

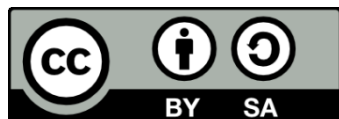


Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου

Ενότητα 10: Χαρτί

Ιωάννης Φιλίππου

Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



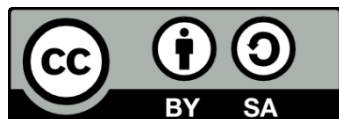
Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Χαρτί



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Πολτοποίηση
2. Χειρισμός του πολτού μετά την πολτοποίηση
3. Είδη χαρτιού



Σκοποί ενότητας

- Γνώση της διαδικασίας πολτοποίησης.
- Κατανόηση του χειρισμού του πολτού μετά την πολτοποίηση.
- Εξοικείωση με τα είδη χαρτιού.
- Γνωριμία και εξοικείωση με τις τεχνικές παραγωγής του χαρτιού.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Πολτοποίηση

Πολτοποίηση (1/9)

- Τα σπουδαιότερα βιομηχανικά προϊόντα του ξύλου που παράγονται με χημική επεξεργασία είναι ο ξυλοπολτός (χαρτοπολτός), το χαρτί και τα πολυμερή παράγωγα της κυτταρίνης. Ο ξυλοπολτός αποτελεί πρωτογενή βιομηχανική παραγωγή, ενώ το χαρτί και τα παράγωγα της κυτταρίνης παράγονται από το χαρτοπολτό.



Πολτοποίηση (2/9)

- Ο ξυλοπολτός (πολτός, χαρτοπολτός ή χαρτόμαζα) θεωρείται μια από τις σπουδαιότερες και πολυτιμότερες μορφές αξιοποίησης του ξύλου. Η ετήσια παγκόσμια και παραγωγή ξυλοπολτού ανέρχεται σε 173.300.000 τόνους περίπου και αποτελεί το 90,7% της συνολικής παραγωγής χαρτοπολτού. Το υπόλοιπο 9,3% παράγεται από άλλες φυτικές ίνες (άχυρο, σακχαροκάλαμο, σπάρτο, μπαμπού, λινάρι, καννάβι, βαμβάκι κ.ά.).



Πολτοποίηση (3/9)

- Για την παραγωγή του ξυλοπολτού καταναλίσκονται περί τα 650.000.000 m³ ξύλου, δηλ. περισσότερο από το 1/3 του υλοτομούμενου κάθε χρόνο ξύλου παγκοσμίως.
- Είναι αξιοσημείωτο το ότι 210.000 τόνοι ανακτημένου πολτού (περίπου 53 % της παγκόσμιας κατανάλωσης πολτού) γίνεται μέσω της ανακύκλωσης παλαιοχάρτων που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης στα δάση για περισσότερες υλοτομίες καθώς και τη μείωση του κόστους παραγωγής χαρτιού.



Πολτοποίηση (4/9)

- Ξυλοπολτός παράγεται για δύο κυρίως λόγους: α) για την παραγωγή ινών με σκοπό την χρησιμοποίηση του στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων χαρτιού, χαρτοσανίδων, χαρτοκιβωτίων και ινοσανίδων, και β) για την παραγωγή καθαρής κυτταρίνης και παραγώγων κυτταρίνης.



Πολτοποίηση (5/9)

- Ο ξυλοπολτός παράγεται με πολτοποίηση (αποΐνωση) του ξύλου που αποβλέπει στην διάλυση της φυσικής δομής του και στην παραγωγή ελεύθερων ινών (κυττάρων). Η πολτοποίηση συχνά περιλαμβάνει εκτός από την αποΐνωση και άλλες επεξεργασίες που αποσκοπούν να προσδώσουν ιδιότητες στις ίνες κατάλληλες για το τελικό προϊόν που προορίζονται.



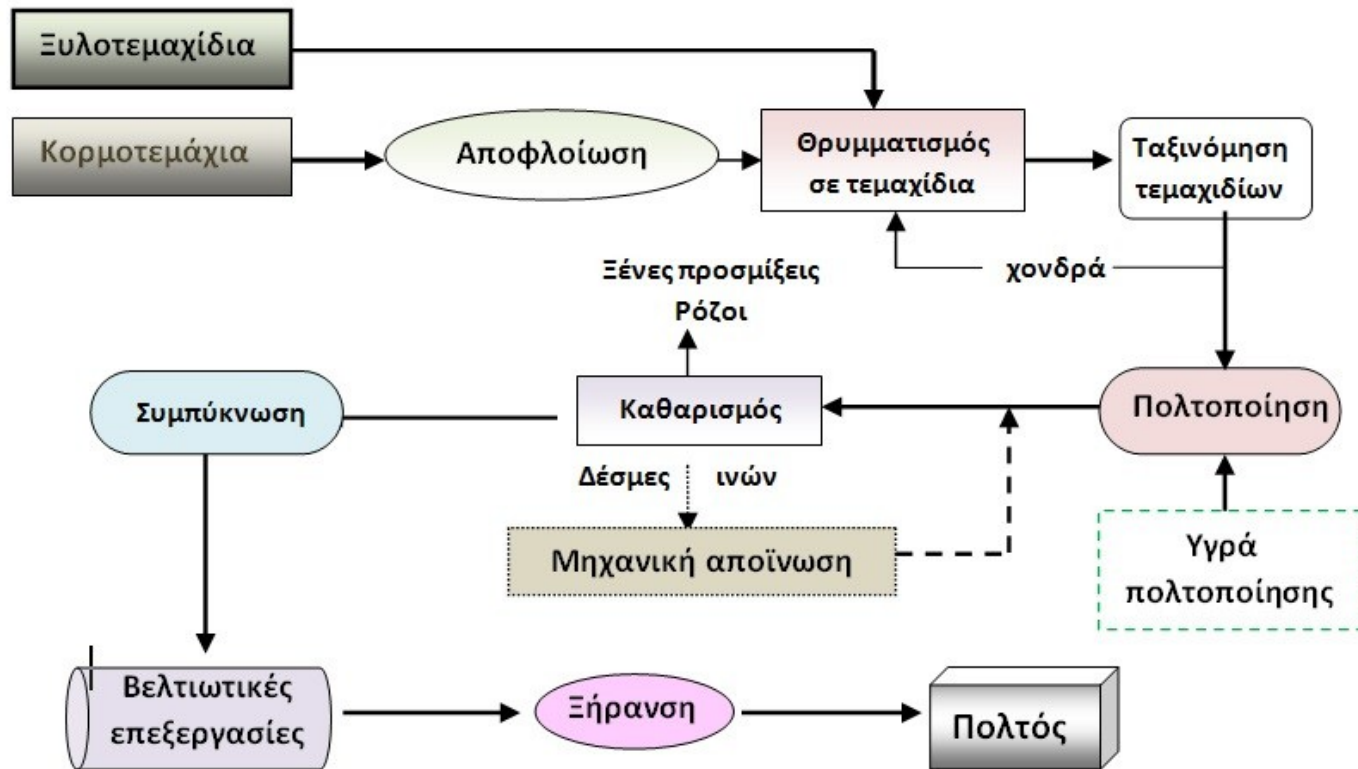
Πολτοποίηση (6/9)

- Για να πετύχει ο σκοπός αυτός κατά τον οικονομικότερο τρόπο έχουν επινοηθεί πολλές μέθοδοι πολτοποίησης κάθε μια ειδικά προσαρμοσμένη σε μια κατηγορία πρώτης ύλης και μια συγκεκριμένη κατηγορία επιθυμητών τελικών προϊόντων.
- Τα βασικά στάδια παραγωγής χαρτοπολτού δίνονται στο Σχήμα 10.1.



Πολτοποίηση (7/9)

Σχήμα 10.1. Διάγραμμα βασικών σταδίων παραγωγής ξυλοπολτού



Πολτοποίηση (8/9)

- Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται ξύλο σε μορφή στρογγυλής ξυλείας, θρυμματισμού, εξακριδίων και άλλων υπολειμμάτων μηχανικής κατεργασίας του. Χρησιμοποιείται κυρίως ξύλο κωνοφόρων (σε ποσοστό περισσότερο από 80%). Τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται προσπάθειες χρησιμοποίησης στην παραγωγή ξυλοπολτού όλων των υπολειμμάτων κατεργασίας και υλοτομίας (whole tree utilization) και μεγαλύτερων ποσοτήτων ξύλου πλατυφύλλων ειδών.



Πολτοποίηση (9/9)

- Γενικά η παραγωγή ξυλοπολτού απαιτεί αποφλοίωση και θρυμματισμό του ξύλου σε ξυλοτεμαχίδια (chips) ορισμένων διαστάσεων, ανάλογα με τη μέθοδο πολτοποίησης.
- Ανάλογα με τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την αποϊνώση του ξύλου οι διάφορες μέθοδοι πολτοποίησης διακρίνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες: Μηχανικές μέθοδοι (μηχανικός πολτός), χημικές μέθοδοι (χημικός πολτός) και ημιχημικές μέθοδοι (ημιχημικός πολτός).



Πολτοποίηση με μηχανικές μεθόδους

- Στις μηχανικές μεθόδους πολτοποίησης η αποΐνωση γίνεται με αποτριβή του ξύλου σε κυλινδροτριβείς ή μυλόπετρες (stone griders) ή σε ειδικούς δισκοτριβείς (disk refiners) παρουσία μεγάλης ποσότητας νερού που απομακρύνει τις παραγόμενες ίνες. Η κάθε μέθοδος περιλαμβάνει υπομεθόδους, ανάλογα με τις συνθήκες που χρησιμοποιεί και τις επιδιωκόμενες ιδιότητες του ξυλοπολτού.



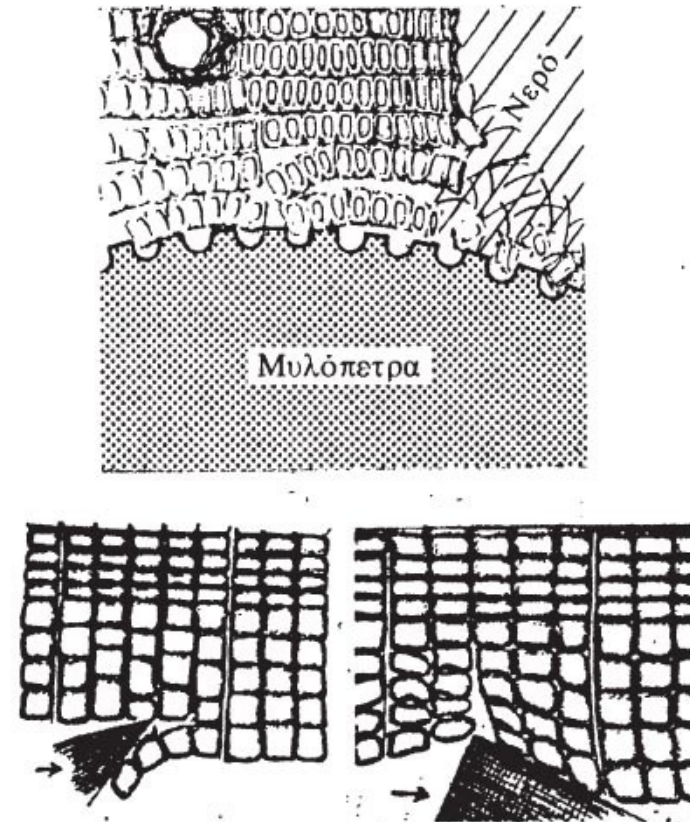
Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (1/9)

- Η πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (μυλόπετρες) είναι η αρχαιότερη μέθοδος πολτοποίησης του ξύλου. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1843 από το Keller στη Γερμανία και εξακολουθεί να αποτελεί βασική μέθοδο παραγωγής μηχανικού χαρτοπολτού.
- Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται αποφλοιωμένα κορμοτεμάχια κωνοφόρων μικρής πυκνότητας όπως ελάτη, ερυθρελάτη, λάρικα και σπανιότερα πεύκη.



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (2/9)

Σχήμα 10.2. Μηχανική πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (3/9)

- Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται σε αυξανόμενες ποσότητες και πλατύφυλλα με ανοικτό χρώμα όπως λεύκη, ευκάλυπτος σημύδα και άλλα ελαφρά πλατύφυλλα.
- Τα κορμοτεμάχια που έχουν μήκος 40-180 εκ. πιέζονται με το κατά μήκος άξονα τους παράλληλα στην επιφάνεια του κυλινδροτριβέα που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα. Η αποτριβή γίνεται παρουσία νερού (θερμοκρασίας 50-90°C). Το νερό βοηθά στην μαλάκωση (πλαστικοποίηση) του ξύλου, στην αποφυγή υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται λόγω της τριβής και στην απομάκρυνση των ινών από την ζώνη τριβής.



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (4/9)

- Ο παραγόμενος πολτός (groundwood ή stone groundwood, GW ή SGW) αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από δέσμες ινών (κυττάρων), σπασμένες ίνες και ίνες μικρού μήκους και πάχους (fines).
- Η χημική σύσταση των ινών δεν μεταβάλλεται (περιέχει όλα τα συστατικά) και η απόδοση του ξύλου σε πολτό είναι μεγάλη (95-99%).



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (5/9)

- Οι ίνες του πολτού είναι δύσκαμπτες και η συνοχή τους στο χαρτί δεν είναι πολύ καλή με αποτέλεσμα το παραγόμενο χαρτί να έχει σχετικά χαμηλές μηχανικές αντοχές.
- Υψηλό ποσοστό (μέχρι 50 %) μικρών και λεπτών ινών (fines) βοηθά σε καλύτερη συγκόλληση. Από άλλη όμως άποψη, το παραγόμενο χαρτί είναι ελαφρύ, λείο και ανθεκτικό στη συμπίεση του πιεστηρίου, επιτρέπει εκτύπωση με τεχνικές μεγάλης ταχύτητας και επίτευξη ικανοποιητικής λευκότητας (75-80 %).



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (6/9)

Νεότερες παραλλαγές της μεθόδου χρησιμοποιούν:

1. νερό με πίεση που αυξάνει τη θερμοκρασία (105-125°C) στη περιοχή αποτριβής του ξύλου κατά την πολτοποίηση με αποτέλεσμα κάποια μαλάκυνση του ξύλου, καλύτερο αποχωρισμό των ινών, κατανάλωση μικρότερης ποσότητας ενέργειας και παραγωγή πολτού (pressure stone ground wood, PSGW) καλύτερης ποιότητας.



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (7/9)

2. προσθήκη μικρών ποσοτήτων χημικών (Na_2SO_3 , NaHSO_3 ή $\text{Na}_2\text{S}+\text{NaOH}$) πριν ή κατά την διάρκεια της πολτοποίησης (chemigroundwood, CGW), ή μεγάλη πίεση και χημικά (chemipressurized groud wood, CPGW).
3. Οι παραλλαγές αυτές παράγουν χαρτοπολτό καλύτερης ποιότητας, είναι κατάλληλες και για βαριά πλατύφυλλα, απαιτούν λιγότερη ενέργεια, αλλά έχουν μικρότερη απόδοση (80-90%).



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (8/9)

- Ο μηχανικό πολτός χρησιμοποιείται συνήθως σε χαρτί εφημερίδων, περιτυλίξεως, χαρτοπετσετών και παρόμοιων προϊόντων όπου δεν απαιτείται μεγάλη μηχανική αντοχή. Για παραγωγή καλύτερης ποιότητας χαρτιού χρησιμοποιείται σε μίξη με χημικό πολτό (15-20%).



Πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς (9/9)

- Ένα από τα μειονεκτήματα όλων των ειδών μηχανικού πολτού είναι το κιτρίνισμα με τη πάροδο του χρόνου, λόγω του υψηλού ποσοστού λιγνίνης που περιέχουν. Κύριο πλεονέκτημα του μηχανικού πολτού, σε σύγκριση με τον χημικό, είναι το χαμηλό κόστος που οφείλεται στην μεγάλη απόδοση (σχεδόν διπλάσια) και στο χαμηλότερο κόστος ενέργειας.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (1/10)

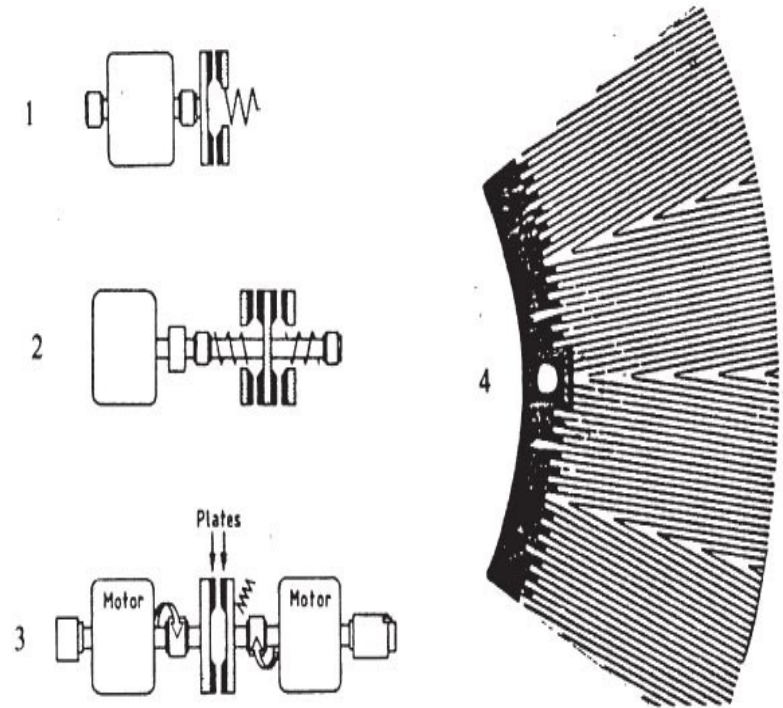
- Στην πολτοποίηση με δισκοτριβείς (disc refiners) το ξύλο θρυμματίζεται σε ξυλοτεμαχίδια (chips). Τα ξυλοτεμαχίδια πλένονται για να απομακρυνθούν τυχόν άμμος, πετραδάκια ή μεταλλικά υπολείμματα τα οποία θα μπορούσαν να προξενήσουν ζημιά στους δίσκους.
- Χρησιμοποιείται κυρίως ξύλο κωνοφόρων σε μορφή βιομηχανικού ξύλου, υπολειμμάτων βιομηχανιών κατεργασίας ξύλου, ακόμη και πριονίδι.
- Τα ξυλοτεμαχίδια με υγρασία 50-90% οδηγούνται στους δισκοτριβείς και πολτοποιούνται με αποτριβή μεταξύ των αντίθετα περιστρεφόμενων δίσκων του τριβέα με σύγχρονη δράση άφθονου νερού.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (2/10)

Σχήμα 10.3 . Κυριότεροι τύποι δισκοτριβών

1. απλός δισκοτριβέας με ένα σταθερό και ένα κινούμενο δίσκο.
2. διπλός δισκοτριβέας
3. απλός δισκοτριβέας με δύο αντίθετα περιστρεφόμενους δίσκους.
4. Η επιφάνεια των δίσκων φέρει ειδικές ραβδώσεις αποτριβής).



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (3/10)

- Η πολτοποίηση γίνεται σε δύο ή σπανιότερα σε περισσότερους δισκοτριβείς (στάδια). Στο πρώτο στάδιο παράγονται ίνες, δέσμες ινών και σπασμένα κύτταρα όπως και στην πολτοποίηση με κυλινδροτριβείς αλλά έχουν μεγαλύτερο μέσο μήκος. Στο δεύτερο ή και στο τρίτο στάδιο γίνεται αποτριβή των κυτταρικών τοιχωμάτων σε δέσμες μικροϊνιδίων.
- Γενικά ο παραγόμενος πολτός (refiner mechanical pulp, RMP) είναι καλύτερης ποιότητας (έχει μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια, μεγαλύτερο μέσο μήκος ινών και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή) από το πολτό που παράγεται σε κυλινδροτριβείς.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (4/10)

- Νεότερη εξέλιξη της μεθόδου αποτελεί η θερμομηχανική πολτοποίηση (thermomechanical pulping) που αποτελεί σήμερα τη κυριότερη μέθοδο παραγωγής πολτού με δισκοτριβείς.
- Τα ξυλοτεμαχίδια πριν οδηγηθούν στους δισκοτριβείς πλένονται και στη συνέχεια ατμίζονται σε κεκορεσμένο ατμό υψηλής πίεσης (θερμοκρασία 115-170°C). Η πολτοποίηση των ατμισμένων ξυλοτεμαχιδίων γίνεται σε δύο στάδια.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (5/10)

- Στο πρώτο στάδιο (πρώτο δισκοτριβέα) επικρατούν οι ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που χρησιμοποιούνται στην άτμιση των ξυλοτεμαχιδίων. Ο παραγόμενος πολτός επαναπολτοποιείται σε άλλο δισκοτριβέα (δεύτερο στάδιο) σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης.
- Μεγάλες δέσμες ή συσσωματώματα ινών ή μερικώς πολτοποιημένα ξυλοτεμαχίδια αποχωρίζονται από τον πολτό με κατάλληλα διαφράγματα (ειδικά κόσκινα) και επαναπολτοποιούνται στο δεύτερο δισκοτριβέα.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (6/10)

- Η άτμιση υπό πίεση μαλακώνει το ξύλο, ιδιαίτερα την λιγνίνη, και βοηθά στον αποχωρισμό των κυττάρων κατά μήκος της μεσοκυττάριας στρώσης και στον διαχωρισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων σε μικροϊνίδια με αποτέλεσμα να παράγεται μακρύϊνος πολτός με λιγότερα σπασμένα κύτταρα.
- Ο παραγόμενος θερμομηχανικός πολτός (thermomechanical pulp, TMP), είναι καλύτερης ποιότητας, έχει μεγαλύτερες και λιγότερο τραυματισμένες ίνες και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή, αλλά είναι σκουρότερος.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (7/10)

- Η απόδοση σε συνήθεις θερμοκρασίες (115-130°C) κυμαίνεται από 90-98%. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες (160-170°C) προκαλείται μερική υδρόλυση των πολυσακχαριτών και της λιγνίνης, η απόδοση πέφτει στο 85-90% και η ποιότητα του πολτού (κυρίως η λευκότητα) χειροτερεύει.
- Πολτός που παράγεται σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή ινοσανίδων και χαρτοσανίδων. Στην περίπτωση αυτή η πολτοποίηση γίνεται σε ένα δισκοτριβέα.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (8/10)

- Η θερμομηχανική πολτοποίηση είναι κατάλληλη για περισσότερα είδη ξύλου από την προηγούμενη μηχανική (χρησιμοποιούνται και διάφορα πλατύφυλλα είτε αμιγή είτε σε μίξη με κωνοφόρα) και αποτελεί σήμερα την δεύτερη κύρια μέθοδο (μετά την πολτοποίηση σε κυλινδροτριβείς) παραγωγής μηχανικού πολτού.
- Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια (περίπου 40-60% περισσότερο από τις άλλες μηχανικές μεθόδους).



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (9/10)

- Είναι όμως ευέλικτη μέθοδος και οι παράμετροι της παραγωγής (ειδική ενέργεια, θερμοκρασία, χρόνος, στάδια, τύπος και ταχύτητα δίσκων κλπ) μπορούν να προσαρμόζονται στη διαθέσιμη μορφή πρώτης ύλης και στη επιθυμητή κάθε φορά ποιότητα, ανάλογα με τη τελική χρήση του πολτού.



Πολτοποίηση με δισκοτριβείς (10/10)

- Νεότερες παραλλαγές των μηχανικών μεθόδων, προσαρμοσμένες κυρίως για πολτοποίηση πλατυφύλλων, χρησιμοποιούν μικρές ποσότητες (2-3%) χημικών (NaOH , NaHSO_3 , Na_2SO_3 ή $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$ (chemimechanical pulping) με τα οποία εμποτίζουν τα ξυλοτεμαχίδια.



Βιο-μηχανική πολτοποίηση (1/2)

- Μία νέα εξέλιξη στη παραγωγή μηχανικού πολτού είναι η βιο-μηχανική πολτοποίηση (biomechanical pulping).
- Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα ξυλοτεμαχίδια σε σωρούς εκτίθενται σε προσβολή από ειδικούς μύκητες (biopulping fungi) για 2-3 εβδομάδες και στη συνέχεια πολτοποιούνται με τη θερμομηχανική μέθοδο.



Βιο-μηχανική πολτοποίηση (2/2)

- Η προκατεργασία των ξυλοτεμαχιδίων με μύκητες έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 25-35% και τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του πολτού
- Οι μύκητες που χρησιμοποιούνται είναι λευκής σήψης, προσβάλλουν, μαλακώνουν και αποικοδομούν μερικώς τη λιγνίνη έτσι ώστε να διευκολύνεται ο διαχωρισμός των.



Πολτοποίηση με χημικές μεθόδους (1/5)

- Με τη χημική πολτοποίηση επιδιώκεται να γίνει αποϊνώση του ξύλου με τη διάλυση της μεσοκυτταρίου στρώσης ώστε να μη προκαλείται μηχανικός τραυματισμός των ινών.
- Τούτο πετυχαίνεται με κατάλληλες χημικές αντιδράσεις οι οποίες διαλύουν και απομακρύνουν την συνδετική ύλη μεταξύ των κυττάρων, κυρίως τη λιγνίνη, αφήνοντας πίσω μια ινώδη κυτταρινική μάζα.



Πολτοποίηση με χημικές μεθόδους (2/5)

- Για βιομηχανική παραγωγή χημικού ξυλοπολτού χρησιμοποιούνται ως βασικά χημικά αντιδραστήρια απολίγνωσης σχετικά φθηνές ανόργανες ενώσεις όπως θειώδες οξύ, όξινα και ουδέτερα θειώδη άλατα ή υδροξύδιο του νατρίου και θειούχο νάτριο.
- Νεότερες μέθοδοι χρησιμοποιούν και ανθρακινόνη σε μείξη με τις παραπάνω ανόργανες ουσίες (anthraquinone pulping) η μόνο οργανικές ουσίες (organosolv pulping).



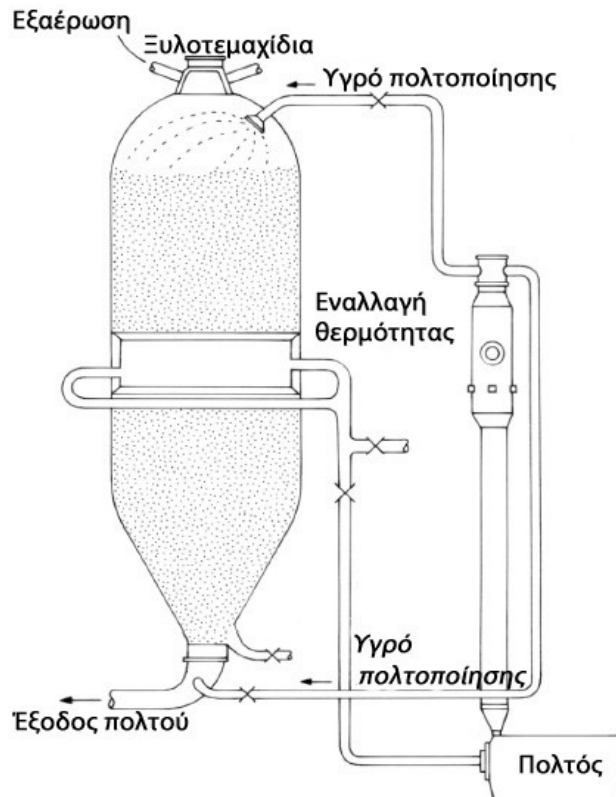
Πολτοποίηση με χημικές μεθόδους (3/5)

- Το ξύλο σε μορφή ξυλοτεμαχιδίων κατεργάζεται με υδάτινα διαλύματα των χημικών αντιδραστηρίων σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση μέσα σε ειδικά χωνευτήρια (σταθερά ή συνεχή).
- Με την κατεργασία αυτή διαλύεται η λιγνίνη στο διάλυμα και το ξύλο αποϊνώνεται με απότομη μείωση της πίεσης και έξοδο των ξυλοτεμαχιδίων (εκτόνωση).

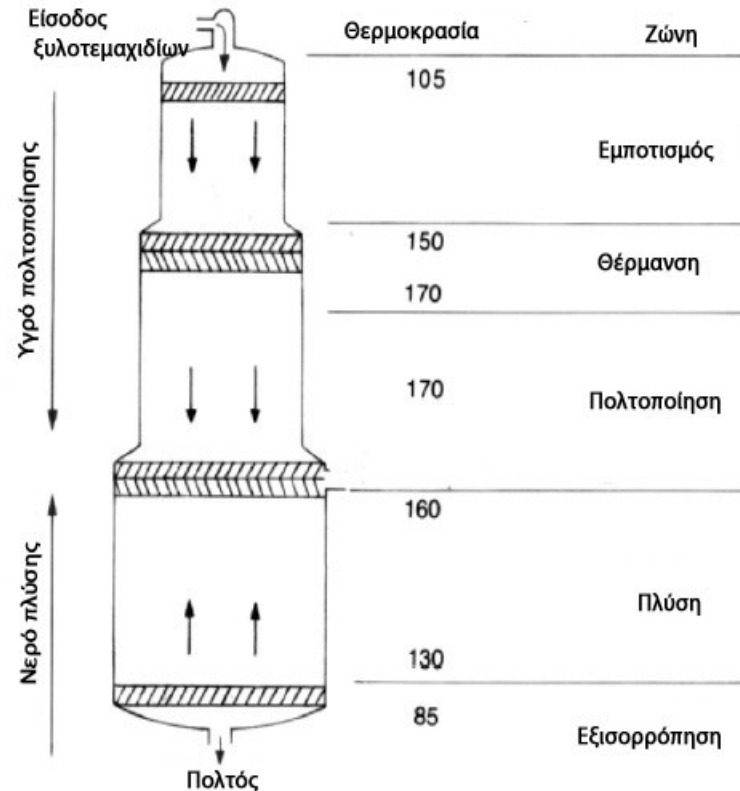


Πολτοποίηση με χημικές μεθόδους (4/5)

Σχήμα 10.4. Χαρακτηριστικά χωνευτηρίων πολτοποίησης



Σταθερό χωνευτήριο



Συνεχές χωνευτήριο



Πολτοποίηση με χημικές μεθόδους (5/5)

- Ανάλογα με την σύσταση του διαλύματος πολτοποίησης οι μέθοδοι χημικής πολτοποίησης διακρίνονται σε δύο γενικές μεθόδους: α) θειώδης μέθοδος και β) αλκαλική μέθοδος.



Θειώδης μέθοδος (1/4)

- Χαρακτηριστικό της όξινης ή θειώδους μεθόδου πολτοποίησης είναι η κατεργασία (απολίγνωση) άφλοιων ξυλοτεμαχιδίων (chips) καθορισμένων διαστάσεων με υδάτινα διαλύματα θειώδους οξέος, όξινων και ουδέτερων θειωδών αλάτων του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου ή αμμωνίου σε θερμοκρασία 110-180°C και πίεση 5-8 atm.
- Το διάλυμα πολτοποίησης (cooking liquor) παρασκευάζεται με διάλυση διοξειδίου του θείου σε νερό και αντίδραση του σχηματιζόμενου θειώδους οξέος με βάσεις ή ανθρακικά άλατα των μετάλλων κατά την αντίδραση.



Θειώδης μέθοδος (2/4)

- Η θειώδης πολτοποίηση γίνεται σε ασυνεχή κυρίως χωνευτήρια. Αποφλοιωμένα ξυλοτεμαχίδια (chips) οδηγούνται στο χωνευτήριο πολτοποίησης και αναμειγνύονται με το διάλυμα πολτοποίησης.
- Η πολτοποίηση γίνεται σε θερμοκρασία 110-180°C και υψηλή πίεση για ορισμένο χρόνο, ανάλογα με τη μέθοδο και τον επιδιωκόμενο βαθμό απολίγνωση.



Θειώδης μέθοδος (3/4)

- Ο παραγόμενος πολτός με τη θειώδη θειώδη μέθοδο είναι καλής ποιότητας, έχει σχεδόν λευκό χρώμα, μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τον μηχανικό πολτό, αλλά μικρότερη από τον αλκαλικό (ή θειϊκό) πολτό.
- Το ποσοστό της λιγνίνης στο πολτό κυμαίνεται ανάλογα με τη συνθήκες πολτοποίησης από 2-10%. Συνθήκες που προκαλούν σχεδόν πλήρη απομάκρυνση της λιγνίνης (μεγάλο βαθμό απολίγνωσης) δίνουν μικρές αποδόσεις, μικρό μήκος ινών αλλά λευκότερο πολτό.



Θειώδης μέθοδος (4/4)

- Ο θειώδης πολτός χρησιμοποιείται για παραγωγή χαρτιού καλής ποιότητας και καθαρής κυτταρίνης (dissolving pulp). Χρησιμοποιείται επίσης σε μίξη με μηχανικούς πολτούς στη παραγωγή διαφόρων ειδών χαρτιού.
- Η παραγωγή πολτού με τη θειώδη μέθοδο είναι πολύ μικρή σε σχέση με την παραγωγή πολτού με την αλκαλική μέθοδο (μέθοδο Kraft) και χρησιμοποιείται κυρίως σε ειδικές κατηγορίες χαρτιού.



Αλκαλική μέθοδος (1/2)

- Η αλκαλική μέθοδος πολτοποίησης του ξύλου βασίζεται στην αλκαλική υδρόλυση της λιγνίνης.
- Διακρίνονται δύο μέθοδοι αλκαλικής πολτοποίησης, η μέθοδος της σόδας και η θειϊκή μέθοδος (ή μέθοδος Kraft).
- Η μέθοδος της σόδας χρησιμοποιεί ως χημικό πολτοποίησης υδάτινο διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) ενώ η θειϊκή μέθοδος υδάτινο διάλυμα μίγματος καυστικού νατρίου και θειούχου νατρίου ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$).



Αλκαλική μέθοδος (2/2)

- Στη μέθοδο της σόδας χρησιμοποιείται μίγμα από 80-85% NaOH και 15-20% Na₂CO₃ και οι δραστικές χημικές ομάδες πολτοποίησης είναι το Na⁺ και το ⁻OH.
- Η μέθοδος της σόδας σήμερα έχει περιορισμένη εφαρμογή. Χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή χαρτοπολτού από άχυρο, βαμβάκι, μπαμπού και σε πολύ μικρή κλίμακα από ορισμένα ελαφριά πλατύφυλλα. Χρησιμοποιείται, επίσης, για παραγωγή ημιχημικού ξυλοπολτού.



Θειϊκή μέθοδος (1/8)

- Η μέθοδος πήρε το όνομα θειϊκή ή θειϊκών αλάτων γιατί το Na_2S παρασκευάζεται με αναγωγή του θειϊκού νατρίου (Na_2SO_4) και το όνομα Kraft (που σημαίνει δύναμη στα γερμανικά) από τη μεγάλη μηχανική αντοχή του πολτού.
- Η θειϊκή μέθοδος (μέθοδος kraft) είναι η σπουδαιότερη μέθοδος παραγωγής πολτού. Με τη μέθοδο Kraft παράγεται το 73% του ξυλοπολτού και το 88% του χημικού ξυλοπολτού, παγκοσμίως.



Θειϊκή μέθοδος (2/8)

- Στη θειϊκή μέθοδο χρησιμοποιείται μίγμα 65-85% NaOH και 15-35% Na₂S και οι δραστικές χημικές ομάδες πολτοποίησης είναι το Na⁺, OH⁻ και το σουλφυδρύλιο HS⁻.
- Στα στερεά του διαλύματος της θειϊκής μεθόδου υπάρχουν και μικρές ποσότητες ανενεργών ουσιών, όπως Na₂SO₃, Na₂S₄, Na₂S₂O₃ κ.ά., υπολείμματα της παραγωγής NaOH και Na₂S.



Θειϊκή μέθοδος (3/8)

- Η πολτοποίηση γίνεται σε pH 13-14, θερμοκρασία 160-180 °C, πίεση 7-11 atm, χρόνο 1,5-6 ώρες, και αναλογία διαλύματος/ξύλου 3-5/1. Τα στερεά συστατικά του διαλύματος κυμαίνονται από 40-80 gr/lit.
- Τα χημικά του διαλύματος επαναπροσλαμβάνονται μετά την πολτοποίηση, με καύση των οργανικών συστατικών του διαλύματος και συμπλήρωση των απωλειών με προσθήκη CaCO_3 και Na_2SO_4 .



Θειϊκή μέθοδος (4/8)

- Οι παράμετροι του διαλύματος και ιδιαίτερα η συγκέντρωση ενεργού αλκάλειος και το ποσοστό θείου στη θειϊκή μέθοδο, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα και το βαθμό απολίγνωσης, την χημική σύσταση του πολτού, την απόδοση και τον απαιτούμενο χρόνο πολτοποίησης.
- Οι άλλοι παράγοντες πολτοποίησης (θερμοκρασία, πίεση, χρόνος) επηρεάζουν την απόδοση και την ποιότητα του πολτού κατά ανάλογο τρόπο όπως και στην θειώδη μέθοδο.



Θειϊκή μέθοδος (5/8)

- Χρησιμοποιούνται όλα τα είδη ξύλου, ακόμη και έμφλοια υπολείμματα μηχανικής κατεργασίας και συγκομιδής του ξύλου.
- Απαιτεί μικρούς χρόνους πολτοποίησης, επιτρέπει την επαναπρόσληψη των χημικών πολτοποίησης και την αξιοποίηση των υποπροϊόντων πολτοποίησης (κολοφώνιο, λιπαρά οξέα, λιγνίνη).
- Το κυριότερο όμως πλεονέκτημα, σε σύγκριση με την θειώδη μέθοδο, είναι η μεγάλη μηχανική αντοχή του πολτού στην οποία οφείλει και το όνομα μέθοδος kraft (kraft = δύναμη).



Θειϊκή μέθοδος (6/8)

- Βασικά μειονεκτήματα της θειϊκής μεθόδου, σε σύγκριση με την θειώδη μέθοδο, είναι οι σχετικά μεγάλες δαπάνες για την αρχική ίδρυση των εργοστασίων, μικρότερες αποδόσεις σε πολτό, έντονα σκούρο χρώμα πολτού (απαιτεί περισσότερη και δαπανηρότερη λεύκανση) και η μεγαλύτερη ρύπανση του περιβάλλοντος με δύσοσμες ουσίες (μερκαπτάνες CH_3SH , CH_3SCH_3 , $\text{CH}_3\text{S}\cdot\text{SCH}_3$) που σχηματίζονται από την ένωση του HS^- με προϊόντα διάσπασης της λιγνίνης.



Θειϊκή μέθοδος(7/8)

- Ο παραγόμενος θειϊκός πολτός, σε σύγκριση με τον πολτό σόδας, έχει μεγαλύτερο μήκος ινών, μεγαλύτερο ποσοστό ημικυτταρινών, μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές και απαιτεί μικρότερους χρόνους παραγωγής. Κυρίως για τους πάρα πάνω λόγους η θειϊκή μέθοδος έχει αντικαταστήσει την μέθοδο της σόδας. Έχει μικρές απαιτήσεις όσο αφορά την εκλογή του δασοπονικού είδους και την ποιότητα του ξύλου.



Θειϊκή μέθοδος (8/8)

- Ο παραγόμενος θειϊκός πολτός, σε σύγκριση με τον πολτό σόδας, έχει μεγαλύτερο μήκος ινών, μεγαλύτερο ποσοστό ημικυτταρινών, μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές και απαιτεί μικρότερους χρόνους παραγωγής.
- Κυρίως για τους πάρα πάνω λόγους η θειϊκή μέθοδος έχει αντικαταστήσει την μέθοδο της σόδας. Έχει μικρές απαιτήσεις όσο αφορά την εκλογή του δασοπονικού είδους και την ποιότητα του ξύλου.



Τροποποιήσεις της θεϊκής μεθόδου (1/2)

- Διάφορες τροποποιήσεις της θεϊκής μεθόδου έχουν αναπτυχθεί για να μειώσουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος, να βελτιώσουν την ταχύτητα πολτοποίησης, την απόδοση και την ποιότητα του πολτού, να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας ή να αξιοποιήσουν καλύτερα τα προϊόντα διάσπασης των ημικυτταρινών.



Τροποποιήσεις της θειικής μεθόδου (2/2)

Οι κυριότερες τροποποιήσεις είναι:

- Τροποποιημένη συνεχής πολτοποίηση (modified continuous cooking, MCC).
- Πολτοποίηση με πολυσουλφίδια (polysulfide cooking).
- Η θειική - θειώδης μέθοδος (sulfide-sulfite process).
- Προϋδρόλυση (prehydrolysis-kraft prehydrolysis).
- Προσθήκη ανθρακινόνης (kraft-AQ pulping).



Βιοχημική πολτοποίηση (biochemical- ή bio-pulping)

- Η βιομηχανία χαρτοπολτού καταβάλλει μεγάλες ερευνητικές προσπάθειες για την εισαγωγή της βιοτεχνολογίας στην παραγωγή χημικού πολτού με σκοπό την μερική ή και ολική αντικατάσταση ορισμένων χημικών που προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα, τη μείωση της ενέργειας και του κόστους παραγωγής και τη βελτίωση απόδοσης σε πολτό. Ιδιαίτερη προσπάθεια καταβάλλεται στη υποβοήθηση της πολτοποίησης με τη θειϊκή μέθοδο (kraft), με την οποία παράγεται το 90% περίπου του χημικού ξυλοπολτού.



Μέθοδοι χημικής πολτοποίησης χωρίς θείο (sulfur free pulping) (1/2)

- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλεί η πολτοποίηση με τις χημικές μεθόδους που χρησιμοποιούν το θείο στα συστατικά πολτοποίησης καθώς και η λεύκανση των πολτών με χλώριο ή παράγωγά τους έχουν οδηγήσει τις έρευνες στην ανάπτυξη μεθόδων πολτοποίησης χωρίς θείο και τη παραγωγή πολτού με λιγότερη λιγνίνη και μικρότερες απαιτήσεις για λεύκανση.



Μέθοδοι χημικής πολτοποίησης χωρίς θείο (sulfur free pulping) (2/2)

Οι κυριότερες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Μέθοδος σόδας-οξυγόνου-ανθρακινόνης
- Πολτοποίηση με οργανικούς διαλύτες (organosolv pulping)



Πολτοποίηση με ημιχημικές μεθόδους (1/5)

- Η ημιχημική πολτοποίηση είναι συνδυασμός χημικής και μηχανικής πολτοποίησης. Ξυλοτεμαχίδια ξύλου ή και έμφλοιου ξύλου (κυρίως πλατυφύλλων) διαβρέχονται με χημικά αντιδραστήρια, θερμαίνονται σε χωνευτήρια πολτοποίησης και στη συνέχεια αποϊνώνονται σε ειδικούς δισκοτριβείς (disk refiners ή disk attrition mills).



Πολτοποίηση με ημιχημικές μεθόδους (2/5)

- Ο χημικός και ο θερμικός χειρισμός των ξυλοτεμαχιδίων είναι ηπιότεροι (λιγότερα χημικά, χαμηλότερες θερμοκρασίες και μικρότερος χρόνος) από τους αντίστοιχους που εφαρμόζονται στην χημική πολτοποίηση και αποσκοπούν σε μερική διάλυση της μεσοκυττάριας στρώσης ώστε να διευκολυνθεί η μηχανική αποϊνώση χωρίς σοβαρό μηχανικό τραυματισμό των ινών.



Πολτοποίηση με ημιχημικές μεθόδους (3/5)

- Η απόδοση σε πολτό κυμαίνεται, ανάλογα με το είδος του ξύλου, τις συνθήκες πολτοποίησης και την επιθυμητή ποιότητα του ξυλοπολτού από 65 έως 90% Το μέγεθος των ξυλοτεμαχιδίων είναι μικρότερο από εκείνο που χρησιμοποιείται στις μηχανικές και χημικές μεθόδους (έχουν μήκος 0,5-2 εκ.) για να διευκολύνεται η διείδυση των χημικών ουσιών και η μηχανική αποϊνώση. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται είναι τα ίδια με τα χημικά των χημικών μεθόδων.



Πολτοποίηση με ημιχημικές μεθόδους (4/5)

- Ανάλογα με την σύσταση των διαλυμάτων πολτοποίησης διακρίνονται διάφορες μέθοδοι ημιχημικής πολτοποίησης.
- Οι κυριότερες μέθοδοι είναι η ουδέτερη θειώδης μέθοδος (Neutral Sulphite Semiche-mical, NSSC) και η μέθοδος της σόδας.
- Γενικά, ο ημιχημικός χαρτοπολτός έχει σκούρο χρώμα και χαμηλή ποιότητα και χρησιμοποιείται κυρίως για συν.) παραγωγή ινοσανίδων, χαρτονιού και κυματοειδούς χαρτονιού.



Πολτοποίηση με ημιχημικές μεθόδους (5/5)

- Σπανιότερα χρησιμοποιείται μετά από λεύκανση και μίξη με μηχανικό και χημικό πολτό κωνοφόρων για την παραγωγή χαρτιού εφημερίδων, περιοδικών, φωτοτυπίας και χαρτιού υγείας.
- Τα κύρια πλεονεκτήματα της ημιχημικής πολτοποίησης είναι η αξιοποίηση πλατυφύλλων ειδών χαμηλής ποιότητας και η μεγάλη απόδοση του ξύλου σε πολτό.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χειρισμός του πολτού μετά την πολτοποίηση

Εισαγωγή (1/2)

- Μετά την πολτοποίηση του ξύλου, ο πολτός υποβάλλεται σε διάφορους χειρισμούς ανάλογα με το είδος του πολτού και το προϊόν στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί. Οι κυριότεροι χειρισμοί είναι καθαρισμός, συμπύκνωση και λεύκανση.
- Η λεύκανση αποτελεί ξεχωριστό στάδιο και είτε γίνεται στο ίδιο εργοστάσιο παραγωγής του πολτού ή ο πολτός εμπορεύεται αλεύκαστος (unbleached pulp) (συν.)



Εισαγωγή (2/2)

- (συν.) σε συμπυκνωμένη μορφή και λευκαίνεται πριν τη χρήση του για παραγωγή χαρτιού.
- Στην περίπτωση παραγωγής ινοσανίδων ο πολτός (ημιχημικός ή μηχανικός χαμηλής ποιότητας) δεν υποβάλλεται στους παραπάνω χειρισμούς.



Καθαρισμός – πλύση (1/3)

- Η κατεργασία αυτή έχει σκοπό να απομακρύνει ξύλο που δεν έχει ή έχει μερικώς πολτοποιηθεί (ρόζους, συσσωματώματα ινών, απολτοποίητα ξυλοτεμαχίδια) και ξένες ύλες (άμμο, χώμα, πέτρες, μέταλλα κ.ά.). Ο καθαρισμός γίνεται σε ειδικά διαφράγματα (μεταλλικά κόσκινα, screens) ή σε συσκευές καθαρισμού (cleaners) με διήθηση. Συνήθως τα απολτοποίητα συστατικά επαναπολτοποιούνται ενώ οι ρόζοι και οι ξένες ύλες απορρίπτονται.



Καθαρισμός – πλύση (2/3)

- Στην περίπτωση των χημικών μεθόδων πριν τον καθαρισμό αποχωρίζεται το μεγαλύτερο μέρος του υγρού πολτοποίησης με διήθηση (ονομάζεται μαύρο υγρό γιατί περιέχει λιγνίνη, σάκχαρα και άλλα προϊόντα αποικοδόμησης του ξύλου) και στην συνέχεια ο πολτός πλένεται με άφθονο νερό σε ειδικές εγκαταστάσεις (cleaners ή washers) για την πλήρη απομάκρυνση του υγρού πολτοποίησης.



Καθαρισμός – πλύση (3/3)

- Το μαύρο υγρό οδηγείται σε σύστημα ανάκτησης των χημικών, συμπυκνώνεται με εξάτμιση του νερού και το στερεό υπόλειμμα καίγεται για παραγωγή ενέργειας και ανάκτηση των χημικών ή χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων.
- Στην περίπτωση της ημιχημικής πολτοποίησης το μαύρο υγρό περιέχει μικρή συγκέντρωση οργανικών συστατικών και χημικών αντιδραστηρίων και η αξιοποίηση του στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αντιοικονομική.



Συμπύκνωση (1/2)

- Μετά τον καθαρισμό ο πολτός έχει την μορφή πολύ αραιού αιωρήματος ινών (0,1-1,5% σε υγρή μάζα ινών) γι' αυτό συμπυκνώνεται με απομάκρυνση νερού.
- Η συμπύκνωση (thickening) γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις που φέρουν λεπτό δικτυωτό και πιεστικούς κυλίνδρους ή σε ειδικά φίλτρα με εφαρμογή κενού. Ο βαθμός συμπύκνωσης του πολτού καθορίζεται από τον περαιτέρω χειρισμό του.



Συμπύκνωση (2/2)

- Εάν πρόκειται να λευκανθεί ή να προωθηθεί αμέσως σε παρακείμενο εργοστάσιο παραγωγής χαρτιού συμπυκνώνεται σε ποσοστό 3-6%. Εάν το εργοστάσιο χαρτιού βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση ο πολτός συμπυκνώνεται (ξηραίνεται) πριν ή μετά από λεύκανση σε συγκέντρωση 50-80% για να είναι οικονομική η μεταφορά του. Για την αποθήκευση και μεταφορά του σε άλλα εργοστάσια διαμορφώνεται σε ρολά ή δέματα χωριστών φύλλων που παράγονται με ξήρανση σε ειδικές κυλινδρικές πρέσες.



Λεύκανση ξυλοπολτού (1/4)

- Λεύκανση γίνεται για την βελτίωση των οπτικών ιδιοτήτων (κυρίως της λευκότητας - whiteness και φωτεινότητας- brightness) του ξυλοπολτού που προορίζεται για παραγωγή χαρτιού. Το χρώμα του ξυλοπολτού, ανάλογα με την μέθοδο και τις συνθήκες πολτοποίησης, και το είδος του ξύλου, κυμαίνεται από ανοικτό μέχρι έντονα σκούρο. Το χρώμα του πολτού οφείλεται στην παρουσία της λιγνίνης και ορισμένων εκχυλισμάτων, κυρίως φαινολικών.



Λεύκανση ξυλοπολτού (2/4)

- Γενικά, ο θειώδης χημικός πολτός έχει ανοικτότερο χρώμα, ενώ ο αλκαλικός (θειϊκός) και ο ημιχημικός έχουν έντονα σκούρο χρώμα. Ο μηχανικός ξυλοπολτός κατέχει ενδιάμεση θέση.
- Το σκούρο χρώμα δεν αποτελεί μειονέκτημα όταν ο πολτός προορίζεται για παραγωγή ινοσανίδων, χαρτοσανίδων, χαρτονιού, κυματοειδούς χαρτιού, ή χαρτιού συσκευασίας.
- Λεύκανση χρειάζεται ο πολτός που προορίζεται για παραγωγή χαρτιού γραφής, εφημερίδων, βιβλίων, φωτοτυπίας, τυπογραφίας, υγείας κ.ά..



Λεύκανση ξυλοπολτού (3/4)

- Λεύκανση του πολτού γίνεται με δύο βασικές μεθόδους: α) με καταστροφή και σταθεροποίηση των χρωματοφόρων ομάδων χωρίς μείωση του βάρους του πολτού (lignin preserving bleaching ή brightening) και β) με διάλυση και απομάκρυνση της λιγνίνης και των χρωματοφόρων εκχυλισμάτων (lignin removing bleaching).
- Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται σε μηχανικούς και ημιχημικούς πολτούς μεγάλης απόδοσης όπου το ποσοστό της λιγνίνης είναι μεγάλο και είναι επιθυμητή η παρουσία της στον πολτό.



Λεύκανση ξυλοπολτού (4/4)

- Η δεύτερη μέθοδος εφαρμόζεται σε χημικούς πολτούς και απομακρύνει τα υπολείμματα της λιγνίνης που παραμένουν μετά την πολτοποίηση.
- Η λεύκανση γίνεται με χρησιμοποίηση οξειδωτικών ή αναγωγικών ουσιών ή/και με ένζυμα σηπτικών του ξύλου μυκήτων.



Λεύκανση ξυλοπολτού (4/4)

Πίνακας 10.1. Λευκαντικές ουσίες ξυλοπολτού

Οξειδωτικές	Αναγωγικές
Cl_2	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$
NaOCl , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	$\text{Zn}_2\text{S}_2\text{O}_4$
ClO_2 , Cl_2O	CaS_2O_4
NaClO_2	$\text{Al}_2(\text{S}_2\text{O}_4)_3$
H_2O_2	NaHSO_3
Na_2O_2	NaBH_4
O_2 , O_3	SO_2
$\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$	



Λεύκανση μηχανικών και ημιχημικών πολτών

- Για την λεύκανση μηχανικών και μηχανικοχημικών και ημιχημικών πολτών μεγάλης απόδοσης χρησιμοποιούνται από τις οξειδωτικές ουσίες τα υπεροξείδια υδρογόνου και νατρίου, το αλκαλικό οξυγόνο και σπανιότερα το όζον και από τις αναγωγικές ουσίες, κυρίως οι διθειονίτες νατρίου, ψευδαργύρου και το όξινο θειώδες νάτριο.
- Οι οξειδωτικές και αναγωγικές αυτές ουσίες προσβάλλουν την λιγνίνη και τα χρωστικά εκχυλίσματα, καταστρέφουν και σταθεροποιούν τις χρωματοφόρες ομάδες τους ή δημιουργούν νέες (λευκοενώσεις) χωρίς να προκαλούν αποικοδόμηση και απομάκρυνση των συστατικών αυτών από τον πολτό.



Λεύκανση χημικού πολτού (1/2)

- Λεύκανση χημικού πολτού ή ημιχημικού πολτού μικρής απόδοσης γίνεται με μοριακό χλώριο, υποχλωριώδη άλατα νατρίου και ασβεστίου, διοξείδιο χλωρίου, με οξυγόνο και σπανιότερα με υπερο-οξικό οξύ, χλωριώδες νάτριο και μονοξείδιο χλωρίου.
- Για την μείωση της υδρόλυσης των πολυσακχαριτών που προκαλείται από τα χημικά, η λεύκανση γίνεται σε διαδοχικά στάδια (λεύκανση πολλαπλών σταδίων) με διαδοχική ήπια επίδραση διαφόρων οξειδωτικών ουσιών και καυστικού νατρίου. Ο αριθμός των σταδίων και οι συνθήκες λεύκανσης εξαρτώνται από το είδος του πολτού και τον επιθυμητό βαθμό λευκότητας.



Λεύκανση χημικού πολτού (2/2)

Εικόνα 10.1. Λεύκανση πολτού *kraft* σε 5 διαδοχικά στάδια.



1^ο



2^ο



3^ο



4^ο



5^ο



Λεύκανση χωρίς χλώριο (1/2)

- Η λεύκανση του χημικού πολτού με το χλώριο και τα παράγωγα του προκαλεί μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα (έκλυση διοξινών) και για την άμβλυνση ή την αποφυγή του καταβάλλονται πολλές ερευνητικές και βιομηχανικές προσπάθειες για ανάπτυξη συστημάτων λεύκανσης χωρίς ή με περιορισμένη ποσότητα χλωρίου (Chlorine free bleaching).



Λεύκανση χωρίς χλώριο (2/2)

Τα σπουδαιότερα συστήματα είναι:

- Λεύκανση με οξυγόνο.
- Λεύκανση με ένζυμα (βιολεύκανση, biobleaching): Βιολεύκανση χημικού ξυλοπολτού γίνεται είτε με μύκητες που τα ένζυμα τους διασπούν τις ημικυτταρίνες κυρίως ξυλανάσες (xylanases) ή με μύκητες που τα ένζυμα τους διασπούν τη λιγνίνη, κυρίως λακάσες (lacases).



Είδη –χρήσεις χαρτοπολτού (1/5)

Οι κυριότερες ιδιότητες του πολτού που επηρεάζουν τις ιδιότητες του χαρτιού είναι:

- το μέσο μήκος ινών, η διαστασιακή και μορφολογική σύνθεση των ινών,
- η αντίσταση στη ροή νερού (freeness),
- ο ειδικός όγκος, και το βάρος ανά μονάδα επιφάνειας,
- οι μηχανικές αντοχές, και
- το χρώμα.



Είδη –χρήσεις χαρτοπολτού (2/5)

- Γενικά ο μηχανικός πολτός έχει, σχετικά με τους άλλους πολτούς, χαμηλή ποιότητα (μικρό μήκος ινών, δέσμες ινών και σπασμένα κύτταρα, μικρές μηχανικές αντοχές, το χρώμα του αλλοιώνεται με την πάροδο του χρόνου) και χρησιμοποιείται σε χαρτί με μικρή διάρκεια χρήσης και μικρές απαιτήσεις σε μηχανική αντοχή (δημοσιογραφικό, χαρτόνι, υγείας και καθαριότητας) σε μίξη με μικρό ποσοστό (10-30%) χημικού πολτού.



Είδη –χρήσεις χαρτοπολτού (3/5)

- Παρουσιάζει όμως καλές εκτυπωτικές ιδιότητες και προστίθεται σε ποσοστό 20-50% σε χημικό πολτό για παραγωγή χαρτιού γραφής και τυπογραφίας. Κύριο πλεονέκτημα του μηχανικού πολτού είναι το σχετικά μικρό κόστος παραγωγής του.
- Ο χημικός θειώδης πολτός αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη καλής ποιότητας και χρησιμοποιείται για χαρτί καλής ποιότητας (γραφής, τυπογραφίας, αλληλογραφίας, περγαμηνές, κ.ά.). Ο θειϊκός πολτός (Kraft) έχει ιδιαίτερα μεγάλες μηχανικές αντοχές και (συν.)



Είδη –χρήσεις χαρτοπολτού (4/5)

- (συν.) χρησιμοποιείται αλεύκαστος για παραγωγή χαρτιού συσκευασίας (χαρτόσακκοι, τσιμεντόσακκοι, κυματοειδές χαρτόνι) και περιτύλιξης. Λευκασμένος θειικός πολτός χρησιμοποιείται όπως και ο θειώδης. Ημιχημικός πολτός έχει ενδιάμεση μηχανική αντοχή και χρησιμοποιείται αλεύκαστος για παραγωγή χαρτονιού και χαρτιού συσκευασίας ή λευκασμένος σε μίξη με χημικό ή και μηχανικό για παραγωγή χαρτιού εκτυπώσεων.



Είδη – χρήσεις χαρτοπολτού(5/5)

- Γενικά, πολτός κωνοφόρων είναι καλύτερης ποιότητας από πολτό πλατύφυλλων. Η ποιότητα ποικίλει σε κάθε ένα από τα παραπάνω είδη χαρτοπολτού ανάλογα με το είδος του ξύλου, την ειδικότερη μέθοδο πολτοποίησης, τις συγκεκριμένες συνθήκες πολτοποίησης και τις βελτιωτικές επεξεργασίες.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Είδη χαρτιού

Είδη χαρτιού (1/10)

- Η τεχνική της παραγωγής χαρτιού είναι γνωστή από τις αρχές του 2ου αιώνα. Οι Κινέζοι από το 105 μ.Χ. κατασκεύαζαν χαρτί από ίνες φλοιού μουριάς και αργότερα από ίνες μπαμπού. Η τεχνική μεταδόθηκε αργότερα στην Ιαπωνία (610 μ.Χ.), στην Περσία (793 μ.Χ.), στην Ευρώπη (1085 μ.Χ.) και στην Αμερική (1690 μ.Χ.).



Είδη χαρτιού (2/10)

- Αποφασιστική ώθηση στην παραγωγή χαρτιού έδωσε η εφεύρεση της τυπογραφίας (1440 μ.Χ.) και η μηχανοποίηση των εργασιών παραγωγής από τους Γάλλους, τους Ολλανδούς και τους Άγγλους περί τα τέλη του 18ου αιώνα.
- Σήμερα οι μηχανές κατασκευής χαρτιού είναι αυτοματοποιημένες, έχουν μήκος μέχρι 100 μ. και εργάζονται με ταχύτητες από 300 μέχρι 1500 μ/λεπτό.



Είδη χαρτιού (3/10)

- Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα ως βασική πρώτη ύλη παραγωγής χαρτιού χρησιμοποιούνταν τα ράκη από βαμβακερά ή λινά υφάσματα και διάφορες φυτικές ίνες. Η χρησιμοποίηση του ξύλου άρχισε το 1840-1850 μ.Χ. με την ανάπτυξη των μεθόδων πολτοποίησής του.
- Η άφθονη διαθεσιμότητα του ξύλου έκανε δυνατή την τεράστια ανάπτυξη της σύγχρονης βιομηχανίας χαρτοπολτού και χαρτιού.



Είδη χαρτιού (4/10)

- Εκτός από το ξύλο χρησιμοποιούνται σε μικρό ποσοστό (περίπου 9%) και άλλες φυτικές ίνες όπως άχυρο, δημητριακών, στελέχη σακχαροκάλαμου, κάναβις, λινάρι, βαμβάκι, μπαμπού, και σε μικρό ποσοστό συνθετικές ίνες.
- Αξιόλογη πηγή πρώτης ύλης αποτελούν επίσης τα παλιόχαρτα (επαναχρησιμοποίηση μεταχειρισμένου χαρτιού). Η κατανάλωση χαρτιού παγκοσμίως το 2011 ξεπέρασε τους 400.000.000 τόνους. Επίσης, η ανακύκλωση του χαρτιού παρουσιάζει τάση συνεχούς αύξησης.



Είδη χαρτιού (5/10)

- Το χαρτί διακρίνεται σε διάφορους τύπους και ποιότητες ανάλογα με την χρήση του, το είδος του χαρτοπολτού και τις συνθήκες παραγωγής του. Αναφέρονται περί τις 2000 τύποι και ποιότητες χαρτιού. Ανάλογα με την χρήση του, διακρίνουμε τέσσερις γενικές κατηγορίες:
- Α. Εκτυπώσεων
 - Δημοσιογραφικό (εφημερίδων, περιοδικών, καταλόγων και βιβλίων μικρής διάρκειας, κ.ά.).
 - Τυπογραφίας (βιβλίων, εντύπων, φυλλαδίων, φωτοτυπικό, εκτυπωτικό χαρτί, κομπιούτερ, πόστερ κ.ά.).



Είδη χαρτιού (6/10)

- Γραφής (τετραδίων, φυλλαδίων, βιβλίων και εντύπων καλής ποιότητας, αλληλογραφίας, περγαμηνής κ.ά.).
- Β. Συσκευασίας - περιτύλιξης
 - Χαρτοκιβωτίων (κυματοειδές χαρτόνι).
 - Χαρτόσακκοι
 - Χαρτί περιτύλιξης
 - Αδιαβροχοειδή και λοιπά χαρτιά



Είδη χαρτιού (7/10)

- Γ. Χαρτονιού-χαρτοσανίδων
 - Λεπτό χαρτόνι ($< 600 \text{ gr/cm}^2$)
 - Χονδρό χαρτόνι ($> 600 \text{ gr/cm}^2$)
 - Χαρτοσανίδες
- Δ. Χαρτί υγείας - καθαριότητας
 - Χαρτί υγείας, τουαλέτας, χαρτομάνδηλα, χαρτοπετσέτες κ.ά.



Είδη χαρτιού (8/10)

- Η ποιότητα του χαρτιού ελέγχεται από τις ιδιότητες του που προσδιορίζονται με βάση διεθνείς προδιαγραφές. Οι κυριότερες ιδιότητες του χαρτιού είναι:
 - φυσικές ιδιότητες (διαστασιακή σταθερότητα, βάρος g/cm^2 , επιφανειακή υφή, πορώδες, χρώμα, λευκότητα, αδιαφάνεια, στιλπνότητα, εκτυπωτική ικανότητα),
 - μηχανικές ιδιότητες (αντοχή σε εφελκυσμό, σχίση, διάρρηξη, αποτριβή και κάμψη), και
 - χημικές ιδιότητες (χημική σύσταση, οξύτητα, παλαίωση, εύφλεκτο, κ.ά.).



Είδη χαρτιού (9/10)

Κάθε τύπος και ποιότητα χαρτιού παράγεται με χρησιμοποίηση:

- α) ορισμένων ειδών και ποιοτήτων χαρτοπολτού (αμιγείς ή σε καθορισμένες μίξεις),
- β) προσθέτων βελτιωτικών υλικών (είδος, ποσότητα), και
- γ) ειδικών συνθηκών παραγωγής.



Είδη χαρτιού (10/10)

- Μεγάλη σημασία για την ποιότητα του χαρτιού έχει, η ποιότητα του χαρτοπολτού. Αυτή καθορίζεται από το είδος του πολτού (μηχανικός, χημικός ή μηχανικός), το είδος του ξύλου και τις ιδιότητες του πολτού.



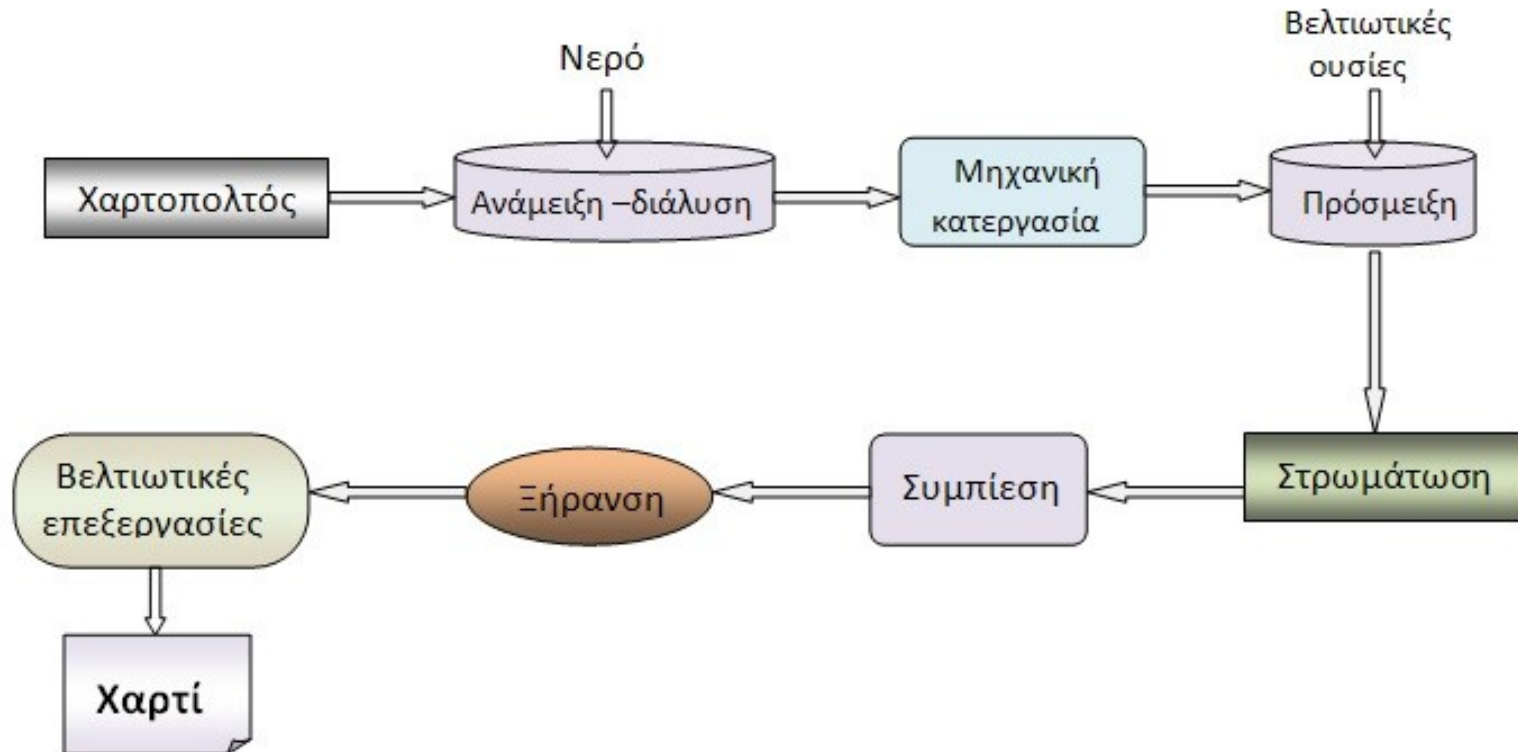


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τεχνική παραγωγής

Στάδια παραγωγής χαρτιού

Σχήμα 10.5. Βασικά στάδια παραγωγής χαρτιού



Ανάμειξη - Διάλυση

- Ο πολτός μεταφέρεται στο εργοστάσιο παραγωγής χαρτιού είτε σε μορφή αιωρήματος (από παραπλήσιο εργοστάσιο παραγωγής) είτε σε μορφή φύλλων ή ρολών.
- Στην δεύτερη περίπτωση ο πολτός διαλύεται σε αιώρημα (συγκέντρωση 3-10%) σε ειδικά δοχεία (pulpers) εφοδιασμένα με πτερύγια ανάδευσης.
- Για τα περισσότερα είδη χαρτιού χρησιμοποιούνται δύο ή και περισσότερα είδη χαρτοπολτού σε διάφορες αναλογίες που αναμιγνύονται και διαλύονται σε αιώρημα.
- Όταν χρησιμοποιούνται παλιόχαρτα (μεταχειρισμένο χαρτί) υπόκειται σε διάφορες κατεργασίες για την απομάκρυνση της μελάνης και των άλλων πρόσθετων υλικών



Μηχανική κατεργασία

- Το αιώρημα του πολτού οδηγείται σε ειδικά μηχανήματα όπου γίνεται μηχανική κατεργασία των ινών. Η κατεργασία (beating, refining) περιλαμβάνει τριβή και τομή των ινών με σκοπό την μερική ή ολική σύνθλιψη (εξαφάνιση) των κυτταρικών κοιλοτήτων, διόγκωση των κυτταρικών τοιχωμάτων και αποκόλληση μικροϊνιδίων από τα κυτταρικά τοιχώματα.
- Η κατεργασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ευκαμψία των ινών και αύξηση της εξωτερικής επιφάνειας των ινών και μικροϊνιδίων. Οι ιδιότητες αυτές είναι απαραίτητες για καλή επαφή, σύνδεση (δημιουργία δεσμών υδρογόνου και van der Waals - συγκολλητικοί δεσμοί) και συγκράτηση των ινών στο χαρτί (μηχανική αντοχή).



Πρόσμιξη με βελτιωτικές ουσίες (1/4)

- Διάφορες χημικές ουσίες (ουσίες αδιαβροχοποίησης, γομωτικά, χρώμα και σπανιότερα συγκολλητικές ουσίες) προσθέτονται στο πολτό για να βελτιώσουν τις ιδιότητες του χαρτιού όπως αντίσταση στην είσοδο των υγρών, αδιαφάνεια, εκτυπωτική ικανότητα, χρώμα και μηχανική αντοχή.
- Για την αδιαβροχοποίηση του χαρτιού (αντίσταση στην είσοδο νερού, μελάνης, κ.ά.) χρησιμοποιείται κυρίως τροποποιημένο κολοφώνιο και σπανιότερα κερί, άσφαλτος και συνθετικές ρητίνες.



Πρόσμιξη με βελτιωτικές ουσίες (2/4)

- Το κολοφώνιο προτιμάται λόγω του χαμηλού κόστους και της αποτελεσματικότητάς του. Προστίθεται σε μερικώς ή πλήρως σαπυνοποιημένη μορφή, συχνά σε μίξη με θειϊκό αργίλιο ($Al_2(SO_4)_3$).
- Τα γομωτικά (fillers) βελτιώνουν το πορώδες (γεμίζουν τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των ινών), την επιφανειακή ομαλότητα, λειότητα, αδιαφάνεια, λευκότητα, στιλπνότητα και την τυπωτική ικανότητα του χαρτιού.



Πρόσμιξη με βελτιωτικές ουσίες (3/4)

- Ως γομωτικά χρησιμοποιούνται ανόργανες ουσίες όπως καολίνης ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$), διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2), ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), θειϊκό βάριο (BaSO_3), θειώδης ψεύδαργυρος (ZnS) και άλλα. Οι γομωτικές ουσίες προσθέτονται σε σχετικά μεγάλα ποσοστά (5-20% του βάρους του πολτού), ανάλογα με την ποιότητα του χαρτιού.



Πρόσμιξη με βελτιωτικές ουσίες (4/4)

- Συγκολλητικές ουσίες χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της συγκόλλησης των ινών και της μηχανικής αντοχής του χαρτιού. Χρησιμοποιούνται κυρίως αμυλόκολλα και σπανιότερα καζεΐνη ή συνθετικές ρητίνες. Οι χρωστικές χρησιμοποιούνται ή για να βελτιώσουν την λευκότητα του χαρτιού ή να προσδώσουν σ' αυτό διάφορους χρωματισμούς.



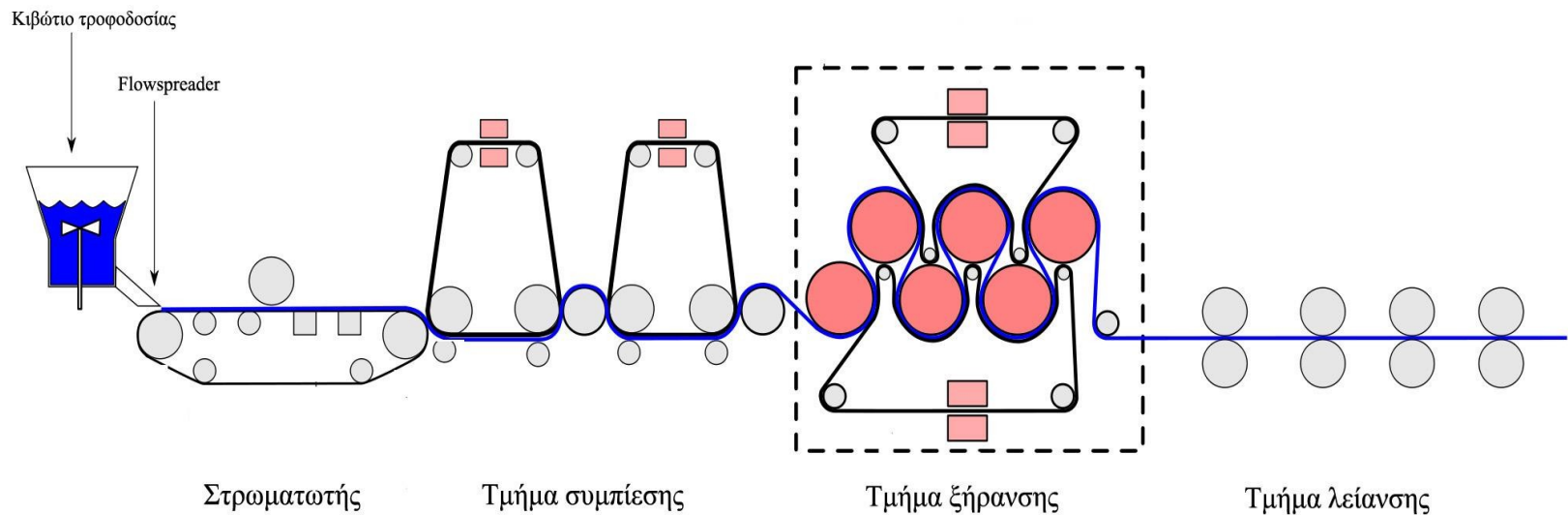
Στρωμάτωση – Ξήρανση (1/2)

- Μετά την προσθήκη και πρόσμιξη με ανάμιξη των βελτιωτικών ουσιών ο πολτός οδηγείται στην μηχανή κατασκευής χαρτιού. Η μηχανή κατασκευής χαρτιού είναι επιμήκης και αποτελείται από τέσσερα συνεχή τμήματα: α) τον στρωματωτή και το δικτυωτό πλέγμα όπου γίνεται η στρωμάτωση, β) το τμήμα συμπίεσης του πολτού, γ) το τμήμα ξήρανσης και δ) το τμήμα καλανδραρίσματος. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μηχανών: η μηχανή Fourdrinier και η κυλινδρομηχανή



Στρωμάτωση – Ξήρανση (2/2)

Σχήμα 9.15. Μηχανή παραγωγής χαρτιού *Fourdrinier*



Τελειωτικές-βελτιωτικές κατεργασίες (1/3)

- Το χαρτί πριν διατεθεί στην κατανάλωση υποβάλλεται, ανάλογα με την χρήση του, σε μια σειρά άλλων επεξεργασιών που αποσκοπούν κυρίως στην βελτίωση των ιδιοτήτων εκτύπωσης και της μηχανικής αντοχής, στην κατάλληλη αισθητική εμφάνιση ή στην αδιαβροχοποίησή του.



Τελειωτικές-βελτιωτικές κατεργασίες (2/3)

- Η βελτίωση της εκτυπωτικής ικανότητας πετυχαίνεται με επίστρωση (coating) της επιφάνειας του χαρτιού με πληρωτικές ουσίες (ίδιες με αυτές που προσθέτονται στο πολτό) και με επάλειψη με κόλλες χαρτιού (καζεΐνη, άμυλο, συνθετικές ρητίνες, latex, πολυαιθυλενική γλυκόλη κ.ά.).
- Διαφορετικά επίπεδα επίστρωσης (ποσότητες υλικών) χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις επιθυμητές ιδιότητες και χρήσεις του χαρτιού.



Τελειωτικές-βελτιωτικές κατεργασίες (3/3)

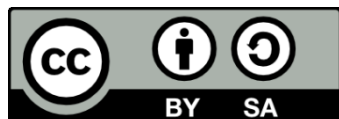
- Σε ορισμένα είδη χαρτιού (κυρίως χαρτί για περιοδικά ή χαρτί με επικάλυψη) εφαρμόζεται πρόσθετο καλανδράρισμα (σιδέρωμα, λείανση, φινίρισμα).
- Η αδιαβροχοποίηση του χαρτιού πετυχαίνεται με επάλειψη ή εμφάνιση του χαρτιού σε παραφίνη.
- Άλλες κατεργασίες περιλαμβάνουν επικάλυψη με πλαστικό, χρωματισμό, επικόλληση και κοπή φύλλων, φινίρισμα και τέλος μεταποίηση σε τελικά προϊόντα.





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Παπανικολάου Αναστάσιος
Θεσσαλονίκη, 30/ 8/ 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιωάννης Φιλίππου.
«Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου. Χαρτί». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη
2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS442/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

