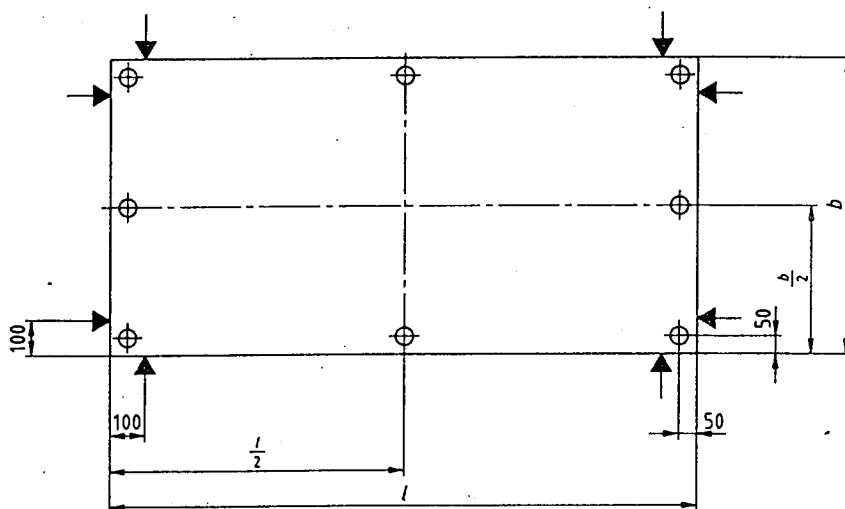
b_1, b_2, t : σε mm.



Σχήμα Ι. Α. Πλευρά δοκιμίου διάτρητης μοριοπλάκας ωθήσεως.
 Β. Θέσεις μέτρησης των διαστάσεων του δοκιμίου.

EN 324-1/1993. *Wood-based panels. Determination of dimensions of boards. Part 1. Determination of thickness, width and length. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός των διαστάσεων της ξυλοπλάκας. Μέρος 1. Προσδιορισμός του πάχους, του πλάτους και του μήκους.*

Η δειγματοληψία γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες της προδιαγραφής EN 326-1. Εάν απαιτείται, του προσδιορισμού των διαστάσεων προηγείται κλιματισμός των πλακών σε κανονικό κλίμα. Το πάχος μετριέται σε 8 σημεία τα οποία απέχουν περίπου 50 mm από τις ακμές με ακρίβεια τουλάχιστον 0,1 mm. Το μήκος και το πλάτος μετρούνται σε δύο σημεία παράλληλα στις ακμές και σε απόσταση 100 mm από αυτές εκφράζονται δε με ακρίβεια τουλάχιστον 1 mm. Το επόμενο Σχήμα I παρουσιάζει λεπτομέρειες της μεθοδολογίας μέτρησης των διαστάσεων.

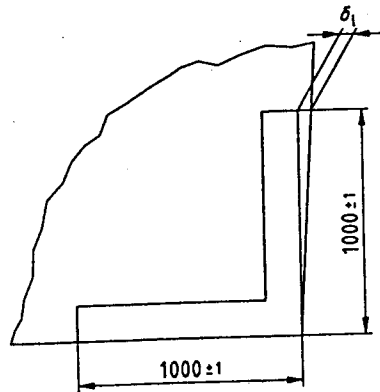


Σχήμα I. Θέσεις μέτρησης του πάχους \oplus , του μήκους και του πλάτους \rightarrow μιας ξυλοπλάκας συγκολλητού προϊόντος.

EN 324-2/1993. *Wood-based panels. Determination of dimensions of boards. Part 2. Determination of squareness, and edge straightness. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Μέρος 2. Προσδιορισμός της ορθογωνικότητας και ευθυτένειας ακμών.*

Συνήθως οι πλάκες μετρούνται στην κατάσταση που βρίσκονται μετά την προμήθεια από τον παραγωγό. Εάν όμως απαιτείται, των μετρήσεων μπορεί να προηγηθεί κλιματισμός των πλακών σε κανονικό κλίμα. Ο προσδιορισμός της ευθυτένειας των ακμών γίνεται με τη βοήθεια μεγάλου κανόνα ή νήματος. Η μέγιστη απόκλιση από την ευθυγραμμία που καθορίζεται από τις κορυφές ανά δύο μετράται με

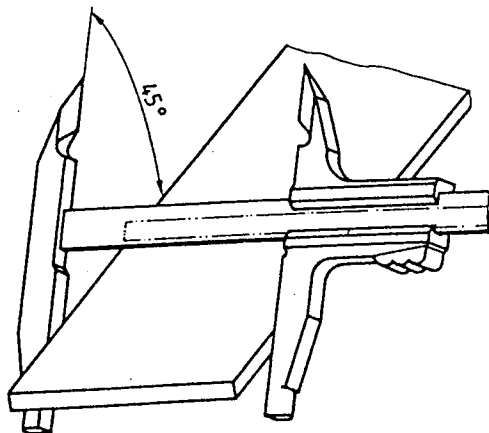
ακρίβεια 0,5 mm. Για τον προσδιορισμό της ορθογωνικότητας μετράται η μέγιστη απόκλιση της πλευράς από την ορθή γωνία σε απόσταση 1 m και εκφράζεται σε 0,5 mm/m (βλ. Σχήμα I).



Σχήμα I. Προσδιορισμός της απόκλισης δ_1 της ορθογωνικότητας συγκολλητών ξυλοπλακών.

EN 325/1993. *Wood-based panels. Determination of dimensions of test pieces.*
Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός των διαστάσεων των δοκιμίων.

Τα δοκίμια κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα προ του προσδιορισμού των διαστάσεων. Ο προσδιορισμός του πάχους γίνεται με μικρόμετρο με ακρίβεια 0,01 mm. Για τον προσδιορισμό του πλάτους και μήκους χρησιμοποιείται μικρομετρικός βερνιέρος ο οποίος κατά τη μέτρηση τοποθετείται υπό γωνία 45° ως προς την επιφάνεια του δοκιμίου (βλ. Σχήμα I). Κατά τη μέτρηση ασκείται ελαφρά πίεση και το αποτέλεσμα εκφράζεται με ακρίβεια 0,01 mm.



Σχήμα I. Τρόπος μέτρησης του μήκους (πλάτους) των ξυλοπλακών.

EN 326-1/1994. Wood-based panels. Sampling, cutting and inspection. Part 1. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Δειγματοληψία, διαμόρφωση με τομή, και έλεγχος. Μέρος 1. Δειγματοληψία και διαμόρφωση δοκιμίων με τομή και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Ο αριθμός των ξυλοπλακών η του συγκολλητού προϊόντος που επιλέγεται εξαρτάται από το σκοπό της έρευνας των ιδιοτήτων των πλακών. Σχετικές κατευθυντήριες γραμμές δίδονται από τις προδιαγραφές EN 326-2 και EN 326-3. Πάντως λόγω της γνωστής μεταβλητότητας (διασποράς) των ιδιοτήτων τόσο μεταξύ των πλακών όσο και εντός της ίδιας της πλάκας είναι απαραίτητος ο ποιοτικός έλεγχος ενός ελάχιστου αριθμού n δοκιμίων ανά πλάκα για κάθε ιδιότητα. Ο ελάχιστος αριθμός των δοκιμίων μιας πλάκας κατά ιδιότητα παρουσιάζεται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστος αριθμός δοκιμίων ανά ιδιότητα για κάθε πλάκα.

Ιδιότητα	Προδιαγραφή	Αριθμός δοκιμίων
Περιεχόμενη υγρασία	EN 322	4
Μεταβολή διαστάσεων	EN 318	4
Πυκνότητα	EN 323	6
Αντοχή σε κάμψη	EN 310	
- Μέτρο ελαστικότητας		6
- Μέτρο θραύσεως		6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης	EN 319	8
Κατά πάχος διόγκωση σε νερό	EN 317	8
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακής στρώσης	EN 311	8
Αντοχή δεσμών συγκόλλησης αντικολλητού	EN 314-2	10

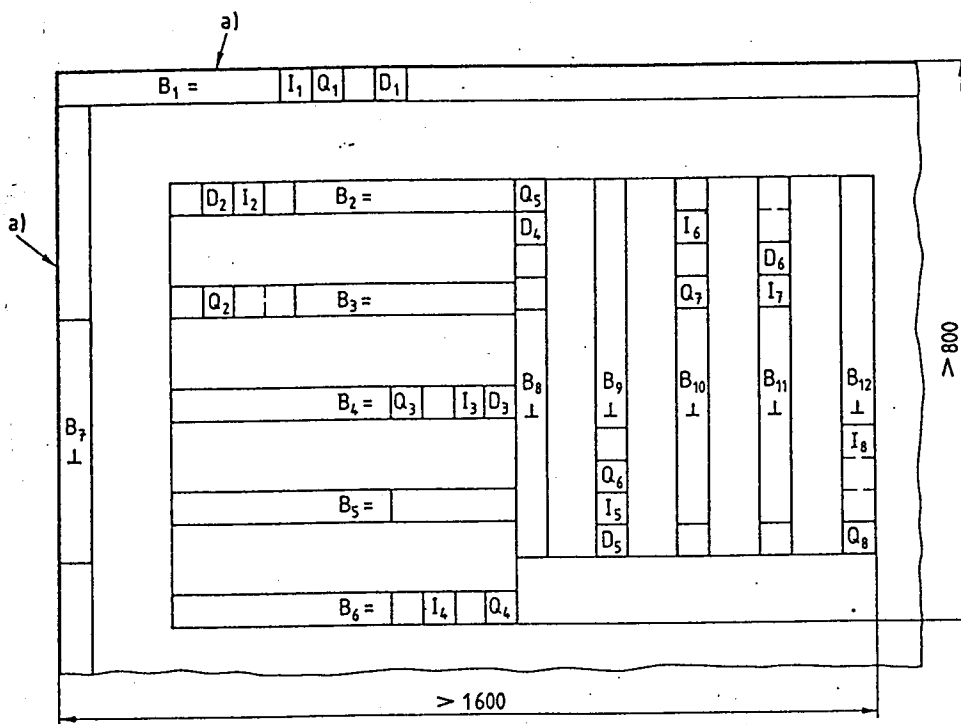
Για τον προσδιορισμό των τιμών εκείνων των ιδιοτήτων οι οποίες παρουσιάζουν μεταβλητότητα στην κατεύθυνση του μήκους και του πλάτους της πλάκας λαμβάνονται δύο χωριστές ομάδες δοκιμίων στις δύο αυτές κατευθύνσεις.

Τα δοκίμια παίρνονται με τυχαίο τρόπο από την πλάκα με διαστάσεις όπως αυτές που προβλέπουν οι αντίστοιχες προδιαγραφές για κάθε ιδιότητα. Ένα παράδειγμα δειγματοληψίας παρουσιάζει το επόμενο Σχήμα Ι. Σε κάθε ένα δοκίμιο πρέπει να αναγράφονται: ο αύξων αριθμός της πλάκας, ο αύξων αριθμός του δοκιμίου (εντός της πλάκας), η κατεύθυνση του μήκους της πλάκας και ή άνω ή κάτω επιφάνεια της πλάκας. Στη περίπτωση των ξυλοπλακών εκείνων που παρουσιάζουν ασυμμετρία στη κατεύθυνση του πάχους τους θα πρέπει για ορισμένες ιδιότητες, π.χ. αντοχή σε κάμψη, το ήμισυ του αριθμού των δοκιμίων να ελέγχεται με την άνω επιφάνεια της πλάκας προς τα άνω και το άλλο ήμισυ με την άνω επιφάνεια της πλάκας προς τα

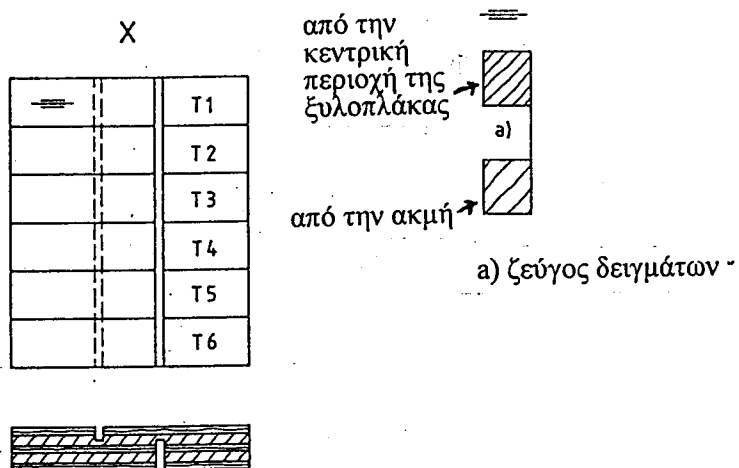
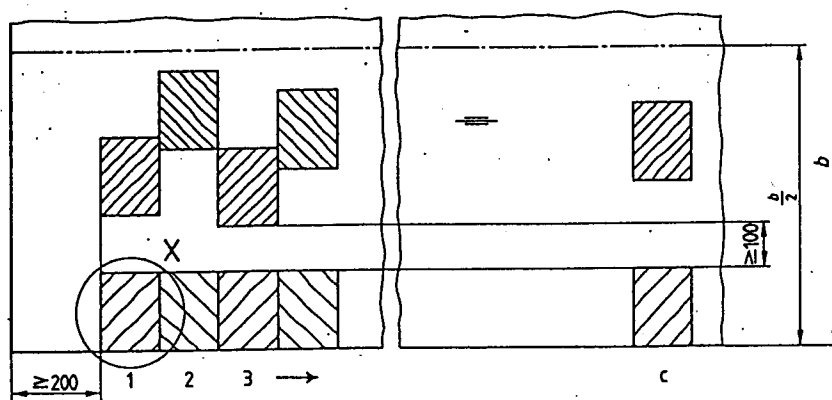
κάτω. Κατά τη διαμόρφωση των δοκιμίων πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε οι ακμές να είναι ορθογωνικές, καθαρές και να μη παρουσιάζουν απανθρακώσεις. Ένα παράδειγμα λήψης δοκιμίων για τον έλεγχο της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης ενός αντικολλητού δείχνει το επόμενο Σχήμα II.

Κάθε πρωτόκολλο ποιοτικού ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνει:

- τόπο, ημερομηνία και όνομα υπεύθυνου παρόντος κατά τη δειγματοληψία,
- τόπο, κατηγορία και άλλα χαρακτηριστικά της πλάκας,
- πυκνότητα (EN 323), περιεχόμενη υγρασία κατά τη δοκιμή (EN 322) και διαστάσεις πλακών,
- αριθμό πλακών n , αριθμό δοκιμίων m εντός κάθε πλάκας,
- σχέδιο δειγματοληψίας
- μέσος όρος αποτελεσμάτων \bar{x} κατά πλάκα και \bar{x} μεταξύ των πλακών, τετραγωνική απόκλιση \bar{s}_w εντός των πλακών, τετραγωνική απόκλιση \bar{s}_x μεταξύ των μέσων όρων των πλακών,
- κάθε απόκλιση της δοκιμής από τις ισχύουσες EN προδιαγραφές.



Σχήμα Ι. Παράδειγμα δειγματοληψίας δοκιμίων από μία συγκολλητή ξυλοπλάκα. = : το μήκος του δοκιμίου λαμβάνεται παράλληλα με το μήκος του αντικολλητού ή την κατεύθυνση παραγωγής άλλου τύπου πλακών (μοριοπλάκες, ινοπλάκες), \perp : το μήκος του δοκιμίου λαμβάνεται κάθετα προς το μήκος του αντικολλητού ή την κατεύθυνση παραγωγής άλλου τύπου πλακών (μοριοπλάκες, ινοπλάκες). Η αντιστοιχία δοκιμίων του σχήματος και ιδιοτήτων είναι η ακόλουθη: D₁-D₆ : πυκνότητα, B₁-B₁₂ : αντοχή σε κάμψη, Q₁-Q₈ : κατά πάχος διόγκωση, I₁-I₈ : εγκάρσιος εφελκυσμός. α) : παρυφωμένα πλευρά της πλάκας.



Σχήμα II. Παράδειγμα δειγματοληψίας δοκιμίων για τον έλεγχο της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης σε ξυλοπλάκα αντικολλητού. 1-c : αριθμός δειγμάτων, b : πλάτος της πλάκας, ≡ : κατεύθυνση ινών ξυλοφύλλων εξωτερικών στρώσεων.

2. Μοριοπλάκες και Ινοπλάκες

EN 309/1992. Particleboards. Definition and classification. Μοριοπλάκες. Ορισμός και ταξινόμηση.

Μοριοπλάκα είναι το συγκολλητό προϊόν μορφής πλάκας το οποίο αποτελείται από ξυλοτεμαχίδια διαφόρου μορφής και μεγέθους (ξυλοτεμαχίδια, πριονίδια, ροκανίδια, πλανίδια τύπου strands, και wafers), από ξύλο δασικών ειδών ή λιγνοκυτταρινικά στελέχη γεωργικών φυτών π.χ. κάνναβης, σαχαροκάλαμου, λιναριού, τα οποία αφού αναμιχθούν με κατάλληλη συγκολλητική ουσία συμπιέζονται με υψηλές θερμοκρασίες σε προκαθορισμένα πάχη. Η ταξινόμησή τους μπορεί να γίνει με βάση διάφορα κριτήρια.

Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής διακρίνονται:

- κοινές μοριοπλάκες (επίπεδη θέση ξυλοτεμαχιδίων στο επίπεδο της πλάκας)
- ωθήσεως μοριοπλάκες (κάθετη θέση ξυλοτεμαχιδίων στο επίπεδο της πλάκας)
 - μη διάτρητη
 - διάτρητη

Ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας:

- χωρίς λείανση
- μετά από λείανση
- επικαλυμμένη με βερνίκια
- επενδυμένη με ξυλόφυλλο ή πλαστικό φύλλο

Ανάλογα με τη μορφή της επιφάνειας:

- επίπεδη
- με ανάγλυφο προφίλ στις μεγάλες επιφάνειες
- με ανάγλυφο προφίλ στις εγκάρσιες επιφάνειες (σόκορα)

Ανάλογα με το μέγεθος και τη μορφή των ξυλοτεμαχιδίων:

- κοινή μοριοπλάκα (κοινό μέγεθος ξυλοτεμαχιδίων)
- μοριοπλάκα με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια (πλανίδια) ορθογωνικής μορφής (Wafers) με τυχαία κατανομή στο επίπεδο της (Waferboard)
- μοριοπλάκα με μεγάλα ξυλοτεμαχίδια (πλανίδια) επιμήκους ορθογωνικής μορφής (Strands) προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση (Oriented Strandboard: OSB)
- μοριοπλάκα από άλλα ξυλοτεμαχίδια π.χ. λιναριού.

Ανάλογα με τη δομή της πλάκας:

- μονόστρωμη
- πολύστρωμη
- με σταδιακή μεταβολή κατά την έννοια του πάχους
- ωθήσεως διάτρητη

Ανάλογα με τις χρήσεις:

- για γενικούς σκοπούς
- για εσωτερικούς χώρους και επιπλοποιΐα
- για φέρουσες κατασκευές στην οικοδομική
 - σε ξηρό περιβάλλον
 - σε υγρό περιβάλλον
- για ειδικές χρήσεις
 - με ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε φόρτιση

- με ανθεκτικότητα σε βιολογικές προσβολές
- με πυρανθεκτικότητα
- με ακουστικές ιδιότητες
- άλλες χρήσεις.

EN 317/1993. Particleboards and fiberboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water. Μοριοπλάκες και ινοπλάκες. Προσδιορισμός της κατά πάχος διόγκωσης μετά από εμβάπτιση σε νερό.

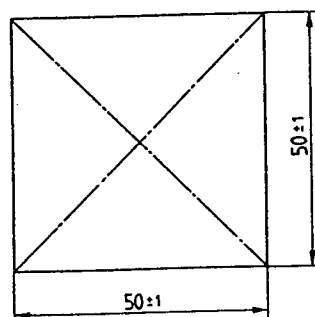
Η προδιαγραφή ισχύει για μοριοπλάκες, ινοπλάκες και μοριοπλάκες τσιμέντου. Τα δοκίμια έχουν τετραγωνική μορφή με πλευρά (50 ± 1) mm. Προ της δοκιμής τα δοκίμια κλιματίζονται μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ θερμοκρασία και $65 \pm 5\%$ σχετ. υγρασία). Μετά τον κλιματισμό μετρείται το πάχος στο μέσο του δοκιμίου (τομή διαγωνίων) με ακρίβεια 0,01 mm (βλ. Σχήμα I). Στη συνέχεια τα δοκίμια τοποθετούνται κάθετα εντός δοχείου με νερό pH 7 ± 1 και θερμοκρασία $20 \pm 1^\circ\text{C}$ έτσι ώστε να απέχουν επαρκή απόσταση μεταξύ τους και από τα τοιχώματα του δοχείου. Η άνω πλευρά του δοκιμίου πρέπει να απέχει απόσταση τουλάχιστον 25 ± 5 mm από την επιφάνεια του νερού. Μετά την παρέλευση καθορισμένης διάρκειας παραμονής στο νερό τα δοκίμια εξάγονται από το νερό, απομακρύνεται η περίσσεια νερού και μετριέται το πάχος στο μέσο του δοκιμίου. Η κατά πάχος διόγκωση σε νερό

προσδιορίζεται από τη σχέση:
$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100$$

Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε % με ακρίβεια ένα δεκαδικό ψηφίο.

όπου, t_1 : το πάχος του δοκιμίου προ της εμβάπτισης στο νερό

t_2 : το πάχος του δοκιμίου μετά την εμβάπτιση σε νερό.



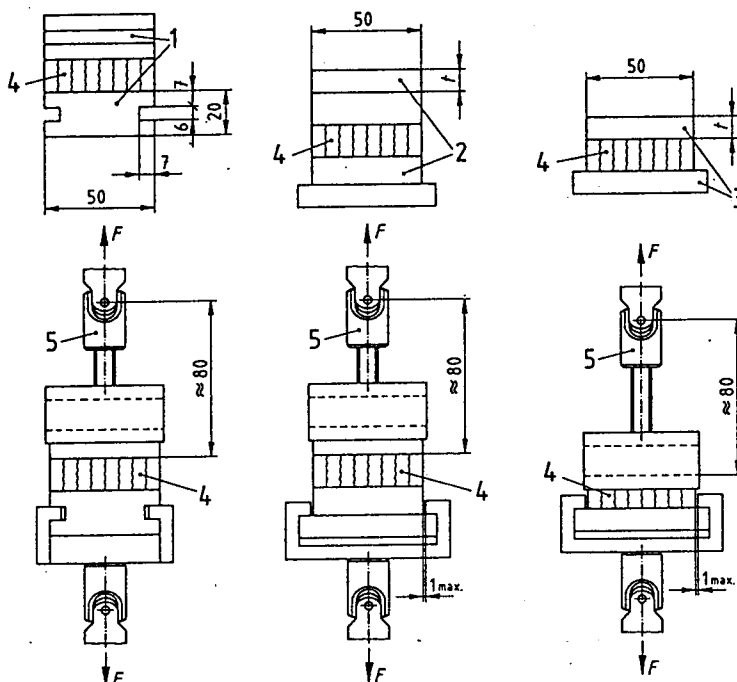
Σχήμα I. Μορφή και διαστάσεις δοκιμίου για τον προσδιορισμό της κατά πάχος διόγκωσης.

EN 319/1993. Particleboards and fiberboards. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. Μοριοπλάκες και ινοπλάκες.
Προσδιορισμός της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό (μεσαίας στρώσης).

Η προδιαγραφή ισχύει για κοινές μοριοπλάκες, και ινοπλάκες και μοριοπλάκες τσιμέντου. Τα δοκίμια έχουν τετραγωνική μορφή πλευράς (50 ± 1) mm. Προ της δοκιμής τα δοκίμια επικολλούνται σε πλακίδια (μεταλλικά, από ξύλο πλατυφύλλων ή από αντικολλητό) προκειμένου να προσαρμοσθούν στη μηχανή αντοχής. Προ της δοκιμής τα δοκίμια και τα πλακίδια συγκολλησεως κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ θερμοκρασία και $65 \pm 5\%$ σχετ. υγρασία). Μετά τον κλιματισμό μετρούνται οι διαστάσεις (μήκος και πλάτος) και μετά με χρησιμοποίηση κατάλληλης συγκολλητικής ουσίας γίνεται επικόλληση των πλακιδίων και προσάρτηση στη μηχανή αντοχής (βλ. Σχήμα Ι). Για την επικόλληση μεταλλικών πλακιδίων συνιστώνται θερμοπλαστική ή εποξειδική κόλλα. Για την επικόλληση ξύλινων πλακιδίων ή πλακιδίων από αντικολλητό συνιστώνται κόλλες όπως θερμοπλαστική εποξειδική, PVAC, ουρία-φορμαλδεΰδη και φαινόλη-ρεσορκίνη. Για τη σκλήρυνση της θερμοπλαστικής και της εποξειδικής κόλλας απαιτούνται 24 ώρες ενώ για τις άλλες κόλλες 72 ώρες. Μετά την επικόλληση των πλακιδίων ακολουθεί κλιματισμός τους σε κανονικό κλίμα μέχρι την πλήρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας. Στην περίπτωση πλακών πάχους $< 8,0$ mm ή προϊόντων με πυκνότητα > 800 Kg/m^3 συνιστάται η χρήση μεταλλικών πλακιδίων.

Τα δοκίμια μετά τη συγκόλληση και τον κλιματισμό προσαρτώνται στη μηχανή αντοχής και φορτίζονται με σταθερή ταχύτητα έτσι ώστε η θραύση να επέλθει σε χρόνο (60 ± 30) s. Η αντοχή σε θραύση f_t υπολογίζεται από τη σχέση: $f_t = \frac{F_{\max}}{a \cdot b}$

όπου, F_{\max} : το φορτίο θραύσης σε N
a,b : το μήκος και πλάτος του δοκιμίου σε mm.



Σχήμα Ι. Επικόλληση πλακιδίων στις δύο όψεις του δοκιμίου και τρόπος συγκράτησης στη μηχανή αντοχής. 1: μεταλλικό πλακίδιο, 2: πλακίδιο μορφής T από μέταλλο, ξύλο πλατυφύλλων ή αντικολλητό πλατυφύλλων, 3: πλακίδιο από αντικολλητό πλατυφύλλων (ακατάλληλο για μικρού πάχους δοκίμια, 4: δοκίμιο, 5: μεταλλική άρθρωση, t: 10 mm τουλάχιστον για μεταλλικά πλακίδια, t: 15 mm τουλάχιστον για πλακίδια από ξύλο πλατυφύλλων ή αντικολλητό πλατυφύλλων.

EN 311/1992. *Particleboards. Surface soundness of particleboards. Test method. Μοριοπλάκες. Αντοχή επιφανειακών στρώσεων σε εγκάρσιο εφελκυσμό. Μέθοδος δοκιμής.*

Η προδιαγραφή αναφέρεται σε γυμνές μοριοπλάκες (μη επενδυμένες ή επικαλυμμένες). Προσδιορίζεται η αντοχή της επιφάνειας ή των επιφανειακών στρώσεων σε δύναμη εγκάρσιου εφελκυσμού. Η προδιαγραφή μπορεί να εφαρμοσθεί και σε επενδυμένες ή επικαλυμμένες μοριοπλάκες (με πλαστικό φύλλο, ξυλόφυλλο ή βερνίκι)* όμως στη περίπτωση αυτή ελέγχεται η αντοχή συγκόλλησης της επένδυσης – επικάλυψης στη μοριοπλάκα.

Τα δοκίμια έχουν τετραγωνικό σχήμα (50 mm x 50 mm). Στην επιφάνεια του δοκιμίου διανοίγεται κυκλική εγκοπή εσωτερικής διαμέτρου 35,7 mm και βάθους εγκοπής $0,3 \pm 0,1$ mm (βλ. Σχήμα ΙΑ). Τα δοκίμια κλιματίζονται μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ και $65 \pm 5\%$ σχετ. υγρασία). Στη συνέχεια στην επιφάνεια της κυκλικής εγκοπής επικολλάται μεταλλικό πλακίδιο διαμέτρου 35,6 mm και μορφής όπως δείχνεται στο σχετικό Σχήμα ΙΒ. Για την επικόλληση χρησιμοποιείται θερμοπλαστική κόλλα θερμοκρασίας τήξεως έως 150°C . Το μεταλλικό πλακίδιο μετά την επικόλληση συμπιέζεται με μικρή πίεση $0,1-0,2$ N/mm² στην επιφάνεια του δοκιμίου μέχρι ψύξης (πλήρη σκλήρυνση). Εάν η μοριοπλάκα έχει πάχος <10 mm απαιτείται επικόλληση περισσότερων του ενός δοκιμίων μεταξύ τους ώστε το συνολικό πάχος να είναι τουλάχιστον 10 mm. Για την κέντρωση και προσαρμογή του δοκιμίου στη μηχανή αντοχής απαιτείται κατάλληλη μεταλλική διάταξη (βλ. Σχήμα ΙΓ,Δ). Κατά τη δοκιμή στη μηχανή αντοχής το φορτίο εφαρμόζεται με τέτοια ταχύτητα ώστε η θραύση να επιτευχθεί μετά από 30 έως 60 sec. Η αντοχή των επιφανειακών στρώσεων σε εγκάρσιο εφελκυσμό εκφράζεται με ακρίβεια $0,01$ N/mm² και προσδιορίζεται από τη σχέση:

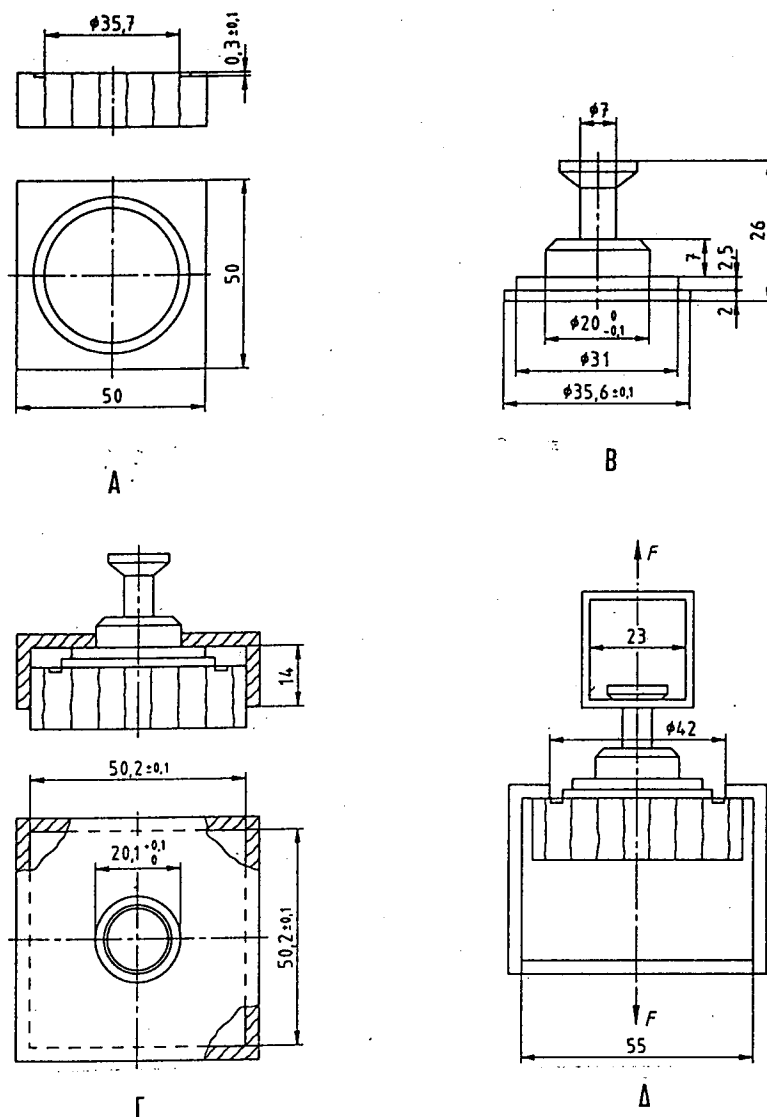
$$S = \frac{F}{A}$$

όπου, F: δύναμη θραύσεως σε N

A: η επιφάνεια αποκόλλησης (1000 mm²).

Για κάθε πλάκα απαιτείται έλεγχος 10 δοκιμίων. Από τα δοκίμια αυτά το ήμισυ δοκιμάζεται στην άνω επιφάνεια της πλάκας και το άλλο ήμισυ στην κάτω επιφάνεια της πλάκας.

*Στη περίπτωση αυτή το βάθος της κυκλικής εγκοπής είναι ίσο με το πάχος της επένδυσης ή επικάλυψης ή το πολύ εισέρχεται κατά 0,3 mm στην επιφανειακή στρώση της μοριοπλάκας.



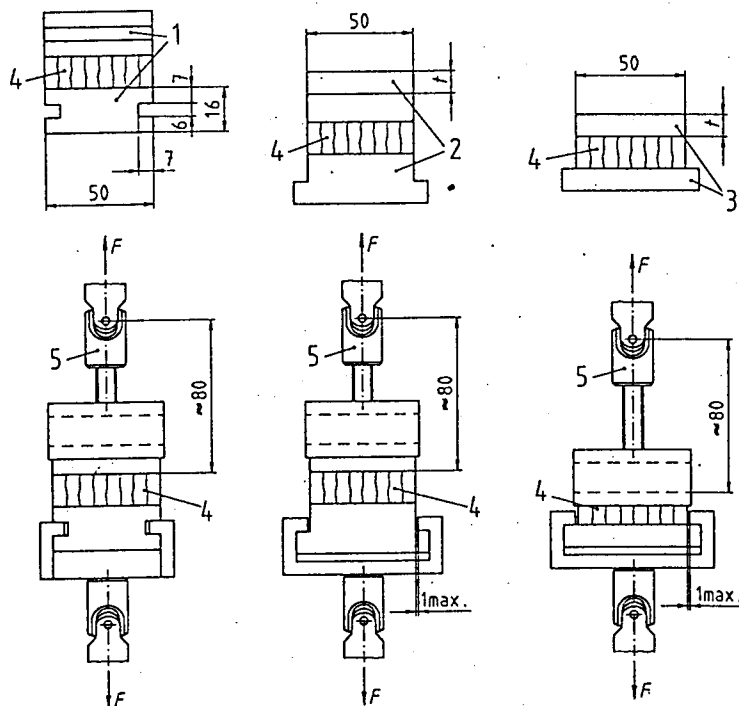
- Σχήμα Ι. Α. Δοκίμιο με τη διανοιχθείσα εγκοπή.
 Β. Επικόλληση μεταλλικού πλακιδίου στο δοκίμιο.
 Γ. Κέντρωση.
 Δ. Διάταξη συγκράτησης του δοκιμίου στη μηχανή αντοχής.

EN 1087-1/1995. Particleboards. Determination of moisture resistance. Part 1: Boil test. Μοριοπλάκες, προσδιορισμός της ανθεκτικότητας σε επίδραση υγρασίας. Μέρος 1: Δοκιμή βρασμού.

Η προδιαγραφή αυτή αναφέρεται στην ποιότητα συγκόλλησης των μοριοπλάκων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε υγρά περιβάλλοντα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των EN 312-5 και EN 312-7.

Τα δοκίμια έχουν τετραγωνική μορφή με μήκος πλευράς 50 ± 1 mm. Απαιτούνται τουλάχιστον 8 δοκίμια κατά πλάκα. Για την προσάρτηση στη μηχανή αντοχής πρέπει να προηγηθεί επικόλληση στις δύο επιφάνειες των δοκιμίων πλακιδίων κατάλληλης μορφής και διαστάσεων είτε από μέταλλο είτε από αντικολλητό (βλ. Σχήμα Ι). Στην

περίπτωση του αντικολλητού αυτό πρέπει να είναι εννιάστρωμο από οξιά και πάχους τουλάχιστον 15 mm. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν και αντικολλητά από άλλα είδη ξύλου εάν έχουν ισότιμη αντοχή σε κάμψη. Πλακίδια από συμπαγές ξύλο δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν. Προ της επικόλλησης τόσο τα δοκίμια όσο και τα πλακίδια του αντικολλητού κλιματίζονται μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα ($20\pm 2^\circ\text{C}$ και $65\pm 5\%$ σχετ. υγρασία). Ακολουθεί η μέτρηση του μήκους και του πλάτους των δοκιμίων και η επικόλληση των πλακιδίων με κατάλληλη συγκολλητική ουσία. Χρησιμοποιείται συνήθως για μεταλλικά πλακίδια εποξειδική κόλλα ενώ για πλακίδια αντικολλητών εποξειδική κόλλα, κόλλα φαινόλης-ρεσορκινόλης ή κόλλα πολυουρεθάνης δύο συστατικών. Προ της δοκιμής πρέπει να προηγηθεί η επαρκής σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας και ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας κατά το πάχος του δοκιμίου. Αυτό επιτυγχάνεται με επαρκή κλιματισμό των δοκιμίων μετά τη συγκόλλησή τους με τα πλακίδια σε κανονικό κλίμα. Σύμφωνα με εμπειρία από την πράξη απαιτούνται 24 ώρες για εποξειδική κόλλα και 72 ώρες για κόλλα φαινόλης-ρεσορκινόλης. Ο χειρισμός των επικολλημένων με πλακίδια δοκιμίων προ της δοκιμής στη μηχανή αντοχής περιλαμβάνει τα ακόλουθα: Τοποθέτησή τους σε δοχείο νερού ($\text{pH } 7\pm 0,5$ και $\Theta = 20\pm 5^\circ\text{C}$) έτσι ώστε τουλάχιστον να απέχουν μεταξύ τους και από τα τοιχώματα του δοχείου απόσταση 15 mm. Στη συνέχεια αυξάνεται η θερμοκρασία έτσι ώστε εντός χρόνου (90 ± 10) min να φθάσει το νερό σε βρασμό ($\sim 100^\circ\text{C}$). Ο βρασμός συνεχίζεται για διάρκεια (120 ± 5) min. Στη συνέχεια τα δοκίμια απομακρύνονται από το βράζον νερό και τοποθετούνται για 1 έως 2 ώρες εντός δοχείου σε νερό $\Theta = 20\pm 5^\circ\text{C}$ για ψύξη. Μετά από τη ψύξη απομακρύνεται η περίσσεια νερού από την επιφάνεια του δοκιμίου και ακολουθεί η δοκιμή στη μηχανή αντοχής σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 319.



Σχήμα Ι. Επικόλληση πλακιδίων στις δύο όψεις του δοκιμίου και τρόπος συγκράτησης στη μηχανή αντοχής. 1: μεταλλικό πλακίδιο, 2: πλακίδιο μορφής T από μέταλλο ή αντικολλητό, 3: πλακίδιο αντικολλητού (ακατάλληλο για μικρού πάχους ξυλοπλάκες), 4: δοκίμιο, 5: μεταλλική άρθρωση, $t \geq 15$ mm.

EN 300/1997. Oriented Strand Boards (OSB). Definitions, classification and specifications. Ξυλοπλάκες με ξυλοτεμαχίδια επιμήκους μορφής προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση. Ορισμοί, ταξινόμηση, απαιτήσεις.

Η προδιαγραφή αναφέρεται σε ξυλοπλάκες κατασκευασμένες από επιμήκη μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια (πλανίδια) τα οποία συγκολλούνται με συγκολλητική ουσία σε πολλές στρώσεις. Τα ξυλοτεμαχίδια των επιφανειακών στρώσεων είναι παράλληλα με το μήκος ή το πλάτος της πλάκας ενώ τα ξυλοτεμαχίδια της ή των μεσαίων στρώσεων κάθετα προς εκείνα των επιφανειακών ή με τυχαία κατανομή.

Η ταξινόμηση διακρίνει 4 κλάσεις (τύπους) OSB.

OSB/1. Πλάκες για γενικές χρήσεις σε εσωτερικούς χώρους και την επιπλοποιΐα, ξηρό περιβάλλον¹⁾

OSB/2. Πλάκες για φέρουσες κατασκευές σε εσωτερικούς χώρους, ξηρό περιβάλλον

OSB/3. Πλάκες για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον²⁾

OSB/4. Πλάκες ιδιαίτερα υψηλής αντοχής για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον.

Οι γενικές απαιτήσεις για όλες τους τύπους OSB δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Γενικές απαιτήσεις για όλους τους τύπους OSB.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις
*Αποκλίσεις διαστάσεων		
- πάχος (μετά τη λείανση) εντός και μεταξύ πλακών	EN 324-1	± 0,3 mm
- πάχος (προ της λείανσης) εντός και μεταξύ πλακών		± 0,8 mm
- μήκος και πλάτος		± 3,0 mm
*Ευθυτένεια πλευρών	EN 324-2	1,5 mm/m
*Ορθογωνικότητα	EN 324-2	2,0 mm/m
Περιεχόμενη υγρασία		
- OSB/1, OSB/2	EN 322	2 έως 12%
- OSB/3, OSB/4		5 έως 12%
*Αποκλίσεις της πυκνότητας σε σχέση με τη μέση πυκνότητα της πλάκας	EN 323	± 10%
Δυναμικότητα έκλυσης φορμαλδεΰδης (Τιμές με μέθοδο Perforator)	EN 120	≤ 8 mg/100 g
- 1 ^η κλάση		> 8 mg/100 g
- 2 ^η κλάση		≤ 30 mg/100 g

*: ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό σε κανονικό κλίμα.

¹⁾: ξηρό περιβάλλον: η περιεχόμενη υγρασία της ξυλοπλάκας αντιστοιχεί σε κλίμα χώρου θερμοκρασίας 20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες του χρόνου μπορεί να υπερβαίνει το 65%.

²⁾: υγρό περιβάλλον: περιεχόμενη υγρασία της ξυλοπλάκας αντιστοιχεί σε κλίμα χώρου θερμοκρασίας 20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες μόνο εβδομάδες του χρόνου μπορεί να υπερβαίνει το 85%.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις μηχανικές ιδιότητες (ελάχιστες επιτρεπτές τιμές) και την κατά πάχος διόγκωση (μέγιστες επιτρεπτές τιμές) των 4 τύπων OSB απεικονίζονται στους επόμενους Πίνακες.

Ελάχιστες απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων και κατά πάχος διόγκωσης OSB/1 τύπου 1 για γενικούς σκοπούς, εσωτερικούς χώρους και επιπλοποιία και γενικώς σε ξηρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
Κάμψη (N/mm^2)					
- μέτρο θραύσης	310	20	18	16	
- μέτρο θραύσης \perp	310	10	9	8	
- μέτρο ελαστικότητας	310	2500	2500	2500	
- μέτρο ελαστικότητας \perp	310	1200	1200	1200	
Εγκάρσιος εφελκυσμός, (N/mm^2) (μεσαία στρώση)	319	0,30	0,28	0,26	
Κατά πάχος διόγκωση, (%) σε νερό (24 ώρες)	317	25	25	25	

||: διεύθυνση με τη μεγαλύτερη αντοχή

\perp : διεύθυνση με τη μικρότερη αντοχή

Ελάχιστες απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων και κατά πάχος διόγκωσης OSB/2 τύπου 2 για φέρουσες κατασκευές σε ξηρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
Κάμψη (N/mm^2)					
- μέτρο θραύσης		22	20	18	
- μέτρο θραύσης \perp	EN 310	11	10	9	
- μέτρο ελαστικότητας		3500	3500	3500	
- μέτρο ελαστικότητας \perp		1400	1400	1400	
Εγκάρσιος εφελκυσμός, (N/mm^2) (μεσαία στρώση)	EN 319	0,34	0,32	0,30	
Κατά πάχος διόγκωση, (%) σε νερό (24 ώρες)	EN 317	20	20	20	

Ελάχιστες απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων και κατά πάχος διόγκωσης OSB/3 τύπου 3 για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
Κάμψη (N/mm^2)					
- μέτρο θραύσης	EN 310	22	20	18	
- μέτρο θραύσης \perp		11	10	9	
- μέτρο ελαστικότητας		3500	3500	3500	
- μέτρο ελαστικότητας \perp		1400	1400	1400	
Εγκάρσιος εφελκυσμός, (N/mm^2)	EN 319	0,34	0,32	0,30	
Κατά πάχος διόγκωση, (%) σε νερό (24 ώρες)	EN 317	15	15	15	

Ελάχιστες απαιτήσεις σε ανθεκτικότητα υγρασίας OSB/3 τύπου 3 για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
Αντοχή σε κάμψη, (N/mm^2) μετά από κυκλικό τεστ,	EN 321	9	8	7	
Αντοχή σε εγκάρσιο (N/mm^2) εφελκυσμό μετά από κυκλικό τεστ	EN 319	0,18	0,15	0,13	
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από τεστ βρασμού ¹	EN 1087-1	0,15	0,13	0,12	

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (βλ. σημείωση σελ 399)

Ελάχιστες απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων και κατά πάχος διόγκωσης OSB/4 τύπου 4 ιδιαίτερα υψηλής αντοχής για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
Κάμψη (N/mm^2)					
- μέτρο θραύσης	EN 310	30	28	26	
- μέτρο θραύσης \perp		16	15	14	
- μέτρο ελαστικότητας		4800	4800	4800	
- μέτρο ελαστικότητας \perp		1900	1900	1900	
Εγκάρσιος εφελκυσμός, (N/mm^2) (μεσαία στρώση)	EN 319	0,50	0,45	0,40	
Κατά πάχος διόγκωση, (%) σε νερό (24 ώρες)	EN 317	12	12	12	

Ελάχιστες απαιτήσεις σε ανθεκτικότητα υγρασίας OSB/4 τύπου 4 ιδιαίτερα υψηλής αντοχής για φέρουσες κατασκευές σε υγρό περιβάλλον.

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις Πάχος σε mm			
		6-10	>10	<18	18-25
¹ Αντοχή σε κάμψη, (N/mm ²) μετά από κυκλικό τεστ,	EN 321	15	14	13	
Αντοχή σε εγκάρσιο (N/mm ²) εφελκυσμό μετά από κυκλικό τεστ	EN 310				
	EN 321	0,21	0,17	0,15	
	EN 319				
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από τεστ βρασμού ¹	EN 1087-1	0,17	0,15	0,13	

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ 399)
Για τον υπολογισμό της αντοχής σε κάμψη χρησιμοποιείται το πάχος του δοκιμίου μετά το κυκλικό τεστ.

EN 312-1/1996. Particleboards. Specifications. Part 1. General requirements for board types. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 1. Γενικές απαιτήσεις για όλους τους τύπους των πλακών.

Οι γενικές απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρούν οι μοριοπλάκες μετά την έξοδο τους από το εργοστάσιο παραγωγής απεικονίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Γενικές απαιτήσεις για όλους τους τύπους μοριοπλακών

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις
*Αποκλίσεις διαστάσεων		
- πάχος (μετά τη λείανση) εντός και μεταξύ πλακών	EN 324-1	± 0,3 mm
- πάχος (προ της λείανσης) εντός και μεταξύ πλακών		-0,3 mm+ 1,7mm
- μήκος και πλάτος		± 5 mm
*Ευθυτένεια πλευρών	EN 324-2	1,5 mm/m
*Ορθογωνικότητα	EN 324-2	2,0 mm/m
Περιεχόμενη υγρασία	EN 322	5 έως 13%
*Αποκλίσεις πυκνότητας σε σχέση με τη μέση πυκνότητα της πλάκας	EN 323	± 10%
**Δυναμικότητα έκλυσης φορμαλδεΐδης (τιμές με μέθοδο Perforator)	EN 120	≤ 8 mg/100 g
- 1 ^η κλάση		> 8 mg/100 g
- 2 ^η κλάση		≤ 30 mg/100 g

*: ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων σε κανονικό κλίμα (20°C και 65% σχετ. υγρασία).

**:: οι τιμές ισχύουν για υγρασία πλάκας 6,5%. Εάν η υγρασία H διαφέρει του 6,5% και κυμαίνεται $3\% \leq H \leq 10\%$ τότε οι τιμές Perforator πρέπει να πολλαπλασιασθούν με το συντελεστή F ο οποίος προκύπτει από την ακόλουθη εξίσωση: $F = -0,133 H + 1,86$.

Η συχνότητα διενέργειας των ποιοτικών ελέγχων που αναφέρονται στον ανωτέρω Πίνακα δείχνεται στον επόμενο Πίνακα.

Ιδιότητα	Μέγιστη διάρκεια χρόνου μεταξύ των ελέγχων
Περιεχόμενη υγρασία	8 ώρες ανά τύπο μοριοπλάκας
Δυναμικότητα έκλυσης φορμαλδεΐδης	
Κλάση 1	24 ώρες ανά τύπο μοριοπλάκας
Κλάση 2	1 εβδομάδα ανά τύπο μοριοπλάκας
Όλες οι άλλες ιδιότητες οι αναφερόμενες στον προηγούμενο Πίνακα	8 ώρες ανά τύπο μοριοπλάκας και πάχος

EN 312-2/1996. Particleboards. Specifications. Part 2. Requirements for general purpose boards for use in dry conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 2. Απαιτήσεις μοριοπλακών για γενικούς σκοπούς και χρήση σε ξηρό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να εκπληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων που αναφέρονται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστες απαιτήσεις σε μηχανικές ιδιότητες*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Ελάχιστες απαιτήσεις						
		Πάχος σε mm						
		3-6	>6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη (Μέτρο θραύσης) (N/mm ²)	EN 310	14	12,5	11,5	10	8,5	7	5,5
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,14

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα (20°C και 65% σχετ. υγρασία).

Στην περίπτωση που απαιτούνται πρόσθετες πληροφορίες για ορισμένες ιδιότητες τότε η μεθοδολογία ελέγχου αυτών γίνεται ως ακολούθως: Για πυκνότητα σύμφωνα με EN 323, για μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με EN 318 για αντοχή

εγκάρσιου εφελκυσμού των επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με EN 311 για κατά πάχος διόγκωση σύμφωνα με EN 317.

EN 312-3/1996. Particleboards. Specifications. Part 3. Requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 3. Απαιτήσεις για μοριοπλάκες εσωτερικών χώρων και επιπλοποιΐας για χρήση σε ξηρό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της EN 312-1 και επιπλέον τις απαιτήσεις στις μηχανικές ιδιότητες όπως αυτές παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Ελάχιστες απαιτήσεις σε μηχανικές ιδιότητες*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις							
		Πάχος σε mm							
		3-4	>4-6	>6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²)									
- Μέτρο θραύσης	EN 310	13	15	14	13	11,5	10	8,5	7
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (N/mm ²)	EN 319	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων (N/mm ²)	EN 311	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμών της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα (20°C και 65% σχετ. υγρασία).

Για ορισμένες χρήσεις απαιτούνται επιπρόσθετες πληροφορίες για συγκεκριμένες ιδιότητες οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ως ακολούθως: η πυκνότητα σύμφωνα με την EN 323, η μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με την EN 318, η κατά πάχος διόγκωση σύμφωνα με την EN 317 η περιεχόμενη ποσότητα σε άμμο σύμφωνα με την ISO 3340.

Η μέγιστη διάρκεια χρόνου (συχνότητα) μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων για τις γενικές ιδιότητες καθορίζεται από την προδιαγραφή EN 312-1 ενώ για τις ιδιότητες του ανωτέρω Πίνακα προβλέπεται χρόνος 8 ωρών.

EN 312-4/1996. Particleboards. Specifications. Part 4. Requirements for load-bearing boards for use in dry conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 4. Απαιτήσεις μοριοπλακών για φέρουσες κατασκευές και χρήση σε ξηρό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της EN 312-1 και επιπλέον τις απαιτήσεις των ιδιοτήτων που παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστες απαιτήσεις στις μηχανικές ιδιότητες και την κατά πάχος διόγκωση*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις							
		Πάχος σε mm							
		3-4	>4-6	>6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²) - μέτρο θραύσης - μέτρο ελαστικότητας	EN 310	15 1950	17 2200	17 2300	15 2150	13 1900	11 1700	9 1500	7 1200
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (N/mm ²)	EN 319	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Κατά πάχος διόγκωση (24 ώρες εμβάπτιση) (%)	EN 317	23	19	16	15	15	15	14	14

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Για ορισμένες χρήσεις απαιτούνται επιπρόσθετες πληροφορίες για ορισμένες ιδιότητες οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ως ακολούθως: η πυκνότητα σύμφωνα με την EN 323, η μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με την EN 318, ο εγκάρσιος εφελκυσμός των επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με την EN 311.

Η μέγιστη διάρκεια χρόνου (συχνότητα) μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων για τις γενικές ιδιότητες καθορίζεται από την προδιαγραφή EN 312-1 ενώ για τις ιδιότητες που αναφέρονται στον ανωτέρω Πίνακα απαιτείται χρόνος 8 ωρών.

EN 312-5/1997. Particleboards. Specifications. Part 4. Requirements for load-bearing boards for use in humid conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 5. Απαιτήσεις μοριοπλακών για φέρουσες κατασκευές και χρήσεις σε υγρά περιβάλλοντα.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να εκπληρούν τις απαιτήσεις της EN 326-1 για τις γενικές ιδιότητες και τις ελάχιστες απαιτήσεις για τις λοιπές ιδιότητες όπως παρουσιάζονται στους επόμενους δύο Πίνακες.

Ελάχιστες απαιτήσεις στις μηχανικές ιδιότητες και την κατά πάχος διόγκωση*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις							
		Πάχος σε mm							
		3-4	>4-6	>6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²) - μέτρο θραύσης - μέτρο ελαστικότητας	EN 310	20	19	18	16	14	12	10	9
		2550	2550	2550	2400	2150	1900	1700	1550
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
Κατά πάχος διόγκωση (24 ώρες εμβάπτιση) (%)	EN 317	13	12	11	10	10	10	9	9

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά από κλιματισμό των δοκιμίων της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Ελάχιστες απαιτήσεις για ανθεκτικότητα σε υγρά περιβάλλοντα*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις							
		Πάχος σε mm							
		3-4	>4-6	>6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 310	0,30	0,30	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12
Κατά πάχος διόγκωση μετά το κυκλικό τεστ %	EN 321	12	12	11	11	10	10	9	9

Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 1087-1	0,15	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
---	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Για ορισμένες χρήσεις απαιτούνται πρόσθετες πληροφορίες σε ορισμένες ιδιότητες οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ως ακολούθως: η πυκνότητα σύμφωνα με την EN 323, η μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με την EN 318, και ο εγκάρσιος εφελκυσμός των επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με την EN 311.

Η μέγιστη διάρκεια χρόνου (συχνότητα) μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων για τις γενικές ιδιότητες καθορίζεται από την προδιαγραφή EN 312-1, για τις ιδιότητες του προπροηγούμενου Πίνακα ορίζεται σε 8 ώρες και για την ανθεκτικότητα σε υγρά περιβάλλοντα (προηγούμενος Πίνακας) προβλέπεται 1 εβδομάδα για τις ιδιότητες που ελέγχονται μετά από κυκλικό τεστ και 8 ώρες για τον εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το τεστ βρασμού.

EN 312-6/1996. Particleboards. Specifications. Part 6. Requirements for heavy duty load-bearing boards for use in dry conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 6. Απαιτήσεις για μοριοπλάκες υψηλής αντοχής για φέρουσες κατασκευές και χρήσεις σε ξηρά περιβάλλοντα.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να ικανοποιούν τις γενικές απαιτήσεις που προβλέπει η προδιαγραφή EN 312-1 και τις απαιτήσεις σε μηχανικές ιδιότητες και κατά πάχος διόγκωση που αναφέρονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Ελάχιστες απαιτήσεις στις μηχανικές ιδιότητες και την κατά πάχος διόγκωση*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις					
		Πάχος σε mm					
		6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²)	EN 310	20	18	16	15	14	12
- μέτρο θραύσης		3150	3000	2550	2400	2200	2050
- μέτρο ελαστικότητας							
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας	EN 319	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25

στρώσης (N/mm ²)							
Κατά πάχος διόγκωση (24 ώρες εμβάπτιση) (%)	EN 317	15	14	14	14	13	13

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμών της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Για ορισμένες χρήσεις απαιτούνται επιπρόσθετες πληροφορίες για συγκεκριμένες ιδιότητες οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ως ακολούθως: η πυκνότητα σύμφωνα με την EN 323, η μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με την EN 318, και ο εγκάρσιος εφελκυσμός των επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με την EN 311.

Η μέγιστη διάρκεια χρόνου (συχνότητα) μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων για τις γενικές ιδιότητες καθορίζεται από την προδιαγραφή EN 312-1 ενώ για τις ιδιότητες που αναφέρονται στον ανωτέρω Πίνακα προβλέπεται χρόνος 8 ωρών.

EN 312-7/1997. Particleboards. Specifications. Part 7. Requirements for heavy duty load-bearing boards for use in humid conditions. Μοριοπλάκες. Απαιτήσεις. Μέρος 7. Απαιτήσεις για μοριοπλάκες υψηλής αντοχής για φέρουσες κατασκευές και χρήσεις σε υγρά περιβάλλοντα.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή οι μοριοπλάκες θα πρέπει να εκπληρούν τις απαιτήσεις της EN 326-1 για τις γενικές ιδιότητες και τις ελάχιστες απαιτήσεις για τις λοιπές ιδιότητες όπως αυτές παρουσιάζονται στους δύο επόμενους Πίνακες.

Ελάχιστες απαιτήσεις στις μηχανικές ιδιότητες και την κατά πάχος διόγκωση*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις					
		Πάχος σε mm					
		6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²) - μέτρο θραύσης - μέτρο ελαστικότητας	EN 310	22	20	18,5	17	16	15
		3350	3100	2900	2800	2600	2400
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Κατά πάχος διόγκωση (24 ώρες εμβάπτιση) (%)	EN 317	9	8	8	8	7	7

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμών της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Ελάχιστες απαιτήσεις για ανθεκτικότητα σε υγρά περιβάλλοντα*

Ιδιότητα	Μέθοδος ελέγχου	Απαιτήσεις					
		Πάχος σε mm					
		6-13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40	>40
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 321	0,41	0,36	0,33	0,28	0,25	0,20
Κατά πάχος διόγκωση μετά το κυκλικό τεστ %	EN 321	10	10	9	9	8	8
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 1087-1	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15

*: οι τιμές ισχύουν για περιεχόμενη υγρασία μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων της μοριοπλάκας σε κανονικό κλίμα.

Για ορισμένες χρήσεις απαιτούνται πρόσθετες πληροφορίες σε συγκεκριμένες ιδιότητες οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ως ακολούθως: η πυκνότητα σύμφωνα με την EN 323, η μεταβολή των διαστάσεων σύμφωνα με την EN 318, και ο εγκάρσιος εφελκυσμός των επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με την EN 311.

Η μέγιστη διάρκεια χρόνου (συχνότητα) μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων για τις γενικές ιδιότητες καθορίζεται από την προδιαγραφή EN 312-1, για τις ιδιότητες του προπροηγούμενου Πίνακα ορίζεται σε 8 ώρες και για την ανθεκτικότητα σε υγρά περιβάλλοντα (προηγούμενος Πίνακας) προβλέπεται 1 εβδομάδα για τις ιδιότητες που ελέγχονται μετά από κυκλικό τεστ και 8 ώρες για τον εγκάρσιο εφελκυσμό μετά το τεστ βρασμού.

EN 316/1997. Wood fiberboards. Definition, classification and symbols. Ινοπλάκες ξύλου. Ορισμός, ταξινόμηση, συμβολισμός.

Η ινοπλάκα ξύλου είναι προϊόν μορφής πλάκας πάχους $\geq 1,5$ mm αποτελούμενο από λιγνινοκυτταρινικές πρώτες ύλες το οποίο παράγεται με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών με/ή χωρίς εφαρμογή συμπίεσης. Η σύνδεση-συγκόλληση μεταξύ των ινών επιτυγχάνεται είτε με την αλληλοπλοκή των ινών και ενεργοποίηση χημικών συστατικών του ξύλου είτε με την προσθήκη της κατάλληλης συγκολλητικής ουσίας.

Οι ινοπλάκες ταξινομούνται ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής, το πάχος, την πυκνότητα ή τις χρήσεις.

Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής διακρίνονται δύο κλάσεις:

- ινοπλάκες παραγόμενες με την υγρή μέθοδο
- ινοπλάκες παραγόμενες με την ξηρή μέθοδο.

Στην πρώτη κατηγορία διακρίνονται οι εξής τύποι:

- Σκληρές $\geq 900 \text{ Kg/m}^3$.

Οι ινοπλάκες αυτές μπορεί με κατάλληλους πρόσθετους χειρισμούς να αποκτήσουν επιπλέον ιδιότητες όπως πυρανθεκτικότητα, ανθεκτικότητα σε υγρασία, ανθεκτικότητα σε βιολογικές προσβολές, πλαστικότητα κ.ά. Οι ιδιότητες αυτές επιτυγχάνονται με προσθήκη πολυμερών ή άλλων πρόσθετων ουσιών ή επάλειψη με ξηραινόμενα έλαια.

- Μέσης σκληρότητας ≥ 400 έως $\leq 900 \text{ Kg/m}^3$.

Εδώ ανήκουν δύο υποτύποι:

- μικρότερης πυκνότητας $400-560 \text{ Kg/m}^3$

- μεγαλύτερης πυκνότητας $560-900 \text{ Kg/m}^3$

- Πορώδεις $\geq 230 - \leq 400 \text{ Kg/m}^3$.

Ο τύπος αυτός των ινοπλακών διαθέτει ιδιαίτερες θερμικές και ακουστικές ιδιότητες και μπορεί με κατάλληλους χειρισμούς να αποκτήσει πρόσθετες ιδιότητες π.χ. πυρανθεκτικότητα, ανθεκτικότητα σε υγρασία και αύξηση μηχανικής αντοχής (συνήθως με προσθήκη πίσσας).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF) οι οποίες έχουν πυκνότητα $\geq 400 \text{ Kg/m}^3$ (στην Ευρώπη συνήθως $\geq 600 \text{ Kg/m}^3$). Κατά το στάδιο της στρωμάτωσης οι ίνες έχουν υγρασία $< 20\%$ και η κατασκευή των πλακών γίνεται με προσθήκη συγκολλητικών ουσιών στις ίνες και εφαρμογή θερμής συμπίεσης. Οι πλάκες μπορεί να παρουσιάζουν πρόσθετες ιδιότητες (πυρανθεκτικότητα, ανθυγροσκοπικότητα, προστασία από βιολογικές προσβολές) με επιλογή κατάλληλων συγκολλητικών ουσιών ή προσθήκη άλλων ουσιών.

Ανάλογα με τις συνθήκες χρήσης διακρίνονται διάφοροι τύποι ινοπλακών που χρησιμοποιούνται:

- σε ξηρά περιβάλλοντα

- σε υγρά περιβάλλοντα

- σε εξωτερικές συνθήκες (επίδραση κλιματικών παραγόντων).

Ανάλογα με το σκοπό χρήσης διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι ινοπλακών:

- για γενικές χρήσεις

- για φέρουσες κατασκευές

α) διάρκεια φόρτισης ανεξάρτητη του χρόνου

β) μικρή-πολύ μικρή διάρκεια φόρτισης.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι συμβολισμοί διαφόρων τύπων και υποτύπων ινοπλακών.

Ανάλογα με την παραγωγή

Σκληρές ινοπλάκες	HB
Μέσης σκληρότητας με μικρότερη πυκνότητα	MBL
Μέσης σκληρότητας με μεγαλύτερη πυκνότητα	MBH
Πορώδεις ινοπλάκες	SB
Ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (ξηρή μέθοδος)	MDF

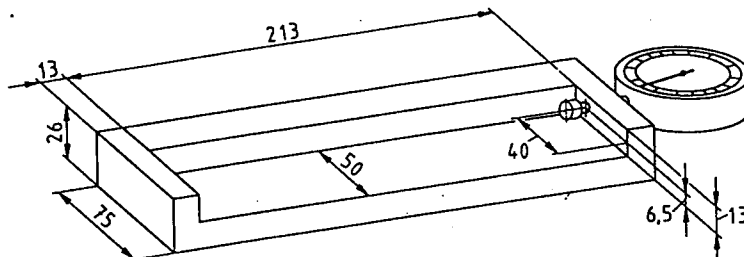
Ανάλογα με τις συνθήκες και σκοπό χρήσης

Υγρά περιβάλλοντα	H
Εξωτερικές συνθήκες	E
Φέρουσες κατασκευές	L
- φόρτιση ανεξάρτητη χρόνου	A
- μικρή-πολύ μικρή διάρκεια φόρτισης	S

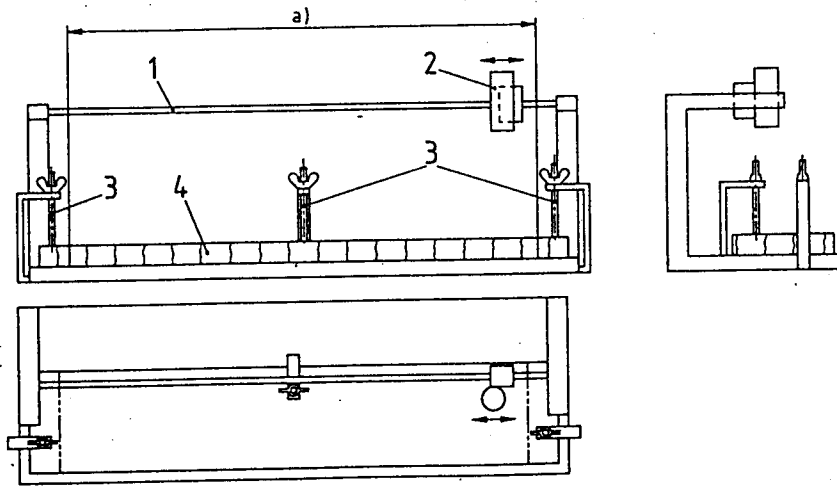
EN 318/1993. Fibreboards. Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity. Ινοπλάκες. Προσδιορισμός των διαστασιακών μεταβολών με μεταβολές της σχετικής υγρασίας.

Αρχή της μεθόδου είναι ο κατ' αρχήν κλιματισμός των δοκιμίων σε κανονικό κλίμα (20 ± 2)°C, (65 ± 5)% σχετ. υγρασία και στη συνέχεια κλιματισμός σε "ξηρό κλίμα" (20 ± 2 °C και 35 ± 5 % σχετ. υγρασία) και σε "υγρό κλίμα" (20 ± 2 °C και 85 ± 5 % σχετ. υγρασία) οπότε προσδιορίζονται η μείωση ή αύξηση των διαστάσεων αντίστοιχα.

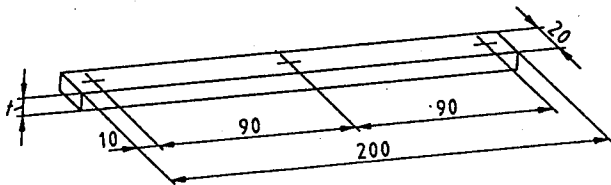
Τα δοκίμια έχουν ορθογωνικό σχήμα με διαστάσεις (200 ± 1) mm x (20 ± 1) mm x πάχος της πλάκας. Από κάθε πλάκα επιλέγονται προς μέτρηση 3 δοκίμια με το μήκος παράλληλα και 3 δοκίμια με το μήκος κάθετα στη διεύθυνση παραγωγής. Η μέτρηση του μήκους γίνεται με τοποθέτηση του δοκιμίου σε κατάλληλη γι' αυτό διάταξη πλαισίου (βλ. Σχήμα I) ή οπτικώς με τη διάταξη που δείχνει το Σχήμα II. Στη δεύτερη περίπτωση μαρκάρεται στο δοκίμιο σταθερή απόσταση 180 mm, της οποίας η αυξομείωση ανάλογα με το κλίμα καταγράφεται οπτικώς με μεγενθυτικό φακό. Οι θέσεις μέτρησης του πάχους του δοκιμίου είναι τρεις (3) και δείχνονται στο Σχήμα III από τις τρεις μετρήσεις προσδιορίζεται ο μέσος όρος κατά δοκίμιο. Το πάχος μετρείται με ακρίβεια 0,01 mm ενώ το μήκος με ακρίβεια 0,1 mm. Κατά τη μέτρηση του μήκους τοποθετείται επί του δοκιμίου βάρος 2000 g έτσι ώστε να εξισορροπούνται διάφορες πιθανές στρεβλώσεις του δοκιμίου που αναπτύσσονται λόγω του κλιματισμού.



Σχήμα I. Συσκευή (μεταλλικό πλαίσιο) μέτρησης μήκους δοκιμίου.



Σχήμα II. Συσκευή μέτρησης (οπτικής) μήκους δοκιμίου. 1. οδοντωτή ράβδος, 2. μεγεθυντικός φακός, 3. στερέωση, 4. δοκίμιο, α) απόσταση προς μέτρηση.



Σχήμα III. Θέσεις μέτρησης του πάχους (t) δοκιμίου.

Η κατά μήκος αύξηση (IL85) ή μείωση (DL35) μετά τον αντίστοιχο κλιματισμό σε “υγρό” ή “ξηρό” κλίμα δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$IL85 = \frac{l_3 - l_1}{l_1} \cdot 100 \quad DL35 = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100$$

όπου, l_1 : το μήκος μετά τον κλιματισμό στο κανονικό κλίμα σε mm

Τα αποτελέσματα εκφράζονται με ακρίβεια 0,05%.

l_2 : το μήκος μετά τον κλιματισμό στο “ξηρό κλίμα” σε mm

l_3 : το μήκος μετά τον κλιματισμό στο “υγρό κλίμα” σε mm.

Η κατά πάχος αύξηση (IT85) ή μείωση (DT35) υπολογίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$IT85 = \frac{t_3 - t_1}{t_1} \cdot 100 \quad DT35 = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100$$

όπου, t_1 : το πάχος μετά τον κλιματισμό στο κανονικό κλίμα σε mm

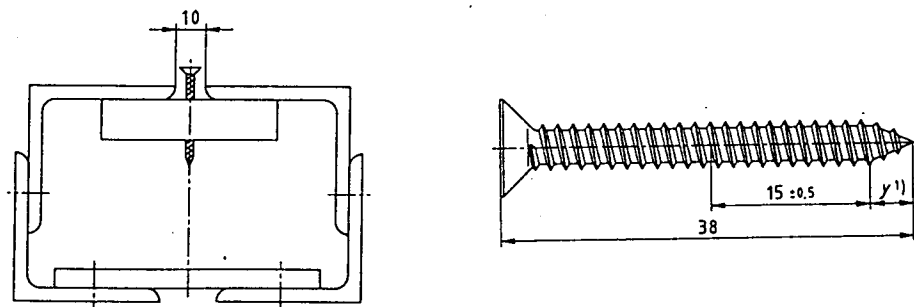
Τα αποτελέσματα εκφράζονται με ακρίβεια 0,5%.

t_2 : το πάχος μετά τον κλιματισμό στο “ξηρό κλίμα” σε mm

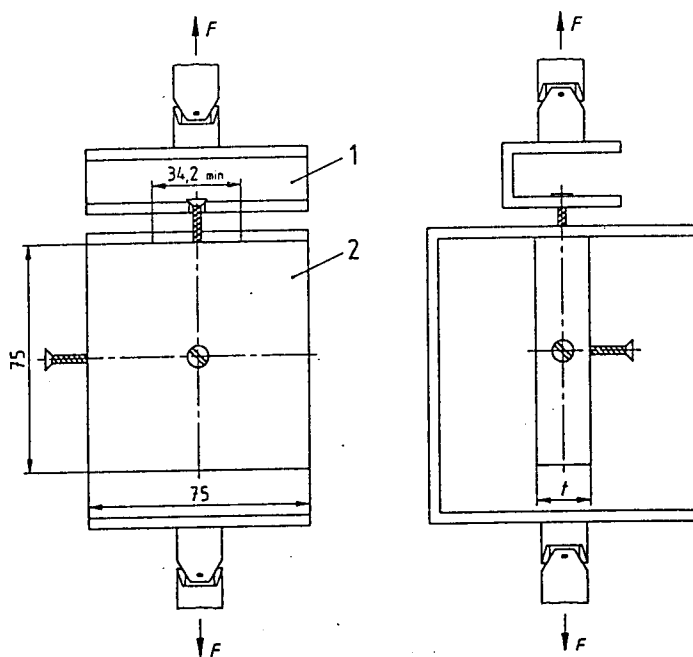
t_3 : το πάχος μετά τον κλιματισμό στο “υγρό κλίμα” σε mm.

EN 320/1993. Fibreboards. Determination of resistance to axial withdrawal of screws. Ινοπλάκες. Προσδιορισμός της αντοχής σε εξαγωγή βίδας.

Αρχή της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός της δύναμης που απαιτείται για την εξαγωγή (αξονικώς) βίδας από τις όψεις (μεγάλες επιφάνειες) και τις πλευρές (σόκορα) της ινοπλάκας. Το τέστ της εξαγωγής βίδας από τις πλευρές εφαρμόζεται μόνο σε ινοπλάκες πάχους >15 mm. Για πλάκες πάχους <15 mm συνιστάται συγκράτηση του δοκιμίου στη μηχανή αντοχής με πλαίσιο της μορφής που δείχνει το Σχήμα IA. Από κάθε πλάκα παίρνονται 5 δοκίμια τετραγωνικής μορφής με πλευρά (75±1) mm. Πρώ της δοκιμής τα δοκίμια κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα (20±2°C και 65±5% σχετ. υγρασία) μέχρι σταθερού βάρους. Μετά τον κλιματισμό στο κέντρο των όψεων και στο κέντρο δύο γειτονικών πλευρών (τομή διαγωνίων) διανοίγονται με οδηγό οπές διαμέτρου (2,7±0,1) mm και βάθους (19±1) mm κάθετα στις επιφάνειες του δοκιμίου. Στις οπές αυτές εμπεγνύονται βίδες διαστάσεων 4,2 mm x 38 mm της μορφής ST 4,2 κατά ISO 1468 με κλίση σπείρας 1,4 mm (Σχήμα IB). Η βίδα εμπεγνύεται έτσι ώστε το κυλινδρικό τμήμα της να εισχωρεί κατά (15±0,5) mm. Αν η ινοπλάκα έχει πάχος <15 mm τότε η βίδα εμπεγνύεται έτσι ώστε το κωνικό άκρο γ να εξέρχεται από την κάτω πλευρά του δοκιμίου (βλ. Σχήμα IA). Μετά την έμψηξη το δοκίμιο συγκρατείται καταλλήλως με μεταλλικό εξάρτημα στη μηχανή αντοχής (βλ. Σχήμα II). Κατά τη δοκιμή ασκείται δύναμη με σταθερή ταχύτητα (10±1) mm/min εξαγωγής της βίδας και υπολογίζεται η δύναμη με ακρίβεια 10,0 N που απαιτήθηκε για την εξαγωγή της. Στην περίπτωση εξαγωγής βίδας από τις δύο πλευρές (σόκορα) υπολογίζεται ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων. Για ινοπλάκες πάχους <15 mm το αποτέλεσμα εκφράζεται σε N/mm και δίνεται με ακρίβεια 1 N/mm.



Σχήμα Ι. Α. Διάταξη συγκράτησης δοκιμίου πάχους $< 15\text{ mm}$ στη μηχανή αντοχής.
 Β. Μορφή και διαστάσεις βίδας και σπείρωμα ST σύμφωνα με την ISO 1478.



Σχήμα ΙΙ. Παράδειγμα συγκράτησης δοκιμίου πάχους $\ge 15\text{ mm}$ στη μηχανή αντοχής.
 1. μεταλλικό πλαίσιο, 2. δοκίμιο, t. πάχος δοκιμίου.

EN 321/1993. Fibreboards. Cyclic test in humid conditions. Ινοπλάκες κυκλικό τέστ σε υγρές συνθήκες.

Σύμφωνα με τη προδιαγραφή αυτή τα δοκίμια υποβάλλονται σε τρεις κύκλους (χειρισμούς) που περιλαμβάνουν την εμβάπτιση σε νερό, τη ψύξη και την ξήρανση. Στη συνέχεια προσδιορίζονται η κατά πάχος διόγκωση και ο εγκάρσιος εφελκυσμός. Από την κάθε πλάκα παίρνονται 5 δοκίμια τετραγωνικής διατομής πλευράς $(50 \pm 1)\text{ mm}$. Τα δοκίμια αφού κλιματισθούν σε κανονικό κλίμα ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ και $65 \pm 5\%$ σχετ. υγρασία) υποβάλλονται διαδοχικά σε 3 κύκλους καθένας των οποίων περιλαμβάνει τους ακόλουθους χειρισμούς:

1. Εμβάπτιση για (72 ± 1) ώρες σε νερό $\Theta = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

2. Ψύξη για $(24 \pm 0,25)$ ώρες σε $\Theta = -12$ έως -20°C .

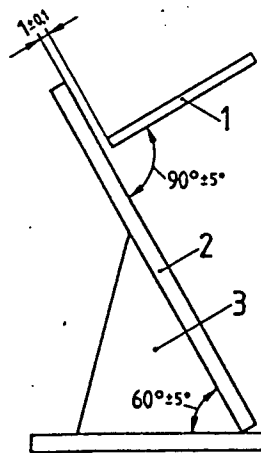
3. Ξήρανση για (72 ± 1) ώρες σε $\Theta = (70 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Ο κάθε κύκλος περιλαμβάνει 168 ώρες (1 εβδομάδα) και επαναλαμβάνεται 3 φορές. Μετά το πέρας κάθε κύκλου τα δοκίμια ψύχονται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στο τέλος των τριών (3) κύκλων τα δοκίμια κλιματίζονται στο κανονικό κλίμα μέχρι σταθερού βάρους. Μετά το πέρας του κλιματισμού μετρείται το πάχος των δοκιμίων σύμφωνα με την EN 325 και προσδιορίζεται σύμφωνα με την EN 317 η κατά πάχος διόγκωση. Ακολούθως προσδιορίζεται σύμφωνα με την EN 319 η αντοχή των δοκιμίων σε εγκάρσιο εφελκυσμό.

EN 382/1993. Part 1. Fibreboards. Determination of surface absorption. Part 1. Test method for dry process fibreboards. Μέρος 1. Ινοπλάκες. Προσδιορισμός της προσρόφησης από την επιφάνεια. Μέρος 1. Μέθοδος δοκιμής για ινοπλάκες που παράγονται με τη ξηρή μέθοδο.

Αρχή της μεθόδου είναι η μέτρηση του μήκους της κηλίδας που σχηματίζεται στην επιφάνεια ενός δοκιμίου κατά τη ρίψη μιας σταγόνας τολουολίου επάνω σε αυτή.

Τα δοκίμια διαστάσεων (300 ± 2) mm x (100 ± 2) mm x πάχος πλάκας κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα προ της δοκιμής. Στη συνέχεια τοποθετούνται επί πλαισίου έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία 60° και η διεύθυνση του μήκους των να συμπίπτει με τη διεύθυνση λειάνσεως. Ακολούθως με τη βοήθεια πιπέτας 2ml (τύπος 2, κλάση A, κατά ISO 835-2) αφήνεται να ενσταλάξει στην επιφάνεια του δοκιμίου 1 ml τολουολίου $\Theta = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ εντός (4 ± 1) sec. (βλ. Σχήμα I). Μετράται το μέγιστο μήκος της κηλίδας του τολουολίου επί μιας ευθείας παράλληλης προς τις πλευρές του δοκιμίου και εκφράζεται σε mm με ακρίβεια 1 mm. Ο προσδιορισμός γίνεται και στις δύο όψεις του δοκιμίου εφ' όσον και οι δύο είναι λείες.



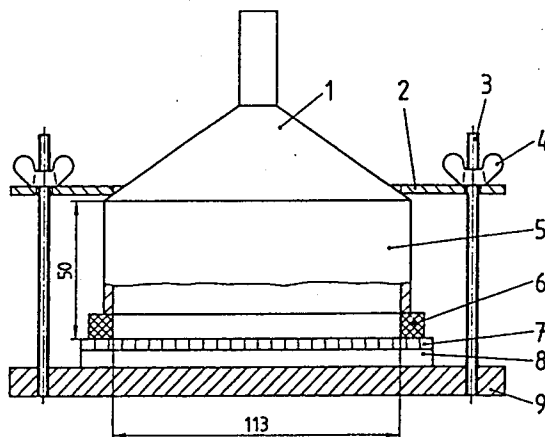
Σχήμα I. Προσδιορισμός της ικανότητας προσρόφησης υγρών από την επιφάνεια ινοπλακών παραγομένων με τη ξηρή μέθοδο. 1. πιπέτα, 2. δοκίμιο, 3. βάση στήριξης.

EN 382/1994. Part 2. Fibreboards. Determination of surface absorption. Part 2. Test method for hardboards. Μέρος 2. Ινοπλάκες. Προσδιορισμός της προσρόφησης από την επιφάνεια. Μέρος 2. Μέθοδος δοκιμής για σκληρές ινοπλάκες.

Αρχή της μεθόδου είναι η μέτρηση της προσροφούμενης ποσότητας νερού (g/m^2) από τη λεία επιφάνεια σκληρών ινοπλακών εντός ορισμένου χρόνου.

Τα δοκίμια τετραγωνικής μορφής με πλευρά (130 ± 1) mm, κλιματίζονται σε κανονικό κλίμα μέχρι σταθερού βάρους και προσδιορίζεται το βάρος τους. Το δοκίμιο προσαρμόζεται στη μηχανική διάταξη που δείχνει το επόμενο Σχήμα I και επί αυτού τοποθετείται κύλινδρος (μεταλλικός) ύψους 50 mm, εσωτερικής διατομής (10000 ± 50) mm^2 και ελάχιστου πάχους τοιχωμάτων 6 mm. Εντός του κυλίνδρου τοποθετούνται 100 ml αποσταγμένου νερού $\Theta = 20 \pm 1^\circ\text{C}$ και αφήνονται να επιδράσουν (120 ± 5) min στην επιφάνεια του δοκιμίου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Μετά την παρέλευση του ανωτέρω χρόνου αφαιρείται ο κύλινδρος και το εναπομείναν νερό, απομακρύνεται η περίσσεια νερού από την επιφάνεια του δοκιμίου και προσδιορίζεται το βάρος του. Η ικανότητα προσρόφησης της επιφάνειας προσδιορίζεται από τη σχέση: $A = 100 (m_2 - m_1)$.

όπου, A : η προσρόφηση της επιφάνειας σε g/m^2
 m_1 : η μάζα του δοκιμίου προ της δοκιμής σε g
 m_2 : η μάζα του δοκιμίου μετά τη δοκιμή σε g.



Σχήμα I. Συσκευή προσδιορισμού της προσρόφησης νερού από τη λεία επιφάνεια ινοπλακών σκληρού τύπου. 1. χωνί, 2,3,4. μηχανισμός στερέωσης, 5. κύλινδρος, 6. φλάντζα στεγανοποίησης, 7. δοκίμιο, 8. φύλλο ελαστικού, 9. μεταλλική πλάκα.

EN 622-1/1997. Fibreboards, Specifications. Part 1. General requirements.
 Ινοπλάκες, Προδιαγραφές. Μέρος 1. Γενικές απαιτήσεις.

Οι ινοπλάκες που διατίθενται στο εμπόριο από το εργοστάσιο παραγωγής πρέπει να πληρούν τις οριακές απαιτήσεις που καταγράφονται στους δύο επόμενους Πίνακες. Οι αναφερόμενες τιμές των Πινάκων ισχύουν για υγρασία ισορροπίας των ινοπλακών μετά τον κλιματισμό τους στο κανονικό κλίμα.

Γενικές απαιτήσεις για διαφόρους τύπους ινοπλακών

	Τύπος ινοπλάκας				
	Μέθοδος δοκιμής	Σκληρή (HB)	Μέσης σκληρότητας (MBL) και (MBH)	Πορώδης (SB)	Παραγωγή με ξηρή μέθοδο (MDF)
Αποκλίσεις διαστάσεων					
- Πάχος	EN 324-1		βλ. επόμενο Πίνακα		
- Μήκος/Πλάτος	EN 324-1		±2 mm/m, έως	±5 mm	
Ορθογωνικότητα	EN 324-2		2 mm/m		
Ευθυτένεια πλευρών Μήκος/Πλάτος	EN 324-2		1,5 mm/m		
Υγρασία (%)	EN 322	4-9	4-9	4-9	4-11
Αποκλίσεις από τη μέση πυκνότητα (εντός της πλάκας)	EN 323	-	-	-	-
Δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης (τιμή Perforator)*	EN 120				
κλάση A		-	-	-	≤9 mg/100 g
κλάση B		-	-	-	≤40 mg/100 g

* Η τιμή Perforator ισχύει για υγρασία ινοπλάκας 6,5%. Απόκλιση από την υγρασία αυτή απαιτεί διόρθωση με συντελεστή διορθώσεως ως ακολούθως: για $4\% \leq H \leq 9\%$

$$F = -0,133 H + 1,86 \text{ για υγρασία } H < 4\% \text{ και } H > 9\% \quad F = 0,636 + 3,12e^{-0,346H}$$

Οριακές αποκλίσεις πάχους ινοπλακών

Σκληρή (HB)	Ονομαστικό πάχος (mm)		
	≤ 3,5	> 3,5 έως 5,5	> 5,5
	± 0,3 mm	± 0,5 mm	± 0,7 mm
Μέσης σκληρότητας (MBL και MBH)	Ονομαστικό πάχος (mm)		
	≤ 10	> 10	
	± 0,7 mm	± 0,8 mm	
Πορώδης (SB)	Ονομαστικό πάχος (mm)		
	≤ 10	≥ 10 έως 19	> 19
	± 0,7 mm	± 1,2 mm	± 1,8 mm

Παραγωγή με τη ξηρή μέθοδο (MDF)	Ονομαστικό πάχος (mm)		
	≤ 6	> 6 έως 19	> 19
	± 0,2 mm	± 0,2 mm	± 0,3 mm

Οι οριακές τιμές που αναφέρονται στους δύο προηγούμενους Πίνακες πρέπει να προσδιορίζονται κατά τον ποιοτικό έλεγχο που εκτελεί η παραγωγός εταιρεία σε τακτά χρονικά διαστήματα που παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Μέγιστος χρόνος μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων

Ιδιότητα	Μέγιστος χρόνος μεταξύ ελέγχων
Δυναμικό φορμαλδεΐδης*	
Κλάση Α	24 ώρες για κάθε τύπο ινοπλάκας
Κλάση Β	1 εβδομάδα για κάθε τύπο ινοπλάκας
Υγρασία πλάκας	8 ώρες για κάθε τύπο ινοπλάκας
Υπόλοιπες ιδιότητες των δύο προηγούμενων Πινάκων	8 ώρες για κάθε κλάση πάχους και τύπο ινοπλάκας

* Εάν οι ινοπλάκες εμφανίζουν μικρό ή ανύπαρκτο δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης τότε ο μέγιστος χρόνος μεταξύ των ποιοτικών ελέγχων με απόφαση της παραγωγού εταιρείας μπορεί να αυξάνεται.

Οι ινοπλάκες ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση χρωματίζονται με τρεις λωρίδες πλάτους τουλάχιστον 12 mm ως εξής:

Πρώτο χρώμα	λευκό	Γενικές χρήσεις
Πρώτο χρώμα	κίτρινο	Χρήση ως φέροντα στοιχεία κατασκευών
Δεύτερο χρώμα	κυανούν	Σε ξηρά περιβάλλοντα
Δεύτερο χρώμα	πράσινο	Σε υγρά περιβάλλοντα
Δεύτερο χρώμα	καστανό	Σε εξωτερικούς χώρους

EN 622-2/1997. Fibreboards, Specifications. Part 2. Requirements for hardboards.

Ινοπλάκες, Προδιαγραφές. Μέρος 2. Απαιτήσεις για σκληρές ινοπλάκες.

Ανάλογα με τους τομείς χρήσεις οι σκληρές ινοπλάκες διακρίνονται σ' αυτές που προορίζονται για γενικές χρήσεις (δεν υπόκεινται σε φορτίσεις) και σε εκείνες οι οποίες υπόκεινται σε φορτίσεις ως μέλη των κατασκευών στις οποίες συμμετέχουν. Οι πλάκες πρέπει να πληρούν τις γενικές απαιτήσεις που προβλέπει η προδιαγραφή EN 622-1.

I. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες προοριζόμενες για γενικές χρήσεις. Οι απαιτήσεις εδώ διαχωρίζονται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης των πλακών.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες γενικών χρήσεων για ξηρά περιβάλλοντα* (τύπος HB).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	25
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,50	0,50	0,50
Αντοχή σε κάμψη - Μέτρο θραύσης (N/mm ²)	EN 310	30	30	30

*Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65%

Πίνακας 2. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες γενικών χρήσεων για υγρά περιβάλλοντα* (τύπος HB.H).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	25	20	20
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,60	0,60	0,60
Αντοχή σε κάμψη - Μέτρο θραύσης (N/mm ²)	EN 310	35	32	30
¹ Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,30	0,30	0,25

*Υγρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 85%.

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ. 399)

Πίνακας 3. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες γενικών χρήσεων για εξωτερικούς χώρους* (τύπος HB.E).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	12	10	8
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,60	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	40	35	32
- Μέτρο ελαστικότητας		3600	3100	2900
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,50	0,42	0,35

*Εξωτερικοί χώροι: έκθεση σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες ή επαφή με νερό ή υδρατμό σε ένα υγρό περιβάλλον το οποίο όμως είναι αεριζόμενο.

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (βλ. σημείωση σελ. 399)

II. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες που υπόκεινται σε φορτίσεις οποιασδήποτε διάρκειας. Οι απαιτήσεις όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες, διαφορίζονται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης των πλακών.

Πίνακας 4. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες υποκείμενες σε φορτίσεις για ξηρά περιβάλλοντα* (τύπος HB.LA).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	25
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,60	0,60	0,60
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	33	32	30
- Μέτρο ελαστικότητας		2700	2500	2300

*Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65%.

Πίνακας 5. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες υποκείμενες σε φορτίσεις για υγρά περιβάλλοντα (τύπος HB.HLA₁).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	15	13	10
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,80	0,70	0,65
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²) - Μέτρο θραύσης - Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	38 3800	36 3600	34 3100
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,50	0,42	0,35

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ. 399)

Πίνακας 6. Απαιτήσεις σε σκληρές ινοπλάκες υποκείμενες σε υψηλές φορτίσεις για υγρά περιβάλλοντα (τύπος HB.HLA₂).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤3,5	>3,5 έως 5,5	>5,5
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	15	13	10
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,80	0,70	0,65
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²) - Μέτρο θραύσης - Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	44 4500	42 4300	38 4100
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,50	0,42	0,35
² Αντοχή σε κάμψη μετά από βρασμό (N/mm ²) - Μέτρο θραύσης	EN 310 EN 1087-1	17	16	15

²: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ. 399). Για τον υπολογισμό της αντοχής σε κάμψη χρησιμοποιούνται οι διαστάσεις του δοκιμίου προ του βρασμού.

Οι αναφερόμενες στους Πίνακες 1 έως 6 ιδιότητες προσδιορίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στον ποιοτικό έλεγχο που διενεργεί η παραγωγός εταιρεία. Τα χρονικά αυτά διαστήματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους χρόνους που καθορίζει ο επόμενος Πίνακας.

Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων

Ιδιότητα	Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων
Γενικές ιδιότητες	βλέπε EN 622-1
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά από βρασμό	24 ώρες
Όλες οι λοιπές ιδιότητες που αναφέρονται στους Πίνακες 1 έως 6	8 ώρες

Για ορισμένες χρήσεις είναι πιθανόν να απαιτηθούν από την παραγωγό εταιρεία πρόσθετες πληροφορίες για συγκεκριμένες ιδιότητες των οποίων οι οριακές τιμές δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Οριακές τιμές
Μεταβολή των διαστάσεων (%)		
- Μήκος	EN 318	0,25
- Πάχος	EN 318	10
Προσρόφηση νερού από μια όψη (g/m ²)	EN 382-2	300
Περιεκτικότητα σε άμμο (%)	ISO 3340	0,05

Οι σκληρές ινοπλάκες ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση χρωματίζονται με δύο ή τρεις λωρίδες πλάτους τουλάχιστον 12 mm ως εξής:

Χρήσεις	Χρωματισμός	Τύπος ινοπλάκας	Πίνακες
Γενικές χρήσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, κυανός	HB	1
» , Υγρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, πράσινος	HB.H	2
» , Εξωτερικοί χώροι	λευκός, λευκός, καστανός	HB.E	3
Φορτίσεις , Ξηρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, κυανός	HB.LA	4
» , Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος,, πράσινος	HB.HLA ₁	5
Υψηλές φορτίσεις, Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, πράσινος	HB.HLA ₂	6

Μετά τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- το όνομα της παραγωγού εταιρείας ή κάποιο εμπορικό όνομα ή κάποιο σύμβολο
- ο τύπος της ινοπλάκας (σύντομος χαρακτηρισμός δηλ. HB, HB.H, HB.E, HB.LA, HB.HLA₁, HB.HLA₂)
- το ονομαστικό πάχος
- η εβδομάδα και το έτος παραγωγής.

EN 622-3/1997. Fiberboards. Specifications. Part 3. Requirements for medium density hardboards. Ινοπλάκες, Προδιαγραφές. Μέρος 3. Απαιτήσεις για ινοπλάκες μέσης σκληρότητας.

Ανάλογα με τους τομείς χρήσης οι ινοπλάκες μέσης σκληρότητας (τύποι MBL και MBH σύμφωνα με EN 316) διακρίνονται σ' αυτές που προορίζονται για γενικές χρήσεις (δεν υπόκεινται σε φορτίσεις) και σε εκείνες που υπόκεινται σε φορτίσεις. Οι πλάκες θα πρέπει κατ' αρχή να πληρούν τις γενικές απαιτήσεις που προβλέπει η προδιαγραφή EN 622-1.

I. Απαιτήσεις ινοπλακών μέσης πυκνότητας προοριζομένων για γενικές χρήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές διαφορίζονται, όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης των πλακών.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας γενικών χρήσεων για ξηρά περιβάλλοντα* (τύποι MBL και MBH).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)			
		Τύποι ινοπλακών			
		≤10		>10	
		MBL	MBH	MBL	MBH
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	EN 317	20	15	20	15
Αντοχή σε Εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	–	0,10	–	0,10
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²) - Μέτρο θραύσης	EN 310	10	15	8	12

* Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65%.

Πίνακας 2. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας γενικών χρήσεων για υγρά περιβάλλοντα* (τύποι MBL.H και MBH.H).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)			
		Τύποι ινοπλακών			
		≤10		>10	
		MBL.H	MBH.H	MBL.H	MBH.H
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	EN 317	15	10	15	10
Αντοχή σε Εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	–	0,30	–	0,30
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)					
- Μέτρο θραύσης	EN 310	12	18	10	15
- Μέτρο θραύσης μετά από βρασμό ¹	EN 1087-1	–	6	–	5

* Υγρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 85%.

Πίνακας 3. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας γενικών χρήσεων για εξωτερικούς χώρους* (τύποι MBL.E και MBH.E).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)			
		Τύποι ινοπλακών			
		≤10		>10	
		MBL.E	MBH.E	MBL.E	MBH.E
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτιση σε νερό (%)	EN 317	9	6	9	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	–	0,30	–	0,30
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)					
- Μέτρο θραύσης	EN 310	14	21	12	18
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	–	2400	–	220
- Μέτρο θραύσης μετά από βρασμό ¹	EN 1087-1	–	8	–	6

* Εξωτερικοί χώροι: έκθεση σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες ή επαφή με νερό ή υδρατμό σε ένα υγρό περιβάλλον το οποίο όμως είναι αεριζόμενο.

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (βλ. σημείωση σελ. 399). Για τον υπολογισμό της αντοχής σε κάμψη χρησιμοποιούνται οι διαστάσεις του δοκιμίου προ του βρασμού.

II. Οι απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις (οποιασδήποτε διάρκειας) ως μέλη κατασκευών αναφέρονται μόνο στον τύπο MBH δηλ. της υψηλότερης πυκνότητας και διαφορίζονται όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης των πλακών.

Πίνακας 4. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος MBH.LA₁).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)	
		≤10	>10
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	15	15
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,10	0,10
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)			
- Μέτρο θραύσης	EN 310	18	15
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	1800	1600

Πίνακας 5. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος MBH.LA₂).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)	
		≤10	>10
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	15	15
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,20	0,20
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)			
- Μέτρο θραύσης	EN 310	21	118
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	2700	2500

Πίνακας 6. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες μέσης σκληρότητας προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος MBH.HLS₁).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)	
		≤10	>10
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	7	7
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,40	0,40
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)			
- Μέτρο θραύσης	EN 310	25	22
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	2300	2100
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,20	0,20

¹: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ. 399)

Πίνακας 7. Απαιτήσεις ινοπλακών μέσης σκληρότητας προοριζομένων να υποστούν υψηλές φορτίσεις σε υγρά περιβάλλοντα (τύπος MBH.HLS₂).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)	
		≤10	>10
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	7	7
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,40	0,40
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)			
- Μέτρο θραύσης	EN 310	28	25
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	2900	2800
- Μέτρο θραύσης μετά από βρασμό ²	EN 1087-1	10	9
¹ Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βρασμό (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,20	0,20

²: Ισχύει η τροποποίηση της EN 1087-1 όπως προβλέπεται για το MDF στην EN 622-5/1997 (Βλ. σημείωση σελ. 399). Για τον υπολογισμό της αντοχής σε κάμψη χρησιμοποιούνται οι διαστάσεις του δοκιμίου προ του βρασμού.

Οι αναφερόμενες στους Πίνακες 1 έως 7 ιδιότητες προσδιορίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στον ποιοτικό έλεγχο που διενεργεί η παραγωγός εταιρεία. Τα χρονικά αυτά διαστήματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους χρόνους που καθορίζει ο επόμενος Πίνακας.

Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων

Ιδιότητα	Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων
Γενικές ιδιότητες	βλέπε EN 622-1
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά από βρασμό	24 ώρες
Όλες οι λοιπές ιδιότητες που αναφέρονται στους Πίνακες 1 έως 7	8 ώρες

Για ορισμένες χρήσεις είναι πιθανόν να απαιτηθούν από την παραγωγό εταιρεία πρόσθετες πληροφορίες για ορισμένες ιδιότητες των οποίων οι οριακές τιμές δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Οριακές τιμές
Μεταβολή των διαστάσεων (%)		
- Μήκος	EN 318	0,20
- Πάχος	EN 318	7
Αντοχή σε εξαγωγή βίδας κάθετα στις όψεις (N/mm)	EN 320	30
Περιεκτικότητα σε άμμο (%)	ISO 3340	0,05

Μετά τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- το όνομα της παραγωγού εταιρείας ή κάποιο εμπορικό όνομα ή άλλο σύμβολο
- ο τύπος της ινοπλάκας (MBL, MBH, MBL.H, MBH.H, MBL.E, MBH.E, MBH.LA₁, MBH.LA₂, MBH.HLS₁, MBH.HLS₂)
- το ονομαστικό πάχος
- η εβδομάδα και το έτος παραγωγής

Οι ινοπλάκες μέσης σκληρότητας ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση χρωματίζονται από την παραγωγό εταιρεία με δύο ή τρεις λωρίδες πλάτους τουλάχιστον 12 mm ως εξής:

Χρήσεις	Χρωματισμός	Τύπος ινοπλάκας	Πίνακες
Γενικές χρήσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, κυανός	MBL, MBH	1
» , Υγρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, πράσινος	MBL.H, MBH.H	2
» , Εξωτερικοί χώροι	λευκός, λευκός, καστανός	MBL.E, MBH.E	3
Φορτίσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, κυανός	MBH.LA ₁	4
» , Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, πράσινος	MBH.HLS ₁	5
Υψηλές φορτίσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κυανός	MBH.LA ₂	6
» , Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, πράσινος	MBH.HLS ₂	

EN 622-4/1997. Fiberboards. Specifications. Part 4. Requirements for softboards.

Ινοπλάκες, Προδιαγραφές. Μέρος 4. Απαιτήσεις για πορώδεις ινοπλάκες.

Οι ινοπλάκες θα πρέπει κατ' αρχήν να πληρούν τις γενικές απαιτήσεις που προβλέπει η προδιαγραφή EN 622-1. Ανάλογα με τους τομείς χρήσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: αυτές που προορίζονται για γενικές χρήσεις και εκείνες που ως μέλη κατασκευών υπόκεινται σε φορτίσεις.

I. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες γενικών χρήσεων. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης οι ινοπλάκες διαφορίζονται όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες γενικών χρήσεων για ξηρά περιβάλλοντα* (τύπος SB).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤10	>10 έως 19	>19
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	10	10	10
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	0,9	0,8	0,8

* Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65%.

Πίνακας 2. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες γενικών χρήσεων για υγρά περιβάλλοντα* (τύπος SB.H).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤10	>10 έως 19	>19
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	7	7	7
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	1,1	1,0	0,8

* Υγρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία μόνο ολίγες εβδομάδες του χρόνου υπερβαίνει το 85%.

Πίνακας 3. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες γενικών χρήσεων για εξωτερικούς χώρους* (τύπος SB.E).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤10	>10 έως 19	>19
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	6	6	6
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	1,2	1,1	0,9

* Εξωτερικοί χώροι: έκθεση σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες ή επαφή με νερό ή υδρατμό σε ένα υγρό περιβάλλον το οποίο όμως είναι αεριζόμενο.

II. Οι απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες που προορίζονται να υποστούν φορτίσεις αναφέρονται σε φορτίσεις πολύ μικρής – μικρής διάρκειας και διαφορίζονται όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες εφαρμογής.

Πίνακας 4. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος SB.LS).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤10	>10 έως 19	>19
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	8	8	8

Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	1,2	1,1	0,9
- Μέτρο ελαστικότητας		140	130	100

Πίνακας 5. Απαιτήσεις σε πορώδεις ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε υγρά περιβάλλοντα (τύπος SB.HLS).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)		
		≤10	>10 έως 19	>19
Κατά πάχος διόγκωση μετά από 2 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	6	6	6
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)				
- Μέτρο θραύσης	EN 310	1,3	1,2	1,0
- Μέτρο ελαστικότητας		150	140	120

Οι αναφερόμενες στους Πίνακες 1 έως 5 ιδιότητες προσδιορίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στον ποιοτικό έλεγχο που διενεργεί η παραγωγός εταιρεία. Τα χρονικά αυτά διαστήματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους χρόνους που καθορίζει ο επόμενος Πίνακας.

Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων

Ιδιότητα	Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων
Γενικές ιδιότητες	βλέπε EN 622-1
Όλες οι λοιπές ιδιότητες που αναφέρονται στους Πίνακες 1 έως 5	8 ώρες

Μετά τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- το όνομα της παραγωγού εταιρείας ή κάποιο εμπορικό όνομα ή κάποιο σύμβολο
- ο τύπος της ινοπλάκας (SB, SB.H, SB.E, SB.LS, SB.HLS)
- το ονομαστικό πάχος
- η εβδομάδα και το έτος παραγωγής.

Οι πορώδεις ινοπλάκες ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση χρωματίζονται από την παραγωγό εταιρεία με λωρίδες χρώματος πλάτους τουλάχιστον 12 mm ως ακολούθως:

Χρήσεις	Χρωματισμός	Τύπος ινοπλάκας	Πίνακες
Γενικές χρήσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, κυανός	SB	1
» , Υγρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, πράσινος	SB.H	2
» , Εξωτερικοί χώροι	λευκός, λευκός, καστανός	SB.E	3
Φορτίσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, κυανός	SB.LS	4
» , Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος,, πράσινος	SB.HLS	5

EN 622-5/1997. Fiberboards. Specifications. Part 5. Requirements for dry process boards (MDF). Ινοπλάκες, Προδιαγραφές. Μέρος 5. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες παραγόμενες με την ξηρή μέθοδο (MDF)

Οι ινοπλάκες τύπου MDF θα πρέπει κατ' αρχήν να πληρούν τις γενικές απαιτήσεις που προβλέπει η προδιαγραφή EN 622-1. Ανάλογα με τους τομείς χρήσης οι ινοπλάκες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: αυτές που προορίζονται για γενικές χρήσεις και εκείνες οι οποίες ως μέλη κατασκευών υπόκεινται σε φορτίσεις.

I. Απαιτήσεις σε μοριοπλάκες τύπου MDF γενικών χρήσεων. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες χρήσης διακρίνονται διάφοροι υποτύποι όπως δείχνουν οι επόμενοι Πίνακες.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες γενικών χρήσεων για ξηρά περιβάλλοντα* (τύπος MDF).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	23	23	23	23	22	20	18	17	15
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	-	-	2700	2700	2500	2200	2100	1900	1700

* Ξηρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες το χρόνο υπερβαίνει το 65% (κατασκευές εσωτερικών χώρων και επιπλοποιία).

Πίνακας 2. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες γενικών χρήσεων για υγρά περιβάλλοντα* (τύπος MDF.H).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,60
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²)										
- Μέτρο θραύσης	EN 310	27	27	27	27	26	24	22	17	15
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	2700	2700	2700	2700	2500	2400	2300	2200	2000
Κατά πάχος διόγκωση μετα κυκλικό τεστ (%)	EN 317 EN 321	50	40	25	19	16	15	15	15	15
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 319 EN 321	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
**Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 319 EN1087-1	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

*Υγρά περιβάλλοντα: ισχύει για υγρασία ινοπλάκας η οποία αντιστοιχεί σε κλίμα Θ=20°C και σχετικής υγρασίας η οποία ολίγες εβδομάδες του χρόνου υπερβαίνει το 85%.

**Προβλέπεται η εξής τροποποίηση σε σχέση με την EN 1087-1: Η συγκόλληση των δοκιμών με τα πλακίδια γίνεται αφού περατωθεί ο χειρισμός τους με βρασμό ως ακολούθως. Τα δοκίμια αφού βράσουν για (120±5) min εμβαπτίζονται για (60±5) min κάθετα εντός νερού Θ=20±5°C απέχοντα μεταξύ τους και από τον πυθμένα του δοχείου τουλάχιστον 15 mm. Στη συνέχεια αφού απομακρυνθεί η περίσσεια νερού τοποθετούνται για (960±15) min σε κλίβανο θερμοκρασίας ((70±2)°C. Στη συνέχεια απομακρύνονται από τον κλίβανο ψύχονται στο χώρο του εργαστηρίου και συγκολλούνται με τα πλακίδια. Ενδεχομένως προ της συγκόλλησης να απαιτηθεί λείανση της επιφάνειας με γυαλόχαρτο.

Π. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες τύπου MDF που προορίζονται να υποστούν φορτίσεις οποιασδήποτε διάρκειας ως μέλη κατασκευών. Η κατηγορία αυτή ινοπλακών διαφορίζεται όπως δείχνουν οι Πίνακες 3 και 4 ανάλογα εάν η χρήση προορίζεται να γίνει σε ξηρά ή υγρά περιβάλλοντα.

Πίνακας 3. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε ξηρά περιβάλλοντα (τύπος MDF.LA).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,50
Αντοχή σε κάμψη (N/mm ²) - Μέτρο θραύσης	EN 310	29	29	29	29	27	25	23	21	19
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	3000	3000	3000	3000	2800	2500	2300	2100	1900

Πίνακας 4. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες προοριζόμενες να υποστούν φορτίσεις σε υγρά περιβάλλοντα (τύπος MDF.HLS).

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ονομαστικό πάχος (mm)								
		1,8 έως 2,5	>2,5 έως 4,0	>4 έως 6	>6 έως 9	>9 έως 12	>12 έως 19	>19 έως 30	>30 έως 45	>45
Κατά πάχος διόγκωση μετά 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό (%)	EN 317	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm ²)	EN 319	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,60
Αντοχή σε κάμψη(N/mm ²) - Μέτρο θραύσης	EN 310	34	34	34	34	32	30	28	21	19
- Μέτρο ελαστικότητας	EN 310	3000	3000	3000	3000	2800	2700	2600	2400	2200
Κατά πάχος διόγκωση μετά κυκλικό τεστ (%)	EN 317 EN 321	50	40	25	19	16	15	15	15	15
Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το κυκλικό τεστ (N/mm ²)	EN 319 EN 321	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
**Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά το τεστ βρασμού (N/mm ²)	EN 319 EN 1087-1	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

**Προβλέπεται τροποποιημένη εφαρμογή σε σχέση με την EN 1087-1 βλ. σχετική υποσημείωση Πίνακα 2.

Οι αναφερόμενες στους Πίνακες 1 έως 4 ιδιότητες προσδιορίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στον ποιοτικό έλεγχο που διενεργεί η παραγωγός εταιρεία. Τα

χρονικά αυτά διαστήματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους χρόνους που καθορίζει ο κατωτέρω Πίνακας.

Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων

Ιδιότητα	Μέγιστος χρόνος μεταξύ ποιοτικών ελέγχων
Γενικές ιδιότητες	βλέπε EN 622-1
- Κατά πάχος διόγκωση μετά κυκλικό τεστ	1 εβδομάδα
- Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά κυκλικό τεστ	1 εβδομάδα
- Εγκάρσιος εφελκυσμός μετά από βρασμό	8 ώρες
Όλες οι λοιπές ιδιότητες των Πινάκων 1 έως 4	8 ώρες

Μετά τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- το όνομα της παραγωγού εταιρείας, ή κάποιο εμπορικό όνομα ή κάποιο σύμβολο
- ο τύπος της ινοπλάκας (MDF, MDF.H, MDF.LA, MDF.HLS)
- το ονομαστικό πάχος
- η εβδομάδα και το έτος παραγωγής
- η κλάση αναφορικά με το δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης (EN 622-1).

Οι ινοπλάκες τύπου MDF ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση χρωματίζονται από την παραγωγό εταιρεία με λωρίδες χρώματος πλάτους τουλάχιστον 12 mm ως ακολούθως:

Χρήσεις	Χρωματισμός	Τύπος ινοπλάκας	Πίνακες
Γενικές χρήσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, κυανός	MDF	1
» , Υγρά περιβάλλοντα	λευκός, λευκός, πράσινος	MDF.H	2
Φορτίσεις, Ξηρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, κυανός	MDF.LA	3
» , Υγρά περιβάλλοντα	κίτρινος, κίτρινος, πράσινος	MDF.HLS	4

DIN 68751/1987. Decorative laminated fibreboards, term, requirements. Ινοπλάκες επενδυμένες με διακοσμητικά πλαστικά φύλλα, Ορολογία, Απαιτήσεις.

Ισχύει για σκληρές ινοπλάκες επενδυμένες με διακοσμητικά πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους και την επιλοποιία. Το πλαστικό φύλλο

είναι χαρτί εμποτισμένο με πολυμερές συμπυκνώσεως συνήθως μελαμίνης – φορμαλδεΐδης.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις στις ιδιότητες των προϊόντων αυτού δίνονται στη συνέχεια.

1. Αποκλίσεις από τις ονομαστικές διαστάσεις. Οι μέγιστες επιτρεπτές αποκλίσεις παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα.

Πάχος ινοπλάκας mm	Αποκλίσεις διαστάσεων mm				
	Πάχος		Πλάτος mm	Μήκος mm	Ορθογωνικότητα mm
	Επένδυση στη μία όψη %	Επένδυση στις δύο όψεις %			
έως 4	±7	±8	±3	±5	2/1 mm
>4	±6	±7			

2. Αντοχή σε κάμψη.

Κατά το τεστ δοκιμής σύμφωνα με DIN 53799/86 ο μέσος όρος του μέτρου θραύσης παράλληλα και κάθετα με τη διεύθυνση παραγωγής πρέπει να είναι τουλάχιστον 50 N/mm².

3. Μεταβολές (συμπεριφορά) κατά την πρόσκρουση ξένου σώματος.

Μετά το τεστ δοκιμής σύμφωνα με DIN 53799 που προβλέπεται πρόσκρουση σφαίρας οι ραγάδες και οι ανασηκώσεις του πλαστικού φύλλου που ενδεχομένως προκύψουν δεν πρέπει να είναι ορατές από απόσταση 400 mm. Επίσης η διάμετρος της σφαίρας που απεικονίζεται σε καρμπόν χαρτί στο σημείο της πρόσκρουσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 8 mm.

4. Μεταβολές των διαστάσεων.

Η μεταβολή κατά το μήκος ή πλάτος της πλάκας σε κλίμα 20°C και διαφορετικής σχετικής υγρασίας (σύμφωνα με DIN 53799) δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 0,25% σε σύγκριση με τις αρχικές διαστάσεις.

Η μεταβολή κατά το μήκος ή πλάτος της πλάκας σε κλίμα με υψηλές θερμοκρασίες (σύμφωνα με DIN 53799) δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 0,4% σε σύγκριση με τις αρχικές διαστάσεις.

5. Δημιουργία ραγάδων.

Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 δεν επιτρέπεται ένταξη στην κλάση 2.

6. Συμπεριφορά κατά την επαφή με τσιγάρο.

Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός από τη μεταβολή του χρώματος (εξωτερικά) και του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.

7. Συμπεριφορά κατά την επαφή με θερμό δοχείο.

Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός της μεταβολής του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.

8. Συμπεριφορά κατά την επαφή με υδρατμό.

Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός της μεταβολής του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.

9. Συμπεριφορά στη δημιουργία κηλίδων.

Κατά το σχετικό τεστ σύμφωνα με DIN 53799 κατά το οποίο ορισμένες ουσίες τοποθετούνται στην επιφάνεια, η δημιουργία αντίστοιχων κηλίδων πρέπει να επιτρέπει την κατάταξη της πλάκας στις ομάδες 1 και 2.

10. Συμπεριφορά στη δημιουργία αμυχών (χαραγών).

Κατά το σχετικό τεστ σύμφωνα με DIN 53799 κατά το οποίο προβλέπεται άσκηση δύναμης 1,5 N στην επιφάνεια δεν επιτρέπεται η εμφάνιση χαραγής.

DIN 68765/1987. Particleboards. Decorative laminated particleboards, term, requirements. Μοριοπλάκες. Μοριοπλάκες επενδυμένες με διακοσμητικά πλαστικά φύλλα. Ορολογία, Απαιτήσεις.

Η προδιαγραφή αναφέρεται σε μοριοπλάκες επενδυμένες με πλαστικά φύλλα οι οποίες χρησιμοποιούνται στην επιπλοποιΐα και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Οι μοριοπλάκες είναι και στις δύο όψεις επενδυμένες με πλαστικά φύλλα. Τα πλαστικά φύλλα αποτελούνται από φύλλο χαρτιού εμποτισμένο με πολυμερές συμπυκνώσεως το οποίο συνήθως είναι η μελαμίνη – φορμαλδεϋδη. Η επένδυση των πλαστικών φύλλων στις επιφάνειες της μοριοπλάκας γίνεται με θερμή συμπίεση. Οι

επιφάνειες των πλακών μετά την επένδυση μπορεί να είναι λείες ή να έχουν ανάγλυφη υφή.

Οι επενδυμένες πλάκες ανάλογα με την ανθεκτικότητά τους σε αποτριβή και ανάλογα με το πάχος διακρίνονται στις ακόλουθες κλάσεις.

Ανθεκτικότητα σε αποτριβή		Πάχος πλαστικού φύλλου	
Κλάση	Απαιτούμενος αριθμός στροφών κατά δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799	Κλάση	Πάχος
N	>50 έως 150	1	έως 0,14
M	>150 έως 350		
H	>350 έως 650	2	>0,14
S	>650		

Οι ελάχιστες απαιτήσεις στις ιδιότητες των επενδυμένων μοριοπλακών περιγράφονται στη συνέχεια.

1. Αποκλίσεις διαστάσεων.

Έως πάχος 20 mm επιτρέπονται αποκλίσεις πάχους έως +0,5 mm και -0,30 mm.

Για πάχος <20 mm επιτρέπονται αποκλίσεις πάχους $\pm 0,5$ mm.

Οι αποκλίσεις μήκους και πλάτους δεν επιτρέπεται να αποκλίνουν περισσότερο από 0,5 mm.

Κατά την παράφωση (ορθογωνισμό) επιτρέπονται θραύσεις του πλαστικού φύλλου στις ακμές έως 5 mm.

2. Αντοχή σε κάμψη και εγκάρσιο εφελκυσμό.

Ελάχιστες επιτρεπτές τιμές*

		Αντοχή σε κάμψη ¹⁾ (Μέτρο θραύσης) N/mm ²		Αντοχή σε εγκάρσιο ²⁾ εφελκυσμό N/mm ²	
Πάχος πλαστικού φύλλου mm		έως 0,14	>0,14	-	
Πάχος μοριοπλάκας mm	έως 13	17	18	0,40	
	>13 έως 20	16	17	0,35	
	>20 έως 25	15	16	0,30	
	>25 έως 32	13	14	0,24	
	>32 έως 40	11	12	0,20	
	>40 έως 50	9	10	0,20	

*: οι τιμές ισχύουν για μέσους όρους από 3 πλάκες και 10 δοκίμια κατά πλάκα.

¹⁾: δοκιμή σύμφωνα με DIN 52362. Μέρος 1. ²⁾: δοκιμή σύμφωνα με DIN 52365.

1. Μεταβολές των διαστάσεων.
Κατά τη δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799/86 το άθροισμα των μεταβολών μήκους σε κλίμα 20°C και διαφορετικής σχετικής υγρασίας δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 0,6% έναντι της αρχικής διάστασης.
2. Συμπεριφορά στη δημιουργία χαραγών (αμυχών).
Κατά το σχετικό τεστ σύμφωνα με DIN 53799 κατά το οποίο προβλέπεται άσκηση δύναμης 1,5 N στην επιφάνεια δεν επιτρέπεται η εμφάνιση χαραγής.
3. Δημιουργία ραγάδων.
Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 δεν επιτρέπεται ένταξη στην κλάση 2.
4. Συμπεριφορά κατά την επαφή με τσιγάρο.
Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός από τη μεταβολή του χρώματος εξωτερικώς και του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.
5. Συμπεριφορά κατά την επαφή με θερμό δοχείο.
Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός της μεταβολής του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.
6. Συμπεριφορά κατά την επαφή με υδρατμό.
Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 εκτός της μεταβολής του βαθμού στιλβώσεως δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη μεταβολή.
7. Συμπεριφορά στη δημιουργία κηλίδων.
Κατά τη σχετική δοκιμή σύμφωνα με DIN 53799 κατά την οποία ορισμένες ουσίες τοποθετούνται στην επιφάνεια της μοριοπλάκας η δημιουργία αντίστοιχων κηλίδων πρέπει να επιτρέπει την κατάταξη της πλάκας στις ομάδες 1 και 2.
8. Δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης.
Η έκλυση φορμαλδεΐδης των πλακών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,1 ppm. Αυτό αντιστοιχεί σε δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης (τιμή perforator) ≤ 10 mg HCH/100 g (αtro πλάκας) της μοριοπλάκας που επενδύεται.

3. Αντικολλητά

EN 313-1/1996. *Plywood. Classification and Terminology. Part 1. Classification . Αντικολλητό, Ταξινόμηση και Ορολογία. Μέρος 1. Ταξινόμηση.*

Η ταξινόμηση των αντικολλητών σε διαφόρους τύπους μπορεί να γίνει με τα ακόλουθα κριτήρια.

7. Με βάση τη γενική εμφάνιση.

7.1. Με βάση τη δομή.

- Αντικολλητό με όλες τις στρώσεις παράλληλες προς το επίπεδο της πλάκας αποτελούμενο από ξυλόφυλλα.
- Αντικολλητό με μια μεσαία στρώση.
 - Αντικολλητό του οποίου η μεσαία στρώση αποτελείται από πήχεις συμπαγούς ξύλου πλάτους 7 έως 30 mm οι οποίες μπορεί να είναι ή και να μην είναι συγκολλημένες μεταξύ τους.
 - Αντικολλητό του οποίου η μεσαία στρώση αποτελείται από ξυλόφυλλα περιστροφικής τομής πάχους έως 7 mm τοποθετημένα όρθια τα οποία όλα ή στο μεγαλύτερο ποσοστό είναι συγκολλημένα μεταξύ τους.
- Σύνθετο αντικολλητό.
Στο αντικολλητό αυτό η μεσαία στρώση ή ορισμένες άλλες στρώσεις δεν αποτελούνται ούτε από συμπαγές ξύλο ούτε από ξυλόφυλλο. Αμφίπλευρα της μεσαίας στρώσης υπάρχουν τουλάχιστον δύο στρώσεις με τις ίνες του ξύλου κάθετες μεταξύ τους.

7.2. Με βάση τη μορφή.

- Επίπεδη.
- Καμπύλη.

8. Με βάση την ανθεκτικότητα σε διάφορα κλίματα.

- Χρήση σε ξηρά περιβάλλοντα.
- Χρήση σε υγρά περιβάλλοντα.
- Χρήση σε εξωτερικούς χώρους.

9. Με βάση τις μηχανικές ιδιότητες.

10. Με βάση την εμφάνιση της επιφάνειας.

11. Με βάση την κατάσταση της επιφάνειας.

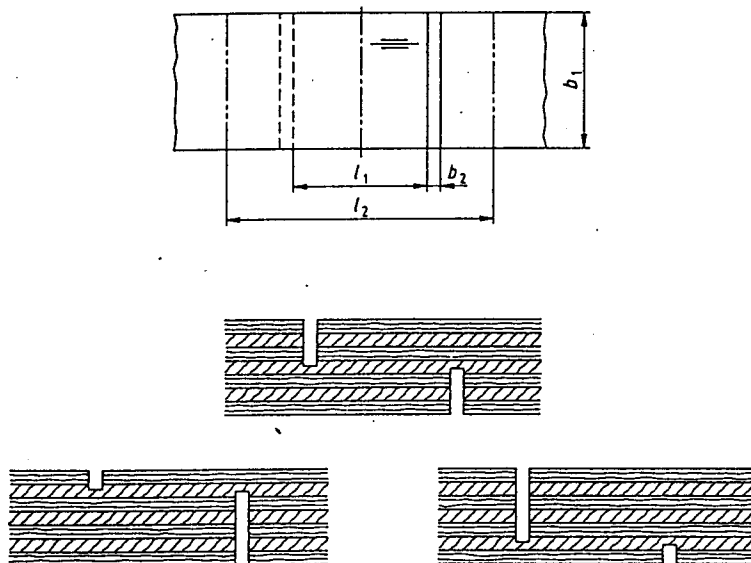
- Χωρίς λείανση
- Με λείανση
- Επάλειψη με βερνίκι
- Επικάλυψη με διακοσμητικό ξυλόφυλλο, ή πλαστικό φύλλο πολυμερούς, ή χαρτί εμποτισμένο με πολυμερές κ.ά.

12. Με βάση τις απαιτήσεις του καταναλωτή.

EN 314-1/1993. *Plywood. Bonding quality. Part 1. Test methods. Αντικολλητό. Ποιότητα συγκόλλησης. Μέρος 1. Μέθοδοι δοκιμής.*

Η προδιαγραφή περιγράφει τον προσδιορισμό της ποιότητας συγκόλλησης αντικολλητών με το τεστ της διάτμησης.

Η λήψη των δοκιμίων γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες της προδιαγραφής EN 326-1. Η διαμόρφωση των δοκιμίων γίνεται όπως δείχνει το Σχήμα Ι. Η κατεύθυνση ινών του ξυλόφυλλου, το οποίο ευρίσκεται στο μέσο των δύο προς εξέταση (άνω και κάτω) συγκολλητικών δεσμών, πρέπει να είναι κάθετη προς το μήκος του δοκιμίου. Οι εντομές πρέπει να καταλήγουν πάντοτε στο μέσο του ξυλοφύλλου. Σε τριστρώμα έως εννιάστρώμα αντικολλητά το πάχος των δοκιμίων είναι ίσο με το πάχος της πλάκας. Σε αντικολλητά με περισσότερες των εννέα στρώσεων οι επιπλέον στρώσεις προ της δοκιμής πρέπει να απομακρυνθούν με πλάνισμα, πρίση ή λείανση.



Σχήμα Ι. Παραδείγματα δειγματοληψίας από αντικολλητό εννέα στρώσεων.

l_1 : μήκος επιφάνειας διατμήσεως ($25 \pm 0,5$) mm,

β_1 : πλάτος επιφάνειας διατμήσεως ($25 \pm 0,5$) mm,

B_2 : πλάτος εγκοπής πριονιού (2,5 έως 4 mm),

πάχος = το πάχος του αντικολλητού,

l_2 : ελάχιστο ελεύθερο μήκος κατά τη συγκράτηση στη μηχανή αντοχής (50 mm),

\equiv : κατεύθυνση ινών εξωτερικών ξυλοφύλλων.

Προ της δοκιμής τα δοκίμια του αντικολλητού ανάλογα με τον τύπο του υπόκεινται στους ακόλουθους χειρισμούς που προβλέπονται από την προδιαγραφή EN 314-2.

A. Εμβάπτιση σε νερό (20 ± 3)°C για 24 ώρες.

B. Εμβάπτιση σε βράζον νερό για 6 ώρες, στη συνέχεια ψύξη με εμβάπτιση σε νερό (20 ± 3)°C για 1 ώρα τουλάχιστον ώστε τα δοκίμια να αποκτήσουν θερμοκρασία 20°C.

Γ. Εμβάπτιση σε βράζον νερό για 4 ώρες, στη συνέχεια ξήρανση στους (60 ± 3)°C για 16 έως 20 ώρες, εκ νέου εμβάπτιση σε βράζον νερό για 4 ώρες και ακολούθως ψύξη σε νερό (20 ± 3)°C για τουλάχιστον 1 ώρα ώστε τα δοκίμια να αποκτήσουν θερμοκρασία 20°C.

Δ. Εμβάπτιση σε βράζον νερό για (72 ± 1) ώρες, ακολούθως ψύξη σε νερό (20 ± 3)°C τουλάχιστον για 1 ώρα ώστε τα δοκίμια να αποκτήσουν θερμοκρασία 20°C.

Κατά τους χειρισμούς με εμβάπτιση σε νερό τα δοκίμια πρέπει να τοποθετούνται σε κλωβό από δικτυωτό πλέγμα έτσι ώστε ανενόχλητα να είναι δυνατή η είσοδος του νερού και η διόγκωσή τους.

Προ των χειρισμών των δοκιμίων με εμβάπτιση σε νερό μετρείται το μήκος και το πλάτος της επιφάνειας διατμήσεως με ακρίβεια 0,1mm. Μετά τους χειρισμούς με νερό και προ της δοκιμής απομακρύνεται η περίσσεια νερού από την επιφάνεια των δοκιμίων. Τα δοκίμια στερεώνονται στη μηχανή αντοχής έτσι ώστε η δύναμη φόρτισης να μεταφέρεται παράλληλα στην επιφάνεια διατμήσεως χωρίς να μεσολαβούν εγκάρσιες δυνάμεις.

Κατά τη δοκιμή η δύναμη εφαρμόζεται με σταθερή ταχύτητα έτσι ώστε η θραύση να επέλθει σε (30 ± 10) sec. Η δύναμη θραύσης μετρείται με ακρίβεια 1 N. Μετά τη δοκιμή προσδιορίζονται με βάση πρότυπα (βλ. επόμενα Σχήματα II και III) τα ποσοστά (%) θραύσης ξύλου στις αποχωρισμένες επιφάνειες συγκολλήσεως. Η αντοχή σε διάτμηση κάθε δοκιμίου σε N/mm^2 προσδιορίζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$f_v = \frac{F}{l \cdot b}$$

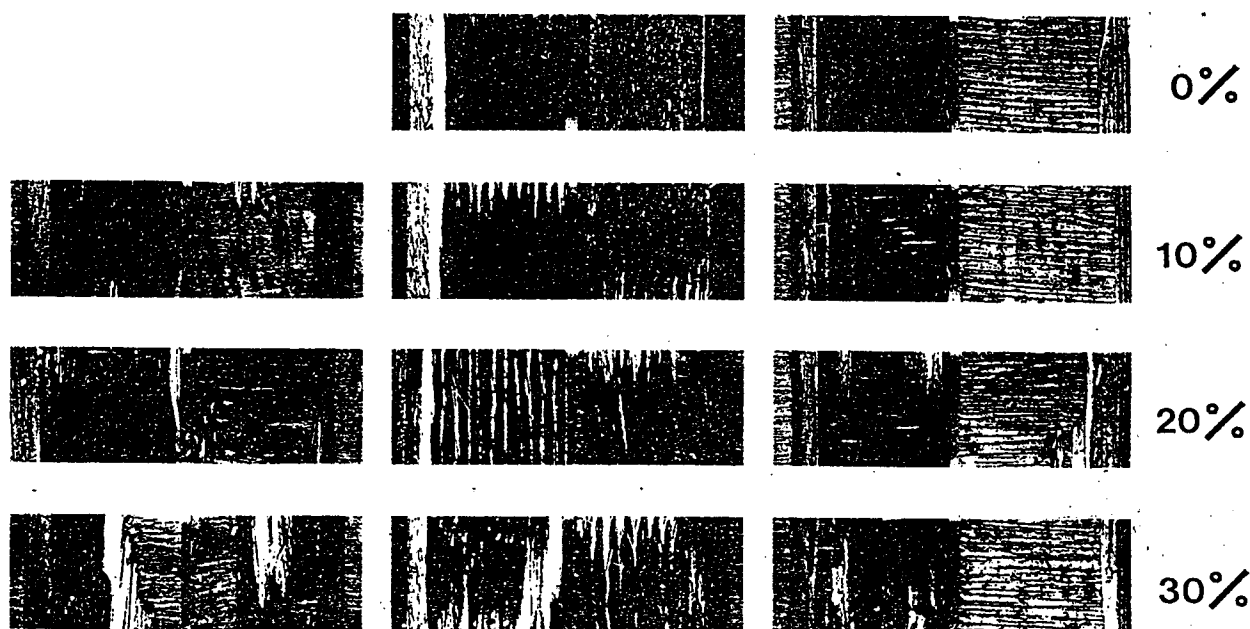
Στο πρωτόκολλο δοκιμής περιλαμβάνονται:

- η αντοχή σε διάτμηση (μέσος όρος και τετραγωνική απόκλιση)
- το ποσοστό θραύσης ξύλου στην επιφάνεια διατμήσεως (μέσος όρος).
- το είδος των χειρισμών των δοκιμίων προ της δοκιμής.

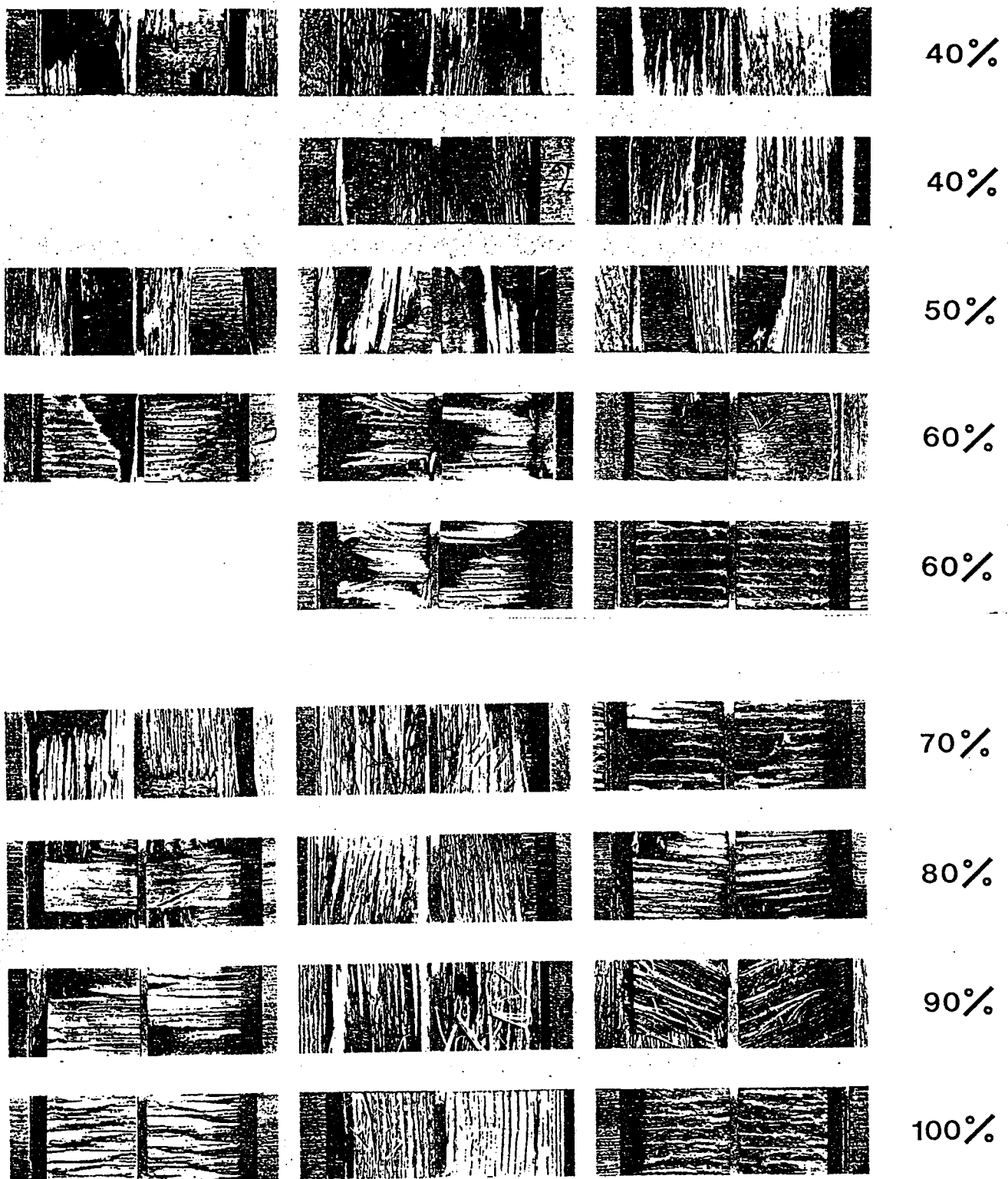
όπου, F: δύναμη θραύσης (N)

l: μήκος επιφάνειας διατμήσεως σε mm.

b: πλάτος επιφάνειας διατμήσεως σε mm.



Σχήμα II. Πρότυπα αποκολλημένων επιφανειών μετά τη δοκιμή (ποσοστά αποκόλλησης με θραύση ξύλου έως 30%)



Σχήμα III. Πρότυπο αποκολλημένων επιφανειών μετά τη δοκιμή. Άνω : ποσοστά αποκόλλησης με θραύση ξύλου 40 έως 60%. Κάτω: ποσοστά αποκόλλησης με θραύση ξύλου 70 έως 100%.

EN 314-2/1993. Plywood. Bonding quality. Part 2. Requirements. Αντικολλητό.
Ποιότητα συγκόλλησης. Μέρος 2. Απαιτήσεις.

Η προδιαγραφή ταξινομεί, ανάλογα με την ανθεκτικότητα σε υγρασία, τις ποιότητες συγκόλλησης σε τρεις κλάσεις σύμφωνα με τις EN 636-1, -2 και -3, ως ακολούθως:

- Κλάση 1: Ξηρό περιβάλλον.

Ποιότητα συγκόλλησης κατάλληλη για εσωτερικούς χώρους.

- Κλάση 2: Υγρό περιβάλλον.

Η ποιότητα συγκόλλησης είναι κατάλληλη για εσωτερικούς χώρους όπου η υγρασία υπερβαίνει τα επίπεδα της κλάσης 1. Επίσης για εξωτερικούς χώρους όπου δεν υπάρχει άμεση επίδραση εξωτερικών κλιματικών παραγόντων (π.χ. υπό σκέπη). Επίσης σε μικρής διάρκειας άμεσης κλιματικής επίδρασης (π.χ. κατά τη διάρκεια των οικοδομικών εργασιών).

- Κλάση 3: Εξωτερικό περιβάλλον (εξωτερικοί χώροι).

Η ποιότητα συγκόλλησης είναι κατάλληλη για εξωτερικούς χώρους με μακράς διάρκειας επιδράσεις κλιματικών παραγόντων.

Οι χειρισμοί των δοκιμών προ της δοκιμής σε διάτμηση ανάλογα με την κλάση της ποιότητας συγκόλλησης δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Χειρισμοί ανάλογα με τις ποιοτικές κλάσεις

	Χειρισμοί σύμφωνα με EN 314 Μέρος 1			
	A	B	Γ	Δ
Κλάση 1: Ξηρό περιβάλλον	x			
Κλάση 2: Υγρό περιβάλλον	x	x		
Κλάση 3: Εξωτερικό περιβάλλον	x		x	x

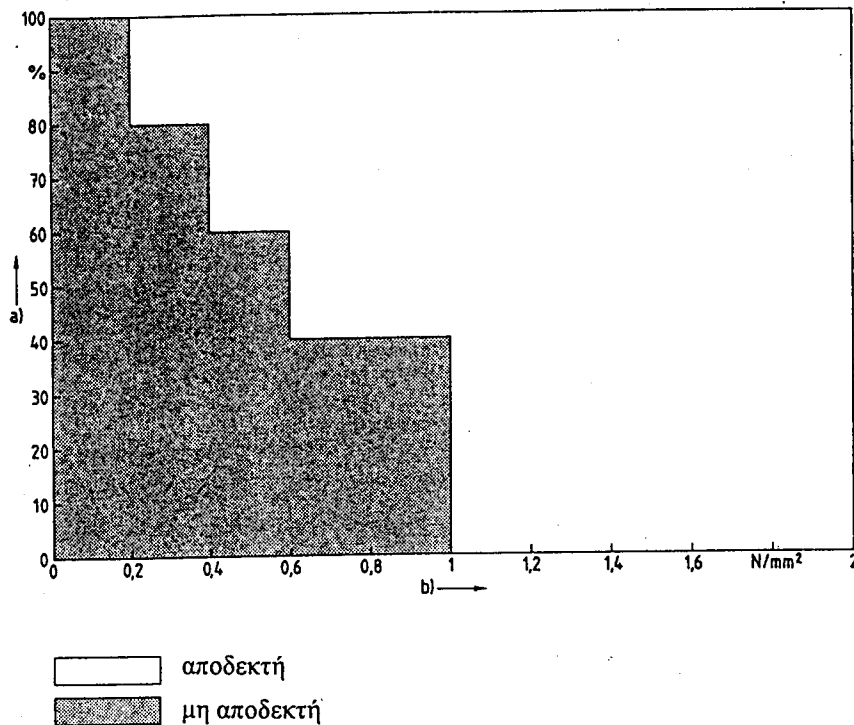
Για κάθε χειρισμό και για τις τρεις (3) κλάσεις ποιότητας συγκόλλησης οι μέσοι όροι της αντοχής σε διάτμηση και του ποσοστού (%) θραύσης ξύλου των επιφανειών διάτμησης τουλάχιστον 10 δοκιμών θα πρέπει να εκπληρούν τις απαιτήσεις που δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Απαιτήσεις αντοχής δεσμών συγκόλλησης

Μέση αντοχή σε διάτμηση, f_v (N/mm ²)	Μέσο ποσοστό θραύσης στο ξύλο, w (%)
$0,2 \leq f_v \leq 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq f_v \leq 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq f_v \leq 1,0$	≥ 40
$1,0 \leq f_v$	

Η συσχέτιση μεταξύ της αντοχής διάτμησης και του ποσοστού θραύσης στο ξύλο που παρουσιάζονται στον ανωτέρω Πίνακα δείχνονται στο επόμενο Σχήμα I. Η σύγκριση

των αποτελεσμάτων από τους προσδιορισμούς σύμφωνα με την EN 314-1 και των απαιτήσεων που προβλέπει η προδιαγραφή αυτή καθορίζει την κλάση της ποιότητας συγκόλλησης του αντικολλητού.



Σχήμα Ι. Συσχέτιση μεταξύ της αντοχής σε διάτμηση και του ποσοστού θραύσης ξύλου στις αποκολλημένες επιφάνειες διατμήσεως. α) ποσοστό θραύσης ξύλου (w), β) αντοχή σε διάτμηση (f_v).

EN 315/1993. Plywood. Tolerances for dimensions. Αντικολλητά. Αποκλίσεις των διαστάσεων.

Οι ανεκτές αποκλίσεις (ανοχές) των διαστάσεων πλακών αντικολλητών μετρώνται σε μια υγρασία της πλάκας $(10 \pm 2)\%$.

Οι επιτρεπτές αποκλίσεις του μήκους και πλάτους της πλάκας είναι ± 3.5 mm. Η επιτρεπτή απόκλιση από την ευθυτένεια των πλευρών είναι 1 mm/m και από την ορθογωνικότητα 1 mm/m. Στον επόμενο Πίνακα απεικονίζονται οι ανεκτές αποκλίσεις από το πάχος της πλάκας.

Ανεκτές αποκλίσεις πάχους

Ονομαστικό πάχος (t) (mm)	Πλάκες χωρίς λείανση		Πλάκες μετά τη λείανση	
	Αποκλίσεις πάχους εντός της πλάκας (mm)	Αποκλίσεις από το ονομαστικό πάχος (mm)	Αποκλίσεις πάχους εντός της πλάκας (mm)	Αποκλίσεις από το ονομαστικό πάχος (mm)
≥ 3 ≤ 12	1,0	+ (0,8+0,03t)	0,6	+ (0,8+0,03t)
>12 ≤ 25	1,5	- (0,4+0,03t)		- (0,4+0,03t)

EN 636-1/1996. Plywood. Specifications. Part 1. Requirements for plywood for use in dry conditions. Αντικολλητό. Απαιτήσεις αντικολλητών χρησιμοποιούμενων σε ξηρά περιβάλλοντα.

Πρόκειται για αντικολλητό το οποίο χρησιμοποιείται σε εσωτερικούς χώρους και η περιεχόμενη υγρασία του αντιστοιχεί σε κλίμα 20°C και 65% σχετική υγρασία.

Οι απαιτήσεις όσο αφορά την ποιότητά του περιγράφονται στη συνέχεια.

- Οι επιτρεπτές αποκλίσεις (ανοχές) των διαστάσεων πρέπει να πληρούν τη σχετική προδιαγραφή EN 315.
- Η ποιότητα της συγκόλλησης (συγκολλητικοί δεσμοί) των ξυλοφύλλων πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 314-2 που προβλέπονται για την κλάση 1.
- Οι χαρακτηριστικές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων εφ' όσον πρόκειται για αντικολλητά τα οποία ως μέλη κατασκευών υπόκεινται σε φορτίσεις, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 12369 και να προσδιορισθούν σύμφωνα με EN 1058. Για αντικολλητά που δεν υπόκεινται σε φορτίσεις οι τιμές της αντοχής σε κάμψη προσδιορίζονται σε μικρών διαστάσεων δοκίμια σύμφωνα με την EN 310.
- Σχετικά με τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης η ταξινόμηση στις κλάσεις A, B ή C γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 1084.

Κατά τον τρέχοντα ποιοτικό έλεγχο της παραγωγού εταιρείας η συχνότητα προσδιορισμού ορισμένων ιδιοτήτων δείχνεται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστη συχνότητα προσδιορισμού των ιδιοτήτων από την παραγωγό εταιρεία.

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ελάχιστη συχνότητα
Αποκλίσεις διαστάσεων	EN 324-1 EN 324-2	Μία πλάκα κάθε 8 ώρες
Αντοχή σε κάμψη - δεν υπόκεινται σε φορτίσεις - υπόκεινται σε φορτίσεις	EN 310	Δύο πλάκες μηνιαίως Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες
Πυκνότητα για αντικολλητά υποκείμενα σε φορτίσεις	EN 323	Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες
Ποιότητα συγκόλλησης	EN 314-1	Ένας προσδιορισμός ανά 10000 συγκολλήσεις ξυλοφύλλων
Έκλυση φορμαλδεΰδης	EN 717-2	Μία πλάκα εβδομαδιαίως

Μετά την παραγωγή και τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- Το όνομα ή σύμβολο της παραγωγού εταιρείας.
- Ο αριθμός της ευρωπαϊκής προδιαγραφής EN 636-1.
- Το ονομαστικό πάχος σε mm.
- Η κλάση ανάλογα με την έκλυση φορμαλδεΰδης.

EN 636-2/1996. Plywood. Specifications. Part 2. Requirements for plywood for use in humid conditions. Αντικολλητό. Απαιτήσεις. Μέρος 2. Απαιτήσεις αντικολλητών χρησιμοποιούμενων σε υγρά περιβάλλοντα.

Πρόκειται για αντικολλητά που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους υπό στέγη ή εκτίθενται για μικρή διάρκεια σε εξωτερικούς χώρους (άμεση επίδραση κλιματικών παραγόντων) χωρίς να είναι προστατευμένα υπό στέγη.

Οι απαιτήσεις όσο αφορά την ποιότητά τους περιγράφονται στη συνέχεια.

- Οι επιτρεπτές αποκλίσεις (ανοχές) των διαστάσεων πρέπει να πληρούν τη σχετική προδιαγραφή EN 315.
- Η ποιότητα της συγκόλλησης (συγκολλητικοί δεσμοί) των ξυλοφύλλων πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 314-2 που προβλέπονται για την κλάση 2.

- Οι χαρακτηριστικές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων εφ' όσον πρόκειται για αντικολλητά τα οποία ως μέλη κατασκευών υπόκεινται σε φορτίσεις, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 12369 και να προσδιορισθούν σύμφωνα με την EN 1058. Για αντικολλητά που δεν υπόκεινται σε φορτίσεις οι τιμές της αντοχής σε κάμψη προσδιορίζονται σε μικρών διαστάσεων δοκίμια σύμφωνα με την EN 310.
- Σχετικά με τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΐδης η ταξινόμηση στις κλάσεις A, B ή C γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 1084.

Κατά τον τρέχοντα ποιοτικό έλεγχο της παραγωγού εταιρείας η συχνότητα προσδιορισμού συγκεκριμένων ιδιοτήτων δείχνεται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστη συχνότητα προσδιορισμού των ιδιοτήτων από την παραγωγό εταιρεία.

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ελάχιστη συχνότητα
Αποκλίσεις διαστάσεων	EN 324-1 EN 324-2	Μία πλάκα κάθε 8 ώρες
Αντοχή σε κάμψη - δεν υπόκεινται σε φορτίσεις - υπόκεινται σε φορτίσεις	EN 310	- Δύο πλάκες μηνιαίως - Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες
Πυκνότητα για αντικολλητά υποκείμενα σε φορτίσεις	EN 323	Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες
Ποιότητα συγκόλλησης	EN 314-1	Ένας προσδιορισμός ανά 5000 συγκολλήσεις ξυλοφύλλων
Έκλυση φορμαλδεΐδης	EN 717-2	Μία πλάκα εβδομαδιαίως

Μετά την παραγωγή και τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- Το όνομα ή σύμβολο της παραγωγού εταιρείας.
- Ο αριθμός τη ευρωπαϊκής προδιαγραφής EN 636-1.
- Το ονομαστικό πάχος σε mm.
- Η κλάση ανάλογα με την έκλυση φορμαλδεΐδης.

EN 636-3/1997. Plywood. Specifications. Part 3. Requirements for plywood for use in exterior conditions. Αντικολλητό. Απαιτήσεις. Μέρος 3. Απαιτήσεις αντικολλητών χρησιμοποιούμενων σε εξωτερικές συνθήκες.

Πρόκειται για αντικολλητά που χρησιμοποιούνται χωρίς σκέπη σε εξωτερικούς χώρους και μπορεί να είναι εκτεθειμένα άμεσα σε επιδράσεις βροχής ή υδρατμού. Έτσι η περιεχόμενη υγρασία του συχνά υπερβαίνει το 20%.

Οι απαιτήσεις όσο αφορά την ποιότητά τους περιγράφονται στη συνέχεια.

- Οι επιτρεπτές αποκλίσεις (ανοχές) των διαστάσεων πρέπει να πληρούν τη σχετική προδιαγραφή EN 315.
- Η ποιότητα της συγκόλλησης (συγκολλητικοί δεσμοί) των ξυλοφύλλων πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 314-2 που προβλέπονται για την κλάση 3.
- Οι χαρακτηριστικές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων εφ' όσον πρόκειται για αντικολλητά τα οποία ως μέλη κατασκευών υπόκεινται σε φορτίσεις, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της προδιαγραφής EN 12369 και να προσδιορισθούν σύμφωνα με EN 1058. Για αντικολλητά που δεν υπόκεινται σε φορτίσεις οι τιμές της αντοχής σε κάμψη προσδιορίζονται σε μικρών διαστάσεων δοκίμια σύμφωνα με την EN 310.
- Σχετικά με τα ποσοστά έκλυσης φορμαλδεΰδης η ταξινόμηση στις κλάσεις A, B ή C γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 1084.

Κατά τον τρέχοντα ποιοτικό έλεγχο της παραγωγού εταιρείας η συχνότητα προσδιορισμού ορισμένων ιδιοτήτων δείχνεται στον επόμενο Πίνακα.

Ελάχιστη συχνότητα προσδιορισμού των ιδιοτήτων από την παραγωγό εταιρεία.

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Ελάχιστη συχνότητα
Αποκλίσεις διαστάσεων	EN 324-1 EN 324-2	Μία πλάκα κάθε 8 ώρες
Αντοχή σε κάμψη - δεν υπόκεινται σε φορτίσεις - υπόκεινται σε φορτίσεις	EN 310	- Δύο πλάκες μηνιαίως - Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες
Πυκνότητα για αντικολλητά υποκείμενα σε φορτίσεις	EN 323	Μία πλάκα ανά 1000 παραγόμενες πλάκες

Ποιότητα συγκόλλησης	EN 314-1	Ένας προσδιορισμός ανά 2000 συγκολλήσεις ξυλοφύλλων
Έκλυση φορμαλδεΐδης	EN 717-2	Μία πλάκα εβδομαδιαίως

Μετά την παραγωγή και τον ποιοτικό έλεγχο σε κάθε πλάκα αναγράφονται:

- Το όνομα ή σύμβολο της παραγωγού εταιρείας.
- Ο αριθμός της ευρωπαϊκής προδιαγραφής EN 636-1.
- Το ονομαστικό πάχος σε mm.
- Η κλάση ανάλογα με την έκλυση φορμαλδεΐδης.

4. Ποιοτικός έλεγχος της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης του ξύλου.

4.1 Μηχανισμός και παράγοντες συγκολλησεως του ξύλου:

Η αναγκαιότητα δημιουργίας ισχυρών δεσμών μεταξύ ξύλου και κόλλας στις ξυλοκατασκευές είχε σαν αποτέλεσμα να ερευνηθεί το φαινόμενο του μηχανισμού συγκόλλησης και να διατυπωθούν διάφορες απόψεις-θεωρίες επ' αυτού.

Σύμφωνα με μια άποψη η συγκόλληση οφείλεται σε μηχανικά αίτια δηλ. καθώς η κόλλα επιστρώνεται στην επιφάνεια του προς συγκόλληση ξύλου μπαίνει στους πόρους του δηλ. τις κυτταρικές κοιλότητες ή εάν είναι υδατοδιαλυτή και στα κυτταρικά τοιχώματα και αφού σκληρυνθεί αγκιστρώνεται εκεί και συγκρατεί τα δύο συγκολλημένα μέρη.

Σύμφωνα με μια άλλη άποψη η συγκόλληση του ξύλου οφείλεται σε μοριακές δυνάμεις έλξεως (δυνάμεις van der Waal) αλλά και σε χημικούς δεσμούς που αναπτύσσονται μεταξύ ξύλου και κόλλας.

Από πρακτικής άποψης ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκείνοι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα των συγκολλητικών δεσμών κόλλας-ξύλου. Οι παράγοντες αυτοί έχουν σχέση όχι μόνο με το είδος και την ποιότητα της κόλλας αλλά και με ορισμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά του προς συγκόλληση ξύλου.

1. Είδος και ποιότητα της κόλλας.

Το είδος και η ποιότητα της κόλλας πρέπει να είναι κατάλληλα για το σκοπό της συγκόλλησης. Η κόλλα π.χ. πρέπει να είναι σωστά παρασκευασμένη από την χημική βιοτεχνία (βιομηχανία) που την προμηθεύομαστε και επί πλέον για τη διάρκεια και τις συνθήκες αποθήκευσής της πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες της

παρασκευάστριας εταιρείας. Όσο αφορά το είδος της κόλλας εξυπακούεται ότι μια κόλλα που δεν είναι ανθεκτική σε συνθήκες υψηλής υγρασίας δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε ξυλοκατασκευές εξωτερικών χώρων οι οποίες εκτίθενται άμεσα στις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι ο κατασκευαστής επιπλοποιός θα πρέπει να γνωρίζει τι είδους κόλλα θα χρησιμοποιήσει ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργικότητα της επιπλοκατασκευής του κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

2. Τεχνική και συνθήκες επάλειψης της κόλλας.

Η τεχνική επάλειψης της κόλλας πρέπει να εξασφαλίζει την ομοιόμορφη εξάπλωσή της σε όλη την επιφάνεια των προς συγκόλληση επιφανειών ξύλου. Η ποσότητα της επαλειφόμενης κόλλας πρέπει να είναι ορισμένη ανά m^2 συγκολλημένων επιφανειών· μεγάλο πάχος στρώσης κόλλας εκτός από τη μεγαλύτερη δαπάνη μπορεί να εγκλωβίσει αέρα-μετά τη συστολή που ακολουθεί της σκλήρυνσής της – με αποτέλεσμα τη δημιουργία δεσμών μειωμένης αντοχής. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες η αντοχή της συγκόλλησης αυξάνεται με τη μείωση του πάχους στρώσης της κόλλας. Η ποσότητα της επαλειφόμενης κόλλας στις προς συγκόλληση επιφάνειες του ξύλου πρέπει να είναι τόση ώστε μετά τη συγκόλλησή τους να περισσεύει από τις εφαπτόμενες θέσεις μικρή ποσότητα κόλλας. Από τη πράξη είναι γνωστό ότι ποσότητες 100-250 g/m^2 συγκολλούμενης επιφάνειας εξασφαλίζουν καλή ποιότητα συγκολλητικών δεσμών.

Μετά την επάλειψη της κόλλας στην επιφάνεια του ξύλου σχετικά γρήγορα εξατμίζεται στο περιβάλλον ένα μέρος του διαλύτη της ενώ ένα άλλο απορροφάται από το ξύλο. Για το λόγω αυτό έγκαιρα και προτού επέλθει μια πρόωρη σκλήρυνση της κόλλα θα πρέπει να έλθουν σε επαφή οι προς συγκόλληση επιφάνειες με εφαρμογή της κατάλληλης πίεσης.

3. Υγρασία του ξύλου.

Η υγρασία του ξύλου κατά τη συγκόλληση δεν πρέπει να είναι μεγάλη διότι τότε αυξάνεται η ρευστότητα της κόλλας με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η είσοδός της στο εσωτερικό του ξύλου. Αυτό σημαίνει ότι μικρότερη ποσότητα κόλλας είναι διαθέσιμη για τη συγκόλληση. Επί πλέον μεγάλη υγρασία ξύλου είναι υπαίτια για τη δημιουργία κενών (φουσαλίδων) στη στρώση της κόλλας γεγονός που οδηγεί στη μείωση της μηχανικής αντοχής των δεσμών της. Συνήθως η κατάλληλη υγρασία ξύλου για θερμή συγκόλληση κυμαίνεται από 2 έως 8% ενώ για ψυχρή από 8 έως

12%. Επίσης τα τεμάχια του ξύλου που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να έχουν περίπου την ίδια υγρασία. Σε αντίθετη περίπτωση είναι δυνατόν μετά τη συγκόλλησή τους να αναπτυχθούν δυνάμεις ρικνώσεως (συστολής) ή διογκώσεως (διαστολής) καθώς η συγκολλημένη κατασκευή τείνει να αποκτήσει μια ομοιόμορφη υγρασία ισορροπίας στο περιβάλλον όπου θα τοποθετηθεί. Αυτές οι δυνάμεις εξασκούνται στη στρώση της σκληρυμένης κόλλας και είναι δυνατό να μειώσουν ή και να καταστρέψουν την αντοχή των δεσμών της.

4. Κατάσταση της επιφάνειας του ξύλου.

Η επιφάνεια του προς συγκόλληση ξύλου πρέπει να είναι λεία δηλ. να έχει πλανισθεί και λειανθεί κατάλληλα ώστε να εφαρμόζει απόλυτα με την αντίστοιχη επιφάνεια του άλλου ξύλινου τμήματος με το οποίο θα συγκολληθεί. Τραχιές και ινώδεις επιφάνειες ξύλου εκτός του ότι απαιτούν περισσότερη κόλλα εμποδίζουν την καλή επαφή μεταξύ των προς συγκόλληση επιφανειών. Επίσης οι επιφάνειες του ξύλου προ της επάλειψής τους με την κόλλα πρέπει να καθαριστούν από διάφορες ουσίες όπως είναι η ατμοσφαιρική σκόνη, η ξυλόσκονη, τα διάφορα λίπη και έλαια, κ.ά. οι οποίες δρουν ως μονωτικές στρώσεις και εμποδίζουν τη δημιουργία ισχυρών συγκολλητικών δεσμών μεταξύ κόλλας και ξύλου.

5. Συνθήκες συμπίεσης κατά τη συγκόλληση του ξύλου.

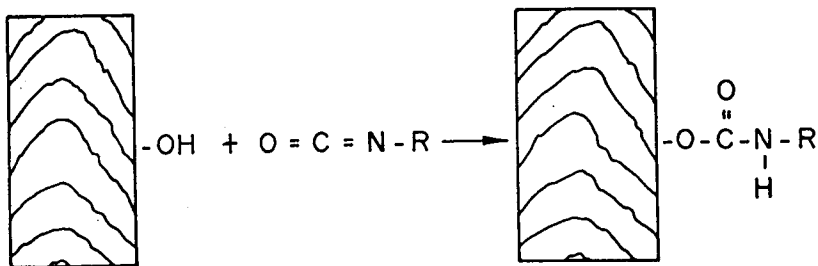
Η πίεση που εξασκείται πρέπει να είναι ομοιόμορφη σε όλη την επιφάνεια συγκολλήσεως και αποβλέπει στο να φέρει σε όσο το δυνατό στενότερη επαφή τις προς συγκόλληση επιφάνειες χωρίς να μειώνει το αρχικό πάχος τους εξ αιτίας υπερβολικής συμπίεσης.

Το μέγεθος και η διάρκεια συμπίεσης εξαρτώνται από το είδος και τη ρευστότητα (ιξώδες) της κόλλας, από το ειδικό βάρος του ξύλου και τη χρήση για την οποία προορίζεται η συγκολλημένη κατασκευή. Στην περίπτωση της θερμής συγκόλλησης δηλ. σκλήρυνση με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών το ύψος της θερμοκρασίας εξαρτάται κυρίως από το είδος της κόλλας.

Συνήθως για τη συγκόλληση συμπαγούς ξύλου σχετικά μικρού ειδικού βάρους το ύψος της πίεσης που εφαρμόζεται δεν ξεπερνά τα 10 Kp/cm^2 ενώ για είδη ξύλου με μεγάλο ειδικό βάρος η πίεση κατά τη συγκόλληση μπορεί να φθάσει τα 15 Kp/cm^2 .



Αγκίστρωση της συγκολλητικής ουσίας μετά την εισχώρησή της στις κυτταρικές κοιλότητες των συγκολλημένων τεμαχίων ξύλου



Ανάπτυξη χημικών δεσμών μεταξύ των $-\text{OH}$ του ξύλου και των ενεργών ομάδων $-\text{O}=\text{C}=\text{N}$ του διϊσοκυανικού εστέρα κατά τη συγκόλληση

4.2 Αιτίες κακής συγκόλλησης του ξύλου:

Οι Βιομηχανίες ή Βιοτεχνίες παραγωγής συγκολλημένων ξυλοκατασκευών υπό μορφή είτε καταναλωτικών προϊόντων π.χ. έπιπλα, είτε άλλων κατασκευών π.χ. ναυπηγική, επικολλημένοι δοκοί κ.ά. θα πρέπει να δίνουν μεγάλη προσοχή στο θέμα της συγκόλλησης των επί μέρους τμημάτων της κατασκευής. Κι αυτό διότι στην περίπτωση μιας μη ικανοποιητικής συγκόλλησης η συγκολλημένη κατασκευή (προϊόν) δεν μπορεί να εκπληρώσει τη λειτουργική χρήση της με αποτέλεσμα ο αγοραστής (καταναλωτής) να εγείρει ακόμη και με δικαστική οδό αποζημιώσεις από τη βιοτεχνία που προμηθεύθηκε το υπ' όψη προϊόν. **Μη ικανοποιητικές συγκολλήσεις ξύλου μπορεί να συμβούν στις εξής περιπτώσεις:**

1. Το προς συγκόλληση ξύλο περιέχει μεγάλα ποσοστά υδρόφοβων εκχυλιστικών ουσιών. Τέτοια είδη ξύλου μπορεί να είναι διάφορα κωνοφόρα, η σημύδα, η κασταριά, η λίμβα (Limba) και η φλαμουριά.
2. Το μέγεθος της πίεσης που εφαρμόζεται κατά τη συγκόλληση είναι διαφορετικό απ' αυτό που είναι κατάλληλο. Η πίεση εφαρμόζεται ανομοιόμορφα.
3. Η θερμοκρασία συγκόλλησης (κατά τη συμπίεση) είναι μικρότερη από την προβλεπόμενη από τις σχετικές προδιαγραφές. Αυτό μπορεί να συμβεί π.χ. στις συγκολλητικές ουσίες πολυσυμπυκνώσεως όπως είναι η ουρία-φορμαλδεΐδη.
4. Το ξύλο έχει πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα ποσοστά υγρασίας. Έτσι π.χ. στην περίπτωση ξυλοφύλλων (καπλαμάδων) με πολύ μικρή υγρασία αλλά και σε είδη ξύλου μικρής πυκνότητας (μαλακά είδη) με μεγάλους πόρους όπως είναι η λεύκη και η απάχι (Abachi) το ξύλο απορροφά μεγάλα ποσοστά νερού από τη συγκολλητική ουσία. Για ν' αποφευχθεί αυτό θα πρέπει τα αναφερθέντα είδη ξύλου προ της συγκόλλησης να περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας απ' ότι γίνεται συνήθως με τα κανονικά είδη ξύλου.
5. Πρόωρη αποξήρανση της συγκολλητικής ουσίας. Αυτό μπορεί να συμβεί π.χ. όταν το χρονικό διάστημα που διήρκησε από την επάλειψη της συγκολλητικής ουσίας μέχρι τη συμπίεση των συγκολλουμένων επιφανειών ήταν μεγαλύτερο απ' ότι θα έπρεπε.
6. Τα ποσοστά επάλειψης της συγκολλητικής ουσίας είναι πολύ μεγαλύτερα (μεγάλου πάχους στρώση) απ' ότι θα έπρεπε. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις συνθετικές συγκολλητικές ουσίες. Στην περίπτωση των αφρωδών συγκολλητικών ουσιών συμβαίνει συχνά το αντίθετο δηλ. επάλειψη μικρότερων ποσοστών συγκολλητικής ουσίας απ' ότι θα έπρεπε λόγω οπτικής απάτης.
7. Όταν δεν δίνεται η απαραίτητος προσοχή στην εφαρμογή της πίεσης και θερμοκρασίας κατά τη θερμή συγκόλληση στην πρέσσα. Στην περίπτωση π.χ. που

εφαρμόζεται πολύ υψηλή πίεση και το νερό της συγκολλητικής ουσίας ευρίσκεται στο σημείο βρασμού τότε είναι δυνατό μια απότομη μείωση της πίεσης να οδηγήσει σε απότομη διαφυγή ατμού με αποτέλεσμα καταστροφή των δεσμών της συγκολλητικής ουσίας.

Ορισμένα τυπικά γνωρίσματα κακής συγκόλλησης όπως εμφανίζονται στις συγκολλούμενες επιφάνειες του ξύλου και κυρίως των ξυλοφύλλων είναι τα ακόλουθα:

1. Φυσαλίδες, Καμπυλότητες (εξογκώματα).

Τα σφάλματα αυτά μπορούν να δημιουργηθούν όταν μετά την επάλειψη της συγκολλητικής ουσίας οι επαλειμμένες επιφάνειες του ξύλου άργησαν να συγκολληθούν με αποτέλεσμα την ξήρανση της συγκολλητικής ουσίας. Στις θέσεις αυτές λοιπόν κατά την μετέπειτα προσρόφηση υγρασίας δημιουργούνται εξογκώματα, ενώ κατά την απώλεια υγρασίας (ξήρανση) μπορεί να δημιουργηθούν ραγάδες. Από τη διάνοιξη αυτών των θέσεων (εξογκωμάτων) αποδεικνύεται ότι η μία από τις δύο επιφάνειες ξύλου δεν είχε συμμετάσχει στη συγκόλληση. Αντίθετα εάν κατά τη διάνοιξη και οι δύο επιφάνειες (άνω και κάτω) του εξογκώματος δείξουν ότι υπήρξε συγκόλληση (ίνες ξύλου επικάθονται στη στρώση της συγκολλητικής ουσίας) τότε η κακή συγκόλληση στις θέσεις αυτές οφείλεται στο ότι η συγκολλητική ουσία κατά την επάλειψή της είχε υπερβολικά μεγάλη ποσότητα νερού. Το νερό αυτό δεν απορροφήθηκε από το ξύλο π.χ. όταν η θερμοκρασία στην πρέσσα ήταν $>100^{\circ}\text{C}$ με αποτέλεσμα κατά την ελευθέρωση (μείωση) της πίεσης να δημιουργηθούν εκρήξεις ατμού που οδήγησαν στον εγκλεισμό φυσαλλίδων αέρος και τη δημιουργία των εξογκωμάτων.

2. Συμπιεσμένες θέσεις μικρής επιφάνειας.

Αυτές οφείλονται σε ανωμαλίες της επιπεδότητας των μεταλλικών πλακών της πρέσσας ή των μεταλλικών ελασμάτων (λαμαρίνες) που χρησιμοποιούνται στην πρέσσα για τη συγκόλληση των επιφανειών ξύλου. Οι ανωμαλίες αυτές προκαλούνται από υπολείμματα σκληρυμένης συγκολλητικής ουσίας ή από μηχανικές παραμορφώσεις των μεταλλικών πλακών της πρέσσας ή των μεταλλικών ελασμάτων.

3. Στρεβλώσεις ή κυρτώσεις.

Στις περιπτώσεις αυτές είτε η συγκολλητική ουσία επαλείφθηκε ανομοιόμορφα, είτε οι προς συγκόλληση επιφάνειες ξύλου παρουσιάζουν διάφορες ασυμμετρίες π.χ. ανομοιόμορφο πάχος των ξυλοφύλλων (καπλαμάδων) ή ανομοιόμορφα ποσοστά υγρασίας στις διάφορες θέσεις των συγκολλούμενων επιφανειών τους.

4. Αυλακώσεις.

Οι αυλακώσεις που παρατηρούνται στην επιφάνεια του ξυλόφυλλου μιας συγκολλημένης κατασκευής είναι αποτυπώσεις των αυλακώσεων των κυλίνδρων με τους οποίους επαλείφεται η συγκολλητική ουσία. Υπεύθυνη για την εμφάνιση αυτή είναι συγκολλητική ουσία με μεγάλο ιξώδες (πυκνόρευση) και επομένως μικρής ρευστότητας.

5. Μεταχρωματισμοί (κηλίδες).

Οι ερυθρές κηλίδες στην επιφάνεια του ξύλου μπορεί να οφείλονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες συγκόλλησης ως αποτέλεσμα ταχύτατης εξόδου του υδρατμού. Επίσης μπορεί να οφείλονται και στη χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοστών σκληρυντή (καταλύτη) στη συγκολλητική ουσία. Στην περίπτωση που το pH (οξύτητα) της συγκολλητικής ουσίας μειωθεί κάτω από ορισμένη τιμή τότε ακόμη κι αν δεν υπάρχουν χρωστικά εκχυλίσματα στο ξύλο τότε μπορεί να εμφανισθούν μεταχρωματισμοί. Κηλίδες χρώματος φαιού (γκρίζου) μέχρι σκούρου κυανού εμφανίζονται σε είδη ξύλου που περιέχουν τοξικές ουσίες όταν έλθουν σε επαφή με νερό, οξέα και άλατα σιδήρου. Τα οξέα μπορεί να δημιουργηθούν με τη χρήση υψηλών ποσοστών σκληρυντή (καταλύτη) στη συγκολλητική ουσία. Τα άλατα σιδήρου προέρχονται από τις μεταλικές πλάκες της πρέσσας όπου γίνεται η συγκόλληση ή από το νερό της συγκολλητικής ουσίας. Η περίσσεια νερού οφείλεται σε υπερβολική υγρασία του ξύλου ή σε υπερβολική ποσότητα νερού που περιέχει η συγκολλητική ουσία.

6. Αποτυπώσεις των πλευρικών συνδέσεων των ξυλοφύλλων.

Πλευρικές συνδέσεις επιφανειακών ή μεσαίας στρώσης ξυλοφύλλων που γίνονται με συγκολλήσεις είναι δυνατόν να αποτυπώνονται στην επιφάνεια της συγκολλημένης κατασκευής. Τα σφάλματα αυτά εμφανίζονται σε μια ομάδα συγκολλητικών ουσιών

(ζωϊκές, οξικός πολυβινυλεστέρας, ουρία-φορμαλδεΐδη) οι οποίες προσροφούν νερό ή από τα ξυλόφυλλα κατά τη θερμή συμπίεση ή από το διαλύτη κατά την επάλειψη της επιφάνειας με βερνίκια οπότε διογκώνονται και έτσι αποτυπώνονται οι θέσεις συγκολλησεως των ξυλοφύλλων στην επιφάνεια της κατασκευής.

7. Ραγάδες στο επιφανειακό ξυλόφυλλο ή στην επιφανειακή στρώση του βερνικιού.

Στην περίπτωση που τα επιφανειακά ξυλόφυλλα έχουν μεγάλα ποσοστά υγρασίας τότε κατά την ξήρανσή τους λόγω της ρίκνωσης είναι δυνατό οι μηχανικές τάσεις που αναπτύσσονται να υπερβούν την αντοχή του ξύλου σε εγκάρσιο εφελκυσμό οπότε σχηματίζονται στην εξωτερική επιφάνεια του ξυλόφυλλου. Πολλές φορές μπορούν να εμφανισθούν ραγάδες και στις επιφανειακές επικαλύψεις των ξυλοφύλλων με βερνίκια. Αυτές εμφανίζονται όταν τα δύο εξωτερικά (επιφανειακά) ξυλόφυλλα έχουν συγκολληθεί με τις ίνες τους παράλληλες αντί κάθετες μπορεί δε να γίνουν πιο έντονες όταν η συγκολλητική ουσία περιέχει υπερβολική ποσότητα νερού ή επαλείφεται σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης ραγάδες μπορεί να εμφανίσουν τα επιφανειακά ξυλόφυλλα όταν τοποθετούνται προς τα έξω με τη «χαλαρή» (ραγαδωμένη) κι όχι με την «κλειστή» επιφάνειά τους.

4.3 Έλεγχοι (δοκιμές) της ποιότητας της συγκολλητικής ουσίας και της (ής των) αντοχής των δεσμών ξύλου-συγκολλητικής ουσίας

Η συγκολλητική ουσία για να εκπληρώσει τον προορισμό της δηλ. να δημιουργήσει ισχυρούς δεσμούς με το ξύλο πρέπει να έχει τις κατάλληλες ιδιότητες. Κριτήρια ποιότητας της κόλλας αποτελούν το ιξώδες (ρευστότητα) και το pH (οξύτητα) της.

Όσο αφορά το ιξώδες η κόλλα θα πρέπει να έχει την κατάλληλη ρευστότητα ώστε να διαβρέχει επαρκώς τις δύο προς συγκόλληση επιφάνειες του ξύλου. Δεν πρέπει να είναι πολύ υδαρής (λεπτόρευστη) διότι τότε εισχωρεί και χάνεται στο εσωτερικό του ξύλου, όμως δεν πρέπει να είναι και υπερβολικά παχύρευστη διότι τότε είναι αδύνατη η σωστή επάλειψη ή ο ψεκασμός της στις επιφάνειες του ξύλου. Η τιμή του ιξώδους αποτελεί έμμεσα και ένα κριτήριο για την παλαιότητα της κόλλας, ιδιαίτερα στις συνθετικές κόλλες που σκληραίνονται με χημικές αντιδράσεις πολυσυμπυκνώσεως ή πολυμερισμού των συστατικών τους το μεγάλο ιξώδες (παχύρευστη κατάσταση) αυξάνει συνήθως με την παλαιότητα της κόλλας.

Σχετικά με το pH (οξύτητα) η τιμή του εξαρτάται από το εάν ανάλογα με το είδος της κόλλας και του προστιθέμενου σκληρυντή η σκλήρυνση πρόκειται να γίνει σε όξινο (τιμή pH <7) περιβάλλον. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα ξυλόφυλλα

συγκεκριμένων ειδών ξύλου τα οποία επειδή περιέχουν ορισμένες ομάδες εκχυλισμάτων είναι δυνατό κατά τη συγκόλλησή τους με κόλλες όξινου ή αλκαλικού χαρακτήρα να δημιουργήσουν έντονους μεταχρωματισμούς.

Το πιο αξιόπιστο κριτήριο για την εκτίμηση της αντοχής των δεσμών μιας συγκεκριμένης κόλλας με το ξύλο είναι ο προσδιορισμός της δύναμης εκείνης που απαιτείται για να αποκολληθούν οι δύο συγκολλημένες επιφάνειες ξύλου. Οι σχετικές τεχνικές προδιαγραφές προβλέπουν τη συγκόλληση με την υπό έλεγχο κόλλα δύο πλακιδίων συμπαγούς ξύλου συγκεκριμένης γεωμετρικής μορφής τα οποία μετά την πλήρη σκλήρυνση της κόλλας αποκολλώνται με εφαρμογή φορτίου στη μηχανή αντοχής και καταγράφεται η δύναμη που απαιτήθηκε για την αποκόλληση* η δύναμη αυτή ανάγεται ανά μονάδα συγκολλημένης επιφάνειας (N/mm^2) (Σχήμα 1) και έτσι υπολογίζεται η αντοχή της κόλλας σε διάτμηση.

Για την αξιολόγηση της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης προϊόντων ξύλου οι τεχνικές προδιαγραφές προβλέπουν στις μοριοπλάκες το τεστ του εγκάρσιου εφελκυσμού και για τα αντικολλητά το τεστ της αντοχής σε διάτμηση (Σχήμα 2 και 3). Εάν πρόκειται να ελεγχθούν κόλλες που πρέπει να διαθέτουν επαρκή αντοχή σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες τότε πριν γίνει το τεστ της αντοχής τα συγκολλημένα δοκίμια ξύλου ή προϊόντων ξύλου υποβάλλονται σε μια τεχνητή γήρανση που συνίσταται σε εναλασσόμενη ύγρανση με ψυχρό και βραστό νερό. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η αντοχή των δεσμών της κόλλας που προσδιορίζεται κατά την αποκόλληση δεν πρέπει να υπολείπεται μιας ελάχιστης τιμής η οποία καθορίζεται από σχετικές τεχνικές προδιαγραφές έτσι ώστε η συγκόλληση να διαθέτει επαρκή αντοχή για το σκοπό που προορίζεται.

Μια κατά προσέγγιση εκτίμηση της αντοχής των δεσμών κόλλας-ξύλου μπορεί να γίνει με προσεκτική μακροσκοπική παρατήρηση των αποκολλημένων επιφανειών ξύλου* η αποκόλληση γίνεται με ανασήκωση των δύο συγκολλημένων επιφανειών στο επίπεδο συγκολλήσεως με χρησιμοποίηση κάποιου αιχμηρού εργαλείου. Κριτήριο της αντοχής συγκόλλησης στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί το ποσοστό επικάλυψης των αποκολλημένων επιφανειών με ίνες ξύλου* συγκεκριμένα όσο περισσότερες ίνες ξύλου επικάθηνται στις αποκολλημένες επιφάνειες τόσο καλύτερη είναι η μηχανική αντοχή της κόλλας διότι η θραύση γίνεται μέσα στο ξύλο κι όχι μέσα στη στρώση της κόλλας (Σχήμα 4).

Οι δεσμοί των συγκολλητικών ουσιών (ρητίνες, κόλλες) σε συγκολλήσεις ξύλου θα πρέπει να διαθέτουν ελαστικότητα. Αυτό είναι απαραίτητο διότι συχνά μια συγκολλημένη ξυλοκατασκευή είναι εκτεθειμένη σε αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου όπου χρησιμοποιείται. Η αυξομείωση αυτών των

παραγόντων (θερμοκρασία και υγρασία) έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία δυνάμεων (τάσεων) που τείνουν να καταστρέψουν τη μηχανική αντοχή των δεσμών της συγκολλητικής ουσίας μέσα στην ίδια αλλά και ανάμεσα σ' αυτήν και το ξύλο. Η καταστρεπτική δράση αυτών των δυνάμεων μπορεί να αποφευχθεί ή να μειωθεί κατά το δυνατόν εφ' όσον η συγκολλητική ουσία διαθέτει καλή ελαστικότητα.

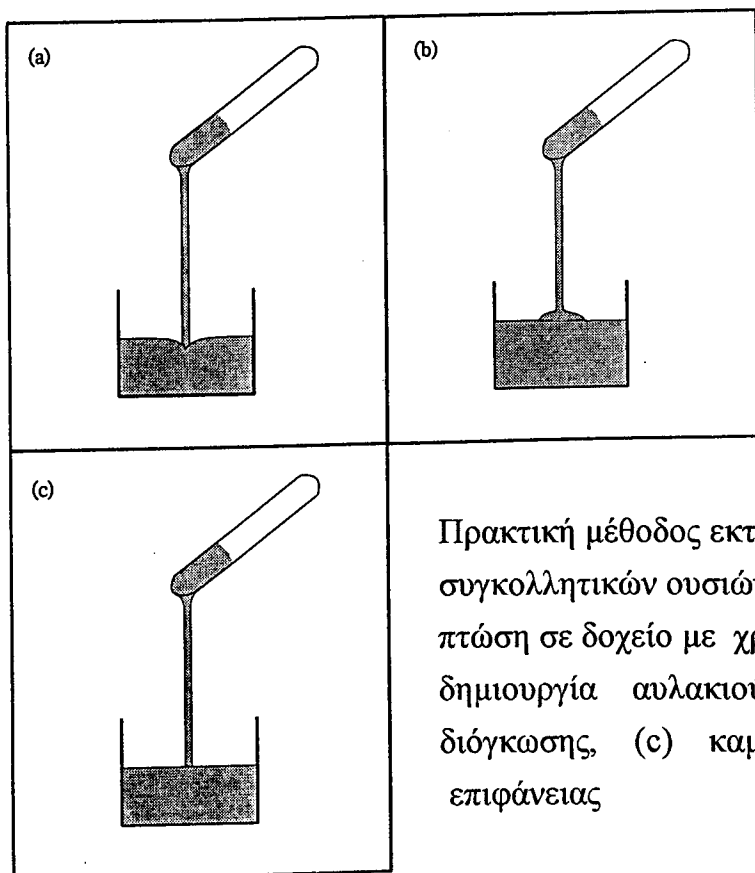
Πολύ συχνά είναι επιθυμητό οι δεσμοί της συγκολλητικής ουσίας να είναι ανθεκτικοί σε επιδράσεις υγρασίας, νερού συνήθους θερμοκρασίας ή και θερμού νερού. Ένα κριτήριο αυτής της ανθεκτικότητας είναι τα ποσοστά προσρόφησης νερού της σκληρυμένης συγκολλητικής ουσίας. Ορισμένα παραδείγματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Προσρόφηση νερού από τη σκληρυμένη συγκολλητική ουσία μετά από 24 ώρες εμβάπτισής της σε νερό θερμοκρασίας 25°C.

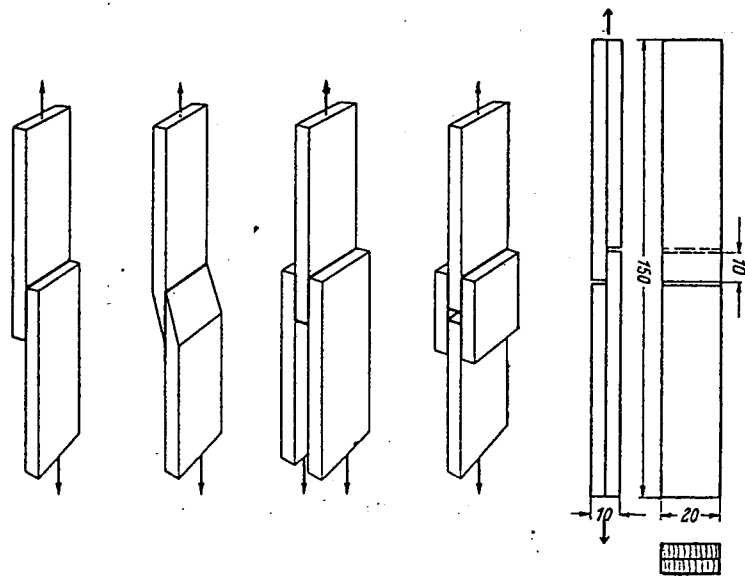
Είδος κόλλας	Ποσοστά προσρόφησης (%)
Καζεΐνη	7,0-14,0
Νιτροκυτταρίνη	0,6-2,6
Οξική κυτταρίνη	1,0-4,7
Φαινόλη-Φορμαλδεΰδη	0,01-0,6
Ουρία-Φορμαλδεΰδη	0,75-3,0
Μελαμίνη- Φορμαλδεΰδη	0,07-0,6
Πολυβινυλοχλωρίδιο	0,05-0,15
Οξικός πολυβινυλεστέρας	2,0
Πολυακρυλικός εστέρας	0,3-0,5
Πολυαμίδια	0,4-2,0



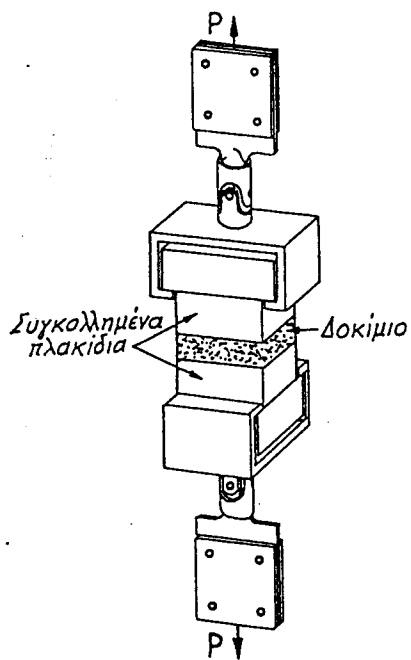
Συσκευή τύπου Brookfield (ιξωδόμετρο) για τη μέτρηση του ιξώδους συγκολλητικών ουσιών



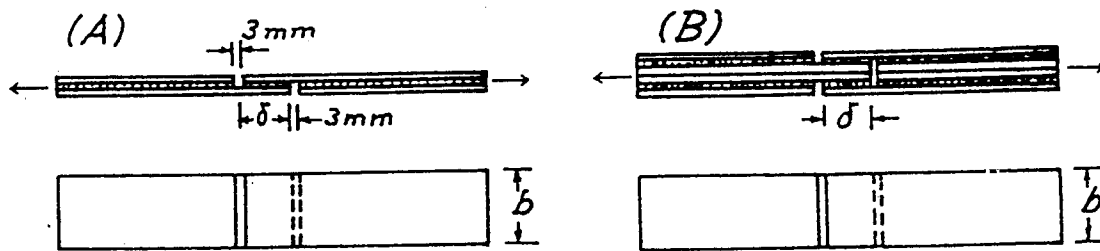
Πρακτική μέθοδος εκτίμησης του ιξώδους συγκολλητικών ουσιών κατά την ελεύθερη πτώση σε δοχείο με χρήση σπάτουλας, (a) δημιουργία αυλακιού, (b) δημιουργία διόγκωσης, (c) καμία μεταβολή της επιφάνειας



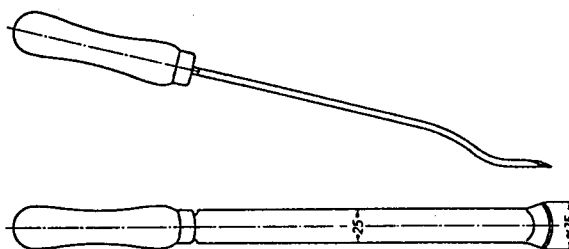
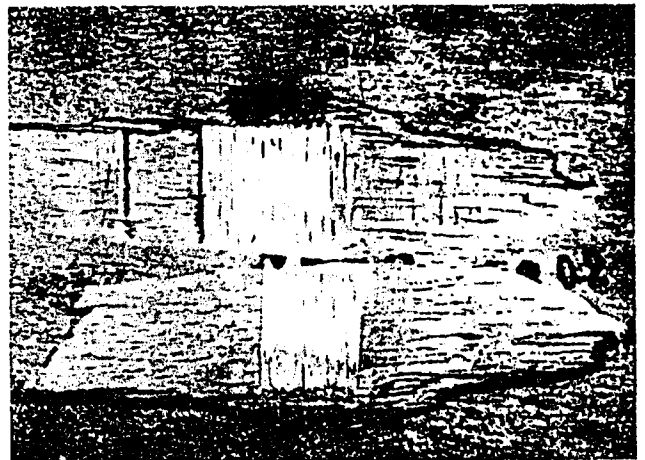
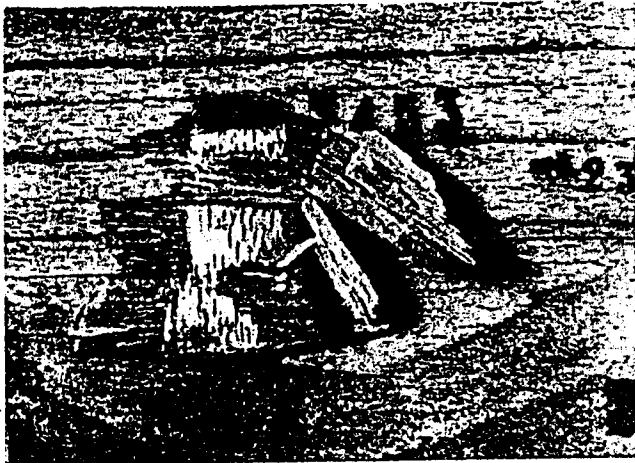
Σχήμα 1. Δοκίμια συμπαγούς ξύλου για τον προσδιορισμό της αντοχής του δεσμού μεταξύ της συγκολλητικής ουσίας και του ξύλου.



Σχήμα 2. Συγκράτηση δοκιμίου μοριοπλάκας κατά τον προσδιορισμό της αντοχής συγκόλλησής του τεστ εγκάρσιου εφελκυσμού.



Σχήμα 3. Δοκίμια αντικολλητών (Α. τρίστρωμου, Β. πεντάστρωμου) για τον προσδιορισμό της αντοχής του δεσμού μεταξύ της συγκολλητικής ουσίας και ξυλοφύλλων.



Σχήμα 4. Άνω: αποκολλημένες επιφάνειες ξυλοφύλλων αντικολλητού.

Κάτω: αιχμηρό εργαλείο για την αποκόλληση συγκολλημένων επιφανειών ξύλου

Στη συνέχεια παρατίθενται οι ισχύουσες ευρωπαϊκές προδιαγραφές (EN) που αναφέρονται στον προσδιορισμό της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης ξύλου και συγκολλητικής ουσίας.

EN 204/1997 (prelimary Norm). Classification of wood adhesives for non-structural applications. Ταξινόμηση συγκολλητικών ουσιών ξύλου για χρήσεις μη φέρουσες κατασκευές.

Οι συγκολλητικές ουσίες αναφέρονται σε ξυλεία επιπλώσεων και ξυλεία εσωτερικών κατασκευών (επενδύσεις τοίχων και οροφής, παράθυρα, πόρτες, κ.ά.) οι οποίες αποτελούνται από το ξύλο και τα συγκολλητά προϊόντά του. Η ταξινόμηση των συγκολλητικών ουσιών ανάλογα με τον τομέα χρήσης και τις κλιματικές συνθήκες των χώρων εφαρμογής δείχνονται στον επόμενο Πίνακα.

Ταξινόμηση συγκολλητικών ουσιών

Κλάσεις	Παραδείγματα κλιματικών συνθηκών και τομέων εφαρμογής
D ₁	Εσωτερικοί χώροι, μέγιστη υγρασία ξύλου 15%
D ₂	Εσωτερικοί χώροι με ευκαιριακή και μικρής χρονικής διάρκειας επίδραση ρέοντος ύδατος και ευκαιριακή άνοδο της σχετικής υγρασίας η οποία μπορεί να ανεβάσει την υγρασία ξύλου έως 18%.
D ₃	Εσωτερικοί χώροι με συχνή επίδραση ρέοντος ύδατος ή και υψηλής υγρασίας αέρος. Εξωτερικοί χώροι προστατευμένοι από την απευθείας έκθεση στους κλιματικούς παράγοντες.
D ₄	Εσωτερικοί χώροι με συχνή μικρής διάρκειας επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και ρέοντος ύδατος. Εξωτερικοί χώροι εκτεθειμένοι στους κλιματικούς παράγοντες στους οποίους όμως οι επιφάνειες των ξύλινων κατασκευών είναι καταλλήλως προστατευμένες.

Οι ελάχιστες τιμές της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης δείχνονται ανάλογα με την κλάση της συγκολλητικής ουσίας στον επόμενο Πίνακα. Για κάθε χειρισμό όπως δείχνεται στον Πίνακα απαιτούνται δέκα δοκίμια. Για μικρού πάχους επίστρωση της συγκολλητικής ουσίας ισχύουν οι τιμές του Πίνακα ενώ για παχύτερες στρώσεις οι τιμές πρέπει να ανέρχονται τουλάχιστον στο 80% αυτών του Πίνακα. Γενικά πρέπει

να επισημανθεί ότι οι αναφερόμενες στον Πίνακα τιμές έχουν ενδεικτική σημασία και δεν ισχύουν εφ' όσον υπάρχουν αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες διαστάσεις των δοκιμίων.

Ελάχιστες τιμές της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης*

Σειρά χειρισμών	Είδος και διάρκεια χειρισμών	Αντοχή δεσμών συγκόλλησης, N/mm ² **			
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα	≥10	≥10	≥10	≥10
2	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 3 ώρες σε νερό (20±5)°C 7 ημέρες σε κανονικό κλίμα	-	≥8	-	-
3	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 4 ημέρες σε νερό (20±5)°C	-	-	≥2	≥4
4	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 4 ημέρες σε νερό (20±5)°C 7 ημέρες σε κανονικό κλίμα	-	-	≥8	-
5	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 6 ώρες σε βράζον νερό 2 ώρες σε νερό (20±5)°C	-	-	-	≥4

*: ισχύει για λεπτού πάχους στρώσεις συγκόλλησης. **: οι ελάχιστες τιμές θα πρέπει να επιτευχθούν από τις μέσες τιμές δέκα δοκιμών (τεστ). κανονικό κλίμα: (20±2)°C και (65±5)% σχετική υγρασία ή (23±2)°C και (50±5)% σχετική υγρασία. - : δεν απαιτείται έλεγχος.

EN 205/1991: Test methods for wood adhesives for non structural applications. Determination of tensile strength of lap joints. Μέθοδοι δοκιμών συγκολλητικών ουσιών ξύλου για μη φέρουσες κατασκευές. Προσδιορισμός της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης (επιμήκεις αλληλοκαλυπτόμενες επιφάνειες) σε εφελκυσμό.

Η προδιαγραφή δεν ισχύει για φέρουσες κατασκευές και συγκολλητικές ουσίες παραγωγής αντικολλητών, μοριοπλακών και ινοπλακών. Ισχύει για συγκολλήσεις μεταξύ ξύλου ή συγκολλητών προϊόντων και προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των συνθηκών συγκόλλησης και η επίδραση των χειρισμών στην αντοχή των δεσμών συγκόλλησης. Επίσης για αξιολόγηση της συγκόλλησης με μικρού ή μεγάλου πάχους στρώσεις.

Για την κατασκευή των δοκιμίων χρησιμοποιείται ευθύινο, πλανισμένο, μη ατμισμένο πριστοτεμάχιο οξυάς (*Fagus silvatica* L.) πλάτους 130 mm. Το ένα από τα δύο πλακίδια που θα συγκολληθούν έχει πάχος 5 mm και το άλλο πάχος (5+a) mm όπου a: πάχος στρώσης συγκολλητικής ουσίας. Στη περίπτωση λεπτής στρώσης (a: 0,1 mm) τα πλακίδια έχουν και τα δύο πάχος 5 mm (βλ. Σχήμα ΙΑ). Η πυκνότητα του

ξύλου της οξύας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον $(700 \pm 100) \text{ Kg/m}^3$ για μια υγρασία 12%. Η γωνία μεταξύ των ετήσιων δακτυλίων και των συγκολλημένων επιφανειών πρέπει να είναι $30-90^\circ$. Τα δύο προς συγκόλληση πλακίδια προ της συγκόλλησης πρέπει να κλιματιστούν σε κανονικό κλίμα: $(23 \pm 2)^\circ \text{C}$ και $(50 \pm 5)\%$ σχ. υγρασία ή $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ και $(65 \pm 5)\%$ σχ. υγρασία.

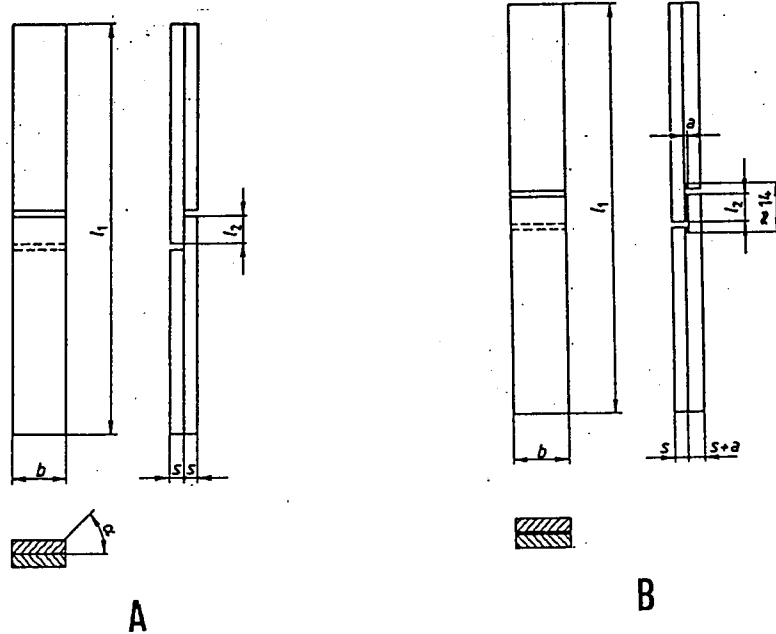
Στην περίπτωση λεπτής στρώσης συγκολλητικής ουσίας τα δύο πλακίδια πάχους 5 mm και πλάτους 130 mm πλανίζονται ή λειαινούνται (No. 150) προ της συγκόλλησης. Οι συνθήκες συγκόλλησης (ποσότητα συγκολλητικής ουσίας, διάρκεια, πίεση και θερμοκρασία συγκόλλησης) είναι αυτές που συνιστά ο παραγωγός της συγκολλητικής ουσίας. Στην περίπτωση της μεγάλης πάχους στρώσης στο ένα εκ των δύο πλακιδίων που πρόκειται να συγκολληθεί πάχους $(5+a)$ ανοίγονται με φρέζα εγκοπές a : 0,5 mm ή a : 1 mm και πλάτους 14 mm. Στην περίπτωση αυτή κατά την επάλειψη η συγκολλητική ουσία θα πρέπει να γεμίσει πλήρως τις διανοιχθείσες εγκοπές (βλ. Σχήμα IB). Από τα συγκολλημένα πλακίδια παίρνονται 5 δοκίμια πλάτους b : 20 mm και μήκους l_1 : 150 mm και γίνονται με φρέζα δύο εγκοπές ώστε η επιφάνεια συγκόλλησης που πρόκειται να εφελκωθεί να είναι l_2 : 10 mm (βλ. Σχήμα IIA). Προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε κατά το άνοιγμα των εγκοπών να μη θίγονται τα αντίστοιχα συγκολλημένα πλακίδια.

Τα δοκίμια κλιματίζονται προ της δοκιμής. Το είδος και η διάρκεια του κλιματισμού ή του χειρισμού εξαρτάται από το είδος της συγκολλητικής ουσίας και περιλαμβάνεται στην προδιαγραφή EN 204/1997. Για κάθε χειρισμό και την αντίστοιχη δοκιμή απαιτούνται τουλάχιστον 20 δοκίμια. Μεταξύ συγκόλλησης και δοκιμής πρέπει να μεσολαβεί τουλάχιστον 1 εβδομάδα.

Κατά τη δοκιμή τα δύο άκρα του δοκιμίου μήκους 40 έως 50 mm και συγκρατούνται από τις αρπάγες της μηχανής αντοχής. Το φορτίο εφελκυσμού εφαρμόζεται με μία ταχύτητα 50 mm/min μέχρι θραύσεως (αποχωρισμού των συγκολλημένων επιφανειών) του δοκιμίου. Η αντοχή του δεσμού συγκόλλησης σε εφελκυσμό προσδιορίζεται από τη σχέση:

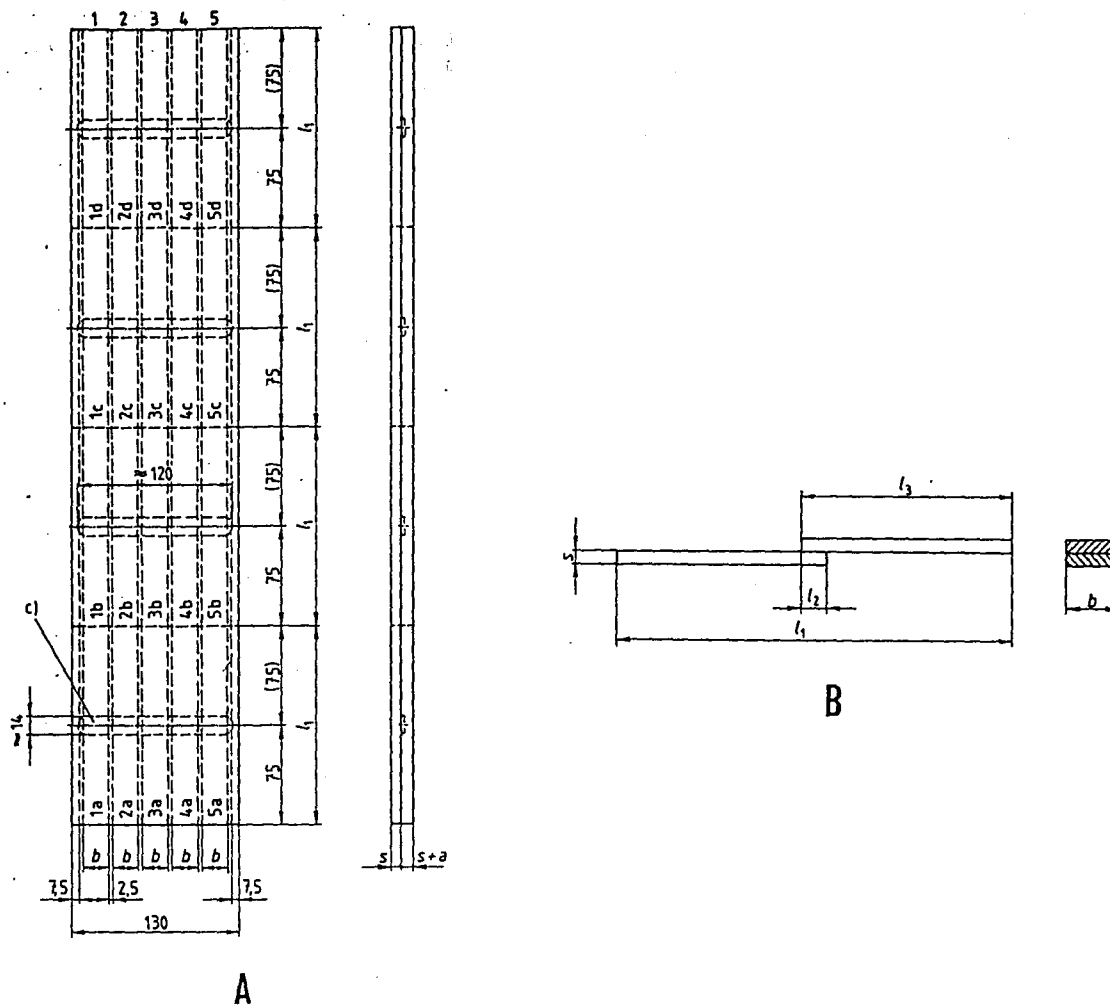
$$\tau = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{F_{\max}}{l \cdot b} \quad (\text{N/mm}^2)$$

όπου, F_{\max} : Μέγιστο φορτίο, N
 A : συγκολλημένη επιφάνεια, mm^2
 l : μήκος συγκολλημένης επιφάνειας, mm
 b : πλάτος συγκολλημένης επιφάνειας, mm



- Σχήμα Ι. Α. Δοκίμιο με μικρό πάχος στρώσης της συγκολλητικής ουσίας.
 α: Γωνία μεταξύ επιφανειών ετησίων δακτυλίων και των επιφανειών συγκόλλησης = 30 έως 90°
 b: πλάτος δοκιμίου (20±0,1) mm, l₁: συνολικό μήκος δοκιμίου (150±1) mm
 l₂: αλληλοκαλυπτόμενο μήκος της επιφάνειας (10±0,1) mm
 s: πάχος του δοκιμίου (5±0,1) mm
- Β. Δοκίμιο με μεγάλο πάχος στρώσης της συγκολλητικής ουσίας.
 α: πάχος στρώσης συγκολλητικής ουσίας.

Σε περιπτώσεις ταχείας σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας και ποιοτικού ελέγχου που γίνεται για εσωτερικούς λόγους σε μια επιχείρηση μπορεί να αποκλίσει κανείς από τις μορφές δοκιμίων που προαναφέρθηκαν και να χρησιμοποιήσει δοκίμια της μορφής που δείχνει το κατωτέρω Σχήμα ΙΙΒ.



Σχήμα Π. Α. Λήψη δοκιμίων από επικολλημένα πλακίδια. Αριθμός δοκιμίων $5 \times 4 = 20$ (από 1a έως 5d). α: πάχος στρώσης συγκολλητικής ουσίας, b: πλάτος δοκιμίου, c: εγκοπή για μεγάλο πάχος συγκολλητικής στρώσης, l_1 : συνολικό μήκος δοκιμίων, s: πάχος δοκιμίων.

Β. Τροποποιημένη μορφή δοκιμίου για ιδιαίτερους λόγους σε μία παραγωγό εταιρεία.

l_1 : μήκος δοκιμίου (150 ± 1) mm, b: πλάτος δοκιμίου ($20 \pm 0,1$) mm

l_3 : μήκος πριστοτεμαχίου (80 ± 1) mm, s: πάχος δοκιμίου ($5 \pm 0,1$) mm

l_2 : μήκος αλληλοεπικάλυψης ($10 \pm 0,1$) mm.

EN 12765/1997 (preliminary Norm): Classification of thermosetting wood adhesives for non structural applications. Ταξινόμηση θερμοσκληραινόμενων συγκολλητικών ουσιών για χρήσεις σε μη φέρουσες κατασκευές.

Η προδιαγραφή ταξινομεί τις θερμοσκληραινόμενες συγκολλητικές ουσίες σε κλάσεις (βλ. κατωτέρω Πίνακα) με βάση την αντοχή των δεσμών συγκόλλησης σε ξηρή ή υγρή κατάσταση. Για φέρουσες κατασκευές και συγκολλητικές ουσίες παραγωγής μοριοπλακών, αντικολλητών, ινοπλακών και συγκόλληση ξυλοφύλλων ισχύουν άλλες ειδικές προδιαγραφές.

Ταξινόμηση συγκολλητικών ουσιών

Κλάσεις	Παραδείγματα κλιματικών συνθηκών και τομέων εφαρμογής
C ₁	Εσωτερικοί χώροι, μέγιστη υγρασία ξύλου 15%
C ₂	Εσωτερικοί χώροι με ευκαιριακή και μικρής διάρκειας επίδραση ρέοντος ύδατος ή υδρατμών συμπυκνώσεως και/ή ευκαιριακή υψηλή υγρασία αέρος που μπορεί να ανεβάσει την υγρασία ξύλου στο 18%.
C ₃	Εσωτερικοί χώροι με συχνή επίδραση ρέοντος ύδατος ή υδρατμών συμπυκνώσεως και/ή υψηλής υγρασίας αέρος. Εξωτερικοί χώροι προστατευμένοι από άμεση έκθεση στους κλιματικούς παράγοντες.
C ₄	Εσωτερικοί χώροι με συχνή επίδραση ρέοντος ύδατος και υδρατμών συμπυκνώσεως. Εξωτερικοί χώροι εκτεθειμένοι άμεσα στους κλιματικούς παράγοντες. Έκθεση μεγάλης διάρκειας σε θερμοκρασίες >50°C

Για τη δοκιμή της συγκολλητικής ουσίας ισχύουν όσα προαναφέρθηκαν στην EN 205 με εξαίρεση ότι η ταχύτητα δοκιμής πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6 έως 12 mm/min. Οι ελάχιστες τιμές της αντοχής συγκόλλησης δείχνονται στον επόμενο Πίνακα. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε λεπτού πάχους στρώσεις της συγκολλητικής ουσίας. Σε μεγάλου πάχους στρώσεις οι ελάχιστες τιμές πρέπει να ανέρχονται τουλάχιστον στο 80% των αναφερομένων στον Πίνακα.

Ελάχιστες τιμές της αντοχής των δεσμών συγκόλλησης

Σειρά χειρισμών	Είδος και διάρκεια χειρισμών	Αντοχή, N/mm ²			
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα	≥10	≥10	≥10	≥10
2	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 1 ημέρα σε νερό (20±5)°C	-	≥7	≥7	≥7
3	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 3 ώρες σε νερό (67±2)°C 2 ώρες σε νερό (20±2)°C	-	-	≥4	-
4	7 ημέρες σε κανονικό κλίμα 6 ώρες σε βράζον νερό 7 ημέρες σε κανονικό κλίμα	-	-	-	≥4

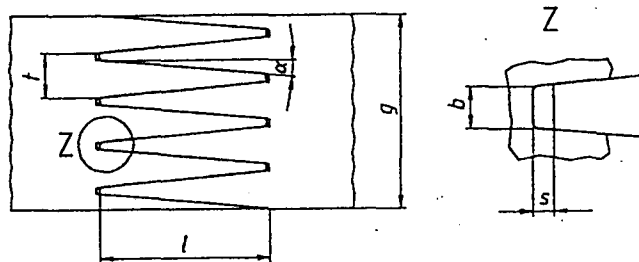
1 ημέρα: 24 ώρες.

κανονικό κλίμα: (20±2)°C και (65±5)% σχ. υγρασία ή (23±2)°C και (50±5)% σχ. υγρασία.

- : δεν απαιτείται έλεγχος.

DIN 68140-1/1998: Wood finger jointing. Finger jointing of soft wood for load-bearing structures. Δακτυλοειδής σύνδεση του ξύλου. Δακτυλοειδής σύνδεση ξύλου κωνοφόρων για χρήση σε φέρουσες κατασκευές.

Η προδιαγραφή αφορά την κατά μήκος σύνδεση με συγκόλληση των άκρων πριστής ξυλίας αφού προηγηθεί κατάλληλη διαμόρφωσή τους (δακτυλοειδούς ή σφηνοειδούς μορφής) με σκοπό την αύξηση του μήκους. Τα λεπτομερή στοιχεία (μεγέθη) της διαμόρφωσης των άκρων δείχνονται στο ακόλουθο Σχήμα Ι.



Σχήμα Ι. Χαρακτηριστικά διαμόρφωσης των άκρων δακτυλοειδούς-σφηνοειδούς μορφής.

όπου, l : μήκος σφηνοειδούς προεξοχής

g : συνολικό πλάτος σύνδεσης

t : πλάτος βάσης σφηνοειδούς προεξοχής

b : πλάτος κορυφής της προεξοχής (εσοχή)

s : ανοχή (εύρος) μεταξύ προεξοχής και εσοχής

a : γωνία σφηνοειδούς προεξοχής

$v = \frac{b}{t}$ μέτρο σμίκρυνσης του πλάτους

της προεξοχής

$e = \frac{s}{l}$ σχετικό μέτρο ανοχής μεταξύ

προεξοχής και εσοχής.

Τα μεγέθη του προφίλ της σφηνοειδούς διαμόρφωσης των άκρων l , t και v ανάλογα με το μήκος l της διαμόρφωσης συνδέονται μεταξύ τους με τις ακόλουθες σχέσεις: Για $l \leq 10$ mm, $l_{\min} = 3,6 t (1-2v)$. Για $l > 10$ mm, $l_{\min} = 4,0 t (1-2v)$. Η γωνία a είναι $\leq 7,5^\circ$ για $l \leq 10$ mm και $\leq 7,1^\circ$ για $l > 10$ mm. Ενώ είναι $v \leq 0,18$ και στις δύο περιπτώσεις.

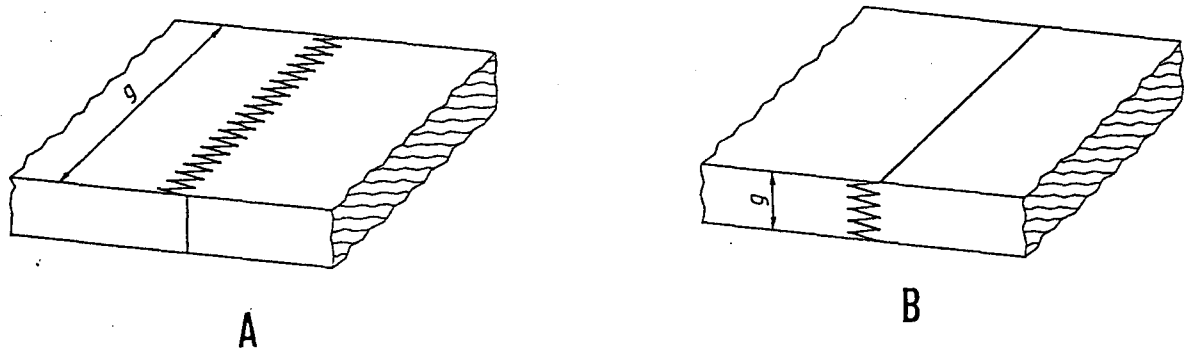
Συνήθη μεγέθη της σφηνοειδούς διαμόρφωσης

l	t	b	v
mm	mm	mm	
10,0	3,8	0,6	0,16
15,0	3,8	0,42	0,11
20,0	5,0	0,5	0,10
20,0	6,2	1,0	0,16
30,0	6,2	0,6	0,10
50,0	12,0	2,0	0,17

Η υγρασία ξύλου των δύο πριστών που πρόκειται να συγκολληθούν με σφηνοειδή διαμόρφωση των άκρων τους δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15% και η μεταξύ διαφορά τους σε υγρασία το 5%.

Η σφηνοειδής διαμόρφωση των άκρων της πριστής ξυλείας γίνεται με ειδικά μηχανήματα και συσκευές έτσι ώστε να αλληλοεμπλέκονται και να εφαρμόζουν πλήρως μεταξύ τους. Η σφηνοειδής διαμόρφωση μπορεί να είναι κάθετη ή παράλληλη με το πλάτος των πριστοτεμαχίων όπως δείχνει κατωτέρω το σχετικό Σχήμα II. Στον

ακόλουθο Πίνακα παρουσιάζεται η αντοχή σε κάμψη πιστής ξυλείας η οποία συγκολλείται με σφηνοειδείς συνδέσεις.



Σχήμα Π. Α. Σφηνοειδής διαμόρφωση κάθετη στο πλάτος του δοκιμίου g.

Β. Σφηνοειδής διαμόρφωση παράλληλη με πλάτος του δοκιμίου g.

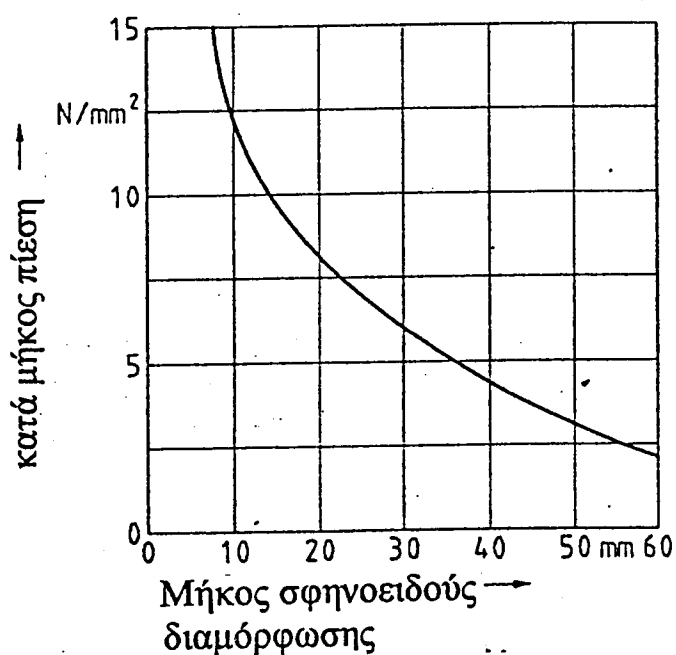
Χαρακτηριστικά μεγέθη πιστής ξυλείας συγκολλημένης με σφηνοειδή σύνδεση					
Αντοχή σε κάμψη N/mm ²					
Ποιοτικές κλάσεις πιστής ξυλείας ανάλογα με την αντοχή σε φόρτιση. Σύμφωνα με DIN 4076-1	S7/MS7	S10/MS10	S13	MS13	MS17
Χρήση πιστής ξυλείας ως στοιχείο σε επικολλητό ξύλο	20	30	35	40	46
Αυτόνομη χρήση πιστής ξυλείας	16	24	30	35	40

S: ταξινόμηση με βάση οπτική παρατήρηση (ποιοτικά γνωρίσματα ξύλου)

MS: ταξινόμηση με ειδικά μηχανήματα ταξινόμησης (αντοχή σε φόρτιση)

Κατά τη συγκόλληση η συγκολλητική ουσία πρέπει να επαλείφεται και στις δύο επιφάνειες της σφηνοειδούς διατομής και κατά το δυνατόν μέχρι την κορυφή της

προεξοχής (εσοχή). Επίσης η εφαρμογή της κατά μήκος πίεσης πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 2S. Το ύψος της πίεσης καθορίζεται από το μήκος l της σφηνοειδούς διαμόρφωσης. Ορισμένες ενδεικτικές τιμές παρουσιάζονται στο Σχήμα III. Εφ' όσον το μήκος της σφηνοειδούς διαμόρφωσης είναι $l > 30$ mm και το συνολικό πλάτος της < 100 mm τότε κατά τη συγκόλληση στο σημείο σύνδεσης πρέπει να εφαρμοσθεί επιπλέον πίεση ύψους έως 2 N/mm^2 κάθετη προς το μήκος των πριστοτεμαχίων έως ότου επιτευχθεί ικανοποιητική συγκόλληση. Μετά τη σύνδεση και προ κάθε περαιτέρω κατεργασίας του συγκολλημένου ξύλου πρέπει να προηγηθεί πλήρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας σε θερμοκρασία χώρου τουλάχιστον 20°C .



Σχήμα III. Απαιτούμενη πίεση για συγκόλληση άκρων συμπαγούς ξύλου σφηνοειδούς μορφής σε σχέση με το μήκος l της σφηνοειδούς διαμόρφωσης.

5. Ποιοτικός στατιστικός έλεγχος ξυλοπλακών

Κατά το στατιστικό έλεγχο των προϊόντων ξύλου που παράγονται σε μορφή ξυλοπλακών, πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι μηχανικές και οι φυσικές ιδιότητες μεταβάλλονται όχι μόνο μέσα στις ίδιες τις ξυλοπλάκες (κατά το μήκος και το πλάτος τους) αλλά και μεταξύ πλακών του ίδιου είδους. Οι αποκλίσεις των τιμών των διαφόρων ιδιοτήτων που παίρνονται από δοκίμια της ίδιας πλάκας είναι συνήθως μικρότερες απ' ό,τι οι αποκλίσεις των τιμών μεταξύ δοκιμίων που παίρνονται από διαφορετικές πλάκες του ίδιου είδους. Η ανομοιογένεια αυτή των ιδιοτήτων τόσο στην ίδια την πλάκα όσο και μεταξύ πλακών του ίδιου είδους εξηγούνται από τις μεταβολές των διαφόρων παραμέτρων κατά τη διάρκεια της παραγωγής όπως είναι η σύνθεση της πρώτης ύλης, το ποσοστό υγρασίας της πρώτης ύλης, η ποσότητα και η τεχνική ανάμιξη της συγκολλητικής ουσίας με την πρώτη ύλη, η στρωμάτωση, οι συνθήκες συμπίεσως κ.ά. Για να έχει λοιπόν κανείς μια πλήρη γνώση των ιδιοτήτων μιας πλάκας πρέπει να προσδιορίσει τις ιδιότητες ενός μεγάλου αριθμού πλακών (K) και από κάθε πλάκα να πάρει μεγάλο αριθμό δειγμάτων (1) δηλ. συνολικά $N=k \cdot 1$ δείγματα. Συνηθίζεται για τη διευκόλυνση των υπολογισμών να παίρνονται 10 πλάκες, δηλ. $k=10$ και από κάθε πλάκα 10 δοκίμια, δηλ. $1=10$. Από μια σειρά τιμών μιας συγκεκριμένης ιδιότητας $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ προσδιορίζονται ο μέσος όρος.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{και η τετραγωνική απόκλιση (μέσο τετράγωνο)}$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]. \quad \text{Συγκεκριμένα αν έχουμε (K)}$$

αριθμό πλακών και για τον προσδιορισμό μιας ιδιότητας παίρνουμε (1) αριθμό δοκιμίων από κάθε πλάκα, τότε αν ονομάσουμε τις μέσες τιμές κάθε πλάκας με $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3 \dots \bar{x}_k$ η μέση τιμή της συγκεκριμένης ιδιότητας για το σύνολο των (K) πλακών θα είναι,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_k}{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i.$$

Εάν ονομάσουμε τις τετραγωνικές αποκλίσεις των τιμών μιας ορισμένης ιδιότητας που παρουσιάζονται σε κάθε μια από τις (K) πλάκες με $s_1^2, s_2^2, s_3^2 \dots s_k^2$, τότε ο μέσος όρος της τετραγωνικής απόκλισης των τιμών μέσα στις (K) πλάκες θα είναι

$s_d^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i^2$. Όμως εκτός από την τετραγωνική απόκλιση των τιμών μέσα στις

(K) πλάκες υπάρχει και απόκλιση των μέσων τιμών των πλακών δηλ. των $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_k$ από το συνολικό μέσο όρο \bar{x} δηλ. τετραγωνική απόκλιση των τιμών μεταξύ των πλακών η τετραγωνική αυτή απόκλιση s_z^2 στην οποία περιέχεται η s_d^2 προσδιορίζεται από τη σχέση

$$s_z^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{k-1} \left[\sum_{i=1}^k \bar{x}_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k \bar{x}_i \right)^2 \right].$$

Από τις τετραγωνικές αποκλίσεις των τιμών μέσα στις πλάκες s_d^2 και μεταξύ των πλακών s_z^2 μπορεί να προσδιορισθεί η τετραγωνική απόκλιση των μέσων τιμών των πλακών s_m^2 από τη σχέση

$$s_m^2 = \frac{s_z^2 - s_d^2}{1}$$

Από τις τετραγωνικές αποκλίσεις s_d^2 , s_z^2 και τη μέση τιμή \bar{x} του συνόλου των τιμών των πλακών, προκύπτουν αντίστοιχα οι συντελεστές παραλλακτικότητας (διακυμάνσεως) $V_d = \frac{s_d}{\bar{x}} \cdot 100$ (μέσα στις πλάκες) και $V_z = \frac{s_z}{\bar{x}} \cdot 100$

(μεταξύ των πλακών). Το όριο εμπιστοσύνης q της μέσης τιμής \bar{x} εξαρτάται από την απόκλιση s_z , του συνολικού αριθμού των δοκιμίων $N=k \cdot l$, και τη στατιστική ασφάλεια που επιλέχθηκε. Ισχύει η σχέση $\bar{x} \pm q = \bar{x} \pm t_{(k-1)} \frac{s_z}{\sqrt{n}}$ όπου, οι τιμές του t εξαρτώνται από τον αριθμό των πλακών $(k-1)$ και μπορούν να υπολογισθούν από σχετικούς πίνακες ανάλογα με την επιδιωκόμενη στατιστική στατιστική ασφάλεια (95%, 97%, ή 99%). Το όριο εμπιστοσύνης μπορεί να υπολογισθεί και επί τοις (%) της μέσης τιμής \bar{x} όπως δείχνει η ακόλουθη σχέση:

$$100 \pm \frac{q \cdot 100}{\bar{x}} = \left(1 \pm \frac{q}{\bar{x}} \right) \cdot 100 = \left[1 \pm t_{(k-1)} \cdot \frac{s_z}{\bar{x} \sqrt{n}} \right] \cdot 100 = 100 \pm t_{(k-1)} \cdot \frac{V_z}{\sqrt{n}}.$$

Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv, 1984. Wissensspeicher Holztechnik. Grundlagen VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Bosshard, H.-H., 1975. Holzkunde. Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung. Birkhäuser Verlag.
- DIN – Taschenbuch 60, 1999. Holzfaserplatten, Spanplatten, Sperrholz. Beuth Verlag.
- Marra, A., 1992. Technology of wood bonding. Principles in practice. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Plath, E., 1963. Die Betriebskontrolle in der Spanplattenindustrie Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Seifert, K., 1960. Angewandte, Chemie und Physikochemie der Holztechnik. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Sellers, T., 1985. Plywood and Adhesive Technology. Marcel Dekker, Inc.
- Toscha, O., 1998. Grundlagen der handwerklichen Holzverleimung. Technologie und Technik. Druckerei-Verlag Hans Rösler KG, Augsburg.
- Τσουμής, Γ., 1999. Επιστήμη και Τεχνολογία του ξύλου. Τόμος Β΄ Βιομηχανική αξιοποίηση. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΙΝΟΠΛΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (MDF)

ΙΝΟΠΛΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (MDF)

1. Ορισμοί – Χαρακτηριστικά

Οι ινοπλάκες είναι προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας τα οποία παράγονται από ίνες ή συσσωματώματα ιών ξύλου ή άλλων λιγνινοκυτταρινικών πρώτων υλών τα οποία κατά το στάδιο της στρωμάτωσης έχουν υγρασία $<20\%$ και τελική πυκνότητα $\geq 0,450 \text{ g/cm}^3$. Ινοπλάκες που ανήκουν στην κατηγορία αυτή και φέρουν το όνομα: Ινοπλάκες Μέσης Πυκνότητας γνωστές ως MDF (Medium Density Fiberboard) παράγονται με την προσθήκη συνθετικής συγκολλητικής ουσίας και συμπίεση σε θερμή πρέσα. Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας ευρωπαϊκής παραγωγής παράγεται σε πάχη 1,5 mm και άνω και πυκνότητα που συνήθως κυμαίνεται σε $\geq 0,600 \text{ g/cm}^3$. Η πυκνότητα όμως δεν αποτελεί κατάλληλο κριτήριο ταξινόμησης ινοπλακών που παράγονται με ξηρή στρωμάτωση δεδομένου ότι οι υπάρχουσες τεχνολογικές μέθοδοι παραγωγής καθιστούν δυνατή τη διακύμανση της πυκνότητας ανεξάρτητα από το πάχος των πλακών (EN 316/1997). Έτσι σήμερα με ξηρή στρωμάτωση παράγονται ινοπλάκες για ειδικές χρήσεις χαμηλής πυκνότητας π.χ. $0,150 \text{ g/cm}^3$ (ως μονωτικά υλικά) ή και $0,350-380 \text{ g/cm}^3$ (χρήση στη κατασκευή στέγης ή εσωτερικών τοιχωμάτων) (Dunky/Niemz 2002). Σύμφωνα με το σχετικό πρότυπο της Ευρωπαϊκής Ένωσης EN 316/1997 οι ινοπλάκες ανάλογα με το σκοπό και τους χώρους χρήσης ταξινομούνται ως ακολούθως:

Ανάλογα με σκοπό χρήσης: α) Γενικές χρήσεις, β) Ως φέροντα στοιχεία σε δομικές κατασκευές. Ανάλογα με τους χώρους χρήσης: α) Χώροι όπου η υγρασία ισορροπίας της ινοπλάκας αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία 65%, β) Χώροι όπου η υγρασία ισορροπίας της ινοπλάκας αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία η οποία μόνο μερικές εβδομάδες του χρόνου υπερβαίνει το 85%, και γ) Χώροι όπου η ινοπλάκα είναι εκτεθειμένη σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες (επαφή με νερό ή υδρατμό).

2. Εξέλιξη της MDF

Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας είναι ένα προϊόν του οποίου η τεχνολογική ανάπτυξη έγινε στις ΗΠΑ. Τα μειονεκτήματα της σκληρής ινοπλάκας (υγρή στρωμάτωση) όπως, η μη λεία επιφάνεια (αποτύπωση δικτυωτού πλέγματος), η μη ικανοποιητική διαστασιακή σταθερότητα, η σχετικά χαμηλή μηχανική αντοχή, το μεγάλο ειδικό βάρος και τα μικρά πάχη σε συνδυασμό με την έλλειψη στην αγορά ενός προϊόντος μεγάλης ομοιογένειας (η μοριοπλάκα δεν ικανοποιούσε αυτή την ιδιότητα) ήταν οι κύριοι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην ανάπτυξη του νέου προϊόντος. Η μέθοδος της υγρής στρωμάτωσης, η οποία επικρατούσε στη Σκανδιναβία, δεν υιοθετήθηκε στα εργοστάσια παραγωγής ινοπλακών μέσης πυκνότητας λόγω των υποδεέστερων ιδιοτήτων του παραγομένου με τη μεθοδολογία αυτή προϊόντος (ασυμμετρία προφίλ πυκνότητας στο πάχος της πλάκας, χαμηλή μηχανική αντοχή) αφ' ενός, και αφ' ετέρου των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση και ρύπανση μεγάλων ποσοτήτων νερού (Back και Nordin 1976). Για τους ανωτέρω λόγους υιοθετήθηκε κατά τη παραγωγή της MDF η ξηρή μέθοδος στρωμάτωσης (με μηχανικά μέσα ή αέρα).

Το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής της MDF ιδρύθηκε στις ΗΠΑ το 1966 ενώ το πρώτο εργοστάσιο της Ευρώπης στη Γερμανία το 1973 (Maloney 1977, Kehr 1993).

Οι κύριες εφαρμογές – χρήσεις της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας αφορούν την επιπλοποιία και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Στους τομείς αυτούς το προϊόν ανταγωνίζεται επιτυχώς όχι μόνο τα άλλα σύνθετα προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας (αντικολλητά, μοριοπλάκες, πηχοπλάκες κ.ά.) αλλά και το συμπαγές ξύλο (μασίφ). Τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα της MDF σε σύγκριση με τους ανταγωνιστές της είναι: η λεπτή δομή και η ομοιογένεια πυκνότητας και οι απορρέουσες από αυτή δυνατότητες κατ' ευθείαν μηχανικής κατεργασίας με κοπτικά μηχανήματα (φρέζες ψηφιακού ελέγχου τύπου CNC, παντογράφο κτλ.) τόσο των όψεων όσο και κατά την έννοια του πάχους (εγκάρσιας τομής), η κατ' ευθείαν επάλειψη με βερνίκια, η καλή επεξεργασιμότητα των διατομών χωρίς την ανάγκη

επικόλλησης ειδικών ταινιών από πλαστικό ή ξύλο (Borchgrevink 1980, Deppe 1987, Euro MDF Board 1993, Deppe/Ernst 1996). Για τους ανωτέρω λόγους η εξέλιξη του προϊόντος στην παγκόσμια αγορά χαρακτηρίζεται από μία συνεχή και διαρκή αύξηση της παραγωγής (βλ. Πίνακα 1 και 2) (www.unecce.org/trade/timber,2005).

Πίνακας 1. Παραγωγή MDF στην Ευρώπη από το 1999 έως 2003 σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου (σε 1000 m³).

	1999	2000	2001	2002	2003	2003-1999 (Μεταβολή %)
MDF	7545	8446	9104	10162	10907	+ 44,5
*Σκληρές Ινοπλάκες	2385	2496	2062	2048	1922	- 19,41
Μοριοπλάκες	34810	37896	37079	36638	38068	+ 9,36
Αντικολλητά	4195	4275	4284	4290	4226	+ 0,74
OSB	1123	1585	1658	2258	2543	+ 126,45
Πριστή ξυλεία	104452	110950	107751	109978	112941	+ 8,13

*Παραγωγή με την υγρή μέθοδο

Πίνακας 2. Παραγωγή MDF στη Βόρειο Αμερική από το 1999 έως 2003 σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου

	1999	2000	2001	2002	2003	2003-1999 (Μεταβολή %)
MDF	3618	3768	3842	4135	3928	+ 8,57
*Σκληρές Ινοπλάκες	1361	1379	1153	1047	1469	+ 7,94
Μοριοπλάκες	13132	11773	10340	9955	10013	- 23,75
Αντικολλητά	19779	19515	17745	17783	17353	- 12,27
OSB	17971	19753	19028	20243	20805	+ 15,77
Πριστή ξυλεία	143026	141541	139723	147124	146588	+ 2,49

*Παραγωγή με την υγρή μέθοδο

3. Πρώτες ύλες ξύλου

Για την παραγωγή της MDF προσφέρονται πολλές κατηγορίες πρώτων υλών. Η κυριότερη πρώτη ύλη όμως τόσο στην Ευρώπη όσο και στη βόρειο Αμερική είναι το ξύλο των δασών. Βέβαια παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλες κατηγορίες πρώτης ύλης όπως π.χ. το ξύλο των θάμνων, ή τα ξυλώδη στελέχη ετήσιων γεωργικών φυτών. Η επιλογή της πρώτης ύλης επηρεάζεται από την τιμή και τη διαθεσιμότητα της, από την επίδρασή της στην ποιότητα του τελικού προϊόντος, από τεχνολογικές και άλλες παραμέτρους. Έτσι π.χ. πρέπει να εξετάζεται ιδιαίτερα κατά πόσο η μακρά διάρκεια αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων της πρώτης ύλης, η οποία μπορεί να συνοδεύεται από υποβάθμισή της και επιπλέον προκαλεί μακρά οικονομική δέσμευση κεφαλαίου, είναι συμφέρουσα για την επιχείρηση.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας παραγωγής της MDF κάνει δυνατή τη χρήση κωνοφόρων και πλατυφύλλων ειδών ξύλου αμιγών ή και σε μίξη. Η τελική επιλογή εξαρτάται γενικώς από τις τοπικές συνθήκες της αγοράς λαμβανομένων υπ' όψη και των ειδικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Προτιμάται αποφλοιωμένο αλλά χρησιμοποιείται και αναποφλοιώτο ξύλο. Στη δεύτερη περίπτωση η ύπαρξη φλοιού προσδίνει σκοτεινό χρώμα στην επιφάνεια το οποίο αποτελεί μειονέκτημα για την επάλειψη του τελικού προϊόντος με βερνίκια ή επένδυση με μικρού πάχους πλαστικά φύλλα. Επιπλέον ο φλοιός μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα κατά την πολτοποίηση (παραγωγή ινόμαζας) όπως π.χ. ταχύτερη άμβλυση των εσωτερικών τραχιών επιφανειών του δισκοτριβέα. Η απόδοση σε ινόμαζα (πολτός ινών) εξαρτάται από το ποσοστό του ξύλου σε στερεωτικό ιστό (σκληρέγχυμα) ο οποίος ανέρχεται σε 91-95% στα κωνοφόρα (τραχείδες), περίπου 66% στα πλατύφυλλα (βιβλιόμορφες ίνες)

ενώ είναι σημαντικά μικρότερος στην περίπτωση των ξυλωδών στελεχών ετήσιων φυτών. Εκτός της στρογγύλης ξυλείας μπορεί να χρησιμοποιηθούν υπολείμματα από άλλες κατεργασίες ξύλου (εξακρίδια, υπολείμματα ξυλοφύλλων πριονίδι κ.ά.) (Chryst/Rudman 1979, Bhagwat/Maloney 1980, Roffael et al 1992, Buchholzer 1995, Deppe/Ernst 1996).

Όσο αφορά τα ξυλώδη στελέχη ορισμένων ετήσιων ή πολυετών φυτών όπως του ινδοκάλαμου, του ζαχαροκάλαμου, της κάνναβης, της βαμβακιάς, του kenaf κ.ά. αυτά αποτελούν σημαντική πρώτη ύλη εργοστασίων παραγωγής MDF σε τροπικές και υποτροπικές χώρες. Βέβαια κατά τη χρησιμοποίηση τέτοιων πρώτων υλών θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη ορισμένες ιδιαιτερότητές τους. Έτσι π.χ. είναι απαραίτητη η απομάκρυνση της εντεριώνης των στελεχών η οποία είναι ευπρόσβλητος σε προσβολές μικροοργανισμών και δε συνεισφέρει στην αντοχή του τελικού προϊόντος. Ιδιαίτερη πρόνοια πρέπει να δίνεται στις συνθήκες αποθήκευσης αυτών των πρώτων υλών οι οποίες συνήθως, λόγω της εποχιακής συγκομιδής των φυτών από τα οποία προέρχονται, αποθηκεύονται σε μεγάλες ποσότητες στα εργοστάσια παραγωγής με αποτέλεσμα, λόγω της μακράς αποθήκευσης και της ύπαρξης εντεριώνης να υποβαθμίζονται από προσβολές μικροοργανισμών. Αντίθετα απ' ό τι συμβαίνει στη περίπτωση των μοριοπλακών, η ύπαρξη κηρών στο περίφλοιο των στελεχών δε δημιουργεί προβλήματα κατά τη συγκόλληση επειδή αυτοί απομακρύνονται κατά τους χειρισμούς παραγωγής της ινόμαζας (υδροθερμικός χειρισμός και αποτριβή) (Deppe/Ernst 1996, Youngquist et al 1996, Hague et al 1997, Skinner/Loxton/Hague 2001).

Εκτός των ανωτέρω πρώτων υλών έχουν δοκιμασθεί σε ερευνητικό επίπεδο και άλλες εναλλακτικές πρώτες ύλες όπως π.χ. η χρησιμοποίηση παλιόχαρτου. Η κύρια ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει αυτή η πρώτη ύλη είναι ότι απαιτείται απομάκρυνση του λεπτού κλάσματος επειδή σε αυτό περιέχονται κυρίως ανόργανα πρόσθετα υλικά. Η παραγωγή ινόμαζας από το παλιόχαρτο απαιτεί μικρότερο ενεργειακό κόστος και είναι απαλλαγμένη από έξοδα ξήρανσης σε σύγκριση με αυτήν που παράγεται από το ξύλο. Έτσι, παρ' όλο που κατά βάση το παλιόχαρτο χρησιμοποιείται στην ανακύκλωσή του, ύστερα από αρκετές ανακυκλώσεις, λόγω μείωσης-υποβάθμισης του μήκους και της ποιότητας των ινών, αυτό είναι ακατάλληλο για παραγωγή χαρτιού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πρώτη ύλη για MDF (Deppe/Knoll 1984, Krzysik et al 1993).

Μία άλλη εναλλακτική πρώτη ύλη η οποία κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια στην παραγωγή MDF είναι το χρησιμοποιημένο ξύλο (παλιόξύλο) από διάφορες κατοικίες όπου έχει περατώσει τη διάρκεια ζωής του. Στη περίπτωση αυτή ιδιαίτερη σημασία έχει ο επαρκής καθαρισμός της ξυλωδούς μάζας από κάθε είδους ξένες προσμίξεις (μέταλλα, πλαστικά, γυαλί κ.ά.). (Erbreich 2002). Ειδικότερα παλιές MDF και μοριοπλάκες ξύλινων κατασκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές πρώτες ύλες για MDF (Dix et al 2001).

4. Συγκολλητικές ουσίες – Πρόσθετα

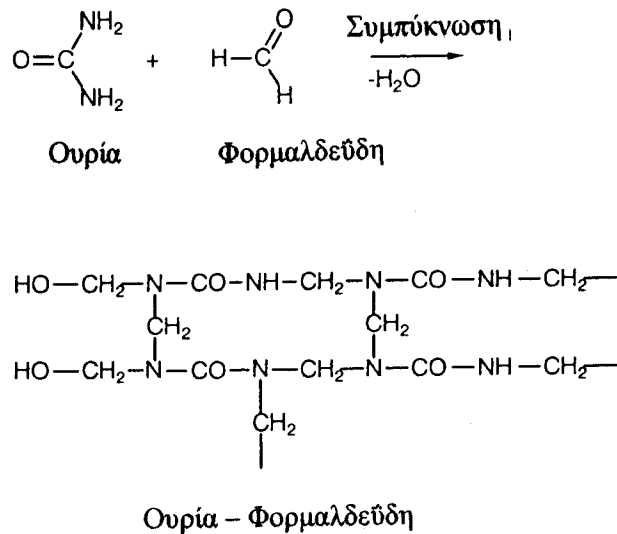
Η κυριότερη συγκολλητική ουσία η οποία χρησιμοποιείται (περίπου 90% της παγκόσμιας παραγωγής) στην παραγωγή ξυλοπλακών MDF είναι η ουρία-φορμαλδεύδη (Ο-Φ) και ως υδρόφοβη ουσία η παραφίνη (Σχήμα 1). Για κατασκευές ανθεκτικές σε υγρές συνθήκες η MDF συγκολλείται συνήθως με τη συγκολλητική ουσία ουρία-μελαμίνη-φορμαλδεύδη (Ο-Μ-Φ) δηλ. τροποποιημένη ουρία-φορμαλδεύδη στην οποία η μελαμίνη συμμετέχει σε ποσοστό 30 έως 50% (Σχήμα 2). Ως σκληρυντής χρησιμοποιείται συνήθως άλας του θειϊκού αμμωνίου.

Για χρήση σε ειδικές κατασκευές (ανθεκτικότητα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και υψηλή μηχανική αντοχή) ως συγκολλητικές ουσίες χρησιμοποιούνται η φαινόλη-φορμαλδεύδη (Φ-Φ) και οι πολυϊσοκυανικοί εστέρες (ΠΙ-Ε) (Σχήμα 3 και 4). Η σχέση κόστους των ανωτέρω συγκολλητικών ουσιών είναι η ακόλουθη: (Ο-Φ): (Φ-Φ):(ΠΙ-Ε)=1:2:4. Ανάλογα με τον τύπο της συγκολλητικής ουσίας τα ποσοστά ανά ξηρή μάζα ινών που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν ως εξής:

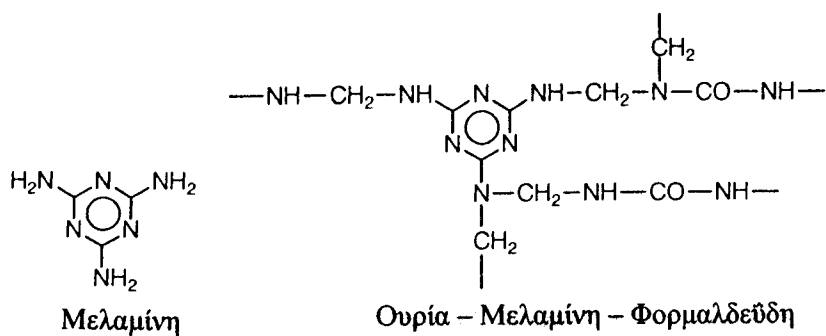
Ουρία- Φορμαλδεύδη: 8-12%

Φαινόλη- Φορμαλδεύδη: 6-8%

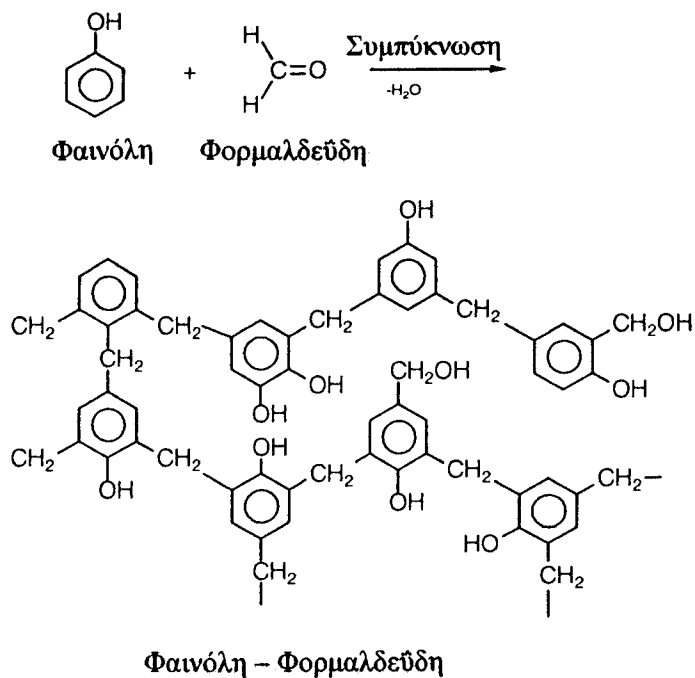
Πολυϊσοκυανικός εστέρας: 2-6%



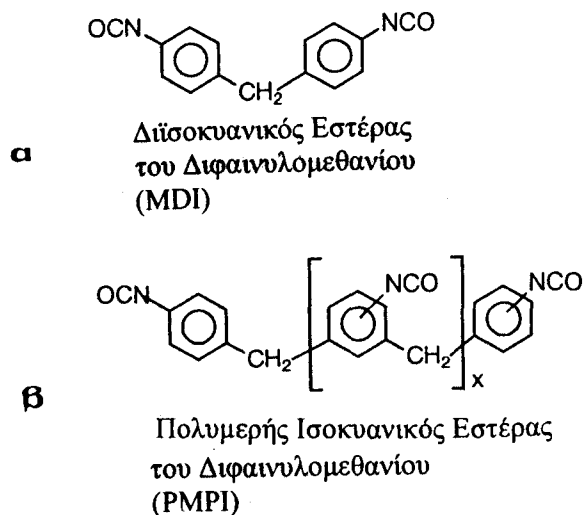
Σχήμα 1. Παραγωγή συγκολλητικής ουσίας Ουρίας-Φορμαλδεϋδης με συμπύκνωση Ουρίας και Φορμαλδεϋδης.



Σχήμα 2. Συγκολλητική ουσία Ουρίας-Μελαμίνης- Φορμαλδεϋδης.



Σχήμα 3. Παραγωγή συγκολλητικής ουσίας Φαινόλης- Φορμαλδεϋδης με συμπύκνωση Φαινόλης και Φορμαλδεϋδης.



Σχήμα 4. Μονομερής α) και πολυμερής β) Ισοκυανικός Εστέρας του Διφαινυλομεθανίου.

Εκτός των ανωτέρω συγκολλητικών ουσιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι ταννίνες (φαινολικού χαρακτήρα εκχυλίσματα του φλοιού ή του ξύλου ορισμένων δασικών ειδών καταλλήλως τροποποιημένα) στη συγκόλληση της MDF. Επίσης σε ερευνητικό επίπεδο καταβάλλονται προσπάθειες ενεργοποίησης (κατόπιν υδροθερμικού χειρισμού των ινών του ξύλου υπό πίεση) ορισμένων χημικών συστατικών του ξύλου όπως είναι οι ημικυτταρίνες ώστε να δράσουν ως συγκολλητικές ουσίες (Wagenführ et. al. 1989).

Η παραφίνη προστίθεται σε ρευστή κατάσταση κατά την παραγωγή ινοπλτού στο μηχάνημα αποτριβής ή και ως αιώρημα στη συγκολλητική ουσία (περίπτωση ουρίας-φορμαλδεΐδης) σε ποσοστό 0,3 έως 2% (με βάση το ξηρό βάρος των ινών).

Εκτός της παραφίνης άλλα πρόσθετα που προστίθενται κατά την παραγωγή, όπου κρίνεται απαραίτητο, είναι οι δεσμευτές φορμαλδεΐδης και οι αντιπυρικές και μυκητοκτόνες ουσίες. Ως δεσμευτής φορμαλδεΐδης (μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης από το τελικό προϊόν) χρησιμοποιείται κυρίως η ουρία η οποία προστίθεται στο διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας σε ποσοστό 0,5 έως 5%. Οι αντιπυρικές ουσίες με κύριο εκπρόσωπο το φωσφορικό αμμώνιο προστίθεται σε ποσοστό 10 έως 20% με βάση το ξηρό βάρος των ινών.

5. Τεχνολογία παραγωγής

Η τεχνολογία παραγωγής της MDF με τη ξηρή μέθοδο διαφέρει ως προς την τεχνολογία παραγωγής αντίστοιχης ποιότητας ινοπλακών της υγρής μεθόδου κυρίως στο ότι στη δεύτερη περίπτωση τόσο κατά την πολτοποίηση του ξύλου (παραγωγή ινόμαζας) όσο και κατά τη στρωμάτωση είναι απαραίτητη η παρουσία νερού.

Η τεχνολογία και τα μηχανήματα παραγωγής των πρώτων εργοστασίων ινοπλακών μέσης πυκνότητας στηρίχθηκαν αρχικά στην εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοπλακών. Όμως κατά την αρχική φάση λειτουργίας των εργοστασίων αυτών διαπιστώθηκαν προβλήματα που κύρια οφείλοντο στο ότι οι ίνες των ινοπλακών είναι ένα εντελώς διαφορετικό υλικό και συνεπώς συμπεριφέρονται διαφορετικά απ' ότι τα ξυλοτεμαχίδια των μοριοπλακών: Οι κύριες διαφορές των ινών από τα ξυλοτεμαχίδια είναι, η διαφορετική μορφολογία, οι πολύ μικρότερες διαστάσεις και η μικρότερη φαινομενική πυκνότητά τους. Συγκεκριμένα μεταξύ των προβλημάτων που εμφανίστηκαν στα πρώτα εργοστάσια παραγωγής MDF ήταν ότι συχνά οι αεραγωγοί μεταφοράς των ινών βούλωναν από ίνες με αποτέλεσμα να διακόπτεται η συνεχής παραγωγή του προϊόντος. Επίσης δυσκολίες παρουσιάστηκαν κατά τη ξήρανση των ινών και την ομοιόμορφη ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία. Ακόμη, νέα προβλήματα αποτελούσαν η σημαντική ρύπανση του αέρα με ίνες όχι μόνο των χώρων παραγωγής αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος και επί πλέον οι συχνές πυρκαγιές και εκρήξεις στα ξηραντήρια των ινών. Πολύ γρήγορα όμως –

γύρω στα μέσα της δεκαετίας του '70 – τα παραπάνω προβλήματα βρήκαν ικανοποιητικές λύσεις και κατά το μεγαλύτερο μέρος ξεπεράσθηκαν με την ανάπτυξη κατάλληλης τεχνολογίας και μηχανημάτων προσαρμοσμένων στις ιδιομορφίες του νέου προϊόντος κυρίως όσο αφορούσε τις φάσεις της ανάμιξης με τη συγκολλητική ουσία, της ξήρανσης και της στρωμάτωσης των ινών (Bhagwat/Maloney 1980, Johansson 1983).

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται σε απλοποιημένη μορφή οι διαδοχικές φάσεις της βιομηχανικής παραγωγής των ινοπλακών μέσης πυκνότητας και στο Σχήμα 6 τα κυριότερα τμήματα και μηχανήματα παραγωγής.

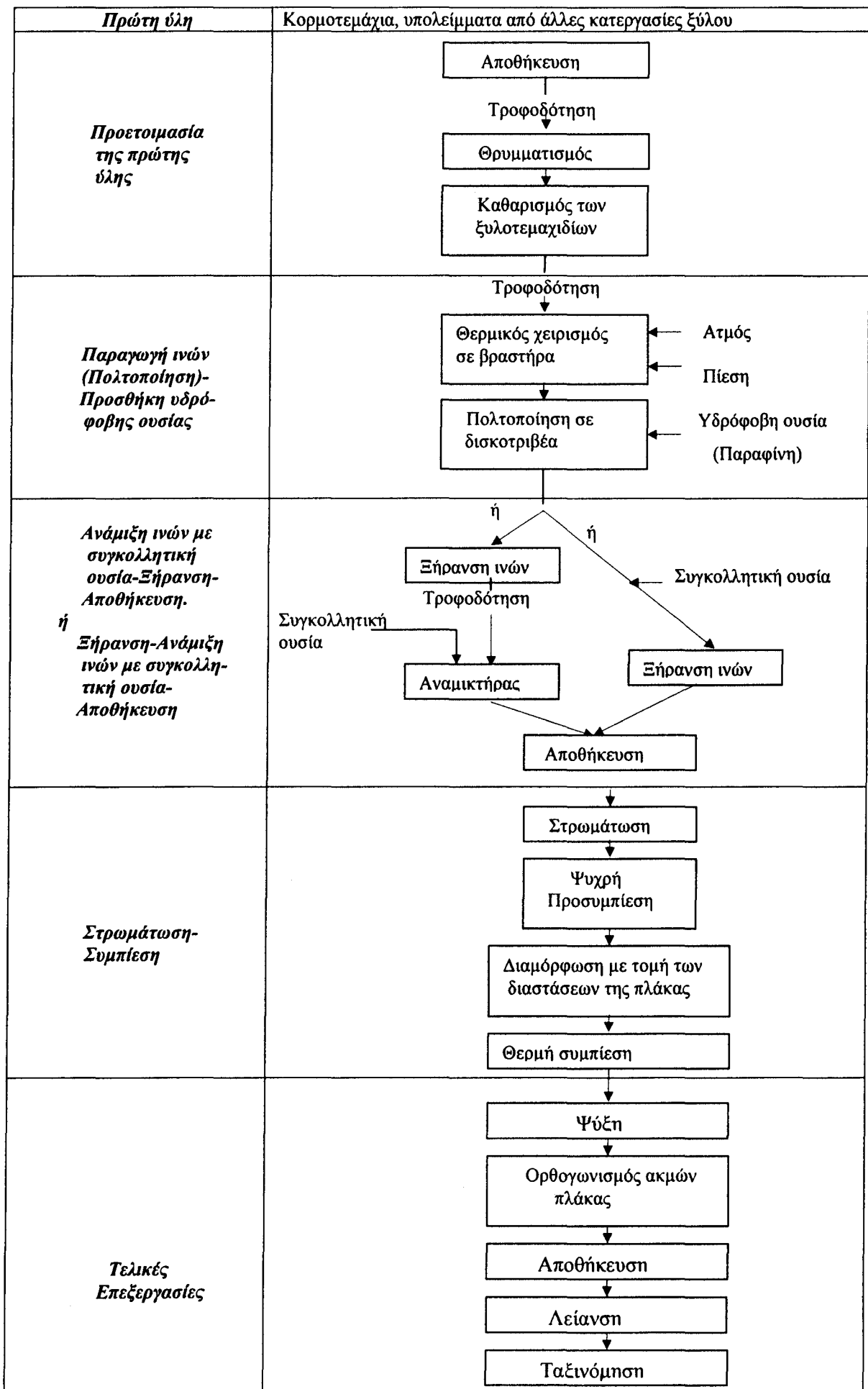
5.1 Προετοιμασία πρώτων υλών

Όπως προαναφέρθηκε, κατά τη χρησιμοποίηση στρογγύλης ξυλείας ή υπολειμμάτων κατεργασίας άλλων βιομηχανιών ξύλου, ιδιαίτερη σπουδαιότητα για την ποιότητα του τελικού προϊόντος έχει η απομάκρυνση του φλοιού. Όσο ορθολογικότερη η απομάκρυνση φλοιού τόσο ανοικτόχρωμες είναι οι παραγόμενες επιφάνειες του προϊόντος γεγονός που δρα θετικά στην τιμή πώλησης. Η αποφλοιώση μπορεί να γίνει στο δάσος ή στο εργοστάσιο παραγωγής MDF προ της παραγωγής των ινών.

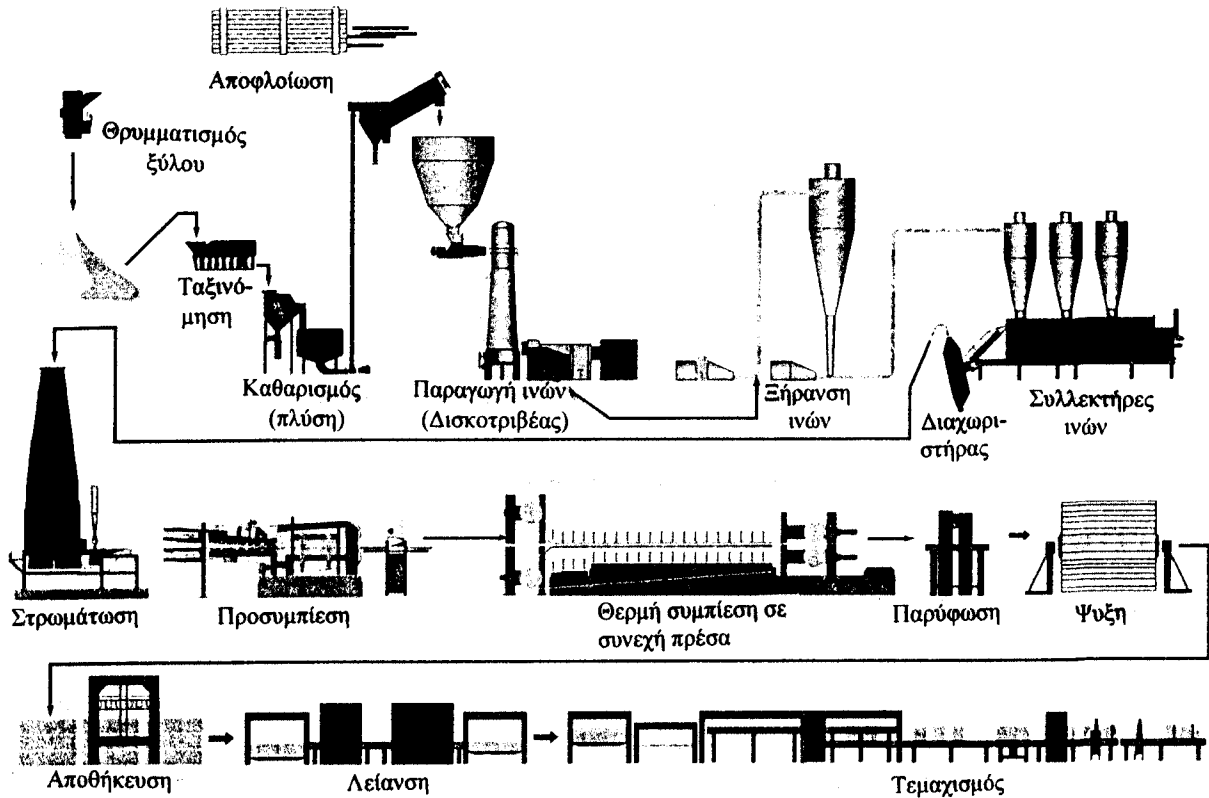
Στην προετοιμασία ανήκει η ταξινόμηση της πρώτης ύλης κατά κατηγορία και στη συνέχεια η απομάκρυνση τυχόν υπαρχόντων μεταλλικών αντικειμένων. Στη συνέχεια εφ' όσον πρόκειται για συμπαγές ξύλο (στρογγύλη ξυλεία ή εξακρίδια πριστηρίου) η πρώτη ύλη θρυμματίζεται σε μηχανήματα τεμαχισμού για παραγωγή τεμαχιδίων ξύλου. Τα μηχανήματα αυτά φέρουν κοπτικά μέσα στερεωμένα σε περιστρεφόμενο κύλινδρο ή δίσκο (Σχήμα 7). Οι δυνάμεις τομής κατά τον τεμαχισμό έχουν τη μέγιστη τιμή τους σε υγρασία ξύλου 10 έως 13% ενώ μειώνονται σημαντικά αυξανόμενης της υγρασίας μέχρι το σημείο ινοκόρου (30%). Αντίθετα η θερμοκρασία του ξύλου δεν φαίνεται να επηρεάζει το μέγεθος των δυνάμεων τομής. Στην περίπτωση που η πρώτη ύλη αποτελείται από ξυλώδη στελέχη ετήσιων ή πολυετών φυτών ο τεμαχισμός τους διενεργείται σε ειδικούς σφυρόμυλους (Σχήμα 8). Τα παραγόμενα από τον τεμαχισμό τεμαχίδια ξύλου υποβάλλονται σε καθαρισμό με πλύση προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν υπάρχουσες ξένες προσμίξεις (άμμος, πέτρες κτλ.) (Σχήμα 9) (Deppe/Ernst 1996).

5.2 Παραγωγή ινών – ινόμαζας

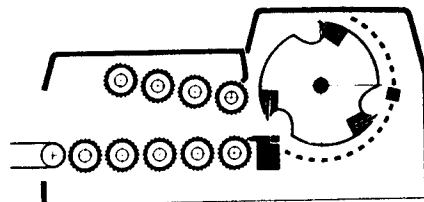
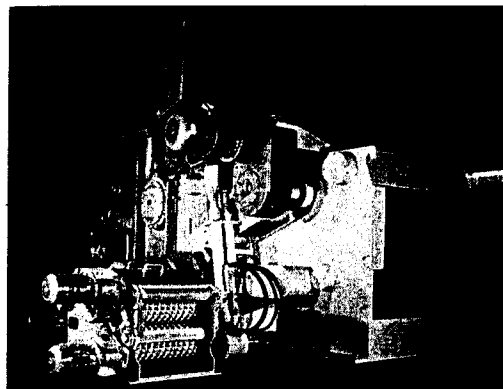
Η παραγωγή ινών (πολτοποίηση ή αποϊνώση του ξύλου) γίνεται με μηχανική αποτριβή τεμαχιδίων ξύλου σε ειδικά μηχανήματα τους δισκοτριβείς (refiners). Οι δισκοτριβείς αποτελούνται από δύο δίσκους εκ των οποίων ή ο ένας είναι σταθερός και ο άλλος περιστρεφόμενος ή και οι δύο είναι περιστρεφόμενοι σε αντίθετη διεύθυνση (Σχήμα 10). Ανάμεσα στους δίσκους του δισκοτριβέα προωθούνται τα τεμαχίδια ξύλου όπου συνθλίβονται με αποτριβή προς παραγωγή της ινόμαζας. Προτού αρχίσει η αποτριβή τα τεμαχίδια ξύλου υφίστανται υδροθερμικό χειρισμό που συνίσταται στη θέρμανσή τους με υδρατμό υψηλής πίεσης για ορισμένο χρόνο σε ειδικά δοχεία τους βραστήρες. Σκοπός του υδροθερμικού χειρισμού είναι να μαλακώσει η λιγνίνη της μεσοκυττάριας στρώσης ώστε να διευκολυνθεί η αποϊνώση (μικρότερη κατανάλωση ενέργειας) και να παραχθεί καλής ποιότητας ινόμαζα (λιγότερες θραυσμένες ίνες). Ο υδροθερμικός χειρισμός των τεμαχιδίων ξύλου επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους: το μέγεθος της πίεσης του υδρατμού, τη διάρκεια του χειρισμού, το είδος ξύλου, την πυκνότητα, την αρχική υγρασία, τη θερμοκρασία και το συντελεστή αγωγιμότητας των τεμαχιδίων ξύλου (Autorenkollektiv 1975, Suchsland/Woodson 1986).



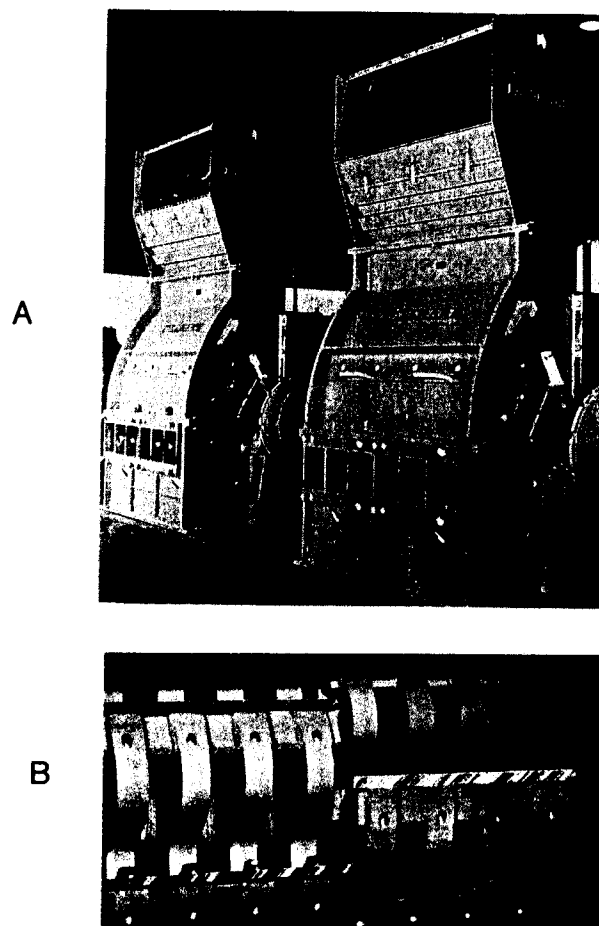
Σχήμα. 5. Φάσεις βιομηχανικής παραγωγής ινοπλακών μέσης πυκνότητας.



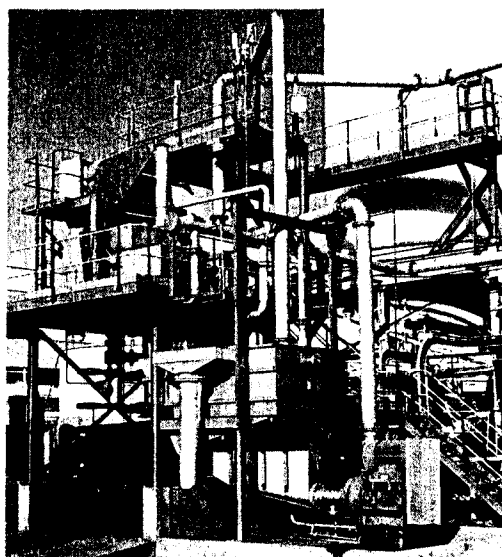
Σχήμα 6. Διάγραμμα τεχνολογίας παραγωγής ινοπλάκας μέσης πυκνότητας με τα αντίστοιχα μηχανήματα.



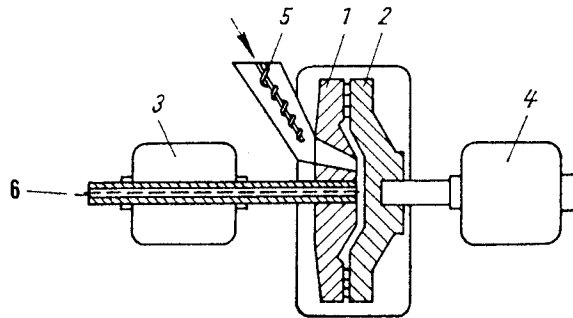
Σχήμα 7. Σπαστήρας θρυμματισμού συμπαγούς ξύλου προς παραγωγή τεμαχιδίων ξύλου.



Σχήμα 8. Σφυρόμυλος θρυμματισμού ξυλωδών στελεχών ετήσιων ή πολυετών φυτών. Α. σφυρόμυλος, Β. σφύρες σφυρόμυλου.

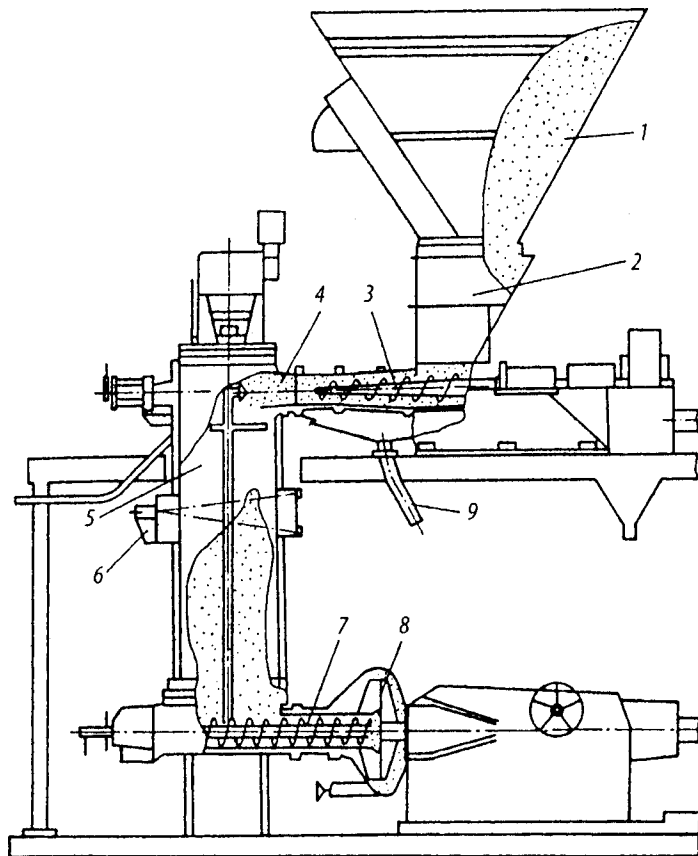


Σχήμα 9. Διάταξη εγκαταστάσεων καθαρισμού (πλύση με νερό) τεμαχιδίων ξύλων.



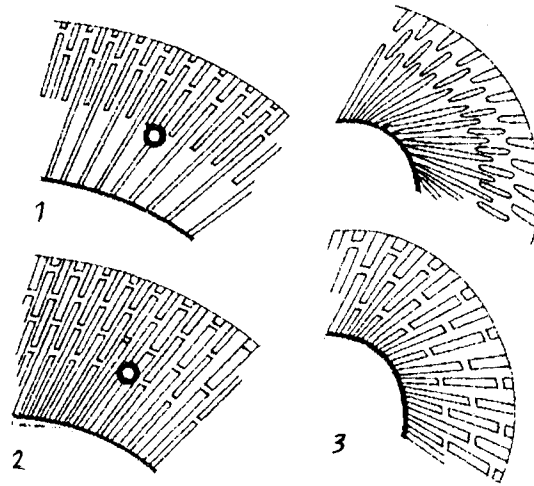
Σχήμα 10. Δισκοτριβέας παραγωγής ινών με αποτριβή ξυλοτεμαχιδίων 1., 2. δίσκοι, 3., 4. ηλεκτροκινητήρες, 5. τροφοδοσία με τεμαχίδια ξύλου, 6. είσοδος συγκολλητικής ουσίας.

Η διαδικασία του υδροθερμικού χειρισμού – αποτριβής των τεμαχιδίων ξύλου για παραγωγή ινώμαζας πραγματοποιείται (Σχήμα 11) ως εξής: Μετά την πλύση – καθαρισμό των τεμαχιδίων ξύλου αυτά οδηγούνται σε μία χωάνη η οποία ευρίσκεται υπεράνω του δοχείου – βραστήρα. Στη χωάνη αυτή λαμβάνει χώρα μία προθέρμανση και ύγρανση των τεμαχιδίων ξύλου με διοχέτευση χρησιμοποιημένου ατμού ο οποίος προέρχεται από το δισκοτριβέα. Με τη προθέρμανση αυτή τα τεμαχίδια ξύλου αποκτούν μία θερμοκρασία περίπου 80°C , πλαστικοποιούνται και αποκτούν ομοιόμορφη υγρασία. Στη συνέχεια τα

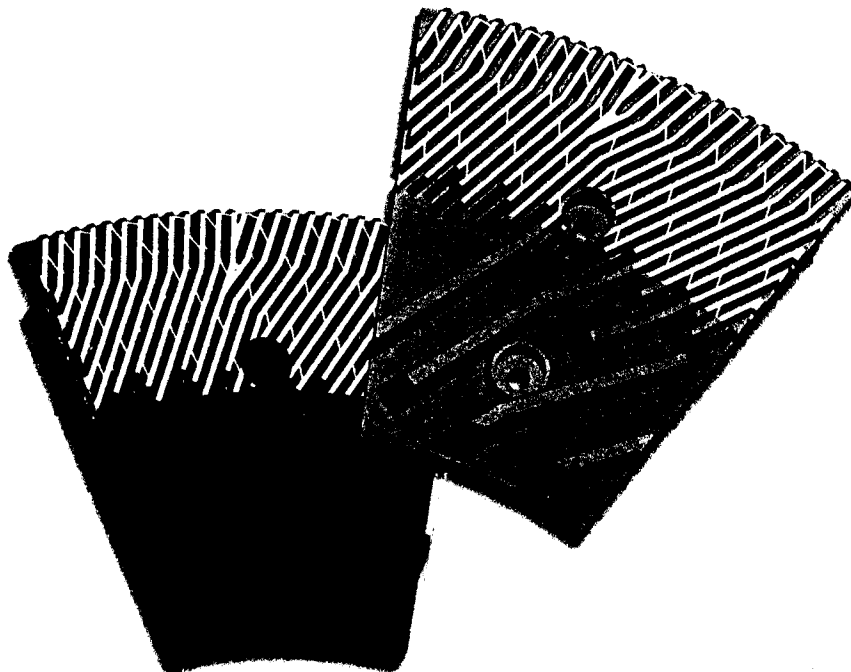


Σχήμα 11. Υδροθερμικός χειρισμός τεμαχιδίων ξύλου 1. χωάνη αποθήκευσης τεμαχιδίων ξύλου, 2. είσοδος τεμαχιδίων ξύλου, 3., 4. κοχλίες μεταφοράς, 5. προθερμαντήρας, 6. έλεγχος στάθμης πλήρωσεως, 7. κοχλίας μεταφοράς, 8. δισκοτριβέας, 9. έξοδος περίσσειας νερού.

τεμαχίδια ξύλου διοχετεύονται με ατέρμονα κοχλία μεταφοράς σε όρθιο ιστάμενο δοχείο το βραστήρα. Στο βραστήρα τα τεμαχίδια ξύλου υφίστανται υδροθερμικό χειρισμό διάρκειας 3 έως 6 min που συνίσταται στη διοχέτευση κεκορεσμένου υδρατμού θερμοκρασίας 160 έως 180 °C και πίεσης 6 έως 10 Atm. Μετά τον υδροθερμικό χειρισμό τα πλαστικοποιημένα τεμαχίδια ξύλου διοχετεύονται με ένα ατέρμονα κοχλία μεταξύ των δίσκων του δισκοτριβέα για αποϊνώση. Συγχρόνως μεταξύ των δίσκων του δισκοτριβέα διοχετεύεται και υδρόφοβη ουσία (παραφίνη) υπό μορφή αιωρήματος. Η αποϊνώση του ξύλου απαιτεί μεγάλα ποσοστά ενέργειας που μπορεί να κυμαίνονται από 120 έως 20 KWh ανά τόνο απόλυτα ξηρής ινόμαζας. Μεταξύ των άλλων παραμέτρων το μέγεθος της απαιτούμενης ενέργειας αποϊνώσης και της ποιότητας των ινών εξαρτάται από τη δομή – γεωμετρία της εσωτερικής επιφάνειας αποτριβής – του δισκοτριβέα η οποία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το είδος ξύλου (Σχήμα 12 και 13). Μετά την ολοκλήρωση της αποτριβής η παραχθείσα ινόμαζα εκσφενδονίζεται υπό πίεση δια του υδρατμού του δισκοτριβέα μέσα σε σωλήνα μεταφοράς (Blowline) ο οποίος την προωθεί στο ξηραντήριο (Σχήμα 15) (Soine 1995, Deppe/Ernst 1996, Buchholzer 1999).

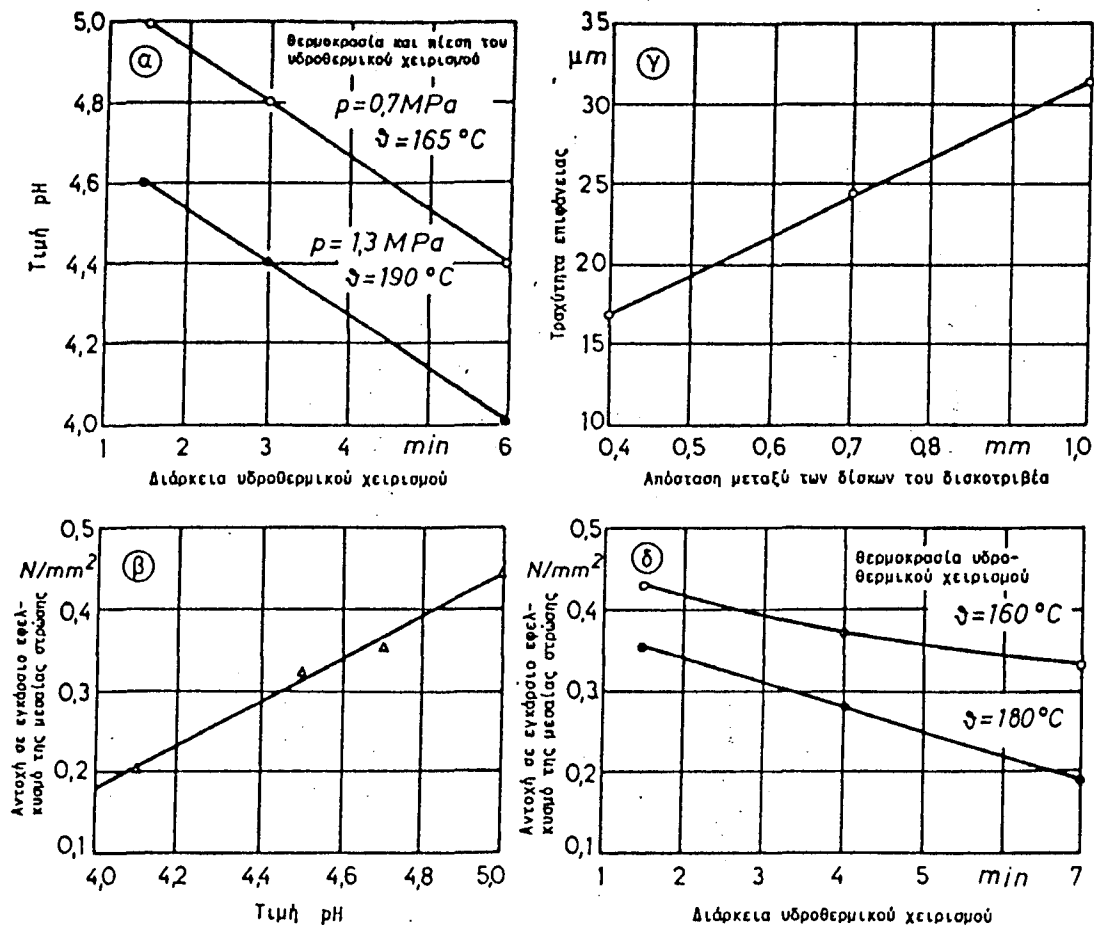


Σχήμα 12. Διαμόρφωση εσωτερικής επιφάνειας δίσκων δισκοτριβέα ανάλογα με το είδος ξύλου 1., 2. για Δασική Πεύκη, 3. για Οξυά.



Σχήμα 13. Συνήθης εμφάνιση εσωτερικών τοιχωμάτων δίσκων δισκοτριβέα.

Καθοριστικές παράμετροι κατά τη φάση παραγωγής της ινομάζας θεωρούνται η διάρκεια, το μέγεθος της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδροθερμικού χειρισμού, το είδος ξύλου, το μέγεθος των τεμαχιδίων ξύλου και η απόσταση μεταξύ των δίσκων αποτριβής. Αυτές οι παράμετροι καθορίζουν το pH της ινομάζας, τις διαστάσεις και την ποιότητα των ινών οι οποίες άμεσα επηρεάζουν τις φυσικο-μηχανικές ιδιότητες και τη λειότητα της επιφάνειας της MDF (Σχήμα 14) (Autorenkollektiv 1975, Schneider/Roffael 2000, Krug/Kehr 2000).



Σχήμα 14. Επίδραση των παραμέτρων παραγωγής ινών στις ιδιότητες των ινοπλακών μέσης πυκνότητας. α) επίδραση των συνθηκών υδροθερμικού χειρισμού (θερμοκρασία, πίεση, διάρκεια) στο pH των ινών, β) επίδραση της τιμής pH των ινών στην αντοχή σε εγκάρσιο εφέλκυσμα, γ) επίδραση της απόστασης μεταξύ των δίσκων του δισκοτριβέα στο βαθμό τραχύτητας της επιφάνειας, δ) επίδραση της διάρκειας και θερμοκρασίας υδροθερμικού χειρισμού στην αντοχή σε εγκάρσιο εφέλκυσμα.

Ειδικότερα οι διαστάσεις των ινών της ινομάζας επηρεάζονται από τις ακόλουθες παραμέτρους (Dunky/Niemz 2002).

- Πρώτες ύλες ξύλου (κωνοφόρα ή πλατύφυλλα, τεμαχίδια ξύλου, πριονίδι κ.ά.).
- Χειρισμός των πρώτων υλών ξύλου (αποθήκευση, καθαρισμός, προχειρισμός με ατμό).
- Συνθήκες παραγωγής (διάρκεια θερμικού χειρισμού του ξύλου προ της πολτοποίησης, μέγεθος πίεσης υδρατμού, δομή-γεωμετρία εσωτερικής επιφάνειας δισκοτριβέων, αριθμός στροφών δισκοτριβέα, απόσταση μεταξύ δίσκου, ταχύτητα τροφοδοσίας).

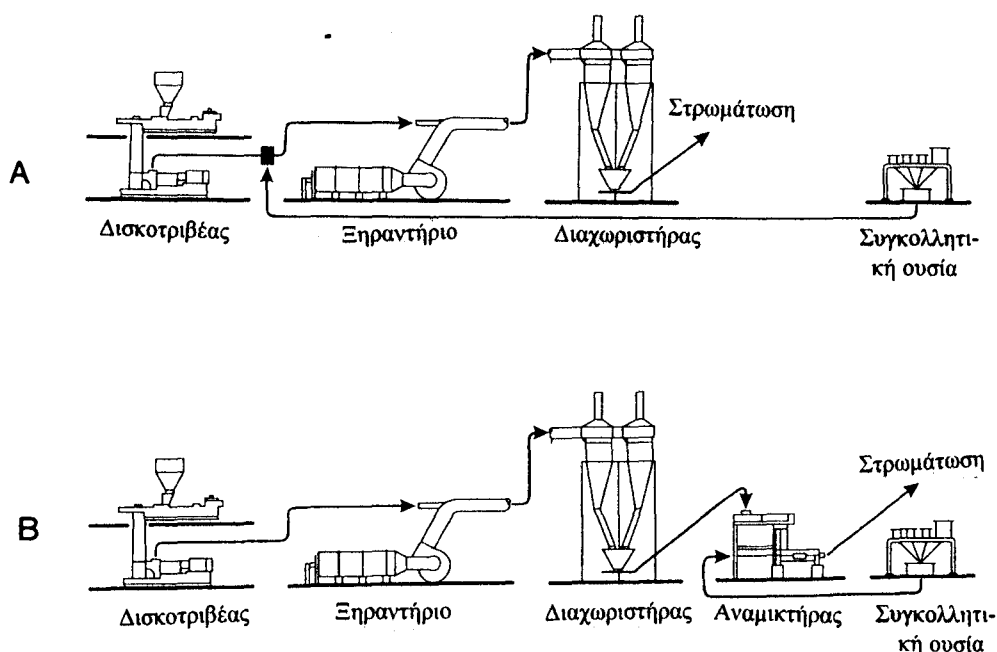
Επί πλέον τόσο η απαιτούμενη ενέργεια αποϊνώσεως στο δισκοτριβέα όσο και οι ιδιότητές του τελικού προϊόντος επηρεάζονται εφόσον προηγηθεί χειρισμός (εμποτισμός, άτμιση) των τεμαχιδίων ξύλου με κατάλληλες χημικές ουσίες π.χ. ουρία, αμμωνία, θειώδη άλατα του νατρίου κ.ά. (Buchholzer 1997, Roffael/Dix/Schneider 2001).

Ειδικός χειρισμός των τεμαχιδίων ξύλου προ της αποτριβής με ένζυμα ορισμένων μυκήτων των καστανών σήψεων, τα οποία αποικοδομούν και τροποποιούν ορισμένα χημικά συστατικά του ξύλου, επιδρά ευνοϊκά από οικονομικής και οικολογικής άποψης στη

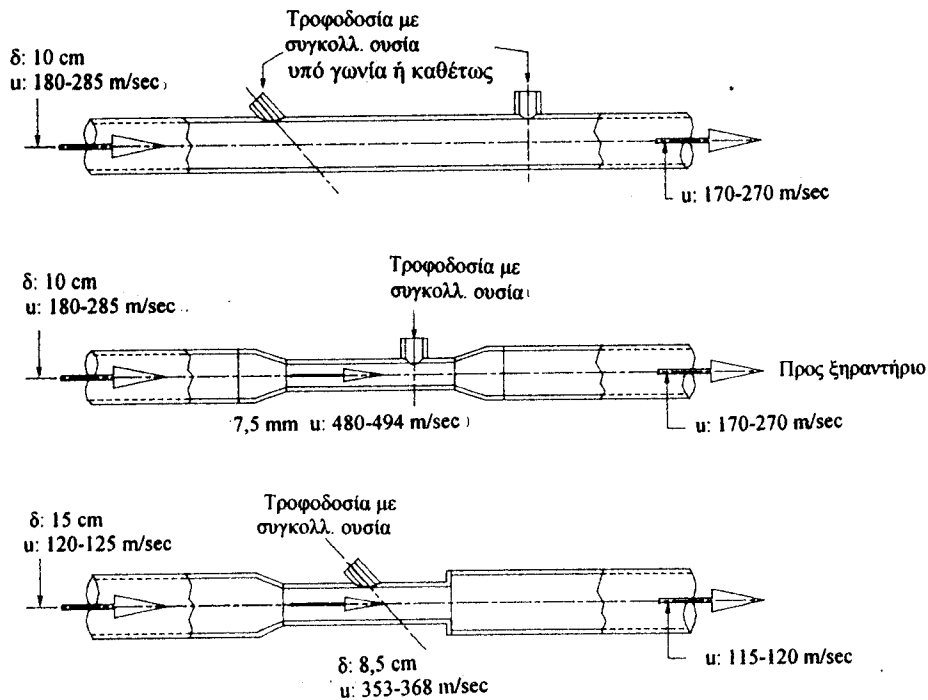
παραγωγή της MDF (μείωση της απαιτούμενης ενέργειας αποϊνώσεως και του ποσοστού της συγκολλητικής ουσίας) (Kötner/Kühne/Pecina 2001).

5.3 Ανάμιξη ινών με τη συγκολλητική ουσία

Η ανάμιξη των ινών με τη συγκολλητική ουσία (συνήθως σε ποσοστό 8-12% ανά ξηρό βάρος ινών με κόλλα ουρία-φορμαλδεϋδης) μπορεί να γίνει με δύο τεχνικές προ ή μετά τη ξήρανση των ινών (Σχήμα 15). Σύμφωνα με την πρώτη τεχνική, η οποία επικρατεί στην πράξη, και είναι γνωστή διεθνώς ως Blowline-ανάμιξη, η συγκολλητική ουσία διοχετεύεται με ψεκάσμο στο τμήμα του αγωγού μεταφοράς που οδηγεί τις ίνες από το δισκοτριβέα προς το ξηραντήριο. Με την πίεση του ατμού από το δισκοτριβέα οι ίνες προωθούνται στον αγωγό (Blowline) με στροβιλισμό και μεγάλες ταχύτητες οι οποίες ανάλογα με τη μορφή και τη γεωμετρία του αγωγού κυμαίνονται από 150 έως 500 m/sec (Σχήμα 16). Αυτές οι συνθήκες επιτυγχάνουν μία ομοιόμορφη κατανομή της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια των ινών και έτσι αποφεύγεται η δημιουργία κηλίδων της κόλλας στην επιφάνεια του τελικού προϊόντος. Η σχετικά ψυχρή συγκολλητική ουσία καθώς έρχεται αιφνιδίως σε επαφή με τις ίνες, οι οποίες προερχόμενες από το δισκοτριβέα έχουν θερμοκρασία περίπου 100-110 °C, υφίσταται ένα σοκ-θερμοκρασίας το οποίο σε συνδυασμό με το γεγονός της ύπαρξης οργανικών οξέων στην επιφάνεια των ινών ξύλου (όξινο pH) μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας εφ' όσον πρόκειται για ουρία-φορμαλδεϋδη. Επί πλέον οι ανωτέρω συνθήκες ευνοούν την υδρόλυση – αποικοδόμηση της συγκεκριμένης συγκολλητικής ουσίας. Η αρνητική εμφάνιση πρόωρης σκλήρυνσης αποφεύγεται με την προσθήκη στην κόλλα κατάλληλων χημικών ουσιών συνήθως αλκαλίων τα οποία μεταβάλλουν το pH προ την ουδέτερη περιοχή και έτσι επιβραδύνουν την ταχύτητα σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας. Πάντως τα αρνητικά αυτά φαινόμενα απουσιάζουν σε άλλους τύπους συγκολλητικών ουσιών όπως π.χ. τροποποιημένη με μελαμίνη ουρία-φορμαλδεϋδη, πολυϊσοκυανικοί εστέρες κ.ά. Μετά την ανάμιξη των ινών με τη συγκολλητική ουσία στον αγωγό (Blowline) οι ίνες εισέρχονται στο ξηραντήριο. Η ανωτέρω τεχνική (Blowline – ανάμιξη) απαιτεί περίπου 10% περισσότερη κόλλα σε σύγκριση με την άλλη τεχνική της ανάμιξης ξηρών ινών σε αναμικτήρα. Αυτό αποδίδεται κυρίως στις απώλειες κόλλας κατά τη διακίνησή της στο ξηραντήριο και στην πρόωρη σκλήρυνσή της.

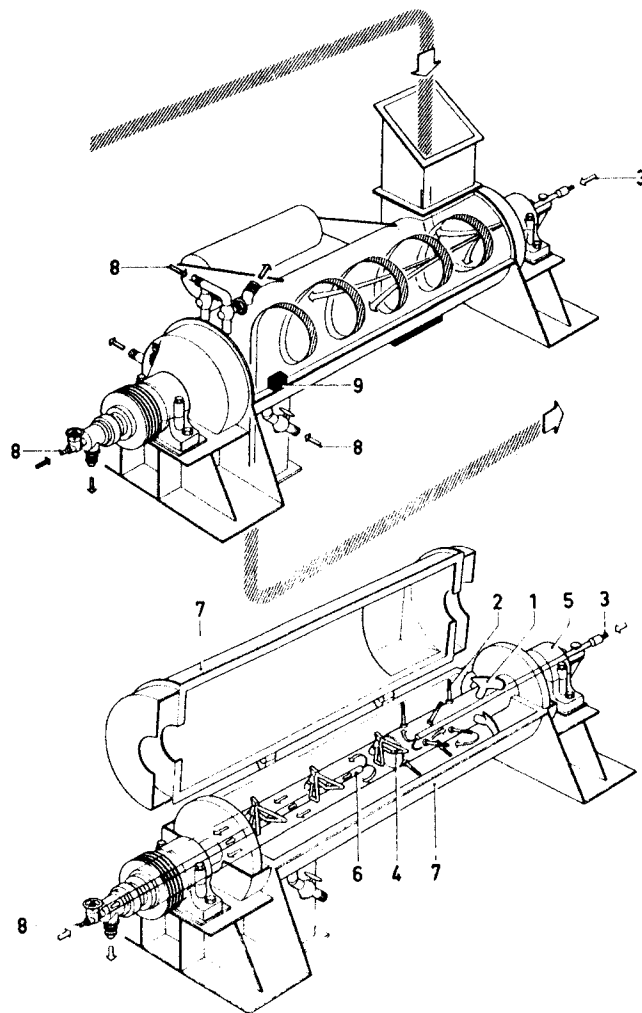


Σχήμα 15. Συστήματα ανάμιξης ινών και συγκολλητικής ουσίας. Α. Ανάμιξη τύπου Blowline προ της ξήρανσης των ινών στον αγωγό μεταφοράς από το δισκοτριβέα στο ξηραντήριο. Β. Ανάμιξη σε αναμικτήρα μετά από προηγηθείσα ξήρανση.



Σχήμα 16. Ταχύτητα (u) στροβιλισμού των ινών ανάλογα με τη διάμετρο (δ) και τη μορφή του αγωγού μεταφοράς των ινών κατά την ανάμιξη τύπου Blowline.

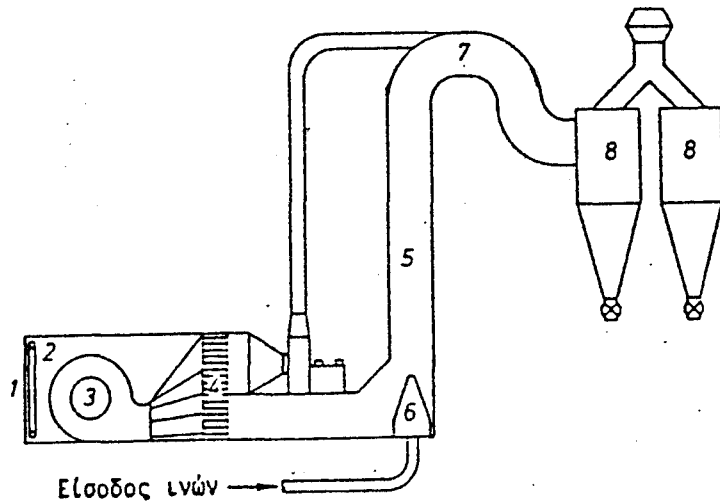
Η δεύτερη τεχνική ανάμιξης της συγκολλητικής ουσίας με τις ίνες γίνεται σε ταχύστροφους αναμικτήρες όμοιους με αυτούς που χρησιμοποιούνται στη παραγωγή μοριοπλακών και προϋποθέτει τη ξήρανση των ινών (Σχήμα 17). Μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι συχνά η δημιουργία κηλίδων κόλλας σκοτεινού χρώματος στην επιφάνεια των ινοπλακών λόγω ανομοιόμορφης κατανομής της κόλλας στην επιφάνεια των ινών. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να μετριασθεί με κατάλληλη διαμόρφωση των μεικτικών στελεχών του αναμικτήρα και κατάλληλη ρύθμιση του ιξώδους της συγκολλητικής ουσίας. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ότι αποφεύγονται, η απώλεια κόλλας, η πρόωρη σκλήρυνσή της και η υδρόλυση – έκλυση φορμαλδεΰδης στο ξηραντήριο. Για τους παραπάνω λόγους η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για την ανάμιξη των ινών της μεσαίας στρώσης εάν πρόκειται για πολύστρωμη MDF (Suchsland/Woodson 1986, Frashour 1990, Deppe/Ernst 1996, Buchholzer 1999, Dunky/Niemz 2002). Όπως προαναφέρθηκε, παγκοσμίως αλλά και ειδικότερα στην Ευρώπη προτιμάται η ανάμιξη ινών προ της ξήρανσης δηλ. η τεχνική Blowline – ανάμιξη που αναπτύχθηκε ανωτέρω.



Σχήμα 17. Ταχύστροφος αναμικτήρας ανάμιξης ινών με τη συγκολλητική ουσία 1. στέλεχος προώθησης των ινών, 2. ακροφύσια εκροής της συγκολλητικής ουσίας, 3. σωλήν κυκλοφορίας συγκολλητικής ουσίας, 4. μεικτικά στελέχη των ινών, 5. ηλεκτροκινητήρας, 6. κοίλος σωλήν κυκλοφορίας ψυχρού νερού, 7. σκέπαστρο αναμικτήρα, 8. τροφοδοσία ψυχρού νερού, 9. μαγνητικό σύστημα ασφαλείας.

5.4 Ξήρανση ινών

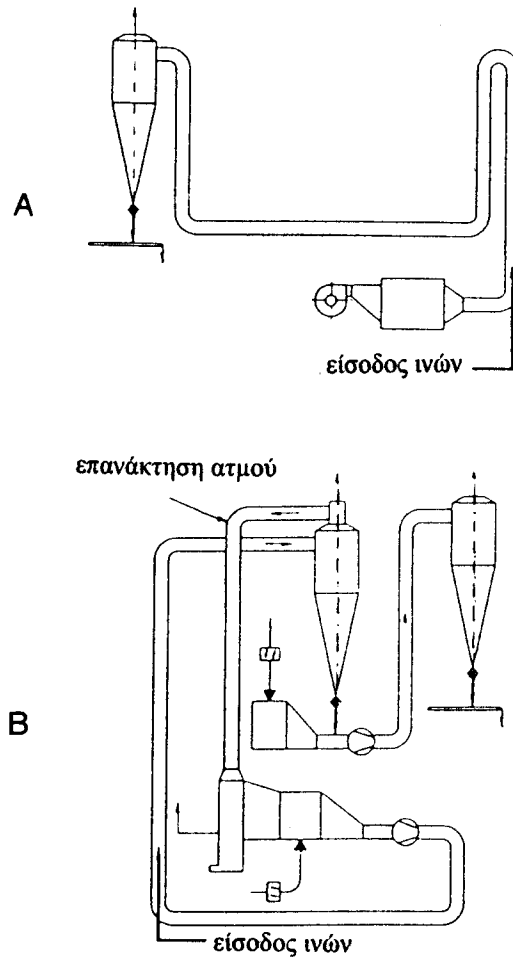
Η τεχνικές ξήρανσης των ινών επηρεάζονται από ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ινών όπως είναι η μεγάλη επιφάνειά τους, η τάση να συσσωματώνονται και να επικολλούνται στα τοιχώματα του ξηραντηρίου. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η θερμοκρασία ξήρανσης δεν πρέπει να οδηγεί σε πρόωρη σκλήρυνση της συγκολλητικής ουσίας στις περιπτώσεις όπου προηγείται η Blowline – ανάμιξη. Συνήθως η υγρασία των εισερχομένων στο ξηραντήριο ινών, λόγω της προξήρανσης που λαμβάνει χώρα στο τμήμα μεταφοράς από το δισκοτριβέα προς το ξηραντήριο, ανέρχεται σε περίπου 50% ενώ η υγρασία των ινών μετά την ξήρανση κυμαίνεται από 5 έως 10%. Με βάση τα ανωτέρω οι τεχνικές ξήρανσης που έχουν επικρατήσει στην πράξη προβλέπουν ξήρανση ινών κατά την διακίνησή τους ως αιωρούμενα σωματίδια με θερμό αέρα θερμοκρασίας έως 160 °C σε σωληνοειδούς τύπου ξηραντήρια όπως π.χ. αυτό που δείχνεται στο Σχήμα 18.



Σχήμα 18. Ξηραντήριο ινών. 1. φίλτρο αέρα, 2. είσοδος αέρα, 3. ανεμιστήρας, 4. θερμαντικά σώματα, 5. ανερχόμενος σωλήν ξηραντηρίου, 7. καμπύλο τμήμα ξηραντηρίου, 8. συλλέκτες ινών.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 18 ο αέρας δια μέσου του φίλτρου (1) εισροφάται στο τμήμα (2) όπου με τη βοήθεια ανεμιστήρα ωθείται δια μέσου των θερμαντικών σωμάτων (4) στο ανερχόμενο τμήμα του ξηραντηρίου (5), όπου συναντά και ξηραίνει τις προερχόμενες από το δισκοτριβέα ίνες (6). Επιπρόσθετος θερμός αέρας θερμαίνει επίσης το τμήμα (7) του ξηραντηρίου και τελικά οι ξηρές ίνες (υγρασία 5%) συγκεντρώνονται στους αποθηκευτικούς χώρους που βρίσκονται κάτω από τους συλλέκτες (8) (Lein 1978).

Τα ξηραντήρια των ινών διακρίνονται σε δύο τύπους, α) του ενός σταδίου και β) των δύο σταδίων. Του ενός σταδίου είναι αυτό που προαναφέρθηκε. Ξηραντήρια του ενός σταδίου μειονεκτούν από την άποψη ότι ενώ προξενούν μία υπερξήρανση στην επιφάνεια των ινών στο εσωτερικό αυτών εγκλωβίζεται υγρασία. Αυτό το μειονέκτημα αποφεύγεται στα ξηραντήρια δύο σταδίων. Επίσης τα ξηραντήρια αυτά επιτρέπουν σε σύγκριση με εκείνα του ενός σταδίου μία πιο ομοιόμορφη τελική υγρασία των ινών στην έξοδο του ξηραντηρίου. Στα ξηραντήρια τύπου δύο σταδίων η ξήρανση των ινών στο πρώτο στάδιο διεξάγεται όπως και στο ενός σταδίου, όμως η ξήρανση διακόπτεται σε σχετικά υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας των ινών, έτσι ώστε αποφεύγεται η υπερξήρανση της επιφάνειάς τους. Στο δεύτερο στάδιο ξήρανσης που ακολουθεί επικρατούν μικρότερες θερμοκρασίες και μεγαλύτεροι χρόνοι ξήρανσης έτσι ώστε να λαμβάνει χώρα μία εξομοίωση της υγρασίας των ινών. Για εξοικονόμηση ενέργειας επαναχρησιμοποιείται ο θερμός αέρας του πρώτου σταδίου στη ξήρανση του δεύτερου σταδίου (Σχήμα 19). Η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών κατά τη ξήρανση ινών λόγω της μορφολογίας και του μεγέθους των εγκυμονεί συγκεκριμένους κινδύνους όπως εκρήξεις, ρύπανση αέρα με οργανικές πτητικές ενώσεις του ξύλου και των συγκολλητικών ουσιών κ.ά. Για την αντιμετώπιση και άρση των προβλημάτων αυτών εφαρμόζονται κατάλληλες τεχνικές όπως είναι η έγκαιρη ανίχνευση και κατάσβεση σπινθήρων, η χρήση αισθητήρων ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας του ξηραντηρίου και της υγρασίας των ινών, η χρήση φίλτρων, η επαναχρησιμοποίηση (ανακύκλωση) του θερμού αέρα και των καυσαερίων κ.ά.

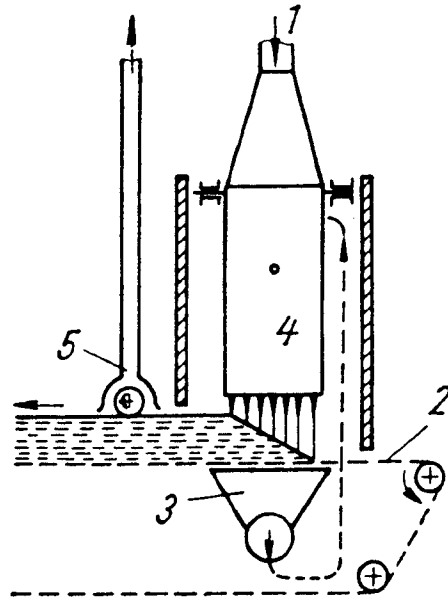


Σχήμα 19. Ξηραντήρια ινών. Α. ενός σταδίου, Β. δύο σταδίων.

5.5 Στρωμάτωση των ινών

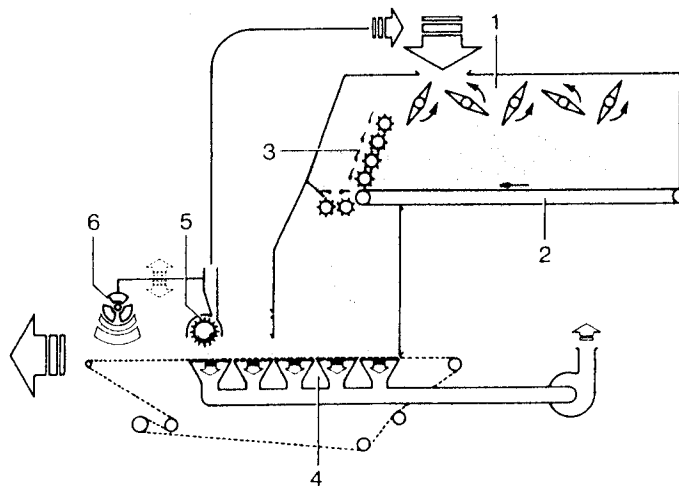
Από άποψη δομής και μορφολογίας οι ίνες διαφέρουν σημαντικά από τα τεμαχίδια ξύλου των μοριοπλακών ως εκ τούτου απαιτήθηκε η ανάπτυξη νέων μηχανών στρωμάτωσης για τις βιομηχανίες παραγωγής MDF. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας διακρίνονται δύο τεχνικές: α) Στρωμάτωση με αέρα και β) Στρωμάτωση με μηχανικό τρόπο.

Κατά τη στρωμάτωση με αέρα – τεχνική η οποία αναπτύχθηκε στα πρώτα χρόνια βιομηχανικής παραγωγής της MDF – οι ίνες στρωματώνονται με τη βοήθεια αεραγωγών επάνω σε δικτυωτό πλέγμα. Κάτω από το δικτυωτό πλέγμα εφαρμόζεται κενό για τη στρωμάτωση των ινών, την επαναρρόφηση και επαναχρησιμοποίηση του αέρα. Προκειμένου να εξασφαλισθεί μία όσο το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή των ινών κατά το πάχος και την επιφάνεια στρωμάτωσης τοποθετούνται σε ορισμένες αποστάσεις από τους αεραγωγούς στρωμάτωσης ειδικές κεφαλές κατανομής των ινών. Αυτές αφού κατανεύουν ομοιόμορφα τις στρωματωμένες ίνες επαναοδηγούν με σύστημα αναρόφησης την περίσσεια των ινών στους χώρους αποθήκευσης για επαναχρησιμοποίηση (Σχήμα 20).



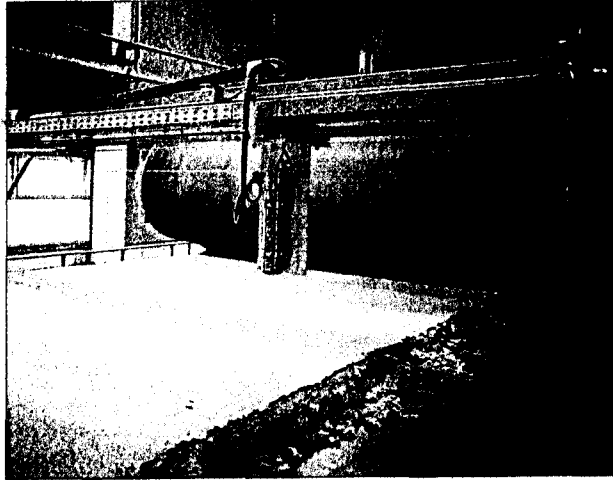
Σχήμα 20. Μηχανή στρωμάτωσης ινών με αέρα. 1. είσοδος ινών, 2. δικτυωτό πλέγμα, 3. αναρρόφηση αέρα με κενό, 4. αεραγωγός, 5. κεφαλή κατανομής των ινών και προσαγωγή της περίσσειας προς επαναχρησιμοποίηση.

Κατά τη στρωμάτωση με μηχανικό τρόπο, μία τεχνική που επικρατεί στα νέα εργοστάσια παραγωγής MDF, οι ίνες προωθούνται από τον αποθηκευτικό χώρο με περιστρεφόμενες κεφαλές προώθησης σε σύστημα κεφαλών ρίψεως. Οι κεφαλές ρίψεως προωθούν τις ίνες επάνω στην ταινία μεταφοράς επί της οποίας αυτές στρωματώνονται και ομοιομόρφως κατανέμονται με τη βοήθεια ειδικών τυμπάνων στρωματώσεως (Σχήμα 21).



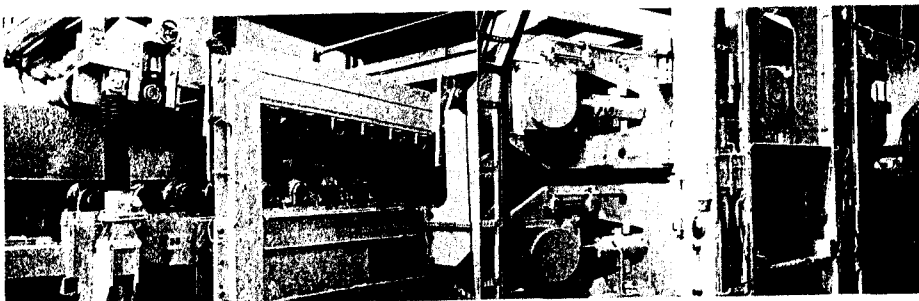
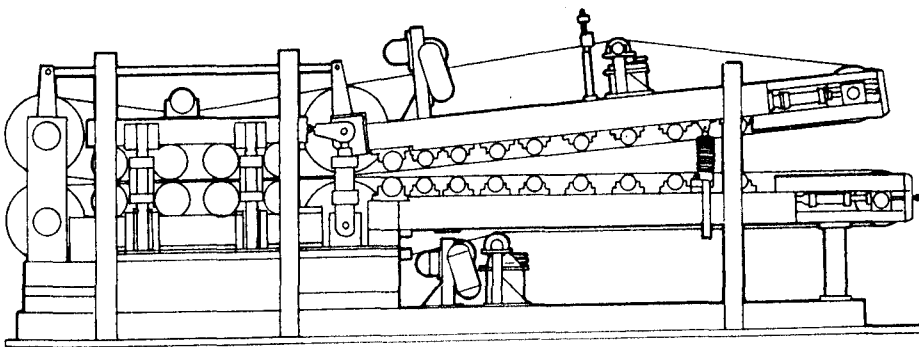
Σχήμα 21. Μηχάνημα στρωμάτωσης με περιστρεφόμενες κεφαλές. 1. αποθηκευτήρας, 2. ατέρμον ταινία μεταφοράς των ινών, 3. περιστρεφόμενες κεφαλές προώθησης των ινών, 4. εκρόφηση αέρα με κενό, 5. κεφαλή κατανομής των ινών, 6. έλεγχος της πυκνότητας με ακτίνες γ.

Ιδιαίτερη σημασία για την ποιότητα του τελικού προϊόντος έχει η ομοιόμορφη στρωμάτωση των ινών κάθετα και παράλληλα στη διεύθυνση παραγωγής. Οποιαδήποτε σφάλματα στρωμάτωσης δεν μπορούν να αρθούν από τις ακόλουθες φάσεις της θερμής συμπίεσης και λείανσης. Για το σκοπό αυτό μετά το πέρας της στρωμάτωσης προσδιορίζονται ορισμένα μεγέθη όπως π.χ. το βάρος του στρωματωμένου υλικού, το πάχος (οπτικοηλεκτρονικά), η πυκνότητα (με ακτίνες γ) και αυτές οι πραγματικές τιμές συγκρίνονται με τις επιδιωκόμενες. Στην περίπτωση που υπάρχουν αποκλίσεις διαβιβάζεται ηλεκτρονικά μήνυμα κατάλληλης διόρθωσης της λειτουργίας της μηχανής στρωματώσεως (Σχήμα 22).



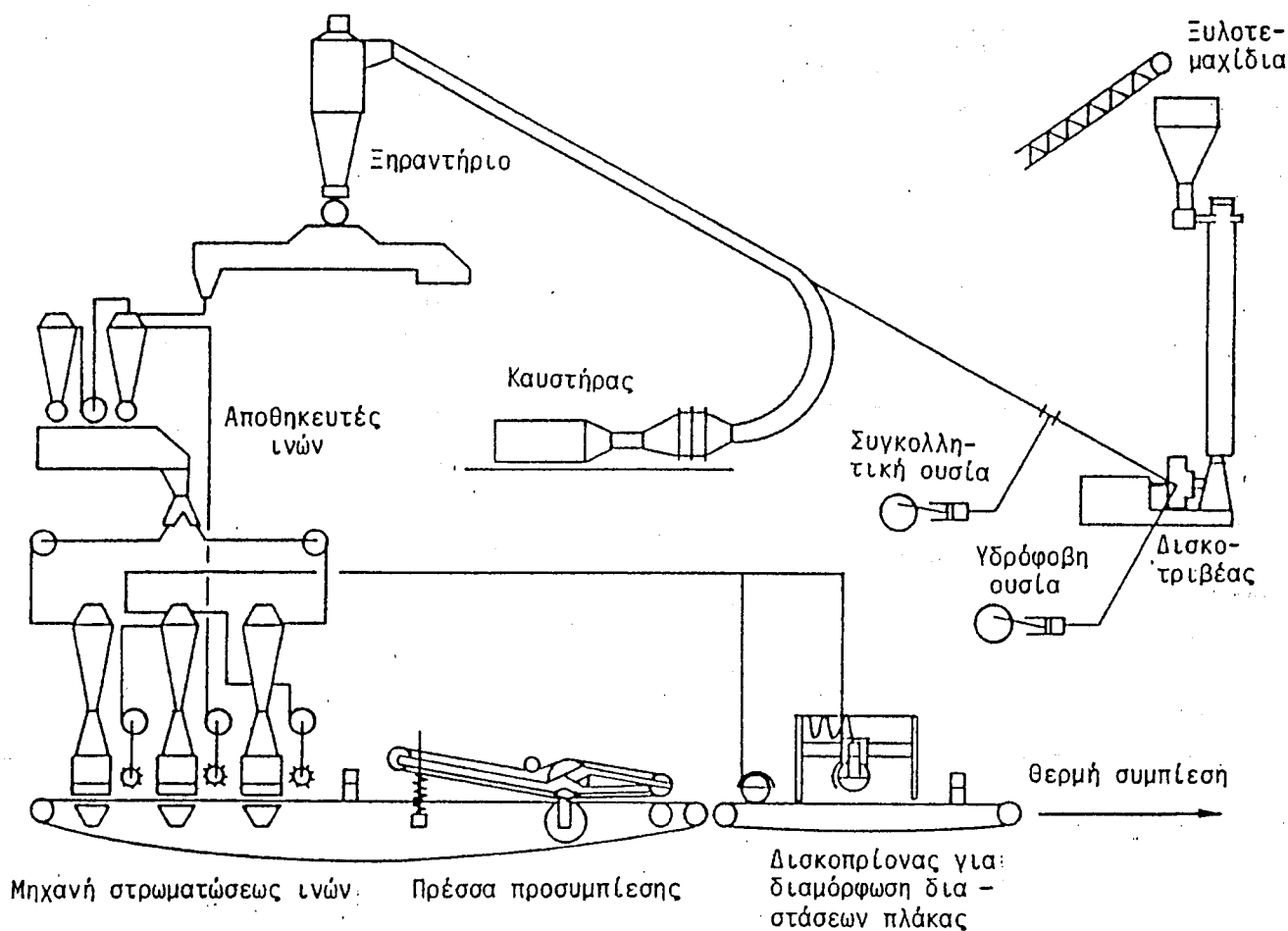
Σχήμα 22. Προσδιορισμός της πυκνότητας των στρωματωμένων ινών μιας ινοπλάκας με ακτίνες γ μετά την προπίεση.

Λόγω της δομής και του μικρού ειδικού βάρους των ινών η ινομάζα μετά τη στρωμάτωση εμφανίζει σχετικά μεγάλο πάχος (μπορεί να είναι μέχρι και 25πλάσιο του τελικού πάχους της πλάκας). Γι' αυτό συνηθίζεται μετά τη στρωμάτωση να γίνεται ψυχρή προσυμπίεση του στρωματωμένου υλικού προτού οδηγηθεί στην πρέσα θερμής συμπίεσης. Τα πλεονεκτήματα της ψυχρής προσυμπίεσης είναι: μειώνεται η διάρκεια θερμής συμπίεσης, ευκολότερος ο χειρισμός (διαμόρφωση με εγκάρσια τομή του μήκους του στρωματωμένου υλικού) προ της προώθησης στη θερμή πρέσα (Σχήμα 23).



Σχήμα 23. Πρέσα ψυχρής προσυμπίεσης των ινών μετά τη στρωμάτωση.

Η βαθμιδωτή στρωμάτωση δηλ. στρώσεις με διαφορετική μορφολογία και σύσταση ινών που σχεδόν πάντοτε εφαρμόζεται στην περίπτωση των μοριοπλακών δεν κρίνεται απαραίτητη για τις MDF επειδή οι ίνες ως υλικό στρωματώσεως παρουσιάζουν ικανοποιητική ομοιογένεια σε σύγκριση με τα τεμαχίδια ξύλου. Το Σχήμα 24 δείχνει διαδοχικά τις φάσεις παραγωγής των ινών, ανάμιξης με την υδρόφοβη και συγκολλητική ουσία, ξήρανσης και στρωμάτωσης (Charman 1979).



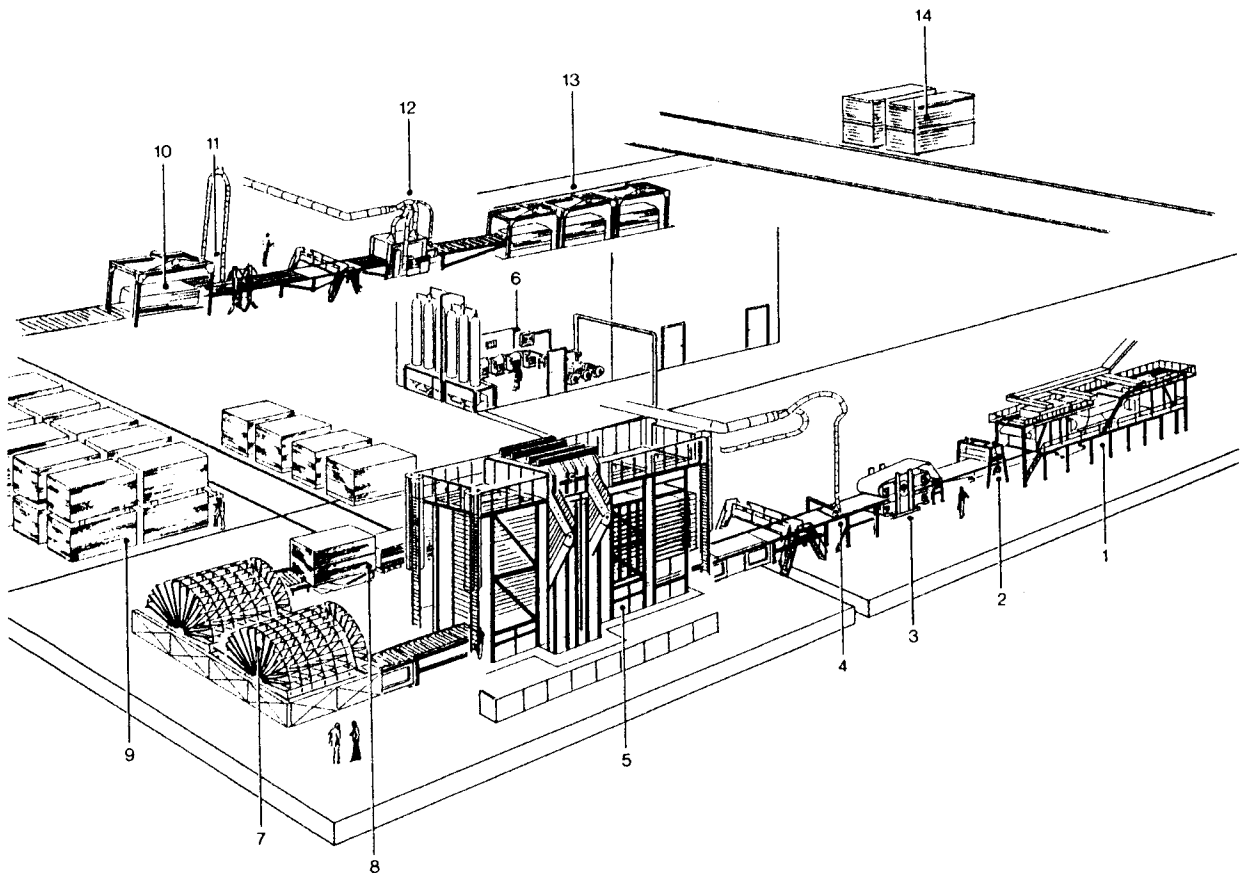
Σχήμα 24. Στάδια παραγωγής MDF από την πρώτη ύλη έως το στάδιο της θερμής συμπίεσης.

5.6 Συμπίεση

Μετά τη ψυχρή συμπίεση διαμορφώνεται με κατά μήκος τομή εκατέρωθεν του στρωματωμένου υλικού το τελικό πλάτος του. Σε ορισμένες μονάδες παραγωγής το στρωματωμένο υλικό προ της θερμής συμπίεσης υφίσταται μία προθέρμανση (50-80 °C) με υψίσυχο ρεύμα προκειμένου να μειωθεί η απαιτούμενη διάρκεια θερμής συμπίεσης. Στη συνέχεια το στρωματωμένο υλικό προωθείται προς θερμή συμπίεση στην πρέσα. Στην περίπτωση που η πρέσα δεν είναι συνεχούς τύπου τότε διαμορφώνεται με εγκάρσια τομή

(κάθετα στη διεύθυνση παραγωγής) το μήκος του στρωματωμένου υλικού έτσι ώστε αυτό να ανταποκρίνεται στο μήκος των πλακών της πρέσας.

Τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής MDF χρησιμοποιούσαν ασυνεχούς τύπου πολυώροφες πρέσες όμοιες με εκείνες της βιομηχανίας μοριοπλακών. Λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας της MDF (έως $0,850 \text{ g/cm}^3$) οι πρέσες αυτές είχαν δυνατότητα εφαρμογής υψηλότερων πιέσεων απ' ότι στις μοριοπλάκες. Επίσης στις πολυώροφες πρέσες των MDF οι αποστάσεις μεταξύ των πλακών (ορόφων) ήταν μεγαλύτερες λόγω του μεγαλύτερου ύψους των στρωματωμένων ινών (οφειλομένου στη μικρότερη φαινομενική πυκνότητά του) σε σύγκριση με εκείνου των τεμαχιδίων ξύλου των μοριοπλακών. Η διαδικασία συμπίεσης στις πολυώροφες πρέσες έχει ως εξής: Το στρωματωμένο υλικό φορτώνεται στο φορτωτή ο οποίος στη συνέχεια το προωθεί στην πολυώροφη πρέσα. Μετά τη θερμή συμπίεση οι πλάκες MDF παραλαμβάνονται από τον εκφορτωτή και προωθούνται για ψύξη. Φορτωτής και εκφορτωτής διαθέτουν ίσο αριθμό ορόφων με εκείνων της θερμής πρέσας (Σχήμα 25). Στις πολυώροφες πρέσες το μήκος των πλακών μπορεί να φθάσει τα 12 m και το πλάτος τα 2,6 m. (Soine 1995, Deppe/Ernst 1996).

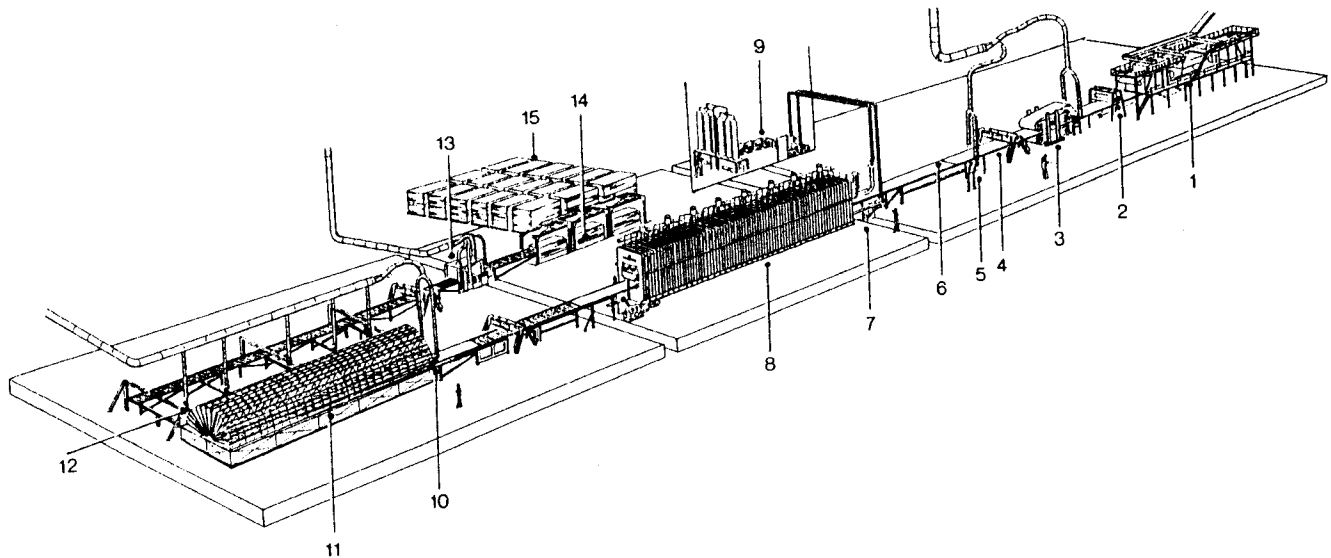


Σχήμα 25. Πολυώροφη πρέσα. 1. μηχανή στρωματώσεως, 2. ανιχνευτής μετάλλων, 3. πρέσα ψυχρής προσυμπίεσης, 4. παρύφωση στρωματωμένου υλικού, 5. πολυώροφη πρέσα θερμής συμπίεσης, 6. υδραυλική εγκατάσταση της πρέσας, 7. ψύκτης, 8. στοίβαση, 9. αποθήκευση προ της λείανσης, 10. προωθητήρας, 11. παρύφωση κατά μήκος και πλάτος, 12. λείανση, 13. ταξινόμηση, 14. αποθήκευση.

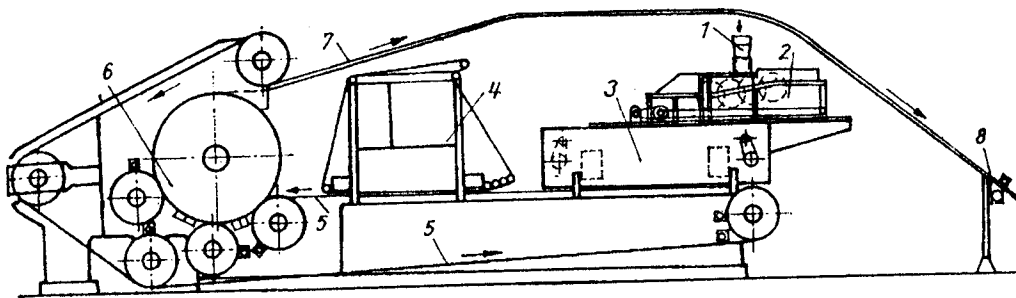
Μετά τα πρώτα χρόνια εμφάνισης της MDF στις ασυνεχούς τύπου πρέσες επικράτησαν οι μονώροφες πρέσες μήκους έως και 60 m και πλάτους έως 2,5 m οι οποίες διαθέτουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις πολυώροφες: απλούστερη φόρτωση (προώθηση) στρωματωμένου υλικού στη θερμή πρέσα και εκφόρτωση των πλακών MDF, ευελιξία στην ικανοποίηση ειδικών απαιτήσεων των πελατών (λόγω των μεγάλων διαστάσεων της τελικής πλάκας), μικρότερες ανοχές πάχους των πλακών (Σχήμα 26). Για

μικρού πάχους MDF (έως 2 mm) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνεχούς τύπου πρέσα τύπου Kalander (μέθοδος Mende) η οποία χρησιμοποιείται στην παραγωγή μοριοπλακών.

Η αρχή λειτουργίας της πρέσας αυτής είναι η ακόλουθη: μετά τη στρωμάτωση των ινών και τη θέρμανση του στρωματωμένου υλικού με υψίσυχο ρεύμα αυτό συμπιέζεται μέχρι τελικού πάχους καθώς διέρχεται ανάμεσα από το θερμαινόμενο τύπανο (Kalander) και σειράς πιεστικών θερμαινόμενων κυλίνδρων (Σχήμα 27) (Dunky/Niemz 2002).



Σχήμα 26. Μονώροφη ασυνεχής πρέσα. 1. μηχανή στρωμάτωσης, 2. ανιχνευτής μετάλλων, 3. πρέσα συνεχούς τύπου ψυχρής προσυμπίεσης, 4. ταινία μεταφοράς, 5. παρυφωτής, 6. προωθητήρας, 7. συλλέκτης υπολειμμάτων, 8. μονώροφη ασυνεχής πρέσα, 9. υδραυλική εγκατάσταση της πρέσας, 10. παρύφωση κατά μήκος, 11. ψύκτης, 12. παρύφωση κατά πλάτος, 13. λείανση, 14. ταξινόμηση, 15. αποθήκευση.



Σχήμα 27. Πρέσα τύπου Kalander. 1. είσοδος ινών ξύλου αναμεμιγμένων με συγκολλητική ουσία, 2. δοσομετρητής τεμαχιδίων ξύλου, 3. μηχανή στρωμάτωσης με αέρα, 4. προθέρμανση με υψίσυχο ρεύμα, 5. μεταλλική ταινία, 6. πρέσα μορφής τυμπάνου (Kalander), 7. μεταφορά της πλάκας MDF, 8. παρύφωση.

Οι νέες μονάδες παραγωγής MDF χρησιμοποιούν συνήθως πρέσες συνεχούς τύπου (Σχήμα 28). Ανάλογα με τη δυναμικότητα της μονάδας παραγωγής το μήκος των πρεσών συνεχούς τύπου κυμαίνεται από 38 έως 45 m ενώ το πλάτος τους έχει υπερβεί τα 3 m. Για MDF μικρού πάχους το μήκος συνήθως είναι 15-25 m. Οι πρέσες αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα, το τελικό προϊόν MDF εμφανίζει μετά την πρέσα μικρές ανοχές πάχους (μικρότερες απώλειες κατά τη λείανση που έπεται), και είναι εφικτή η ρύθμιση του προφίλ πυκνότητας κατά το πάχος της πλάκας. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ακόλουθη: Το στρωματωμένο υλικό προωθείται μεταφερόμενο επάνω σε ατέρμονα

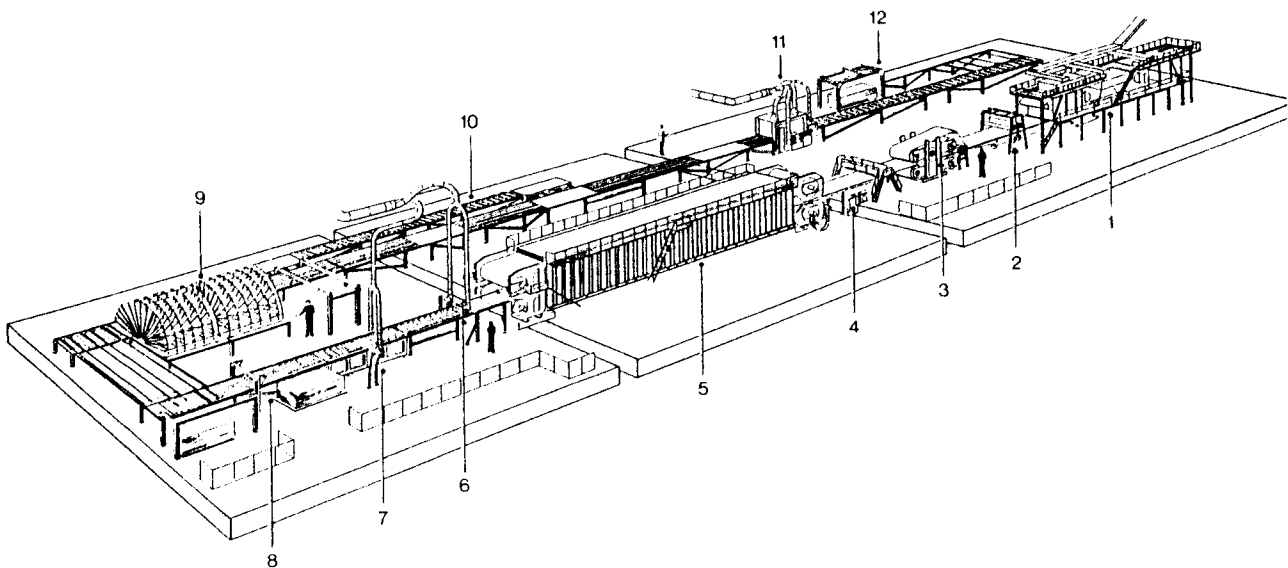
χαλύβδινα ελάσματα μεταξύ των πλακών της πρέσας και συμπιέζεται ανάμεσα σε δύο ατέρμονα χαλύβδινα ελάσματα που περιβάλλουν τις θερμαινόμενες πλάκες. Η θερμοκρασία των πλακών της πρέσας μεταφέρεται μέσω των χαλύβδινων ελασμάτων που τις περιβάλλουν στο στρωματωμένο υλικό. Για τη μείωση των τριβών που αναπτύσσονται μεταξύ των πλακών της πρέσας και των χαλύβδινων ελασμάτων όπως επίσης και την αποδόμηση των θερμικών τάσεων που αναπτύσσονται στην πρέσα έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθες δύο τεχνικές:

α) ανάμεσα στις πλάκες της πρέσας και τα χαλύβδινα ελάσματα παρεμβάλλονται ατέρμονες άλυσσοι αποτελούμενοι από κυλινδρικούς ράβδους (Σχήμα 29 A, B) (Mayner 1990).

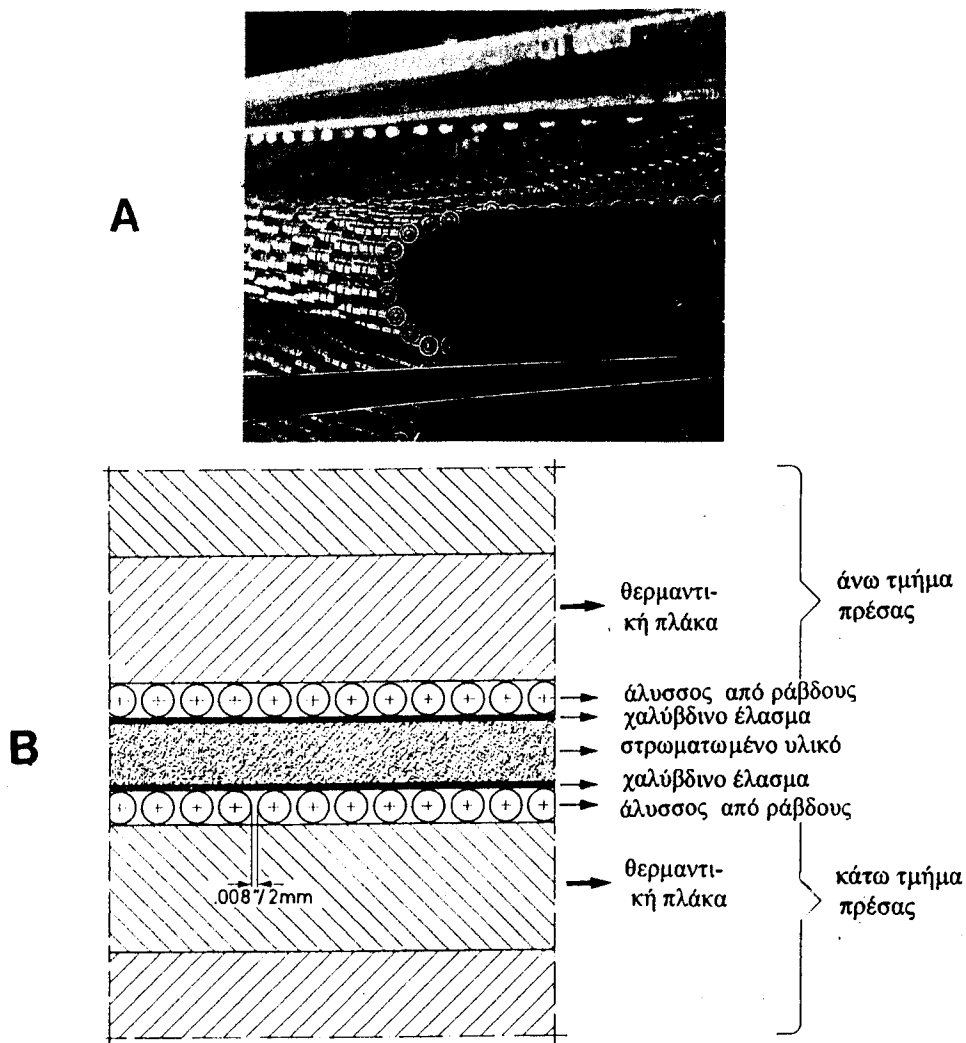
β) ανάμεσα στις πλάκες της πρέσας και τα χαλύβδινα ελάσματα διοχετεύεται και κατανέμεται σε όλη την επιφάνειά τους λεπτό στρώμα ελαίου (μέθοδος Hydro-Dyn) (Σχήμα 30) (Brinkmann 1989, Deppe/Ernst 2000).

Έτσι δια μέσου των ατέρμονων αλύσεων στην α) περίπτωση και του ελαίου στην β) η θερμότητα μεταφέρεται ομοιόμορφα στα χαλύβδινα ελάσματα και στη συνέχεια στο στρωματωμένο υλικό (Deppe/Ernst 1996, Dunky/Niemz 2002).

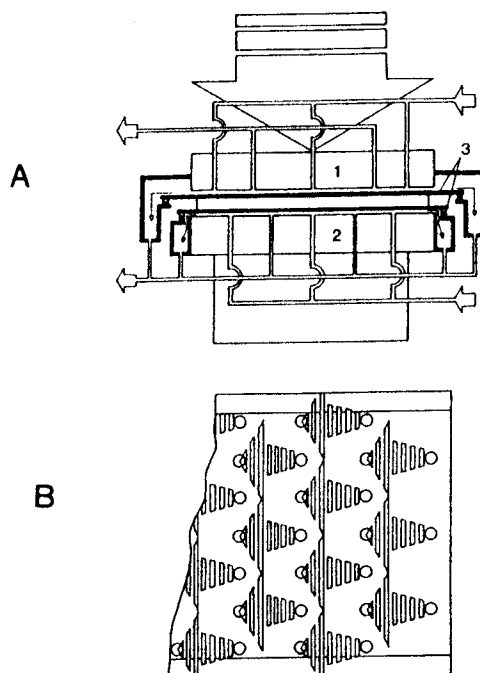
Ένας άλλος τύπος συνεχούς πρέσας (Küstners press) διαχωρίζει την επιφάνεια συμπίεσης των πλακών σε δύο ζώνες, α) τη θερμή και β) τη ψυχρή η οποία καλύπτει το 1/3 της συνολικής επιφάνειας (Σχήμα 31 A, B). Τα πλεονεκτήματα της πρέσας αυτής είναι: μείωση του ενεργειακού κόστους, μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης στην πρέσα, μειωμένος ο κίνδυνος πυρκαγιάς, μείωση της συχνότητας εγκλωβισμού ατμού στο εσωτερικό της πλάκας (Bluthardt/Beck 2001).



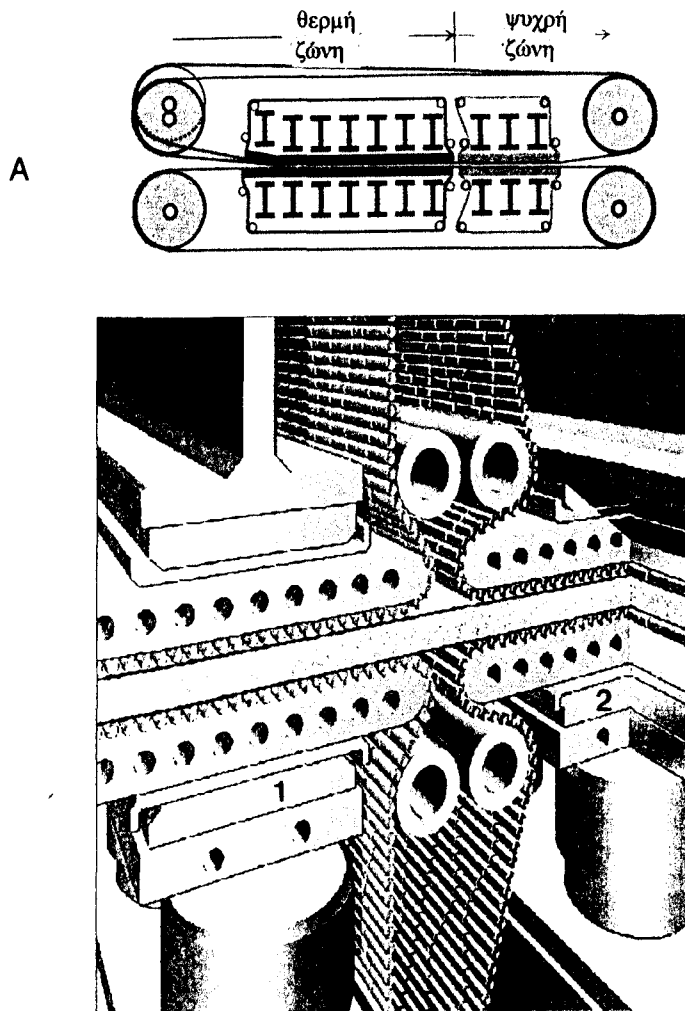
Σχήμα 28. Μονώροφη πρέσα συνεχούς τύπου. 1. μηχανή στρωματώσεως, 2. ανιχνευτής μετάλλων, 3. ψυχρή προπρέσα, 4. συλλέκτης υπολειμμάτων, 5. συνεχούς τύπου πρέσα, 6. παρύφωση κατά μήκος, 7. παρύφωση κατά πλάτος, 8. απομάκρυνση πλακών απαράδεκτης ποιότητας, 9. ψύκτης, 10. χώρος αναμονής, 11. λείανση, 12. ταξινόμηση.



Σχήμα 29. Α. Ατέρμων αλύσσος από κυλινδρικές ράβδους περιβάλλουσα τη θερμαντική πλάκα της πρέσας.
 Β. Εγκάρσια τομή πρέσας με ατέρμονες αλύσσους από κυλινδρικές ράβδους.



Σχήμα 30. Α. Παρεμβολή ελαίου μεταξύ χαλύβδινων ελασμάτων και θερμαντικών πλακών της πρέσας. 1. άνω και 2. κάτω θερμαντικές πλάκες, 3. χαλύβδινα ελάσματα.
 Β. Κατανομή ελαίου στην επιφάνεια των θερμαντικών πλακών.



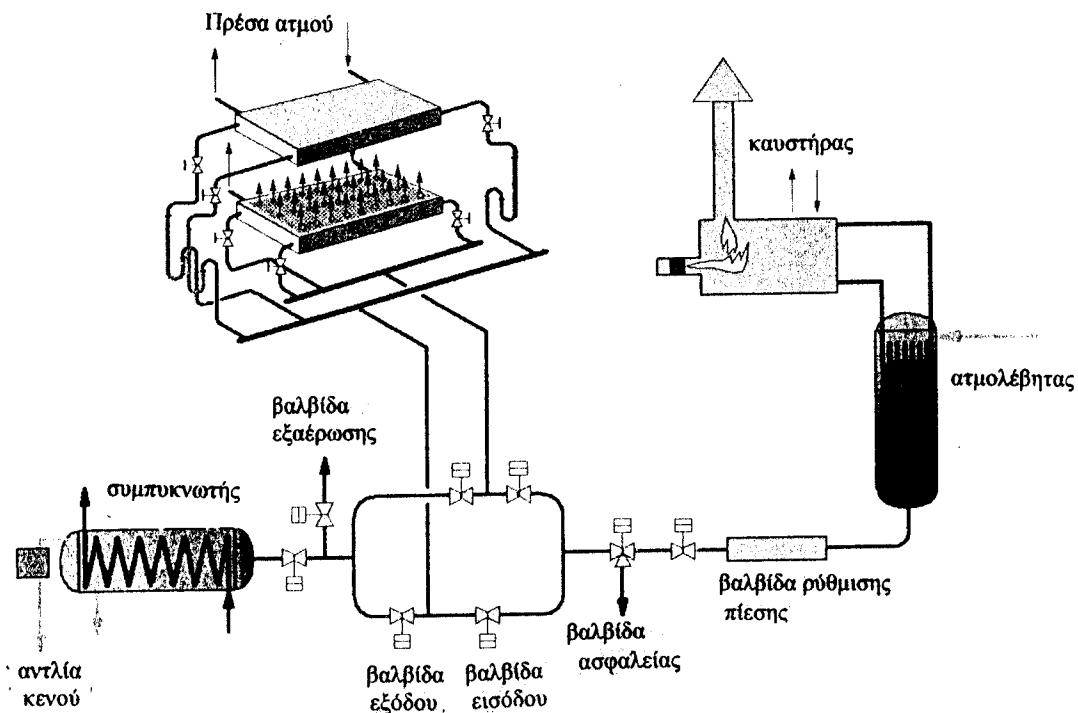
Σχήμα 31. Α. Διαχωρισμός συνεχούς τύπου μονώροφης πρέσας σε θερμή και ψυχρή ζώνη.
 Β. 1. Μετάβαση από το θερμό στο 2. ψυχρό τμήμα πλακών πρέσας οι οποίες περιβάλλονται με ατέρμονες αλύσσους κυλινδρικών ράβδων.

Για πλάκες MDF μεγάλου πάχους (50 mm και άνω) κατάλληλη είναι η πρέσα ατμού. Στις πλάκες αυτής της πρέσας υπάρχουν οπές σε ορισμένες αποστάσεις δια μέσου των οποίων διοχετεύεται υδρατμός θερμοκρασίας 140-160 °C και πίεσης 4-6 Atm στο στρωματωμένο υλικό. Η περίσσεια υδρατμού στη συνέχεια απομακρύνεται με κενό. Με την τεχνική αυτή επιταχύνεται η διάρκεια σκλήρυνσης της συγκολλητικής ουσίας δηλ. επιτυγχάνεται μείωση της διάρκειας θερμής συμπίεσης. Έτσι η πρέσα αυτή θεωρείται κατάλληλη όταν χρησιμοποιούνται συγκολλητικές ουσίες οι οποίες απαιτούν μεγάλη διάρκεια σκλήρυνσης, όταν πρόκειται να παραχθεί MDF μικρής πυκνότητας, και όταν επιδιώκεται ομοιογένεια πυκνότητας σε όλο το προφίλ κατά την έννοια του πάχους του προϊόντος (Σχήμα 32) (Deppe/Ernst 1996, Dunky/Niemz 2002).

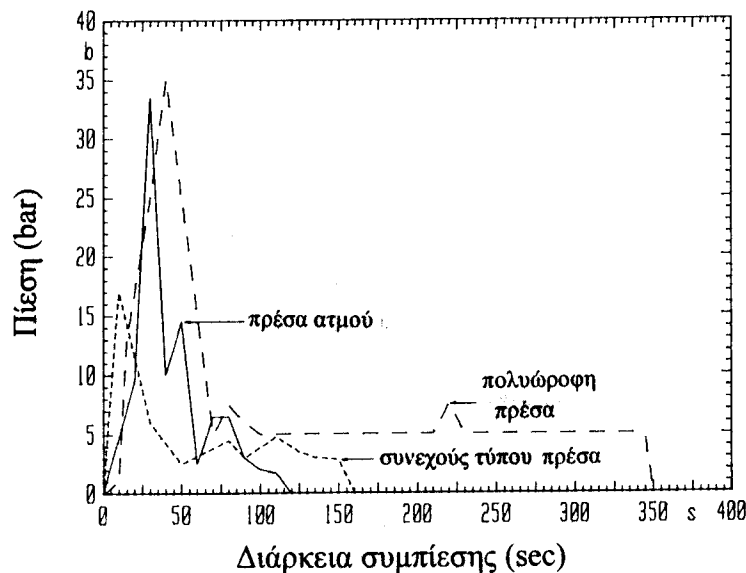
Οι απαιτούμενοι χρόνοι συμπίεσης στην παραγωγή MDF εξαρτώνται από το είδος της πρέσας (ασυνεχούς, συνεχούς, ατμοπρέσα) αλλά και από το είδος της συγκολλητικής ουσίας. Στο Σχήμα 33 φαίνεται η επίδραση του είδους της πρέσας στο διάγραμμα πίεσης και στη διάρκεια συμπίεσης και στο Σχήμα 34 η επίδραση του είδους της πρέσας στην ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του στρωματωμένου υλικού. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 34 η ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της πλάκας είναι μεγαλύτερη στην ατμοπρέσα και μικρότερη στην ασυνεχούς τύπου πολυώροφη πρέσα γεγονός που συνεπάγεται αντιστρόφως ανάλογες διάρκειες συμπίεσης.

Η μεταβολή της πίεσης κατά τη διάρκεια της συμπίεσης επηρεάζει αποφασιστικά το προφίλ πυκνότητας κατά το πάχος της πλάκας (σόκορο) δηλ. την πυκνότητα των επιφανειακών στρώσεων και της μεσαίας στρώσης. Για MDF η οποία προορίζεται για την επιπλοποιία απαιτείται ομοιόμορφο προφίλ πυκνότητας, ιδίως όταν οι εγκάρσιες τομές

(σόκορα) πρόκειται να καλυφθούν με βερνίκια. Επίσης δεν απαιτείται διαφοροποίηση μεταξύ πυκνότητας των επιφανειακών στρώσεων και της μεσαίας εάν η πλάκα πρόκειται να επικαλυφθεί με πλαστικά φύλλα μελαμίνης. Αντίθετα εάν πρόκειται οι επιφάνειες να βαφούν τότε απαιτείται υψηλή πυκνότητα των επιφανειακών στρώσεων ($>1,100 \text{ g/cm}^3$).

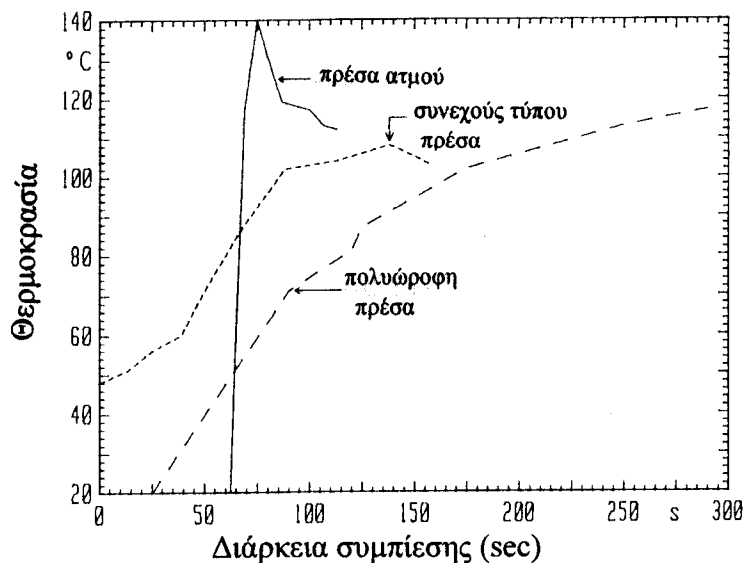


Σχήμα 32. Πρέσα ατμού

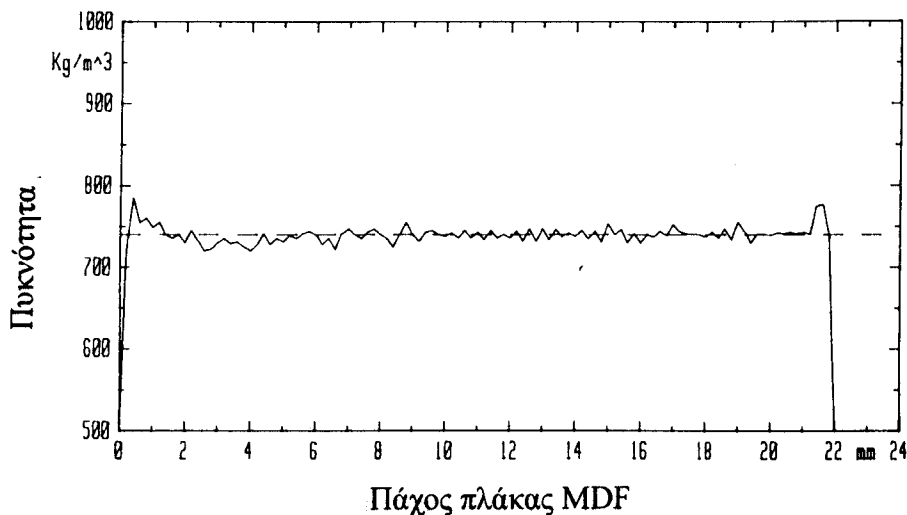


Σχήμα 33. Επίδραση του είδους της πρέσας στο διάγραμμα πίεσης και τη διάρκεια συμπίεσης.

Κατά τη θερμή συμπίεση η θέρμανση δια μέσου της μεταλλικής πλάκας της πρέσας ή του ατέρμονου χαλύβδινου ελάσματος έχει ως αποτέλεσμα διαφοροποίηση της πυκνότητας μεταξύ των επιφανειακών στρώσεων και της μεσαίας στρώσης. Αντιθέτως στις πρέσες οι οποίες λειτουργούν με υψίσυχο ρεύμα το τελικό προϊόν αποκτά ένα ομοιόμορφο προφίλ πυκνότητας. Επίσης ομοιόμορφο προφίλ πυκνότητας αποκτά η MDF όταν κατά τη συμπίεση χρησιμοποιείται ατμοπρέσα (Σχήμα 35) (Walter 1989, Deppe/Ernst 1996).



Σχήμα 34. Επίδραση του είδους της πρέσας στην ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του στρωματωμένου υλικού.



Σχήμα 35. Ομοιόμορφο προφίλ πυκνότητας εγκάρσιας τομής MDF κατά τη συμπίεση με ατμοπρέσα.

5.7 Έλεγχοι παραγωγικής διαδικασίας

Με βάση τη συσσωρευμένη εμπειρία λειτουργίας των βιομηχανιών παραγωγής μοριοπλακών και χαρτιού αναπτύχθηκε και στα εργοστάσια MDF κατάλληλο σύστημα ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας. Το σύστημα ελέγχου διευθύνεται από μία κεντρική μονάδα και αποσκοπεί στην:

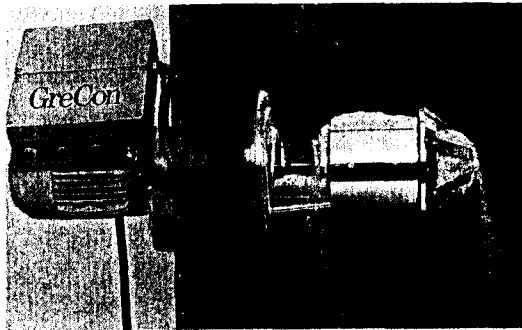
- Μείωση του κόστους παραγωγής κατά 2 έως 4% από την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.
- Βελτίωση της παραγωγικότητας με συνεχή έλεγχο των επιμέρους παραγωγικών φάσεων.
- Αυτόματη μεταβολή των χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος π.χ. των διαστάσεων (πάχους, μήκους, πλάτους) ή της ποιότητας χωρίς διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας.
- Έγκαιρη αναγνώριση και ένδειξη κάθε εμφανιζόμενης βλάβης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

Καθένα από τα επί μέρους δομικά τμήματα του εργοστασίου όπως π.χ. ο δισκοτριβέας, το ξηραντήριο, το σύστημα ανάμιξης ινών με τη συγκολλητική ουσία, ο στρωματωτής ινών, η

πρέσα και η μηχανή λειάνσεως διαθέτουν αυτόνομα συστήματα ελέγχου και ρύθμισης τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και όλα μαζί με την κεντρική μονάδα ελέγχου και ρυθμίσεων. Έτσι από την κεντρική μονάδα ελέγχου είναι δυνατή η καταγραφή και παρακολούθηση όλων των στοιχείων-δεδομένων της παραγωγικής διαδικασίας (πάχος, βάρος στρωματωμένου υλικού ινών, βάρος πλακών, υγρασία κ.ά.) τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τα δεδομένα αυτά παρακολουθούνται συνεχώς σε ηλεκτρονική οθόνη και η τυχόν απόκλισή τους από τις προκαθορισμένες για τη συγκεκριμένη ποιότητα επιθυμητές τιμές (τιμές στόχος) ενεργοποιεί επεμβατικές διορθώσεις στο συγκεκριμένο σύστημα. Για τον καθορισμό της ποιότητας του τελικού προϊόντος και την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής τα ανωτέρω δεδομένα συσχετίζονται και με τα αποτελέσματα των ανά 8ωρο εργαστηριακών ελέγχων τα οποία για το σκοπό αυτό διοχετεύονται στη κεντρική μονάδα ελέγχου – ρυθμίσεων.

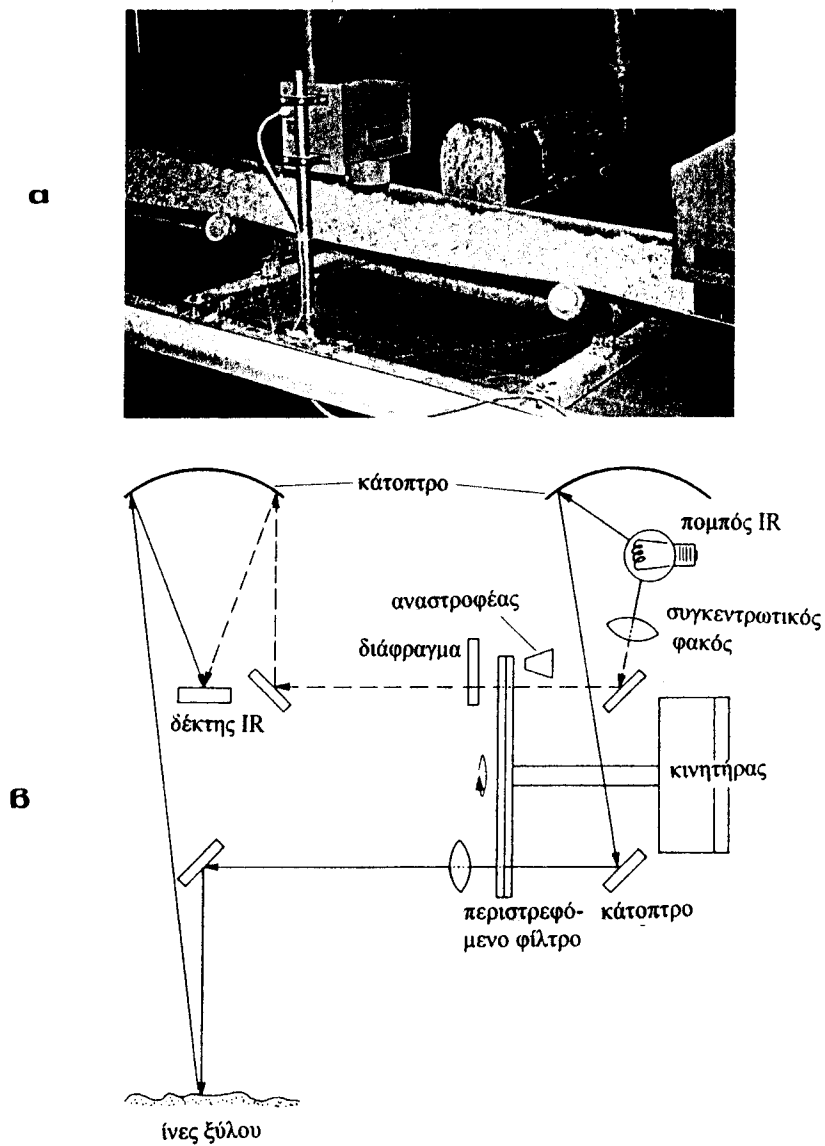
Τα κυριότερα δεδομένα που καταγράφονται συνεχώς και παρακολουθούνται αφορούν: την υγρασία των ινών, το βάρος του στρωματωμένου υλικού των ινών, το προφίλ πυκνότητας κατά το πάχος της πλάκας, τη συνολική πυκνότητα, το πάχος της πλάκας, την ύπαρξη κενών στο εσωτερικό της πλάκας (μη συγκολλημένες θέσεις) και τους σπινθήρες.

Η μέτρηση των ποσοστών υγρασίας των ινών διεξάγεται σε διάφορες θέσεις της παραγωγικής διαδικασίας όπως είναι π.χ. στην έξοδο του ξηραντηρίου, μετά την ανάμιξη των ινών με τη συγκολλητική ουσία και μετά τη στρωμάτωση. Η υγρασία των ινών σχετίζεται με την ποσότητα νερού που περιέχεται στη συγκολλητική ουσία, επηρεάζει τη διάρκεια συμπίεσης στην πρέσα και επίσης την τυχόν ύπαρξη κενών στο εσωτερικό του τελικού προϊόντος. Για τη μέτρηση της υγρασίας των ινών χρησιμοποιούνται συσκευές που λειτουργούν με βάση την ηλεκτρική αντίσταση και πρόσφατα συσκευές που λειτουργούν με βάση το ποσοστό απορρόφησης υπέρυθρης ακτινοβολίας ορισμένου μήκους κύματος (Σχήμα 36 και Σχήμα 37).

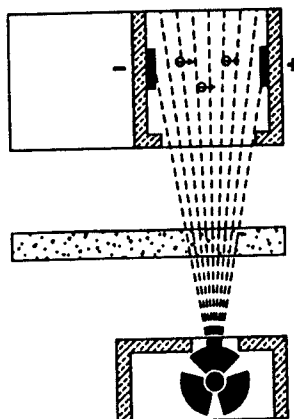


Σχήμα 36. Προσδιορισμός της υγρασίας των ινών μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο με βάση την ηλεκτρική αντίσταση (εικόνα από την πράξη).

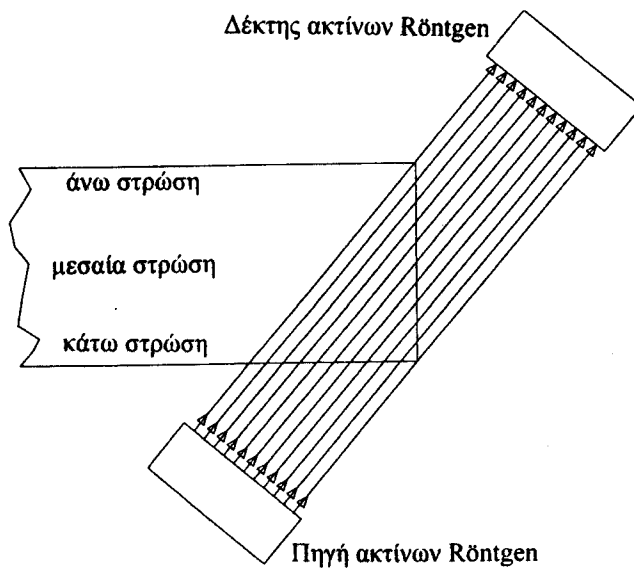
Ο προσδιορισμός του βάρους των στρωματωμένων ινών μετά τη στρωμάτωση γίνεται είτε με ηλεκτρομαγνητικό ζυγό, είτε με ακτίνες Röntgen (αρχή: μέτρηση της εξασθένησης της έντασης των ακτίνων ανάλογα με το βάρος του ακτινοβολούμενου υλικού). Κατά τον ίδιο τρόπο μετρείται και το βάρος των πλακών του τελικού προϊόντος (Σχήμα 38). Στην ίδια αρχή βασίζεται και ο προσδιορισμός της πυκνότητας του τελικού προϊόντος με μία διαφορά ότι πομπός και δέκτης είναι έτσι τοποθετημένοι ώστε η ακτινοβολία να διέρχεται όχι κάθετα αλλά πλαγίως δια μέσου της εγκάρσιας διατομής (πάχος) των πλακών (Σχήμα 39). Επίσης για τον προσδιορισμό του προφίλ πυκνότητας χρησιμοποιείται ακτινοβολία Röntgen η οποία ακτινοβολεί το πάχος στη γωνία 45° (Σχήμα 40). Για την ανίχνευση των κενών στο εσωτερικό της πλάκας μετά την πρέσα χρησιμοποιούνται υπέρηχοι (αρχή: εξασθένηση της έντασης των υπερήχων στην περίπτωση πρόσκρουσης επί κενών στο εσωτερικό της πλάκας) (Σχήμα 41). Το πάχος των πλακών μετά την πρέσα μετρείται μηχανικά ή με ακτίνες laser (Σχήμα 42).



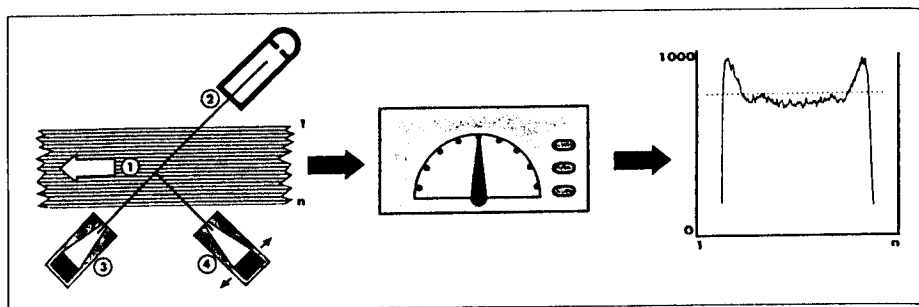
Σχήμα 37. Προσδιορισμός της υγρασίας των ινών με υπέρυθη ακτινοβολία α. εικόνα από την πράξη, β. σχηματικώς.



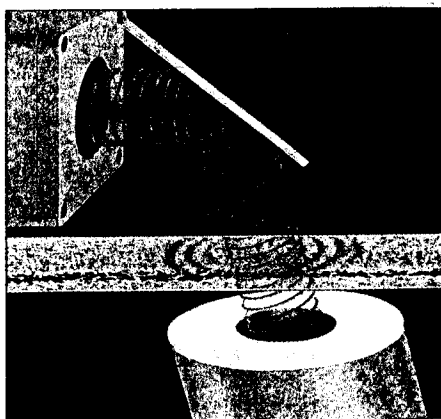
Σχήμα 38. Προσδιορισμός του βάρους των στρωματωμένων ινών με ακτίνες Röntgen.



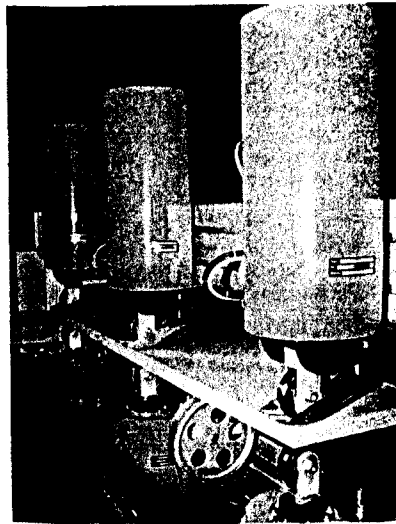
Σχήμα 39. Προσδιορισμός της πυκνότητας της πλάκας MDF μετά τη συμπίεση με ακτίνες Röntgen.



Σχήμα 40. Προσδιορισμός του προφίλ πυκνότητας της MDF με ακτίνες Röntgen. 1. πλάκες MDF, 2. πηγή (Röntgen), 3. δέκτης (σταθερός), 4. δέκτης (κινούμενος).



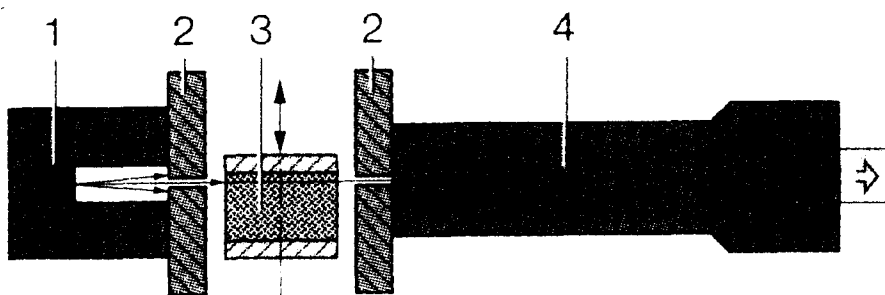
Σχήμα 41. Ανίχνευση κενών στο εσωτερικό της MDF με υπερήχους.



Σχήμα 42. Προσδιορισμός του πάχους της MDF με μηχανικά μέσα.

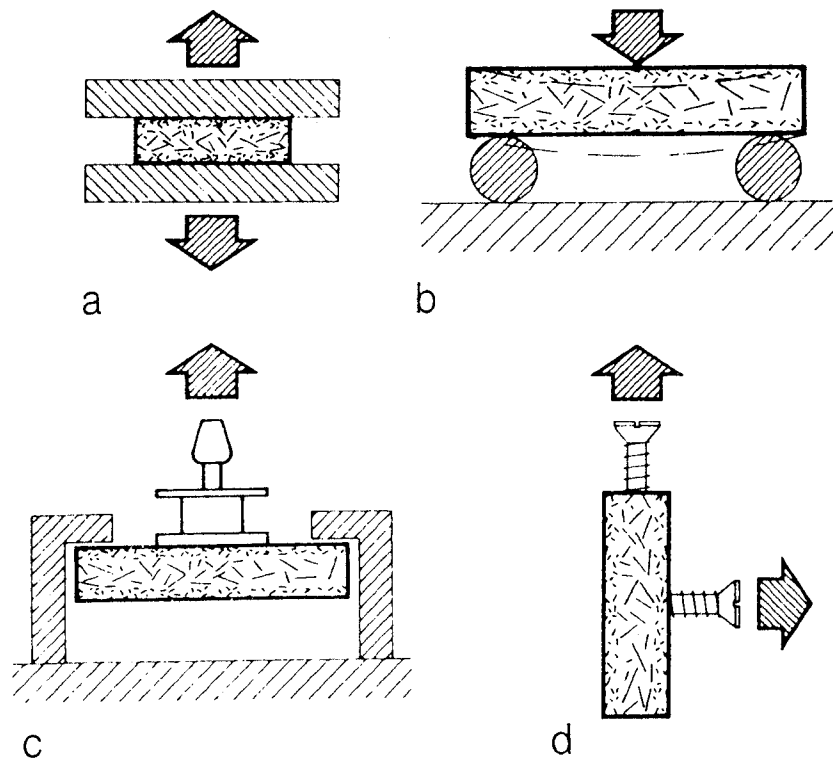
Ο εργαστηριακός ποιοτικός έλεγχος επεξεργάζεται δεδομένα μετρήσεων από δειγματοληπτικούς ελέγχους που γίνονται κατά την παραγωγική διαδικασία. Ειδικότερα ελέγχει και αξιολογεί πρώτες ύλες, παραγωγή ινών και παραμέτρους της παραγωγής, τροποποιεί τη σύνθεση της συγκολλητικής ουσίας εάν απαιτείται, αριστοποιεί τα δεδομένα των συνθηκών παραγωγής και ελέγχει κατά πόσο η ποιότητα του τελικού προϊόντος εκπληρεί τα σχετικά εθνικά ή διεθνή πρότυπα.

Οι εργαστηριακοί έλεγχοι του τελικού προϊόντος συνίστανται κυρίως στον προσδιορισμό της πυκνότητας, των μηχανικών και υγροσκοπικών ιδιοτήτων. Ο προσδιορισμός της πυκνότητας βασική ιδιότητα η οποία επηρεάζει όλες τις λοιπές ιδιότητες γίνεται είτε με μηχανικό τρόπο (μέτρηση διαστάσεων και βάρους) είτε με ραδιενεργό ακτινοβολία (ακτίνες γ) (Σχήμα 43). Οι κύριες μηχανικές ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα επεξεργασίας του τελικού προϊόντος, οι οποίες ελέγχονται κατά τον εργαστηριακό έλεγχο, είναι ο εγκάρσιος εφελκυσμός, η αντοχή σε κάμψη, η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των επιφανειακών στρώσεων και η αντοχή στην εξαγωγή βίδας (Σχήμα 44). Από τις υγροσκοπικές ιδιότητες προσδιορίζονται η κατά βάρος προσρόφηση νερού και η κατά πάχος διόγκωση μετά από εμβάπτιση σε νερό.



Σχήμα 43. Εργαστηριακή μέθοδος προσδιορισμού της πυκνότητας με ακτίνες γ . 1. πομπός, 2. διάφραγμα, 3. δοκίμιο MDF, 4. δέκτης-επεξεργαστής.

Στους ελέγχους της παραγωγικής διαδικασίας ανήκει και η προστασία του εργοστασίου από φωτιά και εκρήξεις. Οι χώροι των εργοστασίων προστατεύονται με συστήματα ψεκασμού με νερό. Όμως ιδιαίτερης σημασίας είναι η προστασία των αγωγών αερομεταφοράς, των σπαστήρων θρυμματισμού, των ξηραντηρίων, των λειαντικών μηχανών, των εγκαταστάσεων φιλτροκαθαρισμού και των αποθηκευτικών χώρων από την ανάπτυξη και διάδοση πυρκαγιάς. Οι ανιχνευτές επισημαίνουν ακόμη και ασθενή υπέρυθη ακτινοβολία προερχόμενη από σπινθήρες και ενεργοποιούν παρακείμενους ψεκαστήρες



Σχήμα 44. Εργαστηριακός προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων MDF. α. αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό της μεσαίας στρώσης, β. αντοχή σε κάμψη, γ. αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό της επιφανειακής στρώσης, δ. αντοχή σε εξαγωγή βίδας.

νερού για κατάσβεση. Εάν πρόκειται για έντονη εμφάνιση σπινθήρων τότε ενεργοποιείται σύστημα διακοπής της λειτουργίας του συγκεκριμένου μηχανήματος. Μετά από κάθε εμφάνιση φωτιάς καταγράφονται η θέση και ο χρόνος εμφάνισης όπως επίσης και η απαιτηθείσα διάρκεια κατάσβεσης. Τα δεδομένα αυτά αξιολογούνται και αποτελούν την προϋπόθεση για τον εντοπισμό των αιτιών εμφάνισης της φωτιάς. Ιδιαίτερης σημασίας για την αποφυγή κινδύνου εμφάνισης φωτιάς είναι ο ενδεδειγμένος καθαρισμός των πρώτων υλών ξύλου όχι μόνο από μεταλλικά αντικείμενα (μαγνητικός διαχωρισμός) αλλά και από άμμο ή πέτρες (πλύση με νερό). Η υπερβολική άμβλυση των κοπτικών μέσων των σπαστήρων θρυμματισμού μπορεί να αποτελεί αίτιο δημιουργίας σπινθήρων (φωτιάς) γι' αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται. Τα κύρια μηχανήματα ενός εργοστασίου MDF όπου συνήθως προξενούνται πυρκαγιές είναι το ξηραντήριο και το μηχάνημα λείανσης (τριβείο). Με την προοδευτική μείωση της υγρασίας των ινών κατά τη ξήρανση αυξάνεται η θερμοκρασία στο ξηραντήριο και προκειμένου να μην υπερβεί συγκεκριμένα επικίνδυνα όρια ενεργοποιείται ψεκαστήρας νερού. Επίσης τυχόν συσσωματώματα ινών μεταξύ τους και με τη συγκολλητική ουσία, τα οποία προκύπτουν κυρίως από εναποθέσεις στα τοιχώματα του ξηραντηρίου, με την πρόσληψη οξυγόνου στην έξοδο του ξηραντηρίου αναφλέγονται εύκολα. Γι' αυτό στην έξοδο του ξηραντηρίου εγκαθίστανται ανιχνευτές σπινθήρων και σύστημα κατάσβεσης με ψεκαστήρες. Με αντίστοιχες συσκευές ανίχνευσης και κατάσβεσης σπινθήρων είναι επίσης εφοδιασμένα τα μηχανήματα λείανσεως στα οποία μπορεί να εμφανισθούν σπινθήρες κατά την επαφή της λειαντικής ταινίας με τυχόν ξένα σώματα τα οποία υπάρχουν στις επιφάνειες λείανσης της MDF (Soine 1995, Deppe/Ernst 1996).

5.8 Ψύξη, Κλιματισμός και Παρύφωση

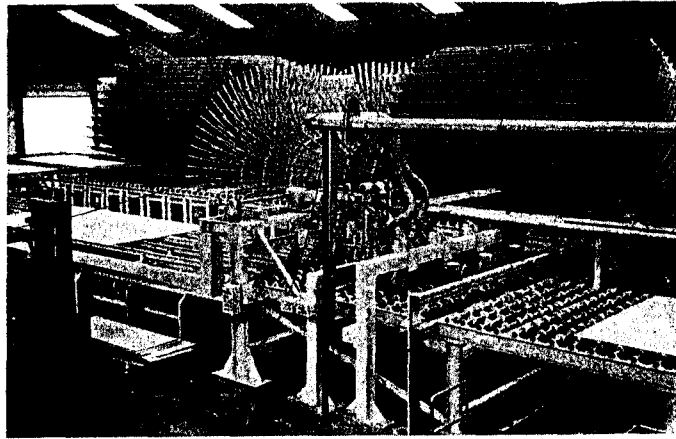
Μετά τη θερμή συμπίεση απαιτείται άμεση ψύξη των πλακών για τους ακόλουθους δύο λόγους:

1. Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι εάν σε πλάκες ορισμένης υγρασίας συγκολλημένες με ουρία-φορμαλδεϋδη επιδράσουν επί μακρόν θερμοκρασίες άνω των 70 °C τότε αυτές υπόκεινται σε μείωση της μηχανικής τους αντοχής.

2. Μετά την έξοδο από την πρέσα η εγκάρσια διατομή (πάχος) των πλακών διακρίνεται για την ανομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας και θερμοκρασίας. Ειδικότερα οι επιφανειακές στρώσεις λόγω της άμεσης επαφής με τις θερμαντικές πλάκες της πρέσας έχουν υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή υγρασία ενώ η μεσαία στρώση έχει σημαντικά χαμηλότερη θερμοκρασία αλλά υψηλότερη υγρασία. Με την προοδευτική ψύξη επιτυγχάνεται μία εξομοίωση της θερμοκρασίας και υγρασίας στην εγκάρσια διατομή της πλάκας και αποφεύγονται στρεβλώσεις.

Η συνήθης τεχνική που εφαρμόζεται για τη ψύξη των πλακών συνίσταται στην τοποθέτησή τους σε περιστρεφόμενα ράφια τύπου αστερία όπου έρχονται ολόπλευρα σε επαφή με τον αέρα (Σχήμα 45). Στην περίπτωση πλακών MDF συγκολλημένων με φαινόλη-φορμαλδεΰδη της ψύξης προηγείται χειρισμός τους σε θερμό και υγρό περιβάλλον με σκοπό την πλαστικοποίηση των ινών και μείωση της μόνιμης διόγκωσης των πλακών.

Η παρύφωση αποσκοπεί στην απομάκρυνση των μικρής πυκνότητας συνήθως σαθρών άκρων των πλακών και μπορεί να γίνει προ ή μετά της ψύξης. Κατά κανόνα απομακρύνονται με τεμαχισμό από τα άκρα των πλακών (μήκος και πλάτος) λωρίδες πλάτους 15 έως 30 mm. Οι τομές γίνονται με δισκοπρίονες υπό ορθή γωνία (επιτρεπτές είναι αποκλίσεις ± 2 mm ανά 1 m μήκους), εφοδιασμένους με ένθετους οδόντες κατασκευασμένους από σκληρά μέταλλα (Soine 1995, Deppe/Ernst 1996).

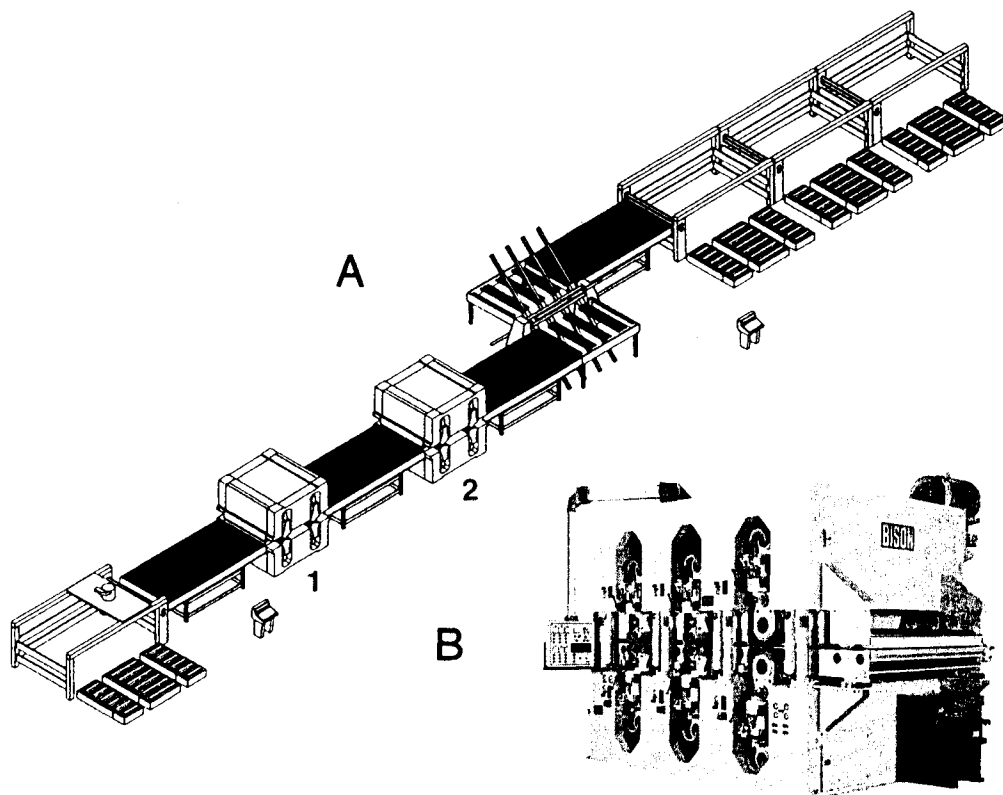


Σχήμα 45. Ψύξη πλακών MDF μετά την έξοδο από την πρέσα σε περιστρεφόμενα ράφια τύπου αστερία.

5.9 Λείανση, τεμαχισμός, στοίβαση

Η λείανση αποσκοπεί στην απομάκρυνση της ψαθυρής στρώσης που υπάρχει στις εκατέρωθεν μεγάλες επιφάνειες των πλακών και στην εξασφάλιση ομοιόμορφου πάχους σε όλη την επιφάνειά τους. Τα συνήθη λειαντικά μηχανήματα φέρουν ατέρμονα λειαντική ταινία η οποία περιστρέφεται επάνω σε κατάλληλα τύμπανα ή κυλίνδρους. Συνήθως η λείανση γίνεται με δύο εν σειρά ευρισκόμενα μηχανήματα εκ των οποίων το πρώτο εκτελεί μία προλείανση (χρονδρότερο λειαντικό μέσο N° 40 ή 60) και το δεύτερο την τελική λείανση (λειαντικό μέσο N° 80 ή 100) (Σχήμα 46). Ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος η ταχύτητα τροφοδοσίας μπορεί να κυμαίνεται από 40 έως 60 m/min και η ταχύτητα λείανσης από 25 έως 40 m/s.

Ανάλογα με τον τύπο της πρέσας απομακρύνεται με τη λείανση στρώση πάχους 1,0 έως 1,5 mm. Με την άμβλυση της λειαντικής ταινίας (θραύση κόκκων, ξυλόσκονη, εναπόθεση ρητίνης κωνοφόρων) αυξάνεται η απαιτούμενη ενέργεια. Η διάρκεια ζωής (άμβλυσης) της λειαντικής ταινίας αυξάνεται εφ' όσον διενεργείται καθαρισμός με περιστρεφόμενες ψύκτρες ή πεπιεσμένο αέρα. Αύξηση της ταχύτητας λείανσης οδηγεί σε καλύτερη λειότητα της επιφάνειας της πλάκας.

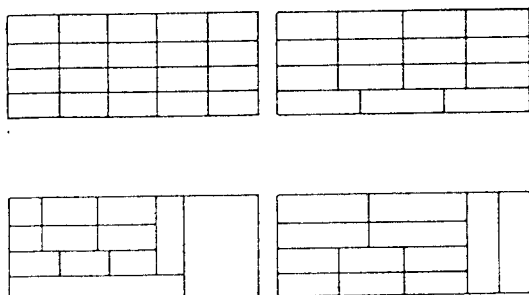


Σχήμα 46. Α. Διάταξη εν σειρά δύο μηχανημάτων λειάνσεως (1 και 2) στην παραγωγική διαδικασία , Β. Μηχάνημα λειάνσεως.

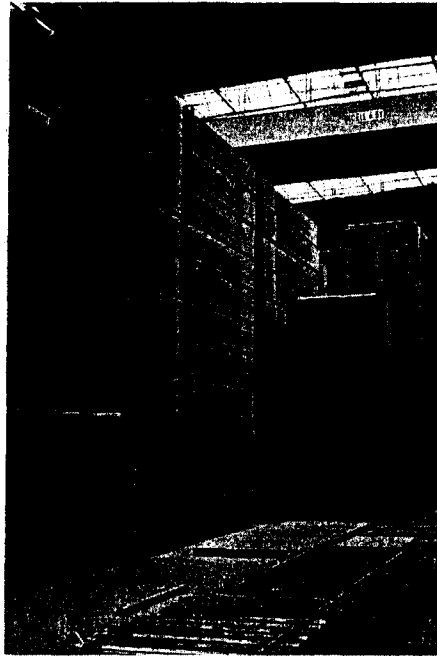
Οι πλάκες μετά τη λείανση ή ακόμη και μετά τη ψύξη χαρακτηρίζονται με σύμβολα που τοποθετούνται στην εγκάρσιο διατομή (πάχος) τους.

Μετά τη λείανση ή και μετά τη θερμή συμπίεση ακολουθεί προσδιορισμός του πάχους των πλακών. Όσες πλάκες αποκλίνουν περισσότερο από $\pm 0,3$ mm από το προκαθορισμένο πάχος χαρακτηρίζονται ως 2^{ης} ποιότητας.

Ο τεμαχισμός των πλακών μετά τη λείανση διενεργείται από κοπτικά μηχανήματα τύπου δισκοπριόνων τα οποία τεμαχίζουν την πλάκα με τομές κάθετες και παράλληλες στη διεύθυνση παραγωγής (Σχήμα 47). Τα μηχανήματα αυτά είναι συνήθως ψηφιακού ελέγχου προγραμματίζονται και λειτουργούν από κομπιούτερ. Μετά τον τεμαχισμό ακολουθεί στοίβαση των πλακών κατά διαστάσεις και ποιότητα και τελική μεταφορά στους αποθηκευτικούς χώρους (Σχήμα 48) (Deppe/Ernst 1996).



Σχήμα 47. Σχέδια τεμαχισμού πλακών MDF σε διάφορες διαστάσεις με ηλεκτρονικό προγραμματισμό



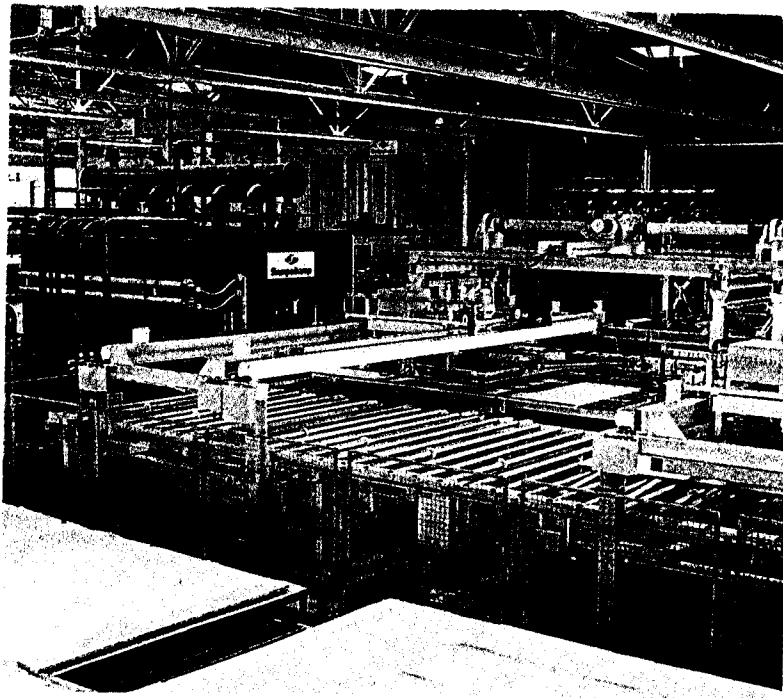
Σχήμα 48. Στοίβαση πλακών MDF σε αποθηκευτικό χώρο.

6. Βελτιωτικές επεξεργασίες των επιφανειών της MDF

6.1 Επικάλυψη με θερμοσκληραινόμενα πλαστικοποιημένα φύλλα χαρτιού.

Οι επικαλύψεις αυτές απαιτούν συστήματα θερμής συμπίεσης μεγάλου κόστους γι' αυτό λαμβάνουν χώρα συνήθως στα εργοστάσια παραγωγής MDF. Τα πλαστικά φύλλα αποτελούνται από φύλλο χαρτιού βάρους που κυμαίνεται ανάλογα με την κατηγορία ποιότητας συνήθως από 80 έως 120 g/m². Τα χαρτιά αυτά είναι συνεκτικά, εμπεριέχουν διάφορα υλικά πληρώσεως και μεγάλο ποσοστό τέφρας κατά την καύση τους. Τα χαρτιά εμποτίζονται με θερμοσκληραινόμενη συγκολλητική ουσία μελαμίνης όμως συνήθως, για τη μείωση του κόστους, με μεικτή κόλλα μελαμίνης και ουρίας-φορμαλδεΐδης. Η αρχή λειτουργίας κατά την επικάλυψη είναι η ακόλουθη: κατά τη συμπίεση του εμποτισμένου με κόλλα φύλλο χαρτιού επάνω στην επιφάνεια της MDF κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας ρευστοποιείται η κόλλα και στη συνέχεια θερμοσκληραίνεται και επικολλάται. Έτσι αποκτά η MDF μια πλαστική επιφάνεια ανθεκτική σε τριβές, σε μεταβολές της θερμοκρασίας και σε ρυπάνσεις.

Η τεχνική της επικάλυψης διεξάγεται ως εξής: κατ' αρχήν καθαρίζεται η άνω και κάτω επιφάνεια της MDF με ψύκτρες. Στη συνέχεια με σύστημα συγκράτησης που λειτουργεί με κενό τοποθετείται το κάτω πλαστικό φύλλο, επί αυτού τοποθετείται η MDF και στη συνέχεια το επάνω πλαστικό φύλλο. Τα δύο εκατέρωθεν της πλάκας πλαστικά φύλλα συγκρατούνται με ειδικό σύστημα στην πλάκα και το πακέτο οδηγείται στη θερμή πρέσα. Μετά την εκφόρτωση του πακέτου στις μεταλλικές θερμοκρασικές πλάκες της πρέσας απομακρύνεται το σύστημα συγκράτησης. Μεταξύ των πλαστικών φύλλων και των θερμοκρασικών πλακών τοποθετούνται μεταλλικά ελάσματα με υψηλή στίλβωση τα οποία μπορεί να διαθέτουν και πόρους για την αποτύπωση στην τελική επιφάνεια. Η συμπίεση λαμβάνει χώρα ταχύτατα σε θερμοκρασίες από 180 °C έως 200 °C και η διάρκεια της, ανάλογα με την ποιότητα-χαρακτηριστικά του πλαστικού φύλλου, κυμαίνεται από 40 έως 70 sec. Στη συνέχεια η πλάκα απομακρύνεται από την πρέσα με ανυψωτικό σύστημα που λειτουργεί με κενό, παρυφώνεται, καθαρίζεται και αφού υποστεί οπτικό ποιοτικό έλεγχο στοιβάζεται. Για τη συμπίεση χρησιμοποιούνται μοντέρνες πρέσες μεγάλης ταχύτητας (είναι δυνατή συμπίεση έως και 140 πλάκες ανά ώρα) οι οποίες συνήθως είναι μονώροφες (Σχήμα 49). Ιδιαίτερη σημασία για την ποιότητα της επικάλυψης έχει η κατά το δυνατόν καλή κατανομή πίεσης και θερμοκρασίας σε όλη την επιφάνεια των πλακών (Deppe/Ernst 1995, Soine 1996).



Σχήμα 49. Πρέσα και άλλες βοηθητικές εγκαταστάσεις επικάλυψης πλακών MDF με θερμοσκληραινόμενα πλαστικά φύλλα.

6.2 Επικάλυψη με φύλλα χαρτιού, συνθετικών πολυμερών και διακοσμητικών ξυλοφύλλων

Η λεία, χωρίς πόρους, συνεκτική επιφάνεια της MDF αποτελεί το ιδεώδες υπόστρωμα για επικαλύψεις με λεπτά φύλλα χαρτιού (συνήθως διακοσμητικού) ή με φύλλα PVC. Κατά τις επικαλύψεις με τα υλικά αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη τα ακόλουθα:

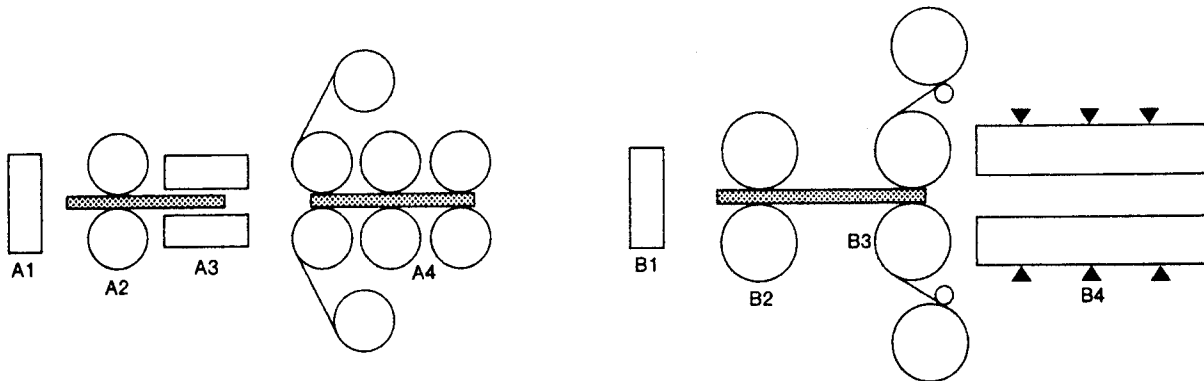
1. Οι επιφάνειες της MDF θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από σφάλματα και να έχουν λειανθεί με λειαντικό μέσο N° 100 ή και λεπτότερο από τη μονάδα παραγωγής, ενώ προ της επικάλυψης απαιτείται διαδοχική λείανση με λειαντική ταινία N° 150 και N° 160.
2. Για πλάκες MDF πάχους έως 30 mm οι ανοχές πάχους να μην υπερβαίνουν τα $\pm 0,2$ mm και τα $\pm 0,3$ mm για μεγαλύτερα πάχη.
3. Στην περίπτωση επικάλυψης με ανοιχτόχρωμα φύλλα επιβάλλεται να επιλεγούν MDF όχι σκούρου χρώματος προκειμένου αυτό να μη διαπεράσει την ανοικτού χρώματος επικάλυψη.
4. Όλες οι επιφάνειες της MDF επίπεδες και εγκάρσιες (σόκορα) πρέπει να έχουν επιμελώς καθαρισθεί από μικροσωματίδια ή σκόνη
5. Η περιεχόμενη υγρασία της MDF να κυμαίνεται σε $8 \pm 2\%$.

Οι επικαλύψεις αυτές γίνονται σε επίπεδες ή κυλινδρικού τύπου πρέσες (Σχήμα 50). Οι συνθήκες συμπίεσης για επικαλύψεις με φύλλο χαρτιού ανάλογα με το είδος της πρέσας έχουν παρασταθεί στον επόμενο Πίνακα. Τα φύλλα είναι συνήθως διακοσμητικά και για λόγους προστασίας επικαλύπτονται με διαφανές λεπτό φύλλο συνθετικού πολυμερούς.

Πίνακας 3. Επικαλύψεις με φύλλα χαρτιού (Deppe/Ernst 1993)

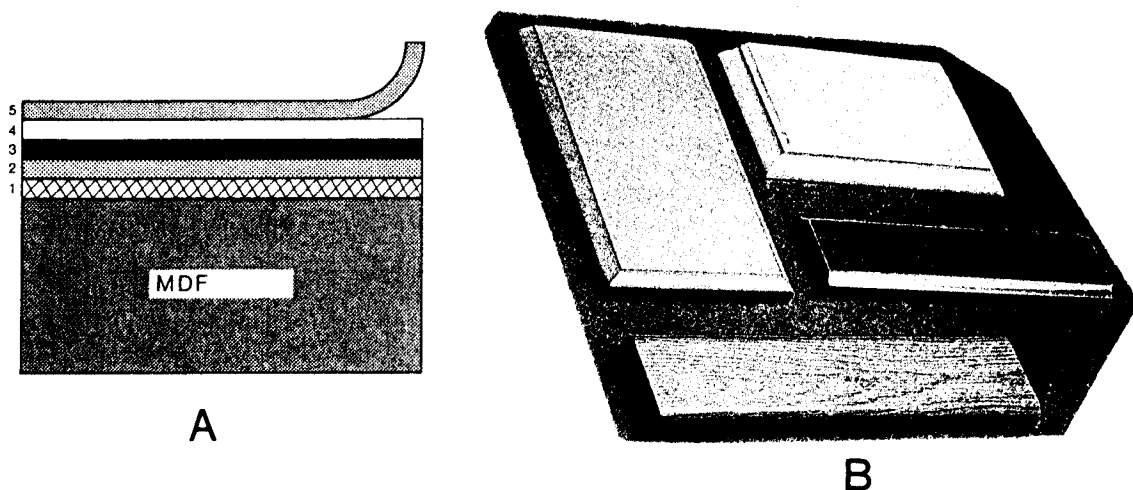
Τύπος πρέσας	Πίεση (N/mm ²)	Θερμοκρασία (°C)	Διάρκεια συμπίεσης
Πολυώροφη πρέσα	0,5	70-100	2-4 min
Μονώροφη πρέσα	0,5	100-130	30-60 sec
Μονώροφη πρέσα (ταχείας συμπίεσης)	1,5	120-200	5-20 sec
Κυλινδρική πρέσα	-	160-200	20-30 m/min

Η συγκόλληση των φύλλων επάνω στην επιφάνεια της MDF απαιτεί συγκολλητική ουσία (αιώρημα PVAc, ουρία-φορμαλδεΰδη, εποξειδική ρητίνη) η οποία είτε επαλείφεται στο υλικό επικάλυψης (κάτω επιφάνεια) ή στην προς κάλυψη επιφάνεια της MDF.

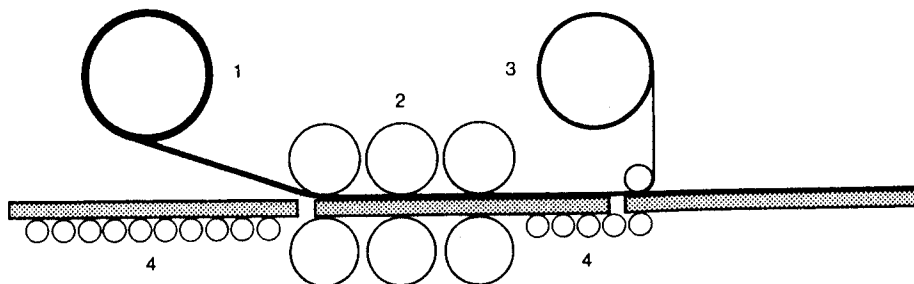


Σχήμα 50. Α. κυλινδρικού τύπου πρέσα. Α₁. καθαρισμός πλακών με ψύκτρες, Α₂. επάλειψη με συγκολλητική ουσία, Α₃. προθέρμανση, Α₄. θερμή συμπίεση. Β. επίπεδη πρέσα βραχείας διάρκειας συμπίεσης, Β₁. καθαρισμός πλακών με ψύκτρες, Β₂. επάλειψη με συγκολλητική ουσία, Β₃. προθέρμανση, Β₄. θερμή συμπίεση βραχείας διάρκειας.

Μια ιδιαίτερη περίπτωση γνωστή ως Heat Transfer Foil είναι η επικάλυψη με διακοσμητικά φύλλα βερνικιού τα οποία αποτελούνται άνωθεν από ένα πολυεστερικό φιλμ πάχους περίπου 0,02 mm το οποίο αποτελεί και το φορέα του φύλλου και κάτωθεν από στρώση θερμοπλαστικής κόλλας (Σχήμα 51). Κατά την επικάλυψη το φύλλο συμπιέζεται επάνω στην επιφάνεια της MDF με τη βοήθεια θερμαινόμενων κυλίνδρων οπότε η θερμοπλαστική κόλλα ρευστοποιείται και συγκολλείται το διακοσμητικό φύλλο στην MDF ενώ το πολυεστερικό φιλμ-φορέας αποχωρίζεται και περιτυλίγεται σε ειδικό τύμπανο (Σχήμα 52). Αν και το διακοσμητικό φύλλο φέρει επικάλυψη από λεπτό διαφανές πολυμερές συνήθως μετά την επικάλυψη απαιτείται πρόσθετη προστασία με διαφανές επίχρισμα. Οι συνθήκες συμπίεσης κατά τις επικαλύψεις αυτές είναι οι ακόλουθες: θερμοκρασίες 140-200 °C, πίεση 2 N/mm², ταχύτητα 10-15 m/min (EMB 1993).



Σχήμα 51. Α. Δομή ενός πλαστικού φύλλου τύπου Heat Transfer Foil. 1. συγκολλητική ουσία (θερμοπλαστική), 2. βασική στρώση, 3. διακοσμητική στρώση, 4. διαφανές προστατευτικό φιλμ, 5. φορέας πλαστικού φύλλου. Β. Πλάκες MDF επικαλυμμένες με Heat Transfer Foil.



Σχήμα 52. Επικάλυψη πλάκας MDF με πλαστικό φύλλο τύπου Heat Transfer Foil. 1. τύμπανο περιτύλιξης του πλαστικού. 2. θερμαινόμενοι κύλινδροι συμπίεσης, 3. τύμπανο περιτύλιξης του φορέα, 4. κύλινδροι προώθησης.

Ενώ οι κυλινδρικές πρέσες είναι κατάλληλες για επικαλύψεις της MDF μόνο με φύλλα χαρτιού και PVC δηλ. φύλλα με ιδιαίτερη ελαστικότητα, οι επίπεδες πρέσες (πολυώροφες ή μονώροφες) επιτρέπουν επικαλύψεις και με άλλα είδη πλαστικών φύλλων ιδιαίτερα άκαμπτων όπως είναι π.χ. οι δέσμες φύλλων τύπου HPL (High Pressure Laminate) και φύλλα από πολυεστέρα.

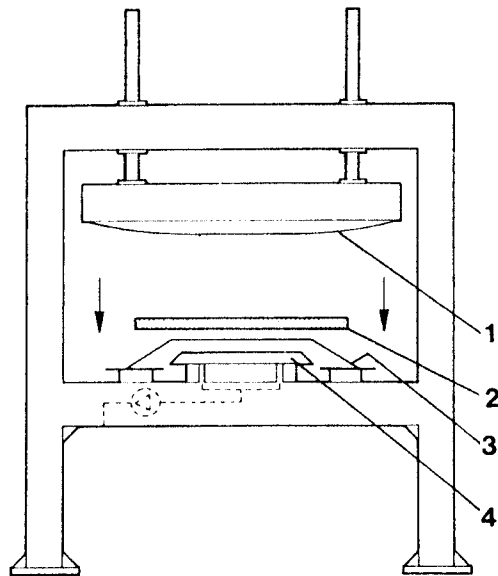
MDF οι οποίες εμφανίζουν διάφορα προφίλ και ανάγλυφα σχήματα στην επιφάνειά τους π.χ. προσόψεις επίπλων επικαλύπτονται με φύλλα PVC ή ξυλόφυλλα στις πρέσες τύπου μεμβράνης. Η διαδικασία επικάλυψης στις πρέσες μεμβράνης διεξάγεται ως εξής: Η πλάκα MDF επαλείφεται με συγκολλητική ουσία συνήθως PVAc, στη συνέχεια καλύπτεται με το υλικό επικάλυψης και μετά οδηγείται στην πρέσα μεμβράνης. Στη συνέχεια μια μεμβράνη τύπου σάκου που βρίσκεται στην άνω πλάκα της πρέσας πληρούται με πεπιεσμένο αέρα και καθώς διογκώνεται συμπιέζει το υλικό της επικάλυψης επάνω στην επιφάνεια της MDF (ακόμη και σε μικρές εμβανθύσεις ανάγλυφων σχημάτων) με επαρκή πίεση. Λόγω των σχετικά μικρότερων θερμοκρασιών (~85 °C) η διάρκεια συμπίεσης στις πρέσες αυτές είναι μεγαλύτερη (έως 2 min) από ότι στις κλασσικού τύπου μονώροφες πρέσες (Σχήμα 53).

Η επικάλυψη πλακών MDF με ξυλόφυλλα έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία. Στην πολύ καλής λειότητας, συνεκτική, απαλλαγμένη από φλοιοτεμαχίδια επιφάνεια της MDF μπορεί να χρησιμοποιηθούν μικρού πάχους ανοιχτόχρωμα ξυλόφυλλα. Ένα παράδειγμα επικάλυψης MDF με ξυλόφυλλα δείχνεται στον επόμενο Πίνακα 4.

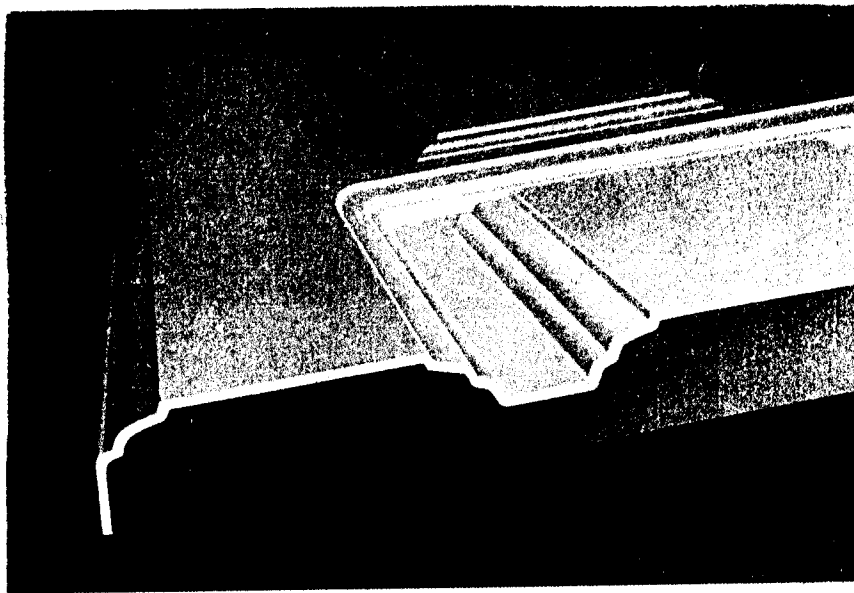
Πίνακας 4. Συνθήκες συμπίεσης κατά την επικάλυψη MDF με ξυλόφυλλα (EMB 1993)

Ποσότητα επαλειφόμενης συγκολλητικής ουσίας	80-120 g/m ²
Πίεση πρέσας	0,35-0,62 N/mm ²
Θερμοκρασία πρέσας	70-100 °C πολυώροφες 100-130 °C μονώροφες
Διάρκεια συμπίεσης	2-4 min πολυώροφες 30-60 sec μονώροφες
Υγρασία	
- MDF	8±2%
- Ξυλόφυλλο	10±2%

Στις διαφόρους είδους συγκολλήσεις της MDF με ξυλόφυλλα ή άλλα προϊόντα ξύλου και πλαστικά φύλλα θεωρούνται κατάλληλες οι ακόλουθες συγκολλητικές ουσίες: Ουρία-φορμαλδεΰδη, πολυουρεθάνη, PVAc, πολυαμίδια.



A



B

Σχήμα 53. Α. Πρέσα τύπου μεμβράνης. 1. μεμβράνη, 2. προστατευτικό φύλλο μείωσης τριβών, 3. ξυλόφυλλο, 4. πλάκα MDF με ανάγλυφο προφίλ.

Β. MDF επικαλυμμένη με ξυλόφυλλο σε πρέσα τύπου μεμβράνης.

6.3 Επικάλυψη με επιχρίσματα (βερνίκια)

Η πλάκα MDF είναι ένα υλικό κατάλληλο για επίστρωση με επιχρίσματα. Γενικώς για την επίστρωση της MDF είναι κατάλληλα όλα τα είδη βερνικιών (βλ. Πίνακα 5). Στις εγκάρσιες διατομές των πλακών (σόκορα) και σε εμβανθύσεις της επιφάνειας όπου το πορώδες και η

απορροφητικότητα είναι μεγαλύτερα απαιτείται να προηγηθεί προ της τελικής επίστρωσης του βερνικιού ένας προχειρισμός με μονωτικό (γομωτικό) βερνίκι (αστάρι). Έτσι π.χ. κατά το βερνίκωμα των σόκορων μιας πλάκας MDF με βερνίκι πολουρεθάνης ακολουθείται η εξής διαδικασία: 1) 1 έως 2 φορές επίστρωση με 200 g/m² βερνίκι γομωτικού τύπου πολουρεθάνης (σκληρυντής σε αναλογία 5:1), 2) Ξήρανση σε χώρο θερμοκρασίας τουλάχιστον 18 °C για 5 ώρες, 3) Λείανση με λειαντικό μέσο N° 240 έως 280, 4) Επίστρωση με βερνίκι πολουρεθάνης 200 g/m² (σκληρυντής σε αναλογία 10:1).

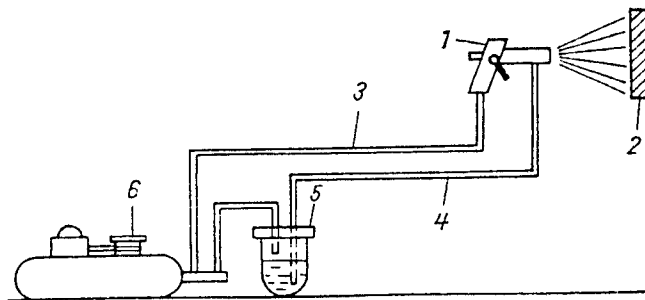
Για την επίστρωση κατασκευών από MDF που πρόκειται να εκτεθούν στις εξωτερικές συνθήκες απαιτούνται ειδικά επιχρίσματα τα οποία θα καλύψουν το υπόστρωμα με μία προστατευτική στρώση ανθεκτική στις καιρικές συνθήκες και την UV-ακτινοβολία. Ένα κατάλληλο για το σκοπό αυτό επιχρίσμα είναι η πολουρεθάνη. Προϋπόθεση για καλή προστασία είναι η επαρκής διεύθυνση του βερνικιού στο εσωτερικό της MDF το οποίο επιτυγχάνεται με προκαταρκτική επίχριση με αραιό βερνίκι. Τα στάδια επίστρωσης στην περίπτωση αυτή είναι τα ακόλουθα: 1) Προκαταρκτική επίχριση 60-100 g/m² με αραιό βερνίκι (1:1), 2) Ξήρανση για περίπου 2 ώρες, 3) Επίστρωση σε δύο φάσεις με ενδιάμεση ξήρανση για 24 ώρες με περίπου 150 g/m² πολουρεθάνης. Για ορισμένες κατασκευές εξωτερικής έκθεσης π.χ. πλαίσια παραθύρων προτιμάται η εμβάπτιση της επάλειψης προκειμένου το βερνίκι να εισέλθει βαθιά στο εσωτερικό της MDF (Derpe/Ernst 1996).

Πίνακας 5. Κατηγορίες επιχρισμάτων (EMB 1993)

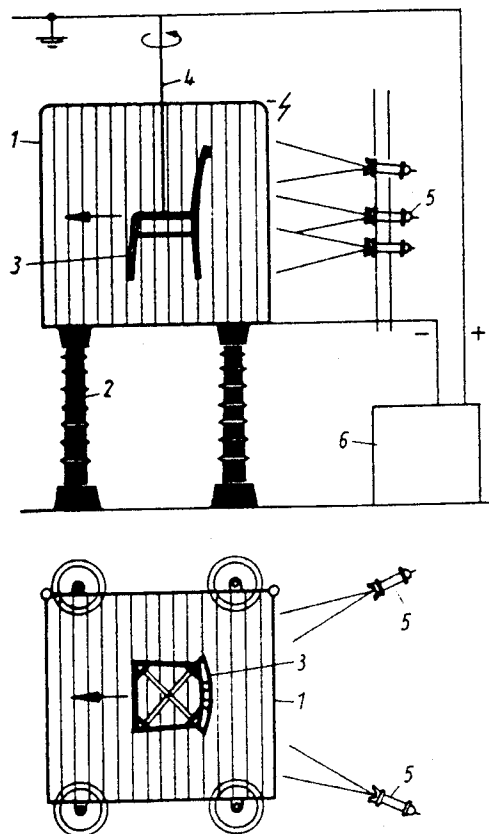
Κύρια συστατικά	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Νιτροκυτταρίνες (NC)	Εύκολη η εφαρμογή σχεδόν κατάλληλη για όλες τις τεχνικές επιστρώσεων, καλή ποιότητα επιφάνειας.	Μεγάλο ποσοστό διαλύτη (τοξικότητα)
Υδατοδιαλυτά ακρυλικού τύπου	Εύκολη εφαρμογή αφού προηγηθεί προκαταρκτικό βερνίκωμα, μικρό κόστος.	Πιθανά οικολογικά προβλήματα (απόνερα).
Επιχρίσματα σκληραινόμενα με οξέα	Επιφάνεια σκληρή και ανθεκτική, κατάλληλα για MDF.	Πιθανή έκλυση φορμαλδεΐδης.
Πολυεστέρες	Πολύ καλή ποιότητα επιφάνειας (π.χ. υψηλός βαθμός στίλβωσης), κατάλληλοι για MDF.	Υψηλό κόστος, οικολογικό πρόβλημα (ρύπανση αέρα).
Επιχρίσματα δύο συστατικών (π.χ. πολουρεθάνες από ανάμιξη πολυαλκοολών και πολυϊσοκυανικού εστέρα)	Εύκολη η εφαρμογή, πολύ καλή ποιότητα επιφάνειας, κατάλληλα για MDF.	Υψηλό κόστος.

Ανάλογα με το είδος της επιφάνειας της MDF (επίπεδη, ανάγλυφη με εμβαθύνσεις, σόκορα) που πρόκειται να επιχρισθεί και ανάλογα με την κατηγορία του επιχρίσματος εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές επίστρωσης. Έτσι π.χ. για τα σόκορα και ανάγλυφες επιφάνειες συνιστάται επάλειψη με ψεκάσμο. Σπανίως το βερνίκι είναι διαφανές (όταν είναι επιθυμητό να εμφανισθεί το φυσικό χρώμα και η δομή της MDF) συνήθως όμως εμπεριέχει χρωστική ουσία. Διακρίνονται τρεις τεχνικές ψεκάσμου: 1) με αέρα, 2) χωρίς αέρα, 3) ηλεκτροστατικός ψεκάσμος. Κατά τον ψεκάσμο με αέρα οι απώλειες του βερνικιού μπορεί να κυμαίνονται από 45 έως 75%, χωρίς αέρα από 35 έως 65% και κατά τον ηλεκτροστατικό ψεκάσμο έως 20%. Η τεχνική του ηλεκτροστατικού ψεκάσμου μπορεί να εφαρμοσθεί στην MDF προϋποθέτει όμως προκαταρκτική επίχριση με βερνίκι που φέρει ηλεκτροστατικά φορτία (Σχήμα 54 και 55). Για τη μείωση της σπατάλης του επιχρίσματος αλλά και την προστασία του προσωπικού από τις πτητικές οργανικές ενώσεις των διαλυτών των

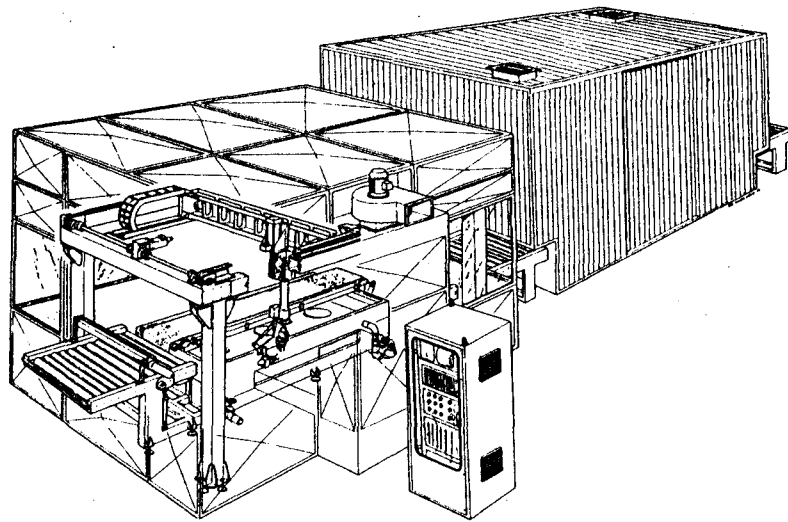
βερνικιών, που στην πλειονότητά τους είναι τοξικές, εδώ και αρκετά χρόνια το ψεκασμό μπορεί να εκτελέσει αυτόματο μηχάνημα (ρομπότ) το οποίο κινεί το πιστολέτο ψεκασμού με προγραμματισμένες κινήσεις (Σχήμα 56) (Αnonymous 1988). Για επίστρωση επίπεδων επιφανειών MDF με βερνίκια προτιμώνται οι τεχνικές επάλειψης, α) με περιστρεφόμενους κυλίνδρους και β) με έκχυση (Σχήμα 57) (Autorenkollektiv 1977). Οι τεχνικές αυτές μπορεί να περιορίσουν την απώλεια βερνικιού κατά την επίχρηση στο 2%.



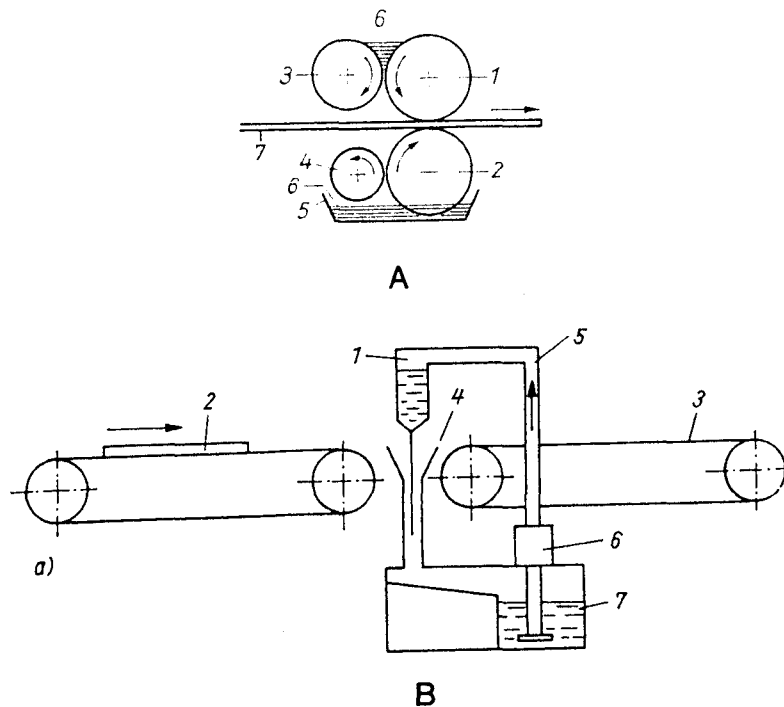
Σχήμα 54. Επάλειψη βερνικιού με ψεκασμό υπό πίεση. 1. ψεκαστήρας, 2. επιφάνεια προς επάλειψη, 3. διοχέτευση πεπιεσμένου αέρα, 4. τροφοδοσία βερνικιού, 5. δοχείο βερνικιού, 6. αεροσυμπιεστής.



Σχήμα 55. Ηλεκτροστατικός ψεκασμός βερνικιού σε καρέκλα. 1. δικτυωτό ηλεκτρόδιο, 2. στηρίγματα, 3. καρέκλα, 4. περιστρεφόμενος μηχανισμός, 5. ψεκαστήρας, 6. γεννήτρια.



Σχήμα 56. Αυτόματο μηχάνημα (ρομπότ) ψεκασμού βερνικιών σε ειδική καμπίνα.



Σχήμα 57. Α. Επίστρωση βερνικιού με επάλειψη. 1. άνω κύλινδρος επάλειψης, 2. κάτω κύλινδρος επάλειψης, 3. άνω κύλινδρος τροφοδοσίας, 4. κάτω κύλινδρος τροφοδοσίας, 5. δοχείο βερνικιού, 6. βερνίκι, 7. ινοπλάκα προς αμφίπλευρη επάλειψη.

Β. Επίστρωση βερνικιού με έκχυση. 1. κεφαλή έκχυσης, 2. ινοπλάκα προς επίστρωση, 3. μεταφορική ταινία, 4. χοάνη, 5. σωλήν διοχέτευσης βερνικιού, 6. αντλία, 7. δοχείο βερνικιού.

Η ξήρανση (σκλήρυνση) των επιχρισμάτων μπορεί να γίνει με την κλασσική τεχνική με θερμό αέρα, όμως έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα βερνίκια η ξήρανση των οποίων μπορεί να γίνει με UV-ακτινοβολία, με μικροκύματα ή με ακτινοβολία ηλεκτρονίων. Επίσης τελευταία δοκιμάζονται και βερνίκια νερού (αντικατάσταση του οργανικού διαλύτη με νερό) τα οποία είναι μεν φιλικά στο περιβάλλον και τον άνθρωπο (απουσία τοξικών ατμών οργανικών διαλυτών, μικρός κίνδυνος ρύπανσης του εδάφους και των αποχετεύσεων), όμως παρουσιάζουν ακόμη σημαντικά μειονεκτήματα (υψηλότερο κόστος κατά 30-50% σε σύγκριση με τα κλασσικά τύπου βερνίκια, μεγαλύτερη διάρκεια ξήρανσης, υψηλότερες θερμοκρασίες). Πάντως η γενική τάση είναι η ανάπτυξη και χρήση βερνικιών με ελάχιστη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Μία σχετικά νέα τεχνική επίστρωσης έγινε δυνατή με την ανάπτυξη νέων βερνικιών τα οποία έχουν τη μορφή κόνης. Η τεχνική εφαρμογής περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις: α)

προθέρμανση της πλάκας MDF, β) ψεκάσμος και στη συνέχεια συλλογή της περίσσειας του βερνικιού, γ) τήξη της κόνης του βερνικιού στην επιφάνεια της MDF αρχικά με υπέρυθρη ακτινοβολία και στη συνέχεια με θερμό αέρα στον κλίβανο, δ) σκλήρυνση του βερνικιού με UV-ακτινοβολία, ε) ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τα πλεονεκτήματα των βερνικιών μορφής κόνης είναι: α) απουσία οργανικών διαλυτών, β) τεχνική αρκούτσας αυτοματοποιημένη, γ) επαναπρόσληψη της περίσσειας του βερνικιού κατά το ψεκάσμο έως και 99%, δ) οι βερνικωμένες επιφάνειες εμφανίζουν καλή ανθεκτικότητα έναντι χημικών ουσιών και μηχανικής καταπόνησης, ε) λόγω των χαμηλών σχετικά θερμοκρασιών (~110 °C) και της μικρής διάρκειας του θερμικού χειρισμού δεν λαμβάνει χώρα μετακίνηση της υγρασίας εντός της πλάκας της MDF και ως εκ τούτου ο κίνδυνος της μετέπειτα εμφάνισης στην επιχρισμένη επιφάνεια φυσαλίδων ή ραγαδώσεων είναι μηδαμινός (Anonymus 2000).

7. Μηχανικές κατεργασίες

7.1 Κατεργασία με πρίση

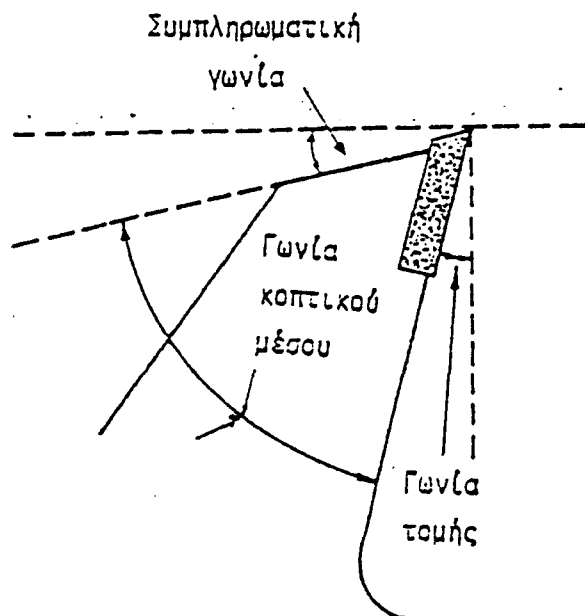
Κατά την κατεργασία της MDF με δισκοπρίονες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν οριζόντια ή κατακόρυφα και είναι απλής λειτουργίας ή συνήθως λειτουργούν με προγραμματισμό (ψηφιακό έλεγχο).

Όπως προαναφέρθηκε τα τεμαχίδια ξύλου προ της πολτοποίησης καθαρίζονται (με πλύση) από τυχόν ξένες προσμίξεις. Παρ' όλα αυτά η μεγάλη πυκνότητα της MDF σε συνδυασμό με τη σκληρυμένη συγκολλητική ουσία αμβλύνουν σχετικά γρήγορα τα κοπτικά μέσα. Γι' αυτό συνιστώνται οι ακμές (ένθετα δόντια) των κοπτικών μέσων να κατασκευάζονται από μέταλλα μεγάλης σκληρότητας όπως είναι οι οργανομεταλλικές ενώσεις άνθρακα τύπου καρβιδίων π.χ. SiC. Προκειμένου να παραχθούν λείες επιφάνειες τομής και να αυξηθεί η διάρκεια άμβλυνσης των ακμών των κοπτικών μέσων είναι απαραίτητο να εναρμονίζονται κατάλληλα οι παράμετροι που υπεισέρχονται κατά την τομή. Έτσι από την πράξη θεωρείται πλεονεκτική γωνία τομής 15° και συμπληρωματική γωνία 20°-22° (Σχήμα 58). Οι ενδεικνύομενες ταχύτητες περιστροφής ανά ακμή του πριονόδισκου ανάλογα της διαμέτρου του και της ταχύτητας τομής (m/s) δείχνονται στον επόμενο Πίνακα 6. Έτσι π.χ. για διάμετρο πριονόδισκου 400 mm και συνιστώμενη ταχύτητα τομής 60-70 m/s η ενδεικνύομενη ταχύτητα περιστροφής πρέπει να είναι 2800-3300 στροφές/min.

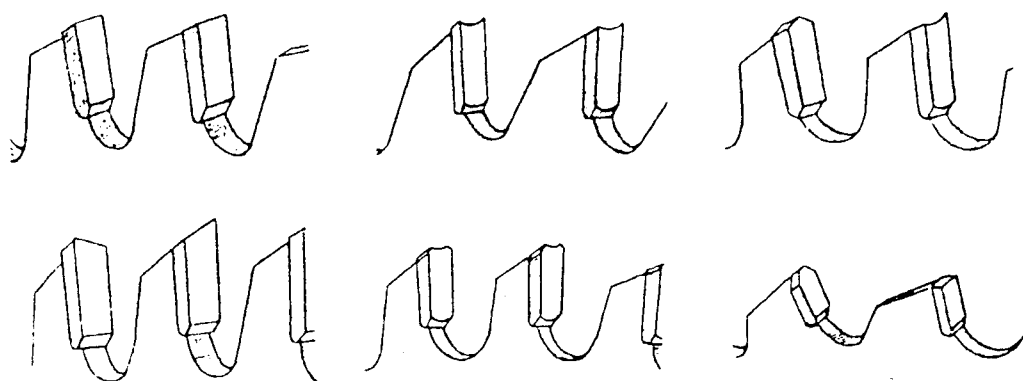
Στην πράξη έχουν καθιερωθεί οι τύποι των ακμών και κοπτικών μέσων (δόντια) που παριστάνονται στο Σχήμα 59.

Πίνακας 6. Ταχύτητες τομής σε σχέση με τις ταχύτητες περιστροφής και τη διάμετρο του πριονόδισκου (EMP 1993)

Διάμετρος πριονόδισκου (mm)	Ταχύτητες περιστροφής									
	1500	1000	1500	3000	4000	5000	6000	8000	10000	12000
100	8	10	13	16	21	26	32	42	52	64
150	12	15	20	24	32	39	48	63	78	96
200	16	20	26	32	42	52	64	84	104	-
250	20	25	33	40	53	65	80	105	-	-
300	24	30	39	48	63	8	96	-	-	-
350	28	35	46	56	74	91	112	-	-	-
400	32	40	52	64	84	104	-	-	-	-
450	36	45	59	72	95	-	-	-	-	-
500	40	50	65	80	105	-	-	-	-	-



Σχήμα 58. Χαρακτηριστικά ακμής κοπτικού μέσου δισκοπριόνων



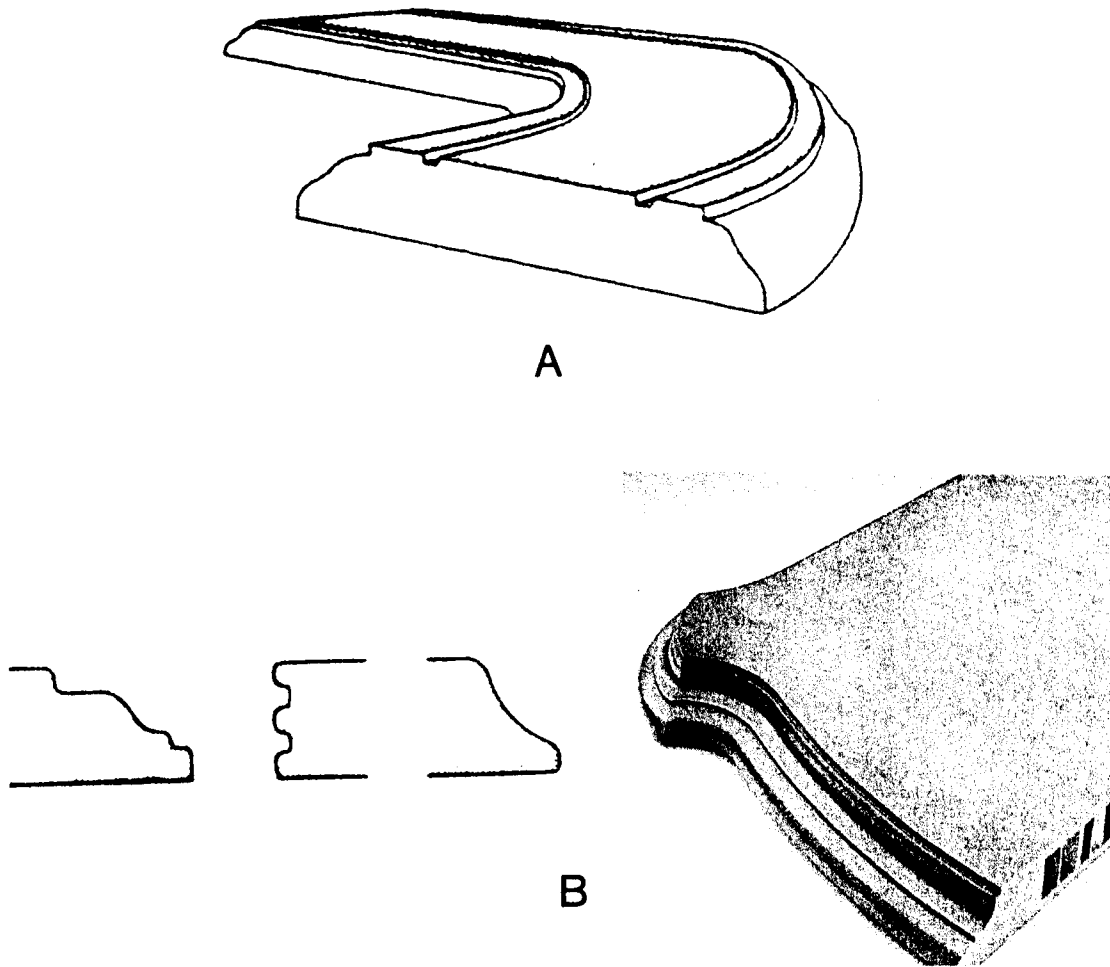
Σχήμα 59. Τύποι ακμών κοπτικών μέσων δισκοπριόνων.

Η ταχύτητα προώθησης κατά την τομή εξαρτάται από το πάχος του αποχωριζόμενου τεμαχιδίου κατά την τομή με κάθε ακμή κοπτικού μέσου. Έτσι για πάχος τεμαχιδίου από 0,15-0,25 mm το οποίο συνιστάται στην περίπτωση της MDF η ταχύτητα προώθησης υπολογίζεται από τη σχέση: ταχύτητα προώθησης (mm/min) = ταχύτητα περιστροφής του πριονόδισκου x αριθμός ακμών (δοντιών) κοπτικού μέσου x πάχος αποχωριζόμενου τεμαχιδίου ξύλου (mm). Στην περίπτωση λοιπόν ενός πριονόδισκου που φέρει 40 ακμές και περιστρέφεται με μία ταχύτητα 3000 στροφές/min η ταχύτητα τροφοδοσίας θα είναι 18 m/min για πάχος τεμαχιδίου 0,15 mm και 30 m/min για πάχος 0,25 mm. Σε μικρές ταχύτητες τροφοδοσίας ο πριονόδισκος θρυμματίζει παρά τέμνει την MDF και επιπλέον η θερμοκρασία τριβής που αναπτύσσεται επιταχύνει την άμβλυση των ακμών του κοπτικού μέσου. Αντίθετα σε υψηλές ταχύτητες τροφοδοσίας υποβαθμίζεται η ποιότητα της επιφάνειας τομής. Κατά την πρίση με δισκοπρίονες η πλάκα της MDF πρέπει να είναι επαρκώς σταθεροποιημένη και ο πριονόδισκος να είναι ελεύθερος από ταλαντώσεις.

Για περίπλοκες τομές ενδείκνυται η χρήση ακτίνων laser υψηλής ενέργειας με την προϋπόθεση ότι το μαύρισμα (απανθράκωση) των επιφανειών τομής είτε είναι αποδεκτό είτε θα απομακρυνθεί με τη λείανση (EMB 1993).

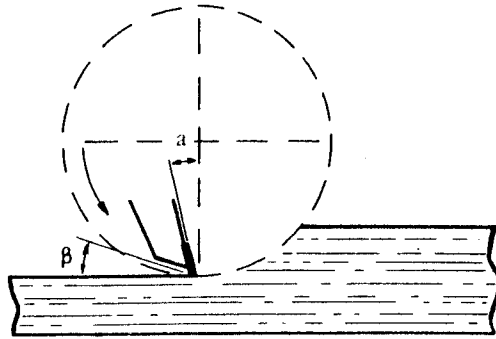
7.2 Κατεργασία με πλάνη και φρέζα

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της MDF σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα μορφής ξυλοπλακών είναι η πολύ καλή ομοιογένεια πυκνότητας, η συνεκτική (μη πορώδης) και πολύ καλής λειότητας επιφάνεια των εγκάρσιων διατομών της. Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν την άνετη και πλεονεκτική κατεργασία της MDF με πλάνη, φρέζα ή παντογράφο για τη δημιουργία διαφόρων προφίλ (ανάγλυφων σχημάτων) τόσο στις επίπεδες επιφάνειες όσο και στις εγκάρσιες τομές (Σχήμα 60) (Fidor 1985, EMB 1993). Τα κοπτικά αυτά μηχανήματα συνήθως είναι ηλεκτρονικού προγραμματισμού με ψηφιακό έλεγχο δηλ. τεχνολογίας CNC (Computer Numerical Control).



Σχήμα 60. Διάφορα ανάγλυφα σχήματα (προφίλ) της επίπεδης επιφάνειας A. και των εγκάρσιων τομών B. της MDF.

Κατά την κατεργασία της MDF με πλάνη τα χαρακτηριστικά των κοπτικών μέσων κυμαίνονται: α) γωνία τομής 10 έως 20°, β) συμπληρωματική γωνία 20 έως 22° (Σχήμα 61). Οι ταχύτητες τροφοδοσίας κατά την κατεργασία με πλάνη ανάλογα με τον αριθμό των κοπτικών μέσων που φέρει η κεφαλή και τον αριθμό στροφών/min της κεφαλής παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Χαμηλές ταχύτητες τροφοδοσίας συμπέζουν και αμβλύνουν τις ακμές της MDF λόγω της ηυξημένης τριβής αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες στις ακμές των κοπτικών μέσων με αποτέλεσμα την ταχύτερη άμβλυνσή τους. Αντίθετα υψηλές ταχύτητες τροφοδοσίας μειώνουν το βαθμό λειότητας των επιφανειών με αποτέλεσμα να απαιτείται στη συνέχεια μεγαλύτερη φροντίδα κατά τη λείανση με τριβέα.



Σχήμα 61. Χαρακτηριστικά ακμής κοπτικού μέσου πλάνης. α. γωνία τομής, β. συμπληρωματική γωνία.

Πίνακας 7. Ταχύτητες τροφοδοσίας κατά την κατεργασία της MDF με πλάνη (EMB 1993).

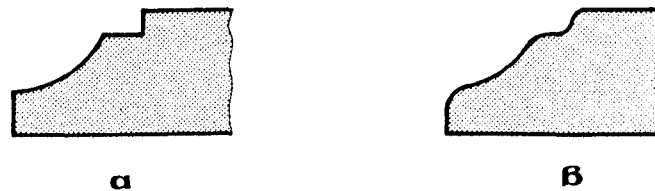
Αριθμός κοπτικών μέσων	Ταχύτητες τροφοδοσίας (m/min)		
	Στροφές /min της κεφαλής του κοπτικού μέσου		
	3000	4500	6000
3	11	17	22
4	15	23	30
6	22	34	43

Κατά την κατεργασία της MDF με φρέζα για τη δημιουργία διαφόρων ανάγλυφων σχημάτων συνιστώνται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στις ακμές των κοπτικών μέσων: α) γωνία τομής 15 έως 25° και συμπληρωματική γωνία 15 έως 18°. Μεγάλος αριθμός στροφών της κεφαλής της φρέζας σε συνδυασμό με χαμηλή ταχύτητα τροφοδοσίας εξασφαλίζει καλή λειότητα στις κατεργαζόμενες επιφάνειες της εγκάρσιας διατομής, αλλά προκαλεί ταχύτατη άμβλυνση των ακμών των κοπτικών μέσων. Σύμφωνα με εμπειρία που προέκυψε από την πράξη ικανοποιητική ποιότητα στην επιφάνεια των κατεργαζόμενων επιφανειών και ελάχιστη άμβλυνση των ακμών των κοπτικών μέσων επιτυγχάνεται όταν το πάχος του αποχωριζόμενου κατά τομή τεμαχιδίων ξύλου κυμαίνεται από 0,15 έως 0,25 mm. Η άμβλυνση των κοπτικών μέσων αυξάνεται με τη μείωση του πάχους των αποχωριζόμενων τεμαχιδίων. Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι τυπικές πλεονεκτικές συνθήκες κατεργασίας για πάχος αποχωριζόμενων τεμαχιδίων 0,2 mm (EMB 1993).

Πίνακας 8. Πλεονεκτικές ταχύτητες τροφοδοσίας (m/min) φρέζας σε σχέση με τον αριθμό στροφών της κεφαλής και τον αριθμό των κοπτικών μέσων κατά την κατεργασία MDF (EMB 1993).

Αριθμός κοπτικών μέσων στην κεφαλή της φρέζας	Ταχύτητες τροφοδοσίας (m/min)					
	Στροφές/min της κεφαλής της φρέζας					
	3000	4500	6000	12000	18000	24000
1	0,6	0,9	1,2	2,4	3,6	4,6
2	1,2	1,8	2,4	4,8	7,2	9,6
3	1,8	2,7	3,6	7,2	10,8	14,4
4	2,4	3,6	4,8	9,6	14,4	19,2
6	3,6	5,4	7,2	14,4	21,6	28,8

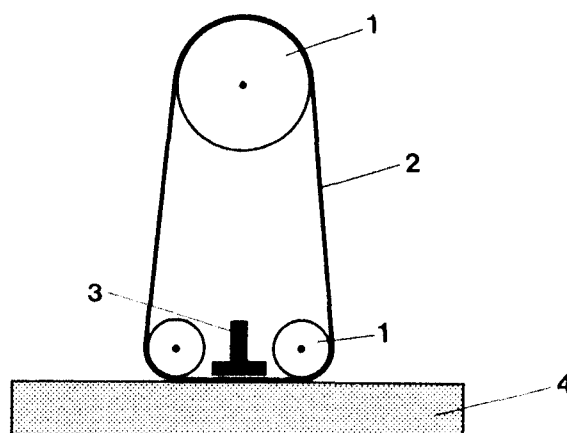
Κατά την κατεργασία της MDF με τα ανωτέρω κοπτικά μηχανήματα πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο σχηματισμός ορθογωνικών τομών, αλλά αντίθετα να προτιμάται η κατασκευή καμπύλων επιφανειών διότι έτσι ελευθερώνεται μικρότερο ποσοστό ινών στις τεμνόμενες επιφάνειες (καλύτερη λειότητα), τα σφάλματα κατεργασίας δεν γίνονται τόσο εμφανή και επιτυγχάνεται πιο ομοιόμορφη επικάλυψη με βερνίκια (Σχήμα 62).



Σχήμα 62. Ανάγλυφα σχήματα προφίλ εγκάρσιας τομής MDF. α. απαράδεκτο προφίλ (ορθογωνικές ακμές), β. παραδεκτό προφίλ (καμπύλες επιφάνειες).

7.3 Λείανση

Όπως προαναφέρθηκε οι πλάκες της MDF προτού διατεθούν στο εμπόριο λειαίνονται στο εργοστάσιο παραγωγής με λειαντική ταινία με μέγεθος κόκκων N^ο 120 έως 160. Η λειότητα που προσδίνουν τα μεγέθη αυτά είναι ικανοποιητική για την κάλυψη της επιφάνειας της MDF με ξυλόφυλλα ή ικανοποιητικού πάχους πλαστικά φύλλα. Εάν όμως πρόκειται να γίνει επικάλυψη με βερνίκια ή μικρού πάχους πλαστικά φύλλα, τότε πιθανόν να απαιτείται καλύτερη λειότητα η οποία επιτυγχάνεται με πρόσθετη λείανση με τριβεία που φέρουν λειαντικές ταινίες με μέγεθος κόκκων έως και 240. Τα τριβεία (λειαντικά μηχανήματα) που έχουν καθιερωθεί για την MDF φέρουν ατέρμονη λειαντική ταινία περιστρεφόμενη σε κατάλληλα τύμπανα και πιεστικό οδηγό επαφής της ταινίας επάνω στη πλάκα της MDF (Σχήμα 63). Για τη λείανση της MDF όπως και των μοριοπλακών προτιμώνται λειαντικές ταινίες που φέρουν κόκκους κατασκευασμένους από καρβίδια (οργανομεταλλικές ενώσεις άνθρακα) με βάση το πυρίτιο. Συνήθως οι ταχύτητες τροφοδοσίας ανάλογα με τον τύπο του τριβείου κυμαίνονται από 6 έως 30 m/min.



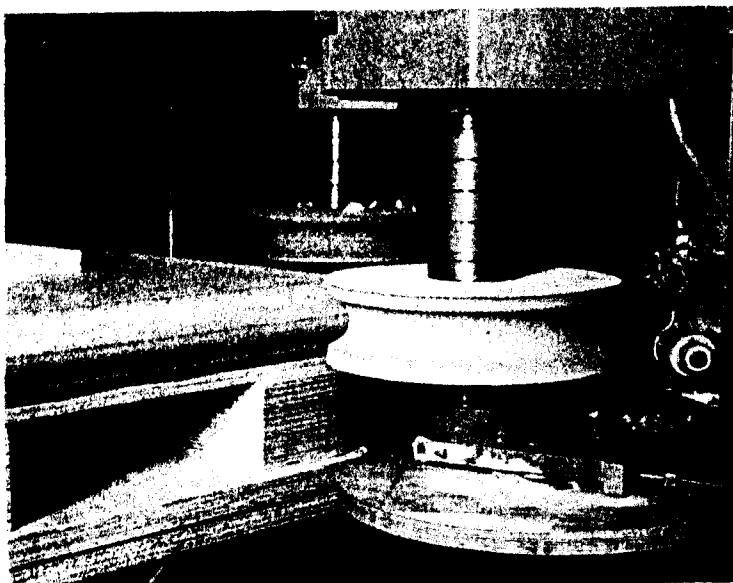
Σχήμα 63. Λειαντικό μηχανήμα με περιστρεφόμενα τύμπανα και πιεστικός οδηγός επαφής. 1. περιστρεφόμενα τύμπανα, 2. ατέρμον λειαντική ταινία, 3. πιεστικός οδηγός επαφής, 4. MDF πλάκα.

Ιδιαίτερη σημασία, έχει η λείανση εγκάρσιων διατομών οι οποίες μετά από κατεργασία με φρέζα εμφανίζουν διάφορα ανάγλυφα σχήματα (προφίλ). Στην περίπτωση αυτή οι τμημένες από τα κοπτικά μέσα της φρέζας ίνες πρέπει να απομακρυνθούν και οι ανωμαλίες να

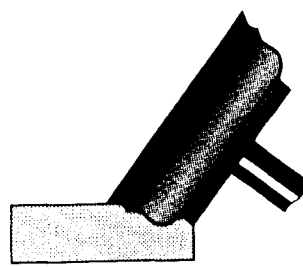
λειανθούν ώστε να μην εμφανισθούν τραχιές επιφάνειες π.χ. κατά την επάλειψη με βερνίκια. Εκτός της χειρωνακτικής ή λείανση μπορεί να γίνει με μηχανικά μέσα. Τα μέσα αυτά αποτελούνται από περιστρεφόμενα τύμπανα φέροντα στην περιφέρειά τους λειαντικά μέσα παρόμοιου προφίλ με το προφίλ της εγκάρσιας διατομής της MDF που πρόκειται να λειανθεί (Σχήμα 64). Οι ταχύτητες τροφοδοσίας με τα μέσα αυτά κυμαίνονται από 6 έως 30 m/min.

Σε ορισμένες περιπτώσεις τύπων MDF με ιδιαίτερη δομή και συγκεκριμένου προφίλ πυκνότητας στην εγκάρσια διατομή της, όταν αυτή πρόκειται να επικαλυφθεί με ειδικών απαιτήσεων βερνίκια, απαιτείται πρόσθετος χειρισμός της εγκάρσιας διατομής για μείωση της απορροφητικότητας. Μεταξύ των άλλων μία καινοτόμος τεχνική προβλέπει συμπίεση της επιφάνειας της MDF με θερμαινόμενους πιεστικούς κυλίνδρους (EMP 1993, Deppe/Ernst 1996).

Η τυχόν εμφάνιση ραγίδων στην εγκάρσια διατομή της MDF αποδίδεται στις εξασκούμενες τάσεις μεταξύ επιφανειακών στρώσεων και μεσαίας στρώσης. Ένα ιδιαίτερα διαφοροποιημένο προφίλ πυκνότητας στην εγκάρσια διατομή ευνοεί τη δημιουργία τέτοιων ραγίδων (EMB 1993, Deppe/Ernst 1996).



A



B

Σχήμα 64. Α.Β. Τύποι περιστρεφόμενων τυμπάνων λείανσης της εγκάρσιας τομής της MDF.

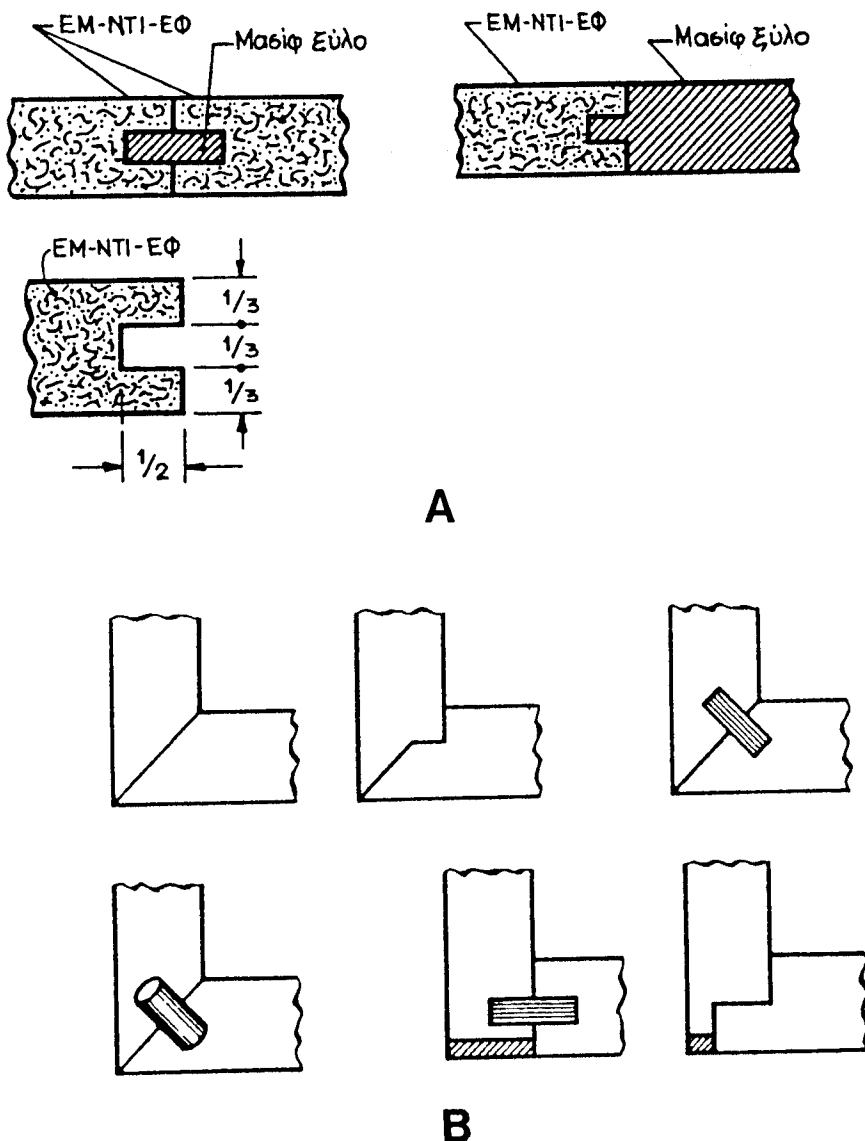
7.4 Έλεγχος ρύπανσης ξυλόσκονης στους χώρους μηχανικής κατεργασίας

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σκόνη ξύλου που παράγεται κατά την πρίση και ιδίως κατά τη λείανση της MDF. Πρόκειται για εξαιρετικά λεπτόκοκκο σκόνη η οποία εύκολα διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται ένα καλό σύστημα απορρόφησης στους χώρους παραγωγής της. Η ελάχιστη ταχύτητα απορρόφησης στις θέσεις κατεργασίας ενώ για το συμπαγές ξύλο είναι 10-20 m/s για την MDF απαιτείται να είναι τουλάχιστον 30 m/s. Η ταχύτητα μεταφοράς της σκόνης μέσα στον αεραγωγό πρέπει να διατηρείται στα 15-20 m/sec ώστε να αποτρέπεται η συνάθροιση της σκόνης η οποία μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο φωτιάς. Επειδή η χαμηλή σχετική υγρασία στους χώρους παραγωγής ευνοεί στο να αιωρείται και παραμένει στον αέρα μεγάλη ποσότητα ξυλόσκονης

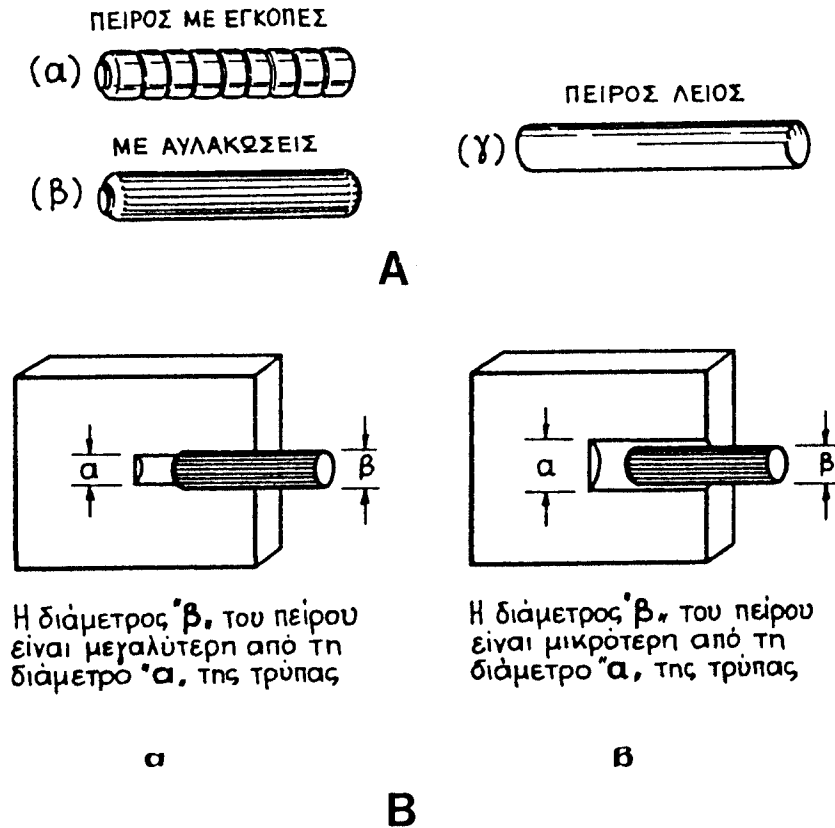
συνιστάται η υγρασία των χώρων κατεργασίας να διατηρείται άνω του 50%. Σχετικά με τα μέγιστα επιτρεπτά ποσοστά της ξυλόσκονης στον αέρα αυτά σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές ανέρχονται σε 5 mg/m^3 . Σε εργοστάσια που διαθέτουν καυστήρες υπολειμμάτων ξύλου η ξυλόσκονη της MDF μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο υλικό με την προϋπόθεση ότι θα αναμιχθεί προηγουμένως επαρκώς με τα άλλα υπολείμματα (ώστε να αποφευχθούν εκρήξεις) και ότι το ποσοστό της δεν θα υπερβαίνει το 20%.

8. Συνδέσεις

Για τις συνδέσεις (επίπεδες, κάθετες ή γωνιακές) των MDF πλακών μεταξύ τους αλλά και με άλλες ξυλοπλάκες ή συμπαγές ξύλο ακολουθούνται οι συνήθεις τεχνικές που εφαρμόζονται για τα προϊόντα ξύλου (Σχήμα 65). Ιδιαίτερη σημασία έχει η χρήση καβίλιας (πείρου) και μάλιστα κυλινδρικής μορφής κατά τις συνδέσεις της MDF. Συνήθως οι πείροι αυτοί κατασκευάζονται από ξύλο σημύδας ή οξυάς και κατά τη στιγμή της χρήσης η υγρασία τους πρέπει να κυμαίνεται στα όρια $10 \pm 2\%$. Αντί των λείων προτείνονται πείροι με επιμήκεις ή δακτυλιωτές αυλακώσεις στην περιφέρειά τους οι οποίες κατά τη χρήση πρέπει να είναι απαλλαγμένες από σκόνες ή άλλες ουσίες. Οι οπές που διανοίγονται στην MDF πλάκα πρέπει να έχουν διάμετρο κατά $0,2 \text{ mm}$ μεγαλύτερη από τη διάμετρο του πείρου (Σχήμα 66) (Γεωργίου 1988).



Σχήμα 65. Ενώσεις – Συνδέσεις MDF. Α. επίπεδες, Β. γωνιακές



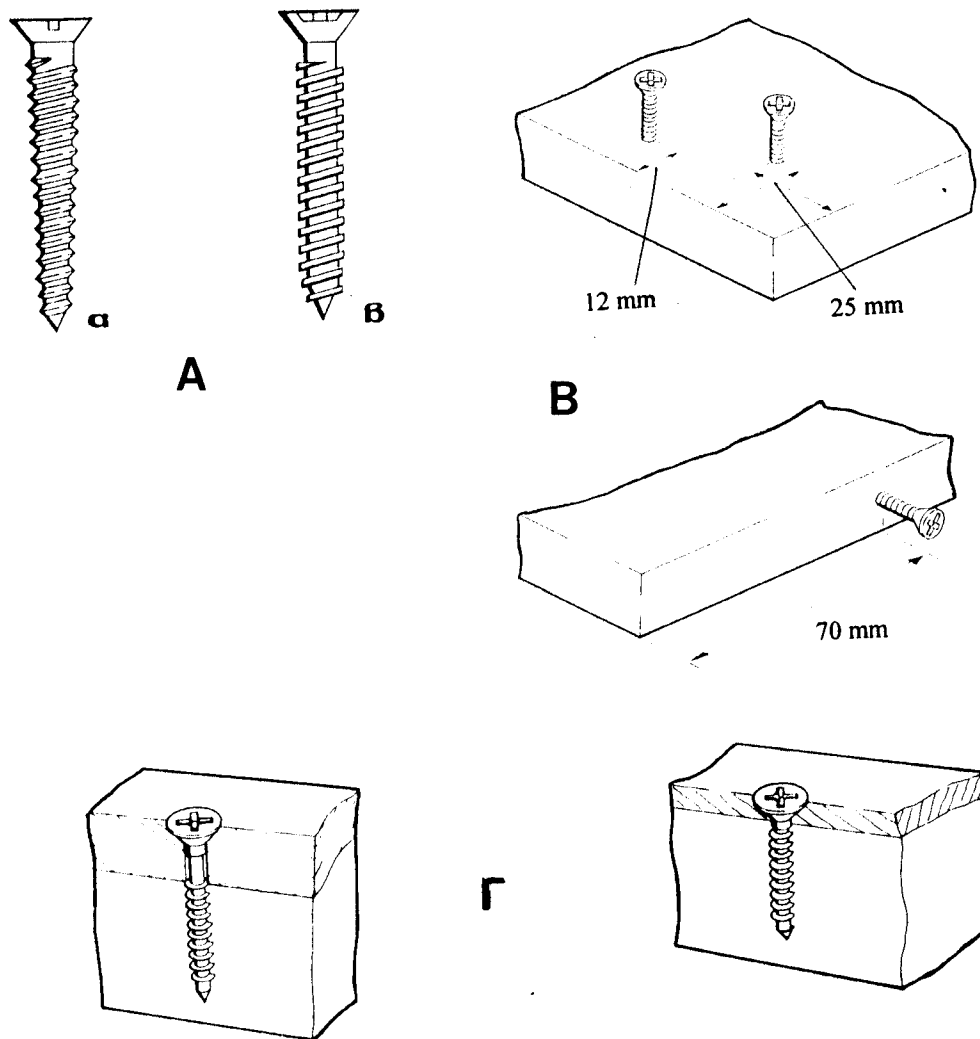
Σχήμα 66. Πείροι (καβίλιες) σύνδεσης MDF.

A. Τύποι πείρων, α) με εγκοπές, β) με αυλακώσεις, γ) με λεία επιφάνεια.

B. α) μη ενδεικνυόμενη διάμετρος πείρου, β) ενδεικνυόμενη διάμετρος πείρου.

Η απαιτούμενη για τις συνδέσεις συγκολλητική ουσία πρέπει να έχει μεγάλη συγκέντρωση και η συγκράτηση (συμπίεση) των προς συγκόλληση επιφανειών να διαρκεί μέχρι την πλήρη σκλήρυνσή της. Συνήθεις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι η ουρία-φορμαλδεΐδη και ο οξικός πολυβινυλεστέρας (PVAc).

Ένα από τα κλασσικά συνδετικά μέσα που χρησιμοποιούνται ευρέως και στην MDF είναι οι βίδες. Κατάλληλες για την MDF είναι βίδες που διαθέτουν ένα κυλινδρικής (όχι κωνικής) μορφής πυρήνα με διπλό σπειρώμα (Σχήμα 67A). Η έμπυξη των βιδών κατακόρυφα ή παράλληλα στο επίπεδο της πλάκας πρέπει να γίνεται σε ορισμένες αποστάσεις από τις ακμές και τις γωνίες της (Σχήμα 67B). Η διάμετρος των οπών (οδηγών) έμπυξης των βιδών πρέπει περίπου να ανέρχεται στο 85-95% της διαμέτρου της βίδας. Ο τύπος της βίδας (μήκος σπειρώματος) πρέπει να διαφέρει ανάλογα με το πάχος του υλικού που πρόκειται να στερεωθεί στην επιφάνεια της MDF (Σχήμα 67Γ) (EMB 1993).



Σχήμα 67. Α. Τύποι βιδών. α) ακατάλληλη, β) κατάλληλη για MDF.

Β. Ενδεικνυόμενες ελάχιστες αποστάσεις έμπηξης βιδών από τις ακμές της MDF

Γ. Ενδεικνυόμενοι τύποι βιδών ανάλογα με το πάχος της προς συγκόλληση πλάκας στην MDF.

9. Ιδιότητες MDF

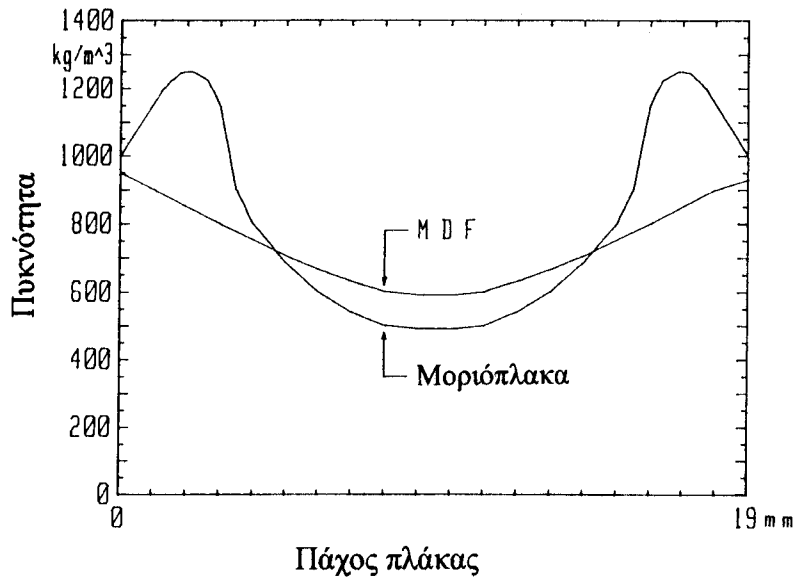
Η MDF πλάκα διαφέρει εξωτερικά της μοριοπλάκας διότι οι επίπεδες αλλά και οι εγκάρσιες επιφάνειές της (σόκορα) εμφανίζουν μία ομοιόμορφη, λεία και συνεκτική δομή. Σε σύγκριση με το σκούρο χρώμα της μοριοπλάκας η MDF έχει ανοικτότερο χρώμα επειδή από την πρώτη ύλη ξύλου απομακρύνεται συνήθως ο φλοιός.

Αντίθετα απ' ό τι συμβαίνει με τα άλλα προϊόντα ξύλου με μορφή ξυλοπλάκας το είδος ξύλου (δασικό είδος) παίζει δευτερεύοντα ρόλο στη διαμόρφωση των ιδιοτήτων του προϊόντος. Έτσι σύμφωνα με σχετικές έρευνες του Ινστιτούτου WKI (Braunschweig, Germany) οι ιδιότητες πλακών MDF που κατασκευάστηκαν με πρώτη ύλη ξύλο πεύκης, οξυάς και λεύκης δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Buchholzer 1995). Αντίθετα σημαντική επίδραση στις

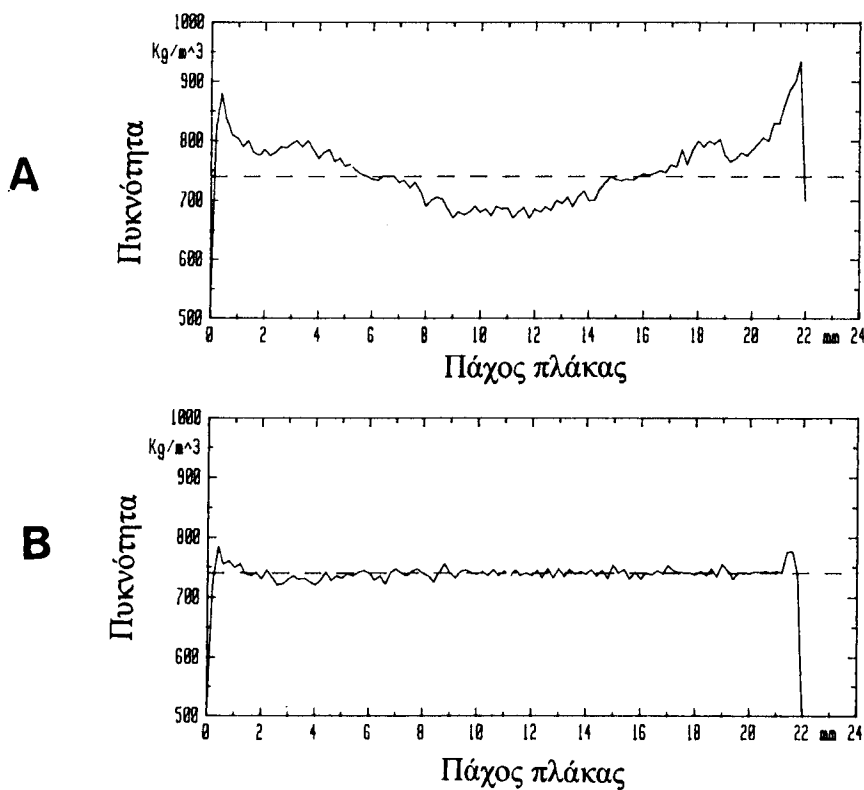
ιδιότητες της MDF διαδραματίζει το προφίλ πυκνότητας της εγκάρσιας διατομής της πλάκας, η συνολική πυκνότητα και οι συνθήκες συμπίεσης.

Το προφίλ πυκνότητας της εγκάρσιας διατομής (σόκορο) μας δίνει πληροφορίες για την κατανομή της πυκνότητας κατά το πάχος της πλάκας δηλαδή εάν υπάρχει ισχυρή διαφοροποίηση μεταξύ της πυκνότητας των δύο εξωτερικών στρώσεων και της μεσαίας στρώσης. Εκτός από το βαθμό συμπίεσης, η υγρασία του υλικού στρώματωσης, το

διάγραμμα συμπίεσης και το είδος της πρέσας επηρεάζουν αποφασιστικά το προφίλ πυκνότητας της MDF το οποίο διαφέρει από εκείνου της μοριοπλάκας (Σχήμα 68). Έτσι π.χ. κατά τη χρήση της ατμοπρέσας σε σύγκριση με την κλασσική τεχνική συμπίεσης (θερμαινόμενες μεταλλικές πλάκες) το προφίλ πυκνότητας της MDF εμφανίζει μικρή διαφοροποίηση πυκνότητας μεταξύ εξωτερικών και μεσαίας στρώσης (Σχήμα 69).



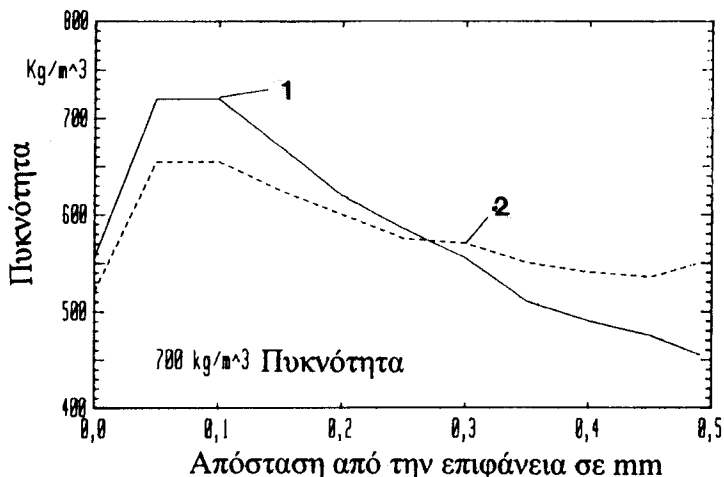
Σχήμα 68. Κατανομή (προφίλ) πυκνότητας εγκάρσιων τομών μοριοπλάκας και MDF.



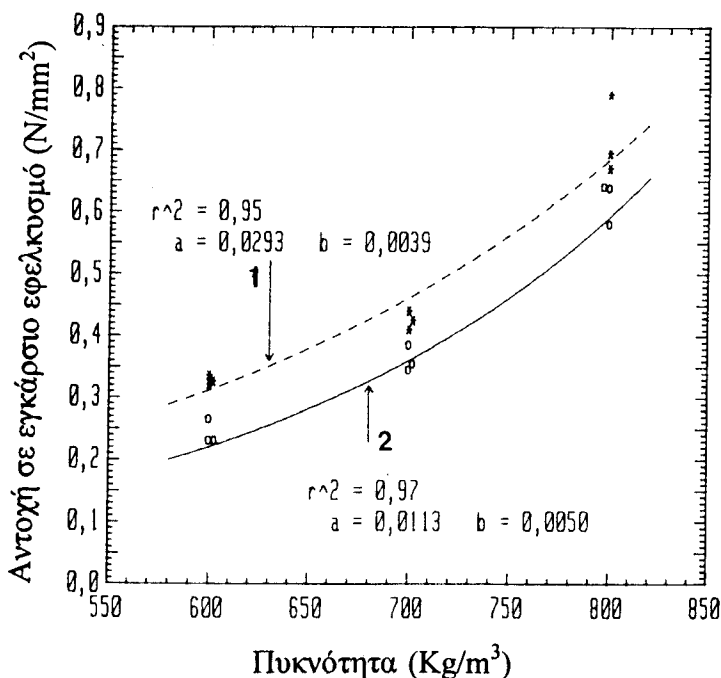
Σχήμα 69. Κατανομή (προφίλ) πυκνότητας εγκάρσιων τομών MDF με την κλασσική μέθοδο συμπίεσης και με ατμοπρέσα.

- A. κλασσική μέθοδος συμπίεσης (θερμαινόμενα μεταλλικά ελάσματα)
- B. συμπίεση με ατμοπρέσα.

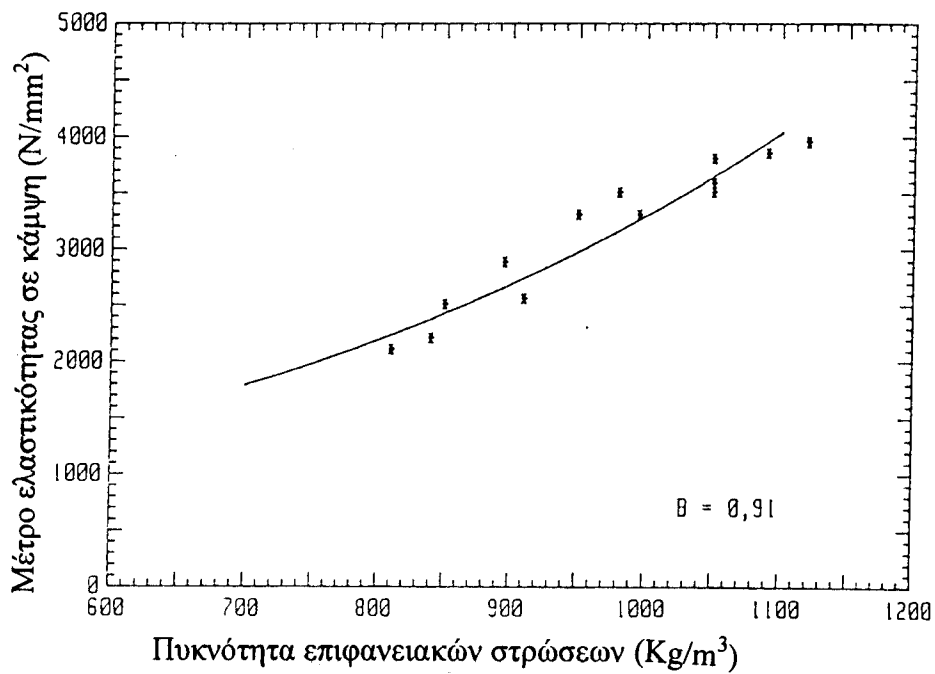
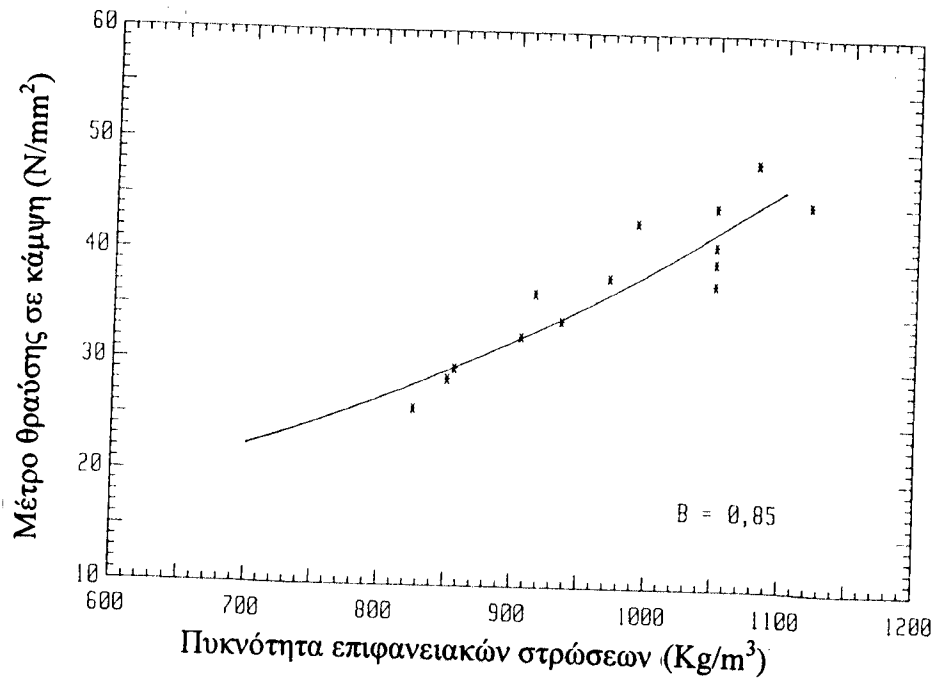
Οι συνθήκες συμπίεσης όπως η ταχύτητα συμπίεσης αλλά και η τεχνική θέρμανσης π.χ. θέρμανση κλασσικού τύπου σε επαφή με μεταλλικές πλάκες ή με υψίσυχο ρεύμα επηρεάζουν το προφίλ πυκνότητας (Σχήμα 70). Η αύξηση της πυκνότητας (συνολικής) της MDF επηρεάζει αυξητικά την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό της πλάκας (Σχήμα 71), ενώ η αντοχή σε κάμψη (μέτρο θραύσεως και μέτρο ελαστικότητας) βελτιώνεται με αύξηση της πυκνότητας των εξωτερικών στρώσεων. Όπως δείχνεται στα Σχήματα 72A και 72B για να επιτευχθούν τιμές 40 N/mm^2 στο μέτρο θραύσεως και $\geq 3000 \text{ N/mm}^2$ στο μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη απαιτείται πυκνότητα εξωτερικών στρώσεων $\geq 1000 \text{ Kg/m}^3$. Με βάση τα ανωτέρω και τη σχέση μεταξύ της συνολικής πυκνότητας και της πυκνότητας των επιφανειακών στρώσεων (Σχήμα 73) προκύπτει ότι πυκνότητα της MDF είναι συνήθως κατά 10% υψηλότερη σε σύγκριση με εκείνης της μοριοπλάκας.



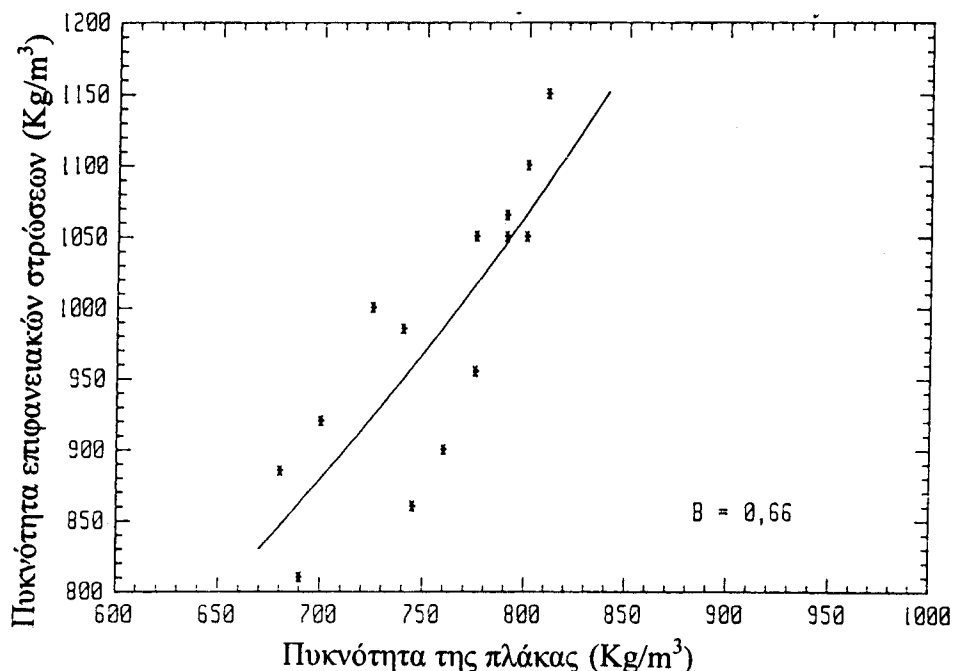
Σχήμα 70. Επίδραση της τεχνικής θέρμανσης κατά τη συμπίεση της MDF στην κατανομή πυκνότητας των εγκάρσιων τομών. 1. με θερμαινόμενα μεταλλικά ελάσματα, 2. με υψίσυχο ρεύμα.



Σχήμα 71. Επίδραση της πυκνότητας της MDF στην αντοχή της σε εγκάρσιο εφελκυσμό. 1. θέρμανση με υψίσυχο ρεύμα, 2. θέρμανση επαφής με μεταλλικά ελάσματα.



Σχήμα 72. Επίδραση της πυκνότητας των επιφανειακών στρώσεων στην αντοχή σε κάμψη.
Α. μέτρο θραύσης, Β. μέτρο ελαστικότητας.



Σχήμα 73. Συσχέτιση μεταξύ της πυκνότητας των επιφανειακών στρώσεων και της συνολικής πυκνότητας της MDF.

Εκτός της πυκνότητας σημαντικά επηρεάζει τις ιδιότητες των πλακών το ποσοστό της προστιθέμενης συγκολλητικής ουσίας. Επειδή οι ίνες ξύλου διαθέτουν πολύ μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια απ' ότι ίσου βάρους τεμαχίδια ξύλου τα απαιτούμενα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας για την επίτευξη των επιθυμητών τιμών στις ιδιότητες είναι συνήθως υψηλότερα απ' ότι των μοριοπλακών. Έτσι σύμφωνα με σχετικές έρευνες για MDF πυκνότητας 750 Kg/m^3 , το ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό της συγκολλητικής ουσίας για την επίτευξη της ελάχιστης αποδεκτής από τις διεθνείς προδιαγραφές τιμής εγκάρσιου εφελκυσμού ανέρχεται σε 7% (Kehr 1993).

Στον Πίνακα 9 αντιπαρατίθενται οι ιδιότητες πλακών MDF και μοριοπλακών ίδιου πάχους βιομηχανικής παραγωγής. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα ακόμη κι αν ληφθεί υπ' όψη ότι οι MDF πλάκες έχουν υψηλότερη πυκνότητα συγκριτικά με τις μοριοπλάκες αυτές εμφανίζουν καλύτερες μηχανικές και υγροσκοπικές ιδιότητες (Grigoriou 1983, Deppe 1987).

Πίνακας 9. Ιδιότητες ινοπλακών μέσης πυκνότητας και μοριοπλακών βιομηχανικής παραγωγής (Deppe 1987)

Ιδιότητες	MDF Πάχος (mm)			Μοριοπλάκα Πάχος (mm)		
	16	19	25	16	19	25
Πυκνότητα (Kg/m^3)	795	732	736	720	700	680
Αντοχή σε κάμψη (N/mm^2)						
- Μέτρο θραύσεως	42	39	32	22	20	18
- Μέτρο ελαστικότητας	3600	3000	2900	3000	2700	2500
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm^2)	0,9	1,1	0,6	0,65	0,60	0,35
Κατά πάχος διόγκωση σε νερό, 24 h (%)	5,8	4,7	5,0	10,0	10,0	10,0
Περιεχόμενη υγρασία (%)	7,2	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5

Μία άλλη ιδιότητα ιδιαίτερα σημαντική στις διάφορες κατασκευές ιδίως όταν εκτίθενται σε διαφορετικές κλιματικές επιδράσεις είναι η σταθερότητα μορφής. Για τον προσδιορισμό της σταθερότητας μορφής μετρούνται οι αποκλίσεις των ξυλοπλακών από την επιπεδότητα μετά από έκθεση των εξωτερικών επιφανειών τους σε ένα ξηρό και σε ένα υγρό κλίμα για ορισμένες ημέρες. Όπως δείχνει ο Πίνακας 10 οι πλάκες MDF εμφανίζουν καλύτερη σταθερότητα μορφής σε σύγκριση με τη μοριοπλάκα (Deppe 1987). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και σχετικές έρευνες των Jensen και Kehr (1995).

Πίνακας 10. Σταθερότητα μορφής ινοπλακών μέσης πυκνότητας και μοριοπλακών (Deppe 1987).

Ξυλοπλάκα	Πάχος (mm)	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Μέγιστη απόκλιση από επίπεδη μορφή (mm) ¹⁾
MDF	19	750	1,35
Μοριοπλάκα	19	700	2,60

¹⁾ Συνολικές αποκλίσεις μετά την έκθεση για 7 ημέρες σε ένα ξηρό (20 °C/30% σχ. υγρ.) και ένα υγρό (20 °C/98% σχ. υγρ.) κλίμα.

Όπως προαναφέρθηκε το συγκριτικό πλεονέκτημα της MDF σε σύγκριση με τη μοριοπλάκα και άλλα προϊόντα ξύλου είναι η ομοιογενής και καλής λειότητας υφή των εξωτερικών επιφανειών της. Όπως δείχνουν οι Πίνακες 11 και 12 και το Σχήμα 74 η MDF έχει σημαντικά μικρότερο βαθμό τραχύτητας σε σύγκριση με τη μοριοπλάκα όχι μόνο προ και μετά τη λείανση αλλά και μετά την επικάλυψη με βερνίκια ή πλαστικά φύλλα (Deppe 1987).

Πίνακας 11. Βαθμός τραχύτητας της επιφάνειας ινοπλακών μέσης πυκνότητας και μοριοπλακών (Deppe 1987).

Βαθμός τραχύτητας ¹⁾ (μm)	MDF	Μοριοπλάκα
Προ της λείανσης	37,4	70,3
Μετά τη λείανση	44,6	65,1

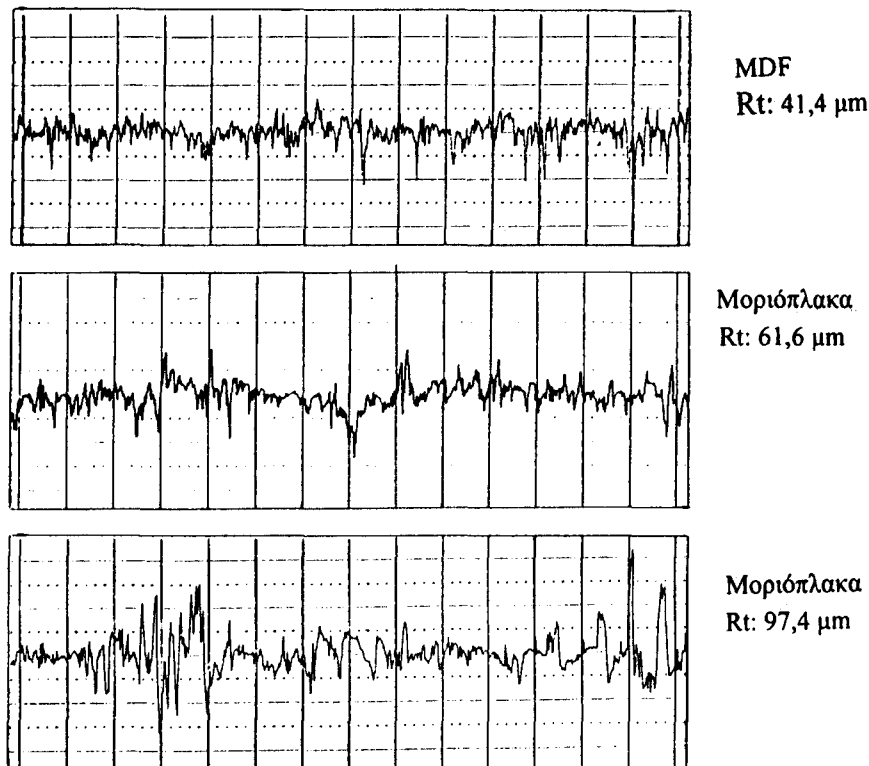
¹⁾ Μέσος όρος μέγιστων αποστάσεων μεταξύ προεξοχών και κοιλωμάτων.

Πίνακας 12. Βαθμός τραχύτητας σε (μm) των επιφανειών ινοπλακών μέσης πυκνότητας και μοριοπλακών μετά από επικαλύψεις των επιφανειών τους (Deppe 1987).

	Υδατοδιαλυτό βερνίκι ¹⁾	Βερνίκι πολυουρεθάνης ¹⁾	Πλαστικό φύλλο ουρίας-φορμαλδεΰδης	Πλαστικό φύλλο PVAc
MDF	α) 40 β) 34	69 28	14,4	16,9
Μοριοπλάκα	α) 126 β) 59	102 57	18,8	22,1

¹⁾ α) απλή στρώση 100 g/m², β) διπλή στρώση 200 g/m²

Η MDF ένα σχετικά νέο προϊόν επιπλοποιίας και ξύλινων κατασκευών έχει να ανταγωνισθεί παρόμοια προϊόντα (συμπαγές ξύλο, μοριοπλάκα, αντικολλητό) τα οποία κατέχουν παγιωμένες θέσεις στην αγορά. Όπως είναι φυσικό η υποκατάσταση των ανωτέρω προϊόντων από την MDF είναι συνάρτηση των τεχνικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων που μπορεί να εμφανίζει για συγκεκριμένες χρήσεις.



Σχήμα 74. Βαθμός τραχύτητας (Rt) επιφανειών MDF και Μοριοπλακών μετά τη λείανση.

Η εξαιρετική ομοιογένεια δομής που παρουσιάζει η MDF προσδίνει υπεροχή σε χρήσεις όπου μέχρι πρότινος χρησιμοποιείτο μόνο συμπαγές ξύλο. Εκτός της απουσίας των γνωστών σφαλμάτων του συμπαγούς ξύλου (ρόζοι, στρεψοϊνία, ραγάδες κ.ά.) η MDF υπερέχει αυτού και ως προς τις τεχνικές ιδιότητες. Σημαντικό πλεονέκτημα της MDF είναι η διαθεσιμότητά της σε σύγκριση με το συμπαγές ξύλο π.χ. αυτού που εισάγεται από τροπικές χώρες και του οποίου ο εφοδιασμός συχνά είναι συνδεδεμένος με οικονομικοπολιτικά προβλήματα. Επί πλέον η MDF προσφέρεται σε μεγάλες διαστάσεις ενώ στην περίπτωση του συμπαγούς ξύλου αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με ειδικές συγκολλήσεις κατά μήκος/πλάτος ή κατά το πάχος του (επικολλητό ξύλο). Ιδιαίτερο πλεονέκτημα για την MDF αποτελεί το γεγονός ότι σύμφωνα με μία νέα τεχνική οι ίνες μπορούν να χρωματισθούν κατά την παραγωγή (ανάμιξη ινών + ρητίνης + χρωστικής) και το έτοιμο προϊόν να διατίθεται σε διάφορες αποχρώσεις (Krüsemann/Blaschko 2004).

Σχετικά με τη μοριοπλάκα η οποία γνώρισε από τη δεκαετία του 1950 παγκοσμίως τεράστια εξάπλωση ως υλικού επιπλοποιίας και άλλων κατασκευών εσωτερικών χώρων η MDF παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Το συγκριτικό πλεονέκτημα της MDF είναι η ομοιογενής (λεπτή) δομή και ομοιόμορφη πυκνότητα ακόμη και στις εγκάρσιες τομές οι οποίες επιτρέπουν την άνετη κατεργασία με πλάνη, φρέζα παντογράφο και τη δημιουργία ανάγλυφων σχημάτων. Η λεπτή υφή επιτρέπει την κατ' ευθείαν επάλειψη με βερνίκια ή επικάλυψη με μικρού πάχους πλαστικά φύλλα ιδιότητες στις οποίες υπερέχει έναντι της μοριοπλάκας. Παρ' όλο το μεγαλύτερο κόστος της, η υπεροχή της MDF όσον αφορά κυρίως τις ανωτέρω τεχνικές ιδιότητες σχετικές με την επεξεργασία της επιφάνειας είναι οι λόγοι για τους οποίους, προτιμάται από τους κατασκευαστές.

Ο επιτυχής ανταγωνισμός της MDF έναντι των άλλων προϊόντων ξύλου διαφαίνεται στους σχετικά ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης της τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα στον Ευρωπαϊκό χώρο (Πίνακας 2).

Η έκλυση φορμαλδεΐδης αφορά κυρίως MDF συγκολλημένες με αμινοπλαστικές συγκολλητικές ουσίες τύπων ουρίας-, ή μελαμίνης- φορμαλδεΐδης και η συμπεριφορά της MDF είναι όμοια με εκείνης των μοριοπλακών. Η έκλυση φορμαλδεΐδης της MDF επηρεάζεται από το προφίλ πυκνότητας της εγκάρσιας τομής της. Υψηλή πυκνότητα της άνω

και κάτω στρώσης ενεργεί ως επικάλυψη και μειώνει την έκλυση φορμαλδεΐδης (Marutzky/Flentge/Boeme 1992).

Οι δυνατότητες μείωσης των ποσοστών έκλυσης συνοψίζονται ως ακολούθως (Dunky/Niemz 2002):

- Μείωση της μοριακής αναλογίας των συγκολλητικών ουσιών σε φορμαλδεΐδη.
- Προσθήκη πρόσθετων δεσμευτικών ουσιών φορμαλδεΐδης.
- Χειρισμός πλακών με αντιδραστήρια τα οποία δεσμεύουν τη φορμαλδεΐδη.
- Επικάλυψη των επιφανειών με πλαστικά φύλλα ή βερνίκια.
- Αριστοποίηση των συνθηκών παραγωγής όσο αφορά την έκλυση φορμαλδεΐδης (θερμοκρασία και διάρκεια συμπίεσης, υγρασία ινών μετά την ανάμιξη με τη συγκολλητική ουσία κ.ά.).
- Χρήση φαινολικού τύπου συγκολλητικών ουσιών.
- Χρήση συγκολλητικών ουσιών οι οποίες δεν περιέχουν φορμαλδεΐδη.

Τα κυριότερα ευρωπαϊκά πρότυπα EN (European Norms) τα οποία αναφέρονται στα χαρακτηριστικά και στις ιδιότητες των ινοπλάκων μέσης πυκνότητας παρατίθενται στη συνέχεια:

- EN 317/1993: Μοριοπλάκες και ινοπλάκες. Προσδιορισμός της κατά πάχος διόγκωσης μετά από εμβάπτιση σε νερό.
- EN 319/1993: Μοριοπλάκες και ινοπλάκες. Προσδιορισμός της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό της μεσαίας στρώσης.
- EN 316/1997: Ινοπλάκες ξύλου. Ορισμός, ταξινόμηση, συμβολισμός.
- EN 318/1993: Ινοπλάκες – Προσδιορισμός των διαστασιακών μεταβολών με μεταβολές της σχετικής υγρασίας .
- EN 320/1993: Ινοπλάκες. Προσδιορισμός της αντοχής σε εξαγωγή βίδας.
- EN 321/1993: Ινοπλάκες. Κυκλικό τεστ σε υγρές συνθήκες.
- EN 382/1993: Μέρος 1. Ινοπλάκες. Προσδιορισμός της προσρόφησης από την επιφάνεια. Μέρος 1. Μέθοδος δοκιμής για ινοπλάκες που παράγονται με τη ξηρή μέθοδο.
- EN 622/1997: Ινοπλάκες. Πρότυπα. Μέρος 5. Απαιτήσεις σε ινοπλάκες παραγόμενες με τη ξηρή μέθοδο τύπου MDF.
- EN 310/1993: Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας και του μέτρου θραύσεως σε κάμψη.
- EN 120/1993: Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Προσδιορισμός της περιεχόμενης ποσότητας φορμαλδεΐδης. Μέθοδος εκχύλισης ονομαζόμενη μέθοδος perforator
- EN 717-1/1999: Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Μέρος 1: Προσδιορισμός της έκλυσης φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο του θαλάμου.
- EN 717-2/1995: Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Μέρος 2: Προσδιορισμός της έκλυσης φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο της αεριοανάλυσης.
- EN 717-3/1996: Συγκολλητά προϊόντα τύπου ξυλοπλακών. Μέρος 3: Προσδιορισμός της έκλυσης φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο της φιάλης.

10. Χρήσεις – Εφαρμογές

Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας έχει υποκαταστήσει το συμπαγές ξύλο και τις άλλες κατηγορίες ξυλοπλακών σε αρκετές από τις παραδοσιακές χρήσεις τους εκεί όπου οι ιδιότητες του προϊόντος σε συνδυασμό με το κόστος του καθιστούν πλεονεκτικότερη τη χρησιμοποίησή του.

Οι κύριες εφαρμογές του αφορούν κυρίως την επιπλοποιία (περίπου 65%) και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Ειδικότερα χρησιμοποιείται σε επενδύσεις τοίχων και οροφών, για δάπεδα, για κουφώματα και πόρτες, για τραπέζια και καρέκλες, για κρεβατοκάμαρες, για ντουλάπια, συρτάρια, ράφια, κορνίζες και πλαίσια καθρεπτών, για εσωτερικές σκάλες, για θρανία και πίνακες, για πλαίσια κουρτινών, για έπιπλα γραφείου, για παιδικά παιχνίδια (πλεονεκτούν επειδή δεν έχουν ακίδες όπως το συμπαγές ξύλο) κ.ά.

Ακόμη το προϊόν της MDF μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ειδικές χρήσεις όπου απαιτείται ανθεκτικότητα στην υγρασία με την προϋπόθεση ότι στην παραγωγή του θα χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη συγκολλητική ουσία. Ανάλογα με την απαίτηση στο βαθμό ανθεκτικότητας σε υγρές συνθήκες μπορούν να επιλεγούν οι ακόλουθες συγκολλητικές ουσίες: Μελαμίνη-Ουρία-Φορμαλδεΐδη (ποσοστό 10 έως 14% ξηρή μάζα ανά ξηρή μάζα ιών), Φαινόλη-Φορμαλδεΐδη (ποσοστό 8 έως 12%) και Πολυϊσοκυανικός εστέρας (ποσοστό 3 έως 8%). Τέτοιες χρήσεις αφορούν διάφορες κατασκευές εξωτερικών χώρων ή εσωτερικών χώρων υψηλής υγρασίας όπως είναι τα έπιπλα κήπου, τα τροχόσπιτα, οι πινακίδες για επιγραφές, τα παράθυρα και οι πόρτες, οι επενδύσεις εξωτερικών επιφανειών κτιρίων (sidings), τα έπιπλα λουτρού και κουζίνας κ.ά.

Προκειμένου να ανταποκριθούν σε ειδικές απαιτήσεις του κατασκευαστικού τομέα ορισμένα εργοστάσια παραγωγής MDF παράγουν MDF υψηλής πυκνότητας $>0,750 \text{ g/cm}^3$ τύπου HDF (High Density Fiberboard) για δάπεδα ή άλλες χρήσεις και χαμηλής πυκνότητας LDF (Low Density Fiberboard) $\leq 0,450$ έως $0,650 \text{ g/cm}^3$ για ειδικές χρήσεις στην επιπλοποιία π.χ. πόρτες, κουζίνες, επενδύσεις τοίχων και οροφών, στις κατασκευές στεγών και ως θερμομονωτικό υλικό (EMB Board 1993. Deppe/Ernst 1996, www.mdfinfo.org 2005).

Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας πρωτοεμφανίσθηκε στην ελληνική αγορά το 1982 με την εισαγωγή περίπου 1500 m^3 . Το 1990 η κατανάλωσή της ανήλθε σε 119000 m^3 και το 2004 σε 141000 m^3 . Οι ταχύτατοι ρυθμοί αύξησης της κατανάλωσης του προϊόντος από της εμφανίσεώς του αποδεικνύουν τη ραγδαία εξάπλωσή του στην ελληνική αγορά ξύλου. Αν σκεφθεί κανείς ότι το κόστος του είναι διπλάσιο περίπου εκείνου της κοινής μοριοπλάκας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το προϊόν προτιμάται -λόγω των πλεονεκτικών ιδιοτήτων του- από τους κατασκευαστές επιπλοποιούς σε αρκετές χρήσεις. Σχεδόν εξ ολοκλήρου (από 95 μέχρι 97%) οι εισαγόμενες στην Ελλάδα ποσότητες της ινοπλάκας μέσης πυκνότητας χρησιμοποιούνται στην επιπλοποιία και μόνο ένα μικρό ποσοστό από 3 μέχρι 5% για άλλες ειδικές χρήσεις (Γρηγορίου 1985).

Το προϊόν εισάγεται στην ελληνική αγορά εξ ολοκλήρου από διάφορες χώρες. Τη δεκαετία του 90 άρχισε τη λειτουργία του στα Γρεβενά ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF δυναμικότητας περίπου 40000 m^3 . Το εργοστάσιο μετά από μία 10ετία περίπου διέκοψε τη λειτουργία του, όμως επίκειται μετά από κατάλληλο εκσυγχρονισμό η επαναλειτουργία του. Η ποιότητα της MDF της ελληνικής αγοράς έχει αξιολογηθεί σε διάφορες χρονικές περιόδους από έλληνες ερευνητές (Γρηγορίου 1985 και 1986, Κάββουρας/Πετευναράκης 1997).

Βιβλιογραφία

- Autorenkollektiv 1975. Werkstoffe aus Holz. Holztechnik. VEB Fachbuchverlag. Leipzig.
- Autorenkollektiv 1977. Holzbearbeitung. Holztechnik. VEB Fachbuchverlag. Leipzig.
- Anonymous 1988. Το ρομπότ ROV 5 της Cefla. Ένα νέο προγραμματιζόμενο ρομπότ που λουστράρει επιφάνειες κάνοντας τις ίδιες διαδρομές και κινήσεις με το λουστραδόρο. Ξύλο – Έπιπλο: 56-57.
- Anonymous 2000. Durchbruch bei der Pulverbeschichtung von MDF. In Grossbritannien läuft die UV – Pulverbeschichtung von MDF – Möbeln in industrieller Serienproduktion. Holz-Zentralblatt, Nr. 69: 962.
- Anonymous 2000. Oberflächen Zeitgemäss verpulvern. UV – Pulverbeschichtung von MDF – Mölelteilen in serieller Fertigung. MDF – Magazin: 56-60.
- Back, E, Nordin, W. 1976. STFI – Meddelande, Ser. A (420), Stockholm.
- Bhagwat, S., Maloney, T. 1980. The developing Industry and Process variables and their effects on board quality. Proceedings of 14. International Particleboard Symposium, Washington, State University, Pullman: 283-290.
- Bluthardt, G., Beck, P. 2001. Kein heisses Eisen. Technische und technologische Vorteile der Produktkühlung für MDF in der “Küsters press”. MDF – Magazin: 70-74, DRW-Verlag.
- Borchgrevink, G. 1980. Fabricating and Using MDF. Proceedings of the 14th International Particleboard Symposium, Washington State University, Pullman: 291-311.
- Brinkmann, E. 1989. Weitere Fortschritte bei der industriellen Endlos – Verpressung von Holzwerkstoffplatten nach dem System Bison-Hydro-Dyne. HRW 1989: 121-124.
- Buchholzer, P. 1995. MDF aus unterschiedlichen Laub-bzw. Nadelhölzern und Bindemitteln. Holz-Zentralblatt Nr. 36: 600-601
- Buchholzer, P. 1997. Einfluss der chemischen Hackschnitzelbehandlung bei der Herstellung von MDF. Holz-Zentralblatt, 7u. 28: 90, 93-94, 416-418.
- Buchholzer, 1999. Leimverlusten auf der Spur. MDF – Magazin: 22-24.
- Buchholzer, P. 2000. Trockenbeleimung in der MDF – Herstellung. Rohr-Beleimungssystem relativ einfach in bestehende Systeme integrierbar – eine Alternative zur Blow-Line-Beleimung. Holz-Zentralblatt Nr. 145: 2018.
- Chapman, K.M. 1979. Improved uniformity in medium density fiberboard. Proceedings of 13. International Particleboard Symposium, Washington State University, Pullman: 237-253.
- Chryst, J., Rudman, D. 1979. Considerations in conversion of a particleboard plant to medium density fiberboard. Proceedings of 13. International Particleboard Symposium, Washington State University, Pullman: 223-236.

- Deppe, H.-J. 1987. Neue Chancen mit MDF. Welchen Einfluss hat der Formenreichtum in Möbeldesign auf die Wertvorstellung und die Preisakzeptanz beim Möbel Käufer? Vortrag an Glunz-Forum 1987, Steinweg-Verlag. S. 135.
- Deppe, H.-J., Ernst, K. 1996. MDF – Mitteldichte Faserplatten. DRW-Verlag.
- Deppe, H.-J., Ernst, K. 2000. Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRW-Verlag.
- Dix, B., Schäfer, M., Roffael, E. 2001. Einsatz von Faserstoffen aus chemothermo-mechanisch (TMP) aufgeschlossenen, gebrauchten Span- und Faserplatten zur Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF). Holz Roh-Werkstoff, 59:299-300.
- Dunky, M., Niemz, P. 2002. Holzwerkstoffe und Leime. Technologie und Einflussfaktoren. Springer Verlag.
- EN 316, 1997. Wood fiberboards-Definition, classification and symbols. Brüssels.
- Erbreich, M. 2002. MDF aus Altholz. Sortierung und Reinigung entscheidend. Holz-Zentralblatt Nr. 99/100: 1142-1143.
- Euro MDF Board 1993. MDF. A users manual, Euro MDF Board Giessen, Germany.
- Frashour, R. 1990. Werkschrift Sunds Defibrafor AB, Stockholm.
- Fidor, 1985. Fibre Building Boards Technical Information. MDF (medium density fibreboard). Fibre Building Board Organisation. Middlessex, United Kingdom.
- Glunz-Forum 1987. New Chancen mit MDF. Steinweg Verlag, Braunschweig.
- Grigoriou, A. 1983. Vergleichende Untersuchungen an mittelhartem Faserplatten (MDF) und Spanplatten. Holz Roh-Werkstoff: 183-186.
- Hague, J., Loxton, C., Quinney, R., Hobson, N. 1997. Assessment of the suitability of agro-based materials for panel products. Proceedings of the 1st European Panel Products Symposium, Llandudno, Wales: 136-144.
- Jensen, U., Kehr, E. 1995. Zum Stehvermögen von MDF. OSB und Spanplatten-eine Gegenüberstellung. MDF-Magazin, September 1995: 74.
- Johansson, L. 1983. MDF – Mitteldichte Faserplatten. Holz Roh-Werkstoff 41: 255-260.
- Kehr, E., 1993. Beitrag zur Kurzzeitfestigkeit und Dauerstanverhalten von MDF der ersten Generation. Holz Roh-Werkstoff: 229-234.
- Kollmann, F., Kuenzi, E., Stamm, A. 1975. Principles of Wood Science and Technology II. Wood Based Materials. Springer-Verlag.
- Körner, I., Kühne, G., Pecina, H. 2001. Unsterile Fermentation von Hackschnitzeln, eine Holzvorbehandlungsmethode für die Faserplattenherstellung. Holz Roh-Werkstoff 59: 334-341.
- Krug, D., Kehr, E. 2000. Quellungsvergütung. IHD untersucht MDF-Aufschlussbedingungen. MDF – Magazin 2000.

- Krüsemann, J., Blaschko, T. 2004. Farbe und MDF – Eine neue Materialdimension. MDF – Magazin: 22-25.
- Krzysik, A., Youngquist, J., Rowell, R., Muehl, J., Chow, P., Shook, S. 1993. Feasibility of using recycled newspapers as a fiber source for dry-process hardboards. Forest Products Journal, 43: 53-58.
- Lein, F. 1978. Tendenzen der MDF – Plattenerzeugung. Holz Roh-Werkstoff: 379-382.
- Maloney, T. 1977. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. San Francisco.
- Marutzky, R., Fletge, A., Boehme, C. 1992. Abhängigkeit der Formaldehydabgabe von MDF von Rohdichteprofil. Holz Roh-Werkstoff (50): 239-240.
- Mayner, J. 1990. The economics of continuous Pressing Proceedings of 24th International Particleboard Symposium Washington State University, Pullman: 167-183.
- MDF Magazin, 2000. Integrierte QS-Datensysteme für MDF-Anlagen, DRW Verlag: 90, 94.
- Roffael, E., Dix, B., Khoo, K., Ong, C., Lee, T. 1992. Mitteldichte Faserplatten (MDF) aus jungem Pappelholz unterschiedlicher Eigenschaften. Holzforschung 46: 163-170.
- Roffael, E., Dix, B., Schneider, T. 2001. Thermomechanical (TMP) and Chemo-Thermomechanical Pulps (CTMP) for Medium Density Fibreboards (MDF). Holzforschung. 55: 214-218.
- Schneider, T., Roffael, E. 2000. Einfluss von Holzaufschlussverfahren (TMP-CTMP-Verfahren) und Aufschlussbedingungen auf die physikalisch-technologischen Eigenschaften von mitteldichten Faserplatten (MDF). Holz Roh-Werkstoff 58: 123-124.
- Skinner, J., Loxton, C., Hague, J. 2001. An investigation into the potential for the utilization of Kenaf in medium density Fibreboard. Proceedings of the 5th European Panel Products Symposium, Llandudno, Wales. 309-314.
- Soine, H. 1995. Hozwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. DRW Verlag.
- Suchsland, O., Woodson, G. 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States. United States Department of Agriculture. Handbook No. 640.
- Sunds Defibrador, 1999. Panelboard highlights, No. 1: 3-4.
- Wagenführ, A., Pecina, H., Kühne, G. 1989. Enzymatische Hackschnitzel modifizierung, für die Holzwerkstoffherstellung Holztechnologie. 30(2): 62-65.
- Walter, K. 1989. Dampfpressanlage zur Herstellung von MDF mit hochverdichteten Deckschichten, Holz Roh-Werkstoff: 117-120.
- www.unece.org/trade/timber 2005. Timber Committee Forest Products Statistics, Geneva, Switzerland.

- Youngquist, J., Krzysik, A., English, B., Spelter, H., Chow, P. 1996. Agricultural fibers for use in building components. In Proceedings: The Use of recycled Wood and paper in building Applications, Forest Products Society, Madison: 123-124.
- Γεωργίου, Χρ. 1987. MDF. Τι πρέπει να ξέρετε για το «εμ-ντί-εφ». Ένα βοήθημα κατασκευαστή παρμένο από το σύγγραμμα της Figa. Εργοστάσιο επενδύσεων εμ-ντί-εφ μοριοσανίδων κλπ. Κωνστ. Παπαϊωάννου Δερβένι – Θεσσαλονίκης.
- Γρηγορίου, Αθανάσιος 1985. Ινοπλάκα μέσης πυκνότητας ένα νέο προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας στην ελληνική αγορά. Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες, χρήσεις και προοπτικές. Γεωτεχνικό, Τεύχος 3: 17-36.
- Γρηγορίου, Αθανάσιος 1986. Έκλυση Φορμαλδεΐδης από Μοριοπλάκες εγχώριας παραγωγής και εισαγόμενες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας. Τεχνικά Χρονικά, Τομ. 6, Τεύχ. 1: 5-32.
- Κάββουρας, Π., Πετειναράκης, Ι. 1997. Σύνθετα προϊόντα ξύλου: Η επίδρασή τους στην ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, V τεύχος1-2 : 43-50.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΣΗΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ : Α,Β,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η και Θ

Δεκέμβριος 2009

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

Proceedings of International Wood Composites Symposium. Started in 1967 and is continued annually. Sponsored by Washington State University, Wood Materials & Engineering Laboratory. Seattle, Washington, USA.

- A. Knop, W. Scheib, 1979. Chemistry and Application of Phenol Resins. Springer Verlag.
- B. Meyer, 1979. Urea – Formaldehyde Resins. Addison – Wesley Publishing Company, Inc.
- G. S. Koch, F. Klareich, B. Exstrum 1987. NDC (Noyes Data Corporation). USA. Adhesives for the composites wood panel industry.
- A. Pizzi, 1989. Wood Adhesives. Chemistry and Technology. Marcel Dekker, Inc.
- A. Marra, 1992. Technology of Wood Bonding. Principles in Practise. Van Nostrand Renhold.
- C-Y. Hse, B. Tomita, S. Branham, 1994. Adhesives and Bonded Wood Products. Proceedings No. 4735 Forest Products Sodiety, Madison, USA.
- A. Christiansen, A. Conner, 1996. Wood Adhesives 1995. Proceedings No. 7296. Forest Products Society. Madison, USA.

Proceedings of the International Panels Products Symposium. Started in 1997 and is continued. Organized by Bio Composite Centre Wales, UK.

- CPA, 1998. Resin & Blending Seminar Proceedings. Composite Panel, Association, USA.
- R. Quack, C. Yaacoub, 1988. Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Franz – Patat – Zentrum. Wissenschaftliches Forum für Interdisziplinäre Polymerforschung Braunschweig.
- A. Christiansen, L. Pilato, 1999. International Contributions to Wood Adhesion Research. Proceedings No. 7267. Forest Products Society, Madison, USA.
- G. Scott, 1999. Polymers and the Environment RSC Paperbacks. Royal Society of Chemistry.
- D. Evans, 2000. Proceedings of 5th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Cambera, Australia.

Wood Adhesives 2000. Proceedings No. 7260. Forest Products Society. Madison, USA.

- A. Deppe, K. Ernst, 2000. Taschenbuch der Spanplattentechnik DRW-Verlag.
- M. Dunky, P. Niemz, 2002. Holzwerkstoffe und Leime. Technology und Einflussfaktoren. Springer Verlag.
- G. Zeppenfeld, D. Grunwald, 2005. Klebstoffe in der Holz-Möbelindustrie. DRW-Verlag.
- Π. Κάββουρας, Ι. Πετειναράκης, 2006. Ανάπτυξη βελτιωμένης κόλλας ουρίας-φορμαλδεϋδης, μέσω της υδρολυτικής σταθερότητάς της. Δασική Έρευνα 49-59.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

- C. Turner 1954. Effect of particle size and shape on strength and dimensional stability of resin – bonded wood – particle panels. Forest Products Journal: 210-223.
- J. Brumbauch 1960. Effect of flake dimensions on properties of particleboards. Forest Products Journal: 243-246.
- L.E. Akers, 1966. Particle Board and Hardboard. Pergamon Press.
- T. Y. Chen, M. Paulitsch, 1974. Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Biomasse – Waldhackschnitzeln Bericht Nr. 197 aus Wilhelm – Klauditz – Institut für Holzforschung an Technischer Universität Braunschweig, der Fraunhofer – Gesellschaft, Deutschland.
- B. Meyer, 1976. Zum Verhalten von Holzpartikeln in Heisslust – Wasserdampf-Gemischen. Ein Beitrag zur Verbesserung der Spantrocknung in Spanplattenwerken. Teil I: Die Anwendung trocknungstechnischer Grundlagen auf die Holzspantrocknung. Holztechnologie: 154-160.
- G. Loew, H. Sachs, 1977. Isocyanate as a binder for particleboard. Proceedings of 11th Washington State University Symposium, Pullman, Washington, USA.: 473-492.

- A. Grigoriou, 1978. Der Einfluss verschiedenartiger Holzarten auf die Eigenschaften dreischichtiger Spanplatten, insbesondere auf deren Deckschichtqualität. Dissertation. Ludwig – Maximilians – Universität, München.
- L. Mehlhorn, H-A. May 1980. Untersuchung physikalischer, chemischer und thermischer Vorgängen der Spantrocknung. Holz-Zentralblatt Nr. 131: 1955, 1960.
- G. Ball, 1981. New Opportunities in manufacturing conventional particleboard using isocyanate binders. Proceedings of 15th Washington State University Symposium, Pullman, Washington, USA: 265-285.
- P. Koch, 1985. Utilization of Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. Volume III. Products and Prospective. United States Department of Agriculture, Forest Service. Handbook Nr. 605.
- W. Schall, 1985. Die Einsatzmöglichkeit von Waldhackgut in der Spanplattenfertigung. Holz Roh-Werkstoff: 415-421.
- M. Paulitsch, 1986. Methoden der Spanplattenuntersuchung. Springer – Verlag.
- C. Harps, 1987. Dimensions – und Formstabilität von Holzspanplatten. Erkenntnisse aus gutachterlichen Tätigkeiten. Holz-Zentralblatt Nr. 12: 149-150.
- National Particleboard Association, 1988. Particleboard. From Start To Finish. USA.
- W. Hsu, W. Schwald, J. Schwald, J. Shields, 1988. Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable, wood – based composites. Part 1. Steam pretreatment Wood Sci. Technol. Nr. 22: 281-289.
- E. Brinkmann, 1989. Weitere Fortschritte bei der industriellen Endlos-Verpressung von Holzwerkstoffplatten nach dem Bison – Hydro – Dyn. Holz Roh-Werkstoff: 121-124.
- H. Hata, B. Subiyanto, S. Kavvai, H. Sasaki, 1989. Production of particleboard with steam-injection. Part 1. Temperatur, behaviour in particle mat during hotpressing and steam-injection pressing. Wood Sci. Technol.: 361-369.
- H. Fujimoto, T. Anazawa, Y. Ohmiya, K. Yamagishi, 1991. Dimensional stability of maleic Acid-Glycerol (MG) treated particleboard. Effects of MG contents and hot-press temperature. Mokuzai Gakkaishi, Nr. 5: 456-461.
- H. Lobenhoffer, 1991. Multivariate Auswertung und Optimierung bei Untersuchungen an Spanplatten. Holz-Zentralblatt Nr. 8: 128-130.
- C. Ritter, F. Schweitzer, 1992. Neue Wege der Prozessmodellierung für die rechnergestützte Qualitätsvorhersage und – sicherung in der Spanplattenfertigung Datenerfassung und multiple Regressionsanalyse. Holz Roh-Werkstoff: 62-66.
- R. Rowell, 1992. Opportunities, for Lignocellulosic Materials and Composites. In: Proceedings Symposium technologies for materials and chemicals from biomass Washington, August 1990: 13-26 (American Chemical).
- I. Fuchs, 1992. Maschinennaher Einsatz von Sensorsystemen. Holz Roh-Werkstoff: 2-4.
- J. Youngquist, B. English, H. Spelter, P. Chow, 1993. Agricultural fibers in composition panels. Proceedings of 27th Intern. Particleboard/Composite Materials Symposium W.S.U. U.S.A.: 133-152.
- D. Pease, 1994. Panels. Products, Applications and Production Trends. Wood Technology, Miller Freeman Inc.
- J. Youngquist, B. English, R. Scharmer, P. Chow, S. Shook, 1994. Literature Review on use of nonwood plant fibers for building materials and panels. General Technical Report FPL-GTR Forest products Laboratory, Forest Service U.S.A.: 146p.
- J. Marcinko, W. Newman, C. Phanopoulos, M. Sander, 1995. The nature of the MDI/Wood Bond. Proceedings of 29th Intern. Particleboard/ Composite Materials Symposium Washington State University, Pullman Washington, USA: 176-183.
- H. Soine 1995. Holzwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. DRW-Verlag.
- B. Dix, E. Roffael, 1996. Schutz von Holzwerkstoffen gegen holzerstörende Pilze (I). Holz-Zentralblatt, Nr. 87: 1372. Part II. Nr. 96: 1466.
- J. Haygreen, J. Bowyer, 1996. Forest Products and Wood Science. An Introduction. Iowa State University Press/Ames, Iowa, USA.

- R. Schäckel, 1996. On line Control of raw boards assurance of transverse tensile strength, raw density and surface quality. Proceedings: New, challenges for wood-based panels. Industry: Technology, productivity and ecology. Braunschweig, Germany.
- Proceedings of the International Panels Products Symposium. Startet in 1997 and is Continued. Organized by Bio Composite Centre, Wales, UK.
- J. Hague, C. Loxton, R. Quinney, N. Hobson, 1997. Assesment of the suitability of agro-based materials for panel products. Proceedings of the first European Panel Products Symposium, Llandudno, Wales UK.
- R. Geimer, V. Herian, D. Xu, 1997. Influence of juvenile wood on dimensional stability and tensile properties of flakeboard. Wood and fiber Science, Nr. 2: 103-120.
- R. Rowell, R. Young, J. Rowell, 1997. Paper and Composites from Agro-Based Resources. CRC Lewis Publishers.
- A. Kharazipour, E. Roffael, 1997. Recycling konzepte in der Holzwerkstoffindustrie. Institut für Holzbiologie und Holztechnologie Göttingen, Deutschland.
- Forest Products Society, 1997. The use of recycled wood and paper in building applications. Proceedings No. 7286.
- CPA, 1998. Resin 2 Blending Seminar Proceedings. Composite Panel Association, USA.
- F. Grundström, P. Niemz, L. Kucera, 1999. Schalluntersuchungen an Spanplatten. Bestimmung der Platteneigenschaften mit einer Kombination aus Schallgeschwindigkeit und Eigenfrequenz. Holz-Zentralblatt Nr. 127: 1734, 1736.
- Forest Products Society, 1999. Use of agricultural fibers in the manufacture of composite panels. Proceedings No. 7259, U.S.A.: 167p.
- H. Schmid, P. Niemz 1999. Spanabmessungen mit Scanner – Technik. Holz-Zentralblatt Nr. 52: 788.
- L. Chen, F. Beall, 2000. Monitoring bond strength development in particleboard during pressing, using acousto ultrasonics. Wood and Fiber Science Nr. 4: 466-477.
- H.-J. Deppe, K. Ernst 2000. Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRW-Velag.
- P.D. Enans, 2000. Proceedings of 5th Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium Cambera, Australia.
- C. Moriarty, 2000. The effect of Lab-made flakes on physical and mechanical property variability of laboratory flakeboard. Forest Products Journal No. 2: 69-73.
- P. Niemz, L. Kucera, 2000. Quellung von Spanplatten und Buchensperrholz. Holz-Zentralblatt Nr. 27: 368.
- K.-P. Schletz, A. Wöstheinrich 2000. Heissdampf für die Kontinuierliche Platten Produktion. Holz-Zentralblatt Nr. 120: 1632.
- O. Suchsland, 2000. Modeling the linear expansion of wood composites. Wood and Fiber Science Nr. 4: 540-544.
- S. Wang, P. Winistorfer, 2000. Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites. Part II. Methodology of vertical density formation under dynamic conditions. Wood and Fiber Science 32: 220-238.
- P. Winistorfer, W. Moschler, S. Wang, E. DePaula, B. Bledsoe, 2000. Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites. Part 1. In-situ density measurement of the consolidation process. Wood and Fiber Science 32: 209-219.
- P. Niemz 2001. Wasseraufnahme von Holz und Holzwerkstoffen. Holz-Zentralblatt Nr. 6: 100.
- M. Dunky, P. Niemz, 2002. Holzwerkstoffe und Leime. Technologie und Einflussfaktoren. Springer-Verlag.
- C. Martino, S. Shrauti, S. Banerjee, L. Otwell, E. Price, 2002. Flake drying temperature affects mat properties during pressing. Holzforschung 56: 558-562.
- K. Miyamoto, S. Suzuki, T. Inagaki, 2002. Effects of press closing time on mat consolidation behaviour during hot pressing and on linear expansion of particleboard J. Wood Science 48: 309-314.

- D. Krug, E. Kehr, 2002. Partikelwerkstoffe mit feuerhemmenden Eigenschaften auf Basis von Xylitasche – Einfluss der Schutzmittelart. Holz. Roh-Werksfiff: 7-8.
- Anonymus, 2003. Paraffine für Holzwerkstoffe aus Hamburg. Holz-Zentralblatt Nr. 73: 1007.
- A. Michanickl, C. Boehme, 2003. Method for recovering chips and fibers of bonded wood materials involves passing of steam through a vessel with such materials which have been soaked with a heated impregnation solution. Patent No. DE 10144793, WO.
- K. Kruse, K. Langensiepen, P. Plaschkies, K. Scheiding, W. Weiss, 2004. Schimmelbeständigkeit von Bau – und Holzwerkstoffen. Holz-Zentralblatt Nr. 14: 186.
- E. Sjöblom, B. Johnson, H. Sundström, 2004. Optimization of particleboard production using NIR spectroscopy and multivariate techniques. Forest Products Journal No. 6: 71-75.
- FAOSTAT, 2005. <http://faostat.fao.org>.
- V. Scholz, C. Idler, J. Egert, 2006. Probleme bei der Hackschnitzzellagerung. Holz-Zentralblatt, Nr. 27: 804, 806.
- G. Heslop 2007. The Compak experience – issues and challenge in the development of the market for compak system agri-board technology. Intern. Panels Products Symposium. 17-19 Okt. Cardiff, Wales, UK.
- X. Λυκίδης, 2008. Ανακύκλωση πρώτων υλών ξυλοπλακών μετά την ανάκτησή τους από παλιές ξύλινες κατασκευές (έπιπλα) με χρήση υδροθερμικών χειρισμών. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 2008.
- A. Schirp, B. Dix, P. Meinlschmidt, V. Thole, 2008. Lightweight Particleboards Made from annual and perennial plants based on foamed adhesives. Proceedings of 42nd Intern. Wood Composites Symposium, Washington State University, Seattle, USA.
- A. Wagen führ, F. Scholz, 2008. Taschenbuch der Holztechnik. Fachbuchverlag, Leipzig in Garl Hanser Verlag.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ

- J. Clark, 1955. A new dry process Multi-ply board. Tappi 38: 183-187
Proceedings of International Wood Composites Symposium. Started in 1967 and is continued annually Sponsored by Washington State University, Wood Materials & Engineering Laboratory. Seattle, Washington, USA.
- E. Steck, 1988. An advanced press line system for structural composite boards 21-126. In Proceedings: M. Hamel, D. Robertson, 1988. Structural wood composites: New technologies for expanding markets. Forest Products Society.
- E. Biblis 1989. Properties of commercial OSB from three southern pine mills. Forest Products Journal No. 1: 55-57.
- A.H. Γρηγορίου, 1989. Δομικές πλάκες κατασκευασμένες από ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων. Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες, χρήσεις και προοπτικές εξέλιξης. Επιστ. Επετηρ. Τμήμ. Δασολ. και Φυσ. Περιβ., Τόμος ΑΒ/2, Αρ.8, 145-164.
- C. Davis, 1992. PF Powder resin capabilities in the OSB Industry. In: Proceedings of Structural Panels & Composite Lumber. Two sites of the profit coin: Processing & Products/Markets. Nov. 17,18, Atlanta 1992: p. 7.
- J. Youngquist, 1992. Strength Properties of Wood Composites. In: Vigo, T., Kinzing, B. Composite applications-The role of matrix, fiber, and interface chapter 15:383-400.
- Anonymus, 1994. Die OSB-Platte aus dem schottischen Hochland orientiert sich zunehmend auf den Kontinent. Holz-Zentralblatt Nr. 131/132 1994: 2172-2173.
- D. Pease, 1994. Panels. Products, Applications and Production Trends. Wood Technology. Miller Freeman, Inc.
- C. Adair, 1995. OSB Outlook to the year 2000: Mills, Markets and Opportunities. Wood Adhesives, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Proceedings No. 7296.
- E. Biblis, A. Grigoriou, H. Carino, 1995. Flexural properties of veneer-overlaid OSB composite panels from southern yellow pine. Forest Products Journal Nr. 4: 59-62.

- H. Soine, 1995. Holzwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. Platten, Beschichtungsstoffe Formteile, Türen, Möbel. DRW-Verlag.
- Anonymus, 1996. Hochleistungswerkstoff. OSB bietet für den Innenausbau creative Möglichkeiten. Innenausbau, Magazin, September 1999: 80.
- G. Natus, 1996. Process of OSB. Proceedings. New Challenges for the Wood-Based Panels Industry: Technology, Productivity and Ecology 3rd Eurowood Symposium and 4th FESYP Technical Conference. 1-2/10/1996.
- T. Blackman, 1997. New-generation OSB mill makes long strands. Wood Technology. October 1997: 22-26. A Miller Freeman Publication.
- A.H. Γρηγορίου, Γ. Νταλός, 1997, OSB. Μια νέου τύπου ξυλοπλάκα με προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια στην υπηρεσία των ξύλινων κατασκευών. Οι προοπτικές στην Ελλάδα. Μνημείο και Περιβάλλον – Monument and Environment, 4/1997, 47-60.
- OSB Performance by Design. OSB in Wood Frame Construction. Canadian Edition 1997/98. Structural Board Association.
- Proceedings of the International Panels Products Symposium. Started in 1997 and is Continued. Organized by Bio Composite Centre, Wales, UK.
- S. Smulski, 1997. Engineered Wood Products. A guide for specifiers, designers and users. PFS Foundation.
- C. Boehme, 1998. OSB in Europa-grosse Chancen in naher Zukunft. Teil 1. Gegenwärtige Situation und zukunftsige Entwicklungen von "Oriented Strand Boards". Holz-Zentralblatt Nr. 142: 2114-2115. Teil 2. Herstellungstechnik optimieren und neue Anwendungsgebiete erschliessen. Holz-Zentralblatt, Nr. 145: 2171-2174.
- S.-Y. Wang, B.-J. Chen, 2001. The flake's alignment efficiency and orthotropic properties of oriented strand board. Holzforschung: 97-103.
- A. Papadopoulos, E. Traboulay, 2002. Dimensional stability of OSB made from acetylated fir strands. Holz Roh-Werkstoff: 84-87.
- E. Roffael, 2002. Verleimungsarten bei der Herstellung von OSB Holz-Zentralblatt Nr. 144: 1734-1735.
- J. Brochmann, C. Edwardson, R. Shmulsky, 2004. Influence of resin type flake thickness on properties of OSB. Forest Products Journal: 51-55.
- E. Roffael, T. Schneider, C. Behn, R. Pedieu, 2004. Alternativen zu OSB – Strands aus Industrieholz. Holz-Zentralblatt Nr. 48: 633-634.
- S. Tobisch, A. Weber, L. Björn, 2004. Entwicklung nach Formbarer OSB Holz-Zentralblatt Nr. 68: 888.
- N. Ayrilmis, S. Nami Kartal, T. Laufenberg, J. Winandy, R. White, 2005. Physical and mechanical properties and fire, decay and termite resistance of treated oriented strandboard. Forest Products Journal Nr. 5: 74-81.
- X. Λυκίδης, Α. Γρηγορίου, 2005. Αξιολόγηση της ποιότητας ξυλοπλακών τύπου OSB της ελληνικής αγοράς. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, V, Τεύχος 1-2: 19-29.
- W. Paul, M. Ohlmeyer, H. Leithoff, M. Boonstra, A. Pizzi, 2006. Optimizing the properties of OSB by one – stop heat pre-treatment process. Holz Roh – Werkstoff: 227-234.
- EN 300, 2007. Oriented strandboards (OSB). Definitions, classification and specifications. European Standard.
- L. Moya, J. Winandy, W. Tze, S. Ramaswamy, 2008. Use of fire-impacted trees for oriented strandboards. Forest Products Journal Nr. 6: 45-52.
- A. Taylor, S. Wang, C. Freitag, J. Morrel, 2008. Properties of enhanced OSB subfloor panels. Forest Products Journal Nr. 5: 77-79.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ

- Andrew Dick Wood, 1963. Plywoods of the world. Their Development, Manufacture und Application. Johnston & Bacon LTD.
- Autorenkollektiv, 1966. Furnierplatten. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Proceedings of International Wood Composites Symposium. Started in 1967 and is continued annually, Sponsored by Washington State University, Wood Materials & Engineering. Seattle, Washington, USA.
- P. Koch, 1985. Utilization of Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. Volume III. Products and Prospective. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook Nr. 605.
- Anonymus, 1986. Eine neue Holzwerkstoffplatte, aus gesägten Holz verleimt. Holz-Zentralblatt Nr. 6: 74-75.
- B. Dix, 1987. Untersuchungen zur Verleimung von Furniersperrholz mit modifizierten Diisocyanat – Klebstoffen. Holz Roh-Werkstoff: 487-494.
- S. Loehnirtz, 1988. A continous press dryer for veneer. Forest Products Journal Nr. 9: 61.
- A. Grinder, 1988. Neue Herstellungstechniken für Sperrholz. Holz-Zentralblatt Nr. 57/58: 893.
- T. Sellers, D. Gardner, 1989. Variables affecting the suitability of filler raw materials for adhesives used to bond structural plywood. Forest Products Journal Nr. 3: 34-38.
- K. Faherty, T. Williamson, 1989. Wood engineering and construction Handbook. Mc Graw-Hill. Publishing Company.
- T. Sellers, 1989. Diisocyanate/furfural adhesive for bonding plywood. Forest Products Journal No. 11/12: 53-56.
- K. Achlig, M. Scheithauer, 1990. Wasserlösliche Farbstoffe zum Färben von Furnier. Holztechnologie Nr. 3: 124-127.
- E. Wiesner, 1990. Massivholzplatten: Neur Chancen für das Holz. Holz-Zentralblatt Nr. 126: 1932.
- H. Spelter, 1991. Recent Developments in veneer peeling quality variables. Panel World: 54.
- D. Annett, C. Bowering, 1991. High frequency heating in LVL manufacturing yields significant cost reduction. Proceedings 25th Intern. Particleboard/Composite Materials Symposium W.S.U. Seattle, USA.
- A. Marra, 1992. Technology of wood bonding. Principles in Practice Van Nostrand Reinhold.
- W. Groah, G. Gramp, 1992. The effect of surface ply thickness on formaldehyde emissions from a diffuse porous hardwood. Forest Products Journal: 54-56.
- G. Schulte, 1992. Die Zukunft des Furnierlagenholzes aus Buche. Zur Philosophie der Streifentechnologie für die Schäl furniergewinnung. Holz Roh-Werkstoff: 369-375.
- K. Fritzen, M. Gerold, E. Kabelitz, W. Ruske, G. Steck, G. Wagner, 1992. Kerto-Furnierschichtholz. Kerto Handbuch 2000.
- E. Biblis, H. Carino, 1992. Factors influencing the flexural properties of fingerjoined southern pine LVL. Forest Products Journal Nr. 1: 41-46.
- E. Gehri, 1993. Holzwerkstoffe auf Furnierbasis. Schicht-und Sperrhölzer für den statischen Einsatz 25. SAH Fortbildungskurs 1993, Zürich.
- D. Pease, 1994. Panels. Products, Applications and Production Trends. Wood Technology, Miller Freeman Inc.
- T. Bierwirth, 1994. Die industrielle Verleimung von Massivholzplatten. Holz-Zentralblatt Nr. 137/138: 2307-2308.
- R. Baldwin, 1995. Plywood and veneer – based products. Manufacturing practices. Miller Freeman Books.
- H. Soine, 1995. Holzwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. DRW-Verlag.
- A. Bandel, 1995. Gluing wood. Catas.
- T. Slodyc, 1995. Possible developments in plywood glueing technology. Xilon International No. 87: 73-75.

- J. Haygreen, J. Bowyer, 1996. Forest Products and Wood Science. An Introduction. Iowa State University Press/Ames, Iowa, USA.
- E. Biblis, 1996. Comparison of flexural and shear properties of southern pine LVL and lumber from young plantation and natural stands. *Ann. Sei For*: 1167-1175.
- H.-J. Deppe, 1996. Zum Einsatz von Massivholzplatten im Möbelbau. *Holz-Zentralblatt* Nr. 90: 1389.
- Proceedings of the International Panels Products Symposium. Started in 1997 and is continued. Organized by Bio-Composite Centre, Wales, UK.
- S. Smulski, 1997. Engineered wood products. A guide for specifiers, designers and users. PES Research Foundation, Madison, Wisconsin, USA.
- R. Ross, S. Willits, W. V. Seegen, T. Black, B. Brashaw, R. Pellerin, 1999. A stress wave based approach to NDE of logs for assessing potential veneer quality. Part 1. small-diameter ponderosa pine. *Forest Products Journal* Nr. 11/12: 60-62.
- A. Wagenführ, 1999. Das neue Jahrtausend – ein Furnierzeitalter? *Holz-Zentralblatt* Nr. 142: 33.
- E. Biblis, H. Carino, 2000. Flexural properties of southern pine plywood overlaid with fiberglass-reinforced plastic.
- H. Sasaki, H. Yamauchi, L.-F. Ma, O. Pulido, M. Kataya, S. Kawai, 2000. Technology for the Production of cylindrical LVL. *Proceedings 5th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium* Cambera, Australia Dec. 10-13, 2000: 215-219.
- G. Troughton, C. Lum, 2000. Pilot plant evaluation of steam-injection pressing for LVL and plywood products. *Forest Products Journal* Nr. 1: 25-28.
- P. D. Evans, 2000. *Proceedings of 5th Pacific Rim-Bio-Based Composite Symposium*. Cambera, Australia.
- F. Bao, F. Fu, E. Choong, C.-Y. Hse, 2001. Contribution factor of wood properties of three poplar clones to strength of laminated veneer *Wood and Fiber Science*. Nr. 3: 345-352.
- B. Ozarska, 2001. A review of the utilization of hardwoods for LVL *Wood Science and Technology*: 341-351.
- EN 12775, 2001. Solid wood panels. Classification and terminology. European Standard.
- R. Shmulsky, 2002. Effect of log storage on structural veneer processing. *Forest Products Journal* Nr. 4: 82-84.
- EN 13353, 2003. Solid wood panels. Requirements. European standard.
- H. Spielvogel, 2003. Furnier ohne Verformungen aus dem Trockner. *Holz-Zentralblatt* Nr. 3: 86.
- J. Neese, J. Reeb, J. Funck, 2004. Relating traditional surface roughness measures to gluebond quality in plywood. *Forest Products Journal* Nr. 1: 67-73.
- FAOSTAT, 2005. <http://faostat.fao.org>.
- B. Jianhe Wang, C. Dai, 2005. Hot pressing stress graded aspen for laminated veneer lumber (LVL). *Holzforschung*: 10-17.
- J. Aderhold, P.A. Buddenberg, R. Marutzky, 2006. Neue Chancen für die Sperrholzindustrie in Deutschland. *Furnier Magazin*. Supplement von *Holz-Zentralblatt*, DRW-Verlag.
- H. R. Mansouri, A. Pizzi, J.-M. Leban, 2006. Improved water resistance of UF adhesives for plywood by small PMDI additions. *Holz Roh-Werkstoff* Nr. 3: 218-220.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (MDF)

L. E. Algers, 1966. Particle board and hardboard. Pergamon Press. *Proceedings of International*

- O. Suchsland, G. Woodson, C. McMillin, 1983. Effect of hardboard process variables on fiberbonding. *Forest Products Journal*: 58-64.
- N. Fadl, M. Rakha, 1984. Influence of pH of phenol-formaldehyde resin and thermal treatment on the properties of hardboard. *Holz Roh-Werkstoff*: 59-62.
- P. Koch, 1985. Utilization of hardwoods on southern pine sites. Volume III. Products and Prospective. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook Nr. 605.
- H. Neusser, 1985. Die qualitativen Eigenschaften von Holzfaserplatten im Hinblick auf ihre Anwendung. *Holztechnologie* Nr. 4: 199-203.
- O. Suchsland, G. Woodson, C. McMillin, 1985. Binderless fiberboard from two different types of fiber furnishes. *Forest Products Journal* No. 2: 63-68.
- S. Smulski, G. Ifju, 1987. Flexural behaviour of glass fiber reinforced hardboard. *Wood and Fiber Science*: 313-327.
- J. Hunt, D. Gunderson, 1988. FPL – Spaceboard Development. USDA Forest Service, FPL. Madison. In: Proceedings of the 1988 corrugated containers conference. Orlando, GA. TAPP: 11-17.
- A. Winkler, V. Schmitt, 1988. Untersuchungen zur Herstellung von Hartfaserplatten aus vier Holzarten Ungarns. *Holzforschung und Holzverwertung* Nr. 6: 133-136.
- J. Resnik, 1989. Investigations on a composite board made of fiberboard and veneer layers. *Holz Roh-Werkstoff*: 105-109.
- A. Moslemi, M. Hamel, 1989. Fiber and Particleboards bonded with inorganic binders Conference Proceedings. Forest Products Society, USA.
- Handbook of Wood and wood – based materials for engineers, Architects, and Builders – Forest Products Laboratory, 1989. Hemisphere Publishing Corporation.
- H. Pecina, Z. Bernaczyk, 1991. Investigation into the manufacture of hard wood fibers boards in the drying process using lignin – phenol – glues. *Holz Roh – Werkstoff*: 207-211.
- J. Haygreen, J. Bowyer, 1996. Forest and Wood Science. An Introduction. Iowa State University Press/Ames, Iowa.
- C. Carl, 1997. Review of thickness swell in hardboard siding. Effect of Processing variables. United States Department of Agriculture. Forest Service, Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-96.
- Proceedings of the International Panels Products Symposium. Started in 1997 and is continued. Organized by Bio-Composite Centre, Wales, UK.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ζ

- Proceedings of International Wood Composites Symposium. Started in 1967 and is continued annually. Sponsored by Washington State University, Wood Materials & Engineering Laboratory. Seattle, Washington, USA.
- P. Topf, 1989. Brandverhalten von mineralisch gebundenen Platten *Holz Roh-Werkstoff*: 415-419.
- Th. Hilbert, U. Schmidt, 1990. Eigenschaften und Struktur gipsgebundener Spanplatten in Abhängigkeit vom Wasser-Bindemittel-Verhältnis. *Holz Roh-Werkstoff*: 41-46.
- B. Schubert, O. Wienhau, O. Blossfeld, 1990. Untersuchungen zum System Holz-Zement. Einfluss unterschiedlicher Zementarten auf das Abbindeverhalten von Holz-Zement-Mischungen. *Holz Roh-Werkstoff*: 185-189.
- K. Lempfer, Th. Hilbert, H. Günzerodt, 1990. Development of gypsum-bonded particleboard manufacture in Europe. *Forest Products Journal* Nr. 6: 37-40.
- E. Roffael, B. Dix, 1991. Orientierende Untersuchungen zum Verhalten des Splint- und Kernholzes der Pappel bei der Zementbindung. *Holz Roh-Werkstoff*: 373-376.
- D. Miller, A. Moslemi, 1991. Wood-cement composites: effect of model compounds on hydration characteristics and tensile strength. *Wood and Fiber Science* Nr. 4: 472-482.

- V. Thole, D. Weiss, 1992. Eignung von Einjahrespflanzen als Zuschlagstoffe für Gipsspanplatten. Holz Roh-Werkstoff: 241-252.
- M. Simatupang, H. Lange, 1992. Herstellung, Eigenschaften und Anwendung mineralisch gebundener Holzwerkstoffe. I. Holz-Zentralblatt Nr. 20: 324, 326.
- M.S. Rocshwan, M. Hatzinikolas, R. Zmavc, 1992. Development of a lightweight low-cost concrete block using wood residue. Forest Products Journal No. 5: 57-64.
- A. Moslemi, 1993. Inorganic – Bonded wood and fiber composite materials – Vol. 3. Proceedings of 3rd Intern. Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conference, Univ. Idaho, 28-30 Sept. Spokane, Washington, USA.
- N. Yossifof, P. Khristova, S. Gabir, 1996. Agro-cement panels from sunflower stalks. Proceedings of 5th Intern. Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Conference. Sept. 25-27 Spokane, Washington, USA.
- Al. Moslemi, 1997. Fiber-Cement. New kid on the building block. Wood technology: 38-40.
- K. Porter, 1998. Fiber-cement plant is first for ABT co. Wood Technology: 52-54.
- E. Kurpiel, 1998. Gypsum fibreboard: a \$ 1 billion market? Wood Technology: 22-28.
- M. Simatupang, F.-W. Bröker, 1998. Properties and hygroscopic isotherm of cement-bonded particleboards and fibreboards made by carbon dioxide injection method and conventional methods Holz Roh-Werkstoff: 275-276.
- H.-J. Deppe, K. Ernst, 2000. Taschenbuch der Spanplattentechnik DRW-Verlag.
- K. Semple, P. Enans, 2000. Adverse effects of heartwood on the mechanical properties of wood-wool cement boards manufactured from radiata pine wood. Wood and Fiber Science No. 1: 37-43.
- C. Huang, P. Cooper, 2000. Cement-bonded particleboards using CCA-treated wood removed from service. Forest Products Journal Nr. 6: 49-56.
- P.D. Evans, 2000. Proceedings of 5th Pacific Rim-Bio-Based Composite Symposium. Cambera, Australia.
- A. Moslemi, 2000. Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Conference Proceedings No. 7.
- H. Miyafuji, S. Saka, 2001. Na₂O-SiO₂ wood-inorganic composites prepared by the sol-gel process and their fire-resistant properties. J. Wood Sci.: 483-489.
- Y.-H. Deng, T. Furuno, Y.-F. Wu, 2001. Effect of buffers on gypsum particleboard properties. J. Wood Sci.: 356-361.
- Y. Min Wei, B. Tomita, 2001. Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards. J. Wood Sci.: 437-444.
- Y.-H. Deng, T. Furuno, 2001. Properties of gypsum particleboard reinforced with polypropylene fibers. J. Wood Sci.: 445-450.
- M. Dunky, P. Niemz, 2000. Holzwerkstoffe und Leime. Technologie und Einflussfaktoren. Springer-Verlag.
- Y. Zhou, D.P. Kamdem, 2002. Effect of cement/wood ratio on the properties of cement-bonded particleboard using CCA-treated wood removed from service. Forest Products Journal, No. 3: 77-81.
- Y. Deng, T. Furuno, 2002. Study on gypsum-bonded particleboard reinforced with jute fibers. Holzforschung: 440-445.
- K.-U. Gliniorz, 2002. Holzleichtbeton. Mineralisiertes Holz im statischen Einsatz. Mikado Nr. 2: 64-66.
- G. Zeppenfeld, D. Grunwald, 2005. Klebstoffe in der Holz-und Möbelindustrie. DRW-Verlag.
- B. Ajayi, 2006. Properties of maize-stalk- based cement-bonded composites. Forest Products Journal No. 6: 51-55.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Η

- J. Collier, 1967. Wood Finishing. Pergamon Press.
- R. Scharff, 1968. Complete Book of Wood Finishing. Faber and Faber, London.
- Deutsche Gesellschaft für Holzforschung 1981. Oberflächenbehandlung von Holz und Holzwerkstoffen. Insbesondere bei Verwendung im Aussenbereich. Merkheft Nr. 11.
- H. Soine, 1995. Holzwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. Platten, Beschichtungsstoffe, Formteile, Türen, Möbel. DRW-Verlag.
- A. Bandel, 1995. Gluing wood. CATAS svl. Udine.
- D. Crump, 1995. Behandlung von Holzoberflächen. Ravensburger Buchverlag.
- E. Bagda, 1996. Emissionen aus Beschichtungsstoffen. Stand der Technik, Analyse der Emissionen und deren Einfluss auf die Innenraumluft. Expert. Verlag.
- H.-J. Deppe, K. Ernst, 2000. Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRW-Verlag.
- J. Prieto, J. Keine, 2007. Holzbeschichtung. Chemie und Praxis. Vincentz Network.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Θ

- T. Godish, 2001. Indoor Environmental Quality. Lewis Publishers, GRC Press.
- F. Bulian, R. Battaglia, S. Ciroi, 2003. Formaldehyde Emission from wood based panels. Holz Roh-Werkstoff: 213-215.
- Fr. Bulian, S. Ciroi, B. Meyer, R. Marutzky, 2004. Formaldehyde Testing of Wood – Based Panels : Correlations between European and Japanese Test Methods. 4th European Wood – Based Panel Symposium, 15-17 Sept. 2004, Hanover/Germany.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 2005. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to human. Press Release N° 153. <http://www.iarc.fr>.
- J. Sharp, 2005. Formaldehyde – The big issue. Wood Based Panels International, Issue 2,: 62-66.
- I. Πετειναράκης, Π. Κάββουρας, 2005. Το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από σύνθετα προϊόντα ξύλου και εξελίξεις για την επίλυσή του. Δασική Έρευνα: 77-90
- Π. Κάββουρας, I. Πετειναράκης, 2006. Ανάπτυξη βελτιωμένης κόλλας ουρίας-φορμαλδεΐδης, μέσω μελέτης της υδρολυτικής σταθερότητάς της. Δασική Έρευνα: 49-58.
- Formacare, 2006. Formaldehyde toxicology – scientific update Information. (December 2006). Sector group of the European chemical industry council. www.formacare.org.
- A. Barry, D. Corneau, 2006. Effectiveness of barriers to minimize VOC emissions including formaldehyde. FPJ Nr.: 38-42.
- Lignatec, 21/2008. Holzwerkstoffe in Innenräumen. Merkblatt zur Sicherstellung einer tiefen Formaldehyd – Raumluftkonzentration. Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich.
- R. Marutzky, H. Schwab, B. Meyer, 2008. European Formaldehyde Test Methods: Procedures and Practical Experiences. 42nd Intern. Wood Composites Symposium Proceedings Washington State University, Seattle, WA, USA.
- Proceedings of International wood composites symposium. Started in 1967 and is continued annually. Sponsored by Washington State University Wood Materials & Engineering Laboratory. Seattle Washington, USA.
- Proceedings of the International Panels Products Symposium started in 1997 and is continued. Organized by bio composite centre Wales, UK.
- www.formaldehyde-europe.org
- www.formacare.org