



CAP. 3 PRATICHE PRODUTTIVE

La carta è sostanzialmente costituita da un sottile strato di fibre di cellulosa sovrapposte e pressate. Dal 105 a.C., anno a cui risale la sua invenzione, ad oggi le tecniche di produzione della carta si sono notevolmente modificate ed evolute soprattutto a seguito dell'introduzione, nel 1800, delle prime macchine continue. Lo schema seguente illustra tutte le varie fasi di produzione di una moderna cartiera e i flussi di materia ed energia coinvolti nel processo produttivo. Nei successivi paragrafi verranno descritte in dettaglio le caratteristiche delle materie prime coinvolte nella produzione della carta, le modalità di preparazione dell'impasto, il trattamento del medesimo nella macchina continua, i diversi post-trattamenti che possono essere eseguiti al fine di ottenere carte con opportune proprietà di resistenza, lucidità e stampabilità per poi concludere con le procedure di taglio ed imballaggio che avvengono prima dello stoccaggio del prodotto finito in magazzino. Data l'enorme richiesta di energia elettrica e termica del processo di produzione, particolare attenzione sarà rivolta alla descrizione delle fonti energetiche utilizzate.

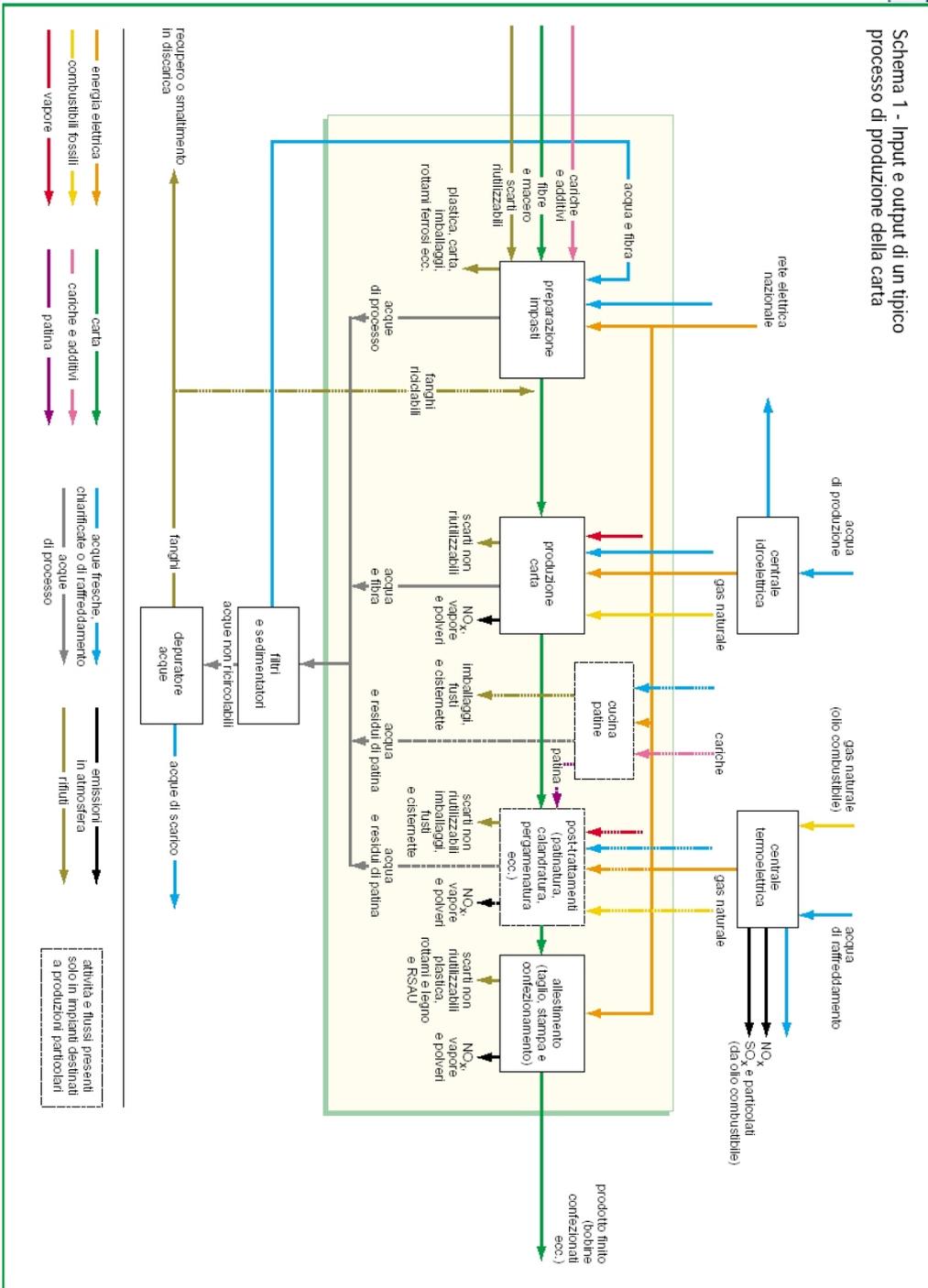


Fig. 1 Rappresentazione delle diverse fasi del ciclo produttivo

3.1 TRATTAMENTO MATERIE PRIME

3.1.1 Cellulosa

La cellulosa è il componente nobile tra quelli che concorrono a formare il foglio di carta: quando si dice «cellulosa» s'intende quella arborea, cioè quella estratta con procedimenti esclusivamente chimici dai vegetali. La cellulosa, sta al primo posto in ordine quantitativo nella fabbricazione della carta a livello mondiale ed è anche al primo posto dal punto di vista qualitativo, poiché tra le materie fibrose è la più pregiata. Le cellulose possono essere classificate in base alla lunghezza delle fibre in due categorie: cellulose a fibra lunga (conifere) e a fibra corta (latifoglie).

Le prime danno la trama alla carta e la resistenza al foglio, le seconde invece, si possono considerare come riempitivi pregiati, in quanto pur contribuendo in grado minore alla resistenza meccanica del foglio, apportano alla carta delle doti altrettanto importanti quali, l'opacità e la morbidezza, particolarmente sfruttate nella produzione della carta da stampa, che richiede superfici adatte a ricevere l'inchiostro.

Il procedimento di estrazione della cellulosa comporta il suo isolamento da tutte quelle sostanze che l'accompagnano: essa è relativamente inerte all'attacco chimico dei reagenti, mentre le altre sostanze presenti nel legno sono facilmente solubili in un adatto ambiente alcalino oppure acido, e quindi di facile allontanamento.

Ogni vegetale fornisce una quantità di cellulosa che ha proprie caratteristiche morfologiche, chimiche e fisiche.

3.1.1.1 Estrazione della cellulosa

Estrarre la cellulosa significa isolarla dagli altri componenti del vegetale, in principal modo la lignina. Il procedimento impiegato per la sua estrazione, ha molta importanza in quanto può modificare anche profondamente le qualità e le prestazioni della cellulosa stessa.

Pur possedendo un buon grado di inerzia chimica, durante questa operazione la cellulosa subisce infatti delle modificazioni più o meno profonde, a seconda del procedimento impiegato. Pertanto sia dal punto di vista commerciale sia da quello tecnologico i vari tipi di cellulosa vengono



tra loro distinti non solo tenendo conto della varietà del vegetale usato, ma anche del procedimento di estrazione. Il legno più adoperato per l'estrazione della cellulosa è l'abete, seguono il pino, il castagno, il faggio, il pioppo, la betulla, l'eucalipto, la canna, la paglia, ecc. L'abete, il pino e le conifere in genere forniscono una cellulosa che, per gli usi cartari, è la più pregiata per la forma delle sue fibre; anche la cellulosa di latifoglie ha delle particolarità molto interessanti, quali l'opacità, la morbidezza, ed infine il costo contenuto.

Allo scopo di rendere più facile, rapido ed omogeneo l'attacco chimico sul legno, è necessario sminuzzare i tronchetti in piccoli frammenti a pezzatura il più uniforme possibile mediante l'utilizzo di macchine "sminuzzatrici".

I tronchetti passano poi attraverso vagli e setacci meccanici: i "minuzzoli" che rispondono alle caratteristiche desiderate vengono, mediante nastri trasportatori, inviati ai sili di raccolta posti sopra i bollitori o direttamente nei bollitori stessi.

3.1.1.2 Cottura o lisciviazione

La fase più importante nel ciclo di estrazione della cellulosa dai vegetali è la cottura. Essa consiste nel trattare il legno allo stato di minuzzoli con una soluzione acquosa di opportuni sali, sottoponendoli a temperatura e pressione elevate in autoclavi di grandi dimensioni. Due bocche, una in alto e una in basso, servono rispettivamente per il carico e per lo scarico del materiale. Negli impianti di più antica concezione, il riscaldamento del bollitore era ottenuto con vapore diretto, che provocava zone più calde e differenze di concentrazione del liscivio, portando ad una cottura non omogenea. Oggi si preferiscono gli impianti fissi in circolazione forzata del liscivio, che viene continuamente riscaldato indirettamente mediante il passaggio attraverso scambiatori di calore.

1. "Procedimento alla soda". Il reattivo adoperato è idrossido di sodio in soluzione. Per la cottura normalmente si adopera un liscivio, denominato liscivio bianco, contenente circa il 20% di alcali riferito al peso del legno secco. Normalmente la cottura del legno viene fatta ad una temperatura variabile tra i 150 e i 180 °C, mentre la pressione va dalle 5 alle 10 atm. La durata dell'operazione varia dalle 2 alle 4 ore a seconda del vegetale impiegato, delle possibilità consentite dall'impianto di cottura e del prodotto

che si desidera ottenere. Durante la cottura il liscivio estrae dal legno le sostanze incrostanti, principalmente la lignina, assumendo un colore scuro: si parla di liscivio nero. Per rendere economico il processo è necessario recuperare il reattivo contenuto nel liscivio nero dopo che esso è stato scaricato.

2. "Procedimento al solfato". Questo procedimento attualmente molto diffuso, deriva da quello alla soda. È così chiamato perché la perdita di alcali che avviene durante il ciclo di lavorazione è compensata con l'aggiunta di solfato sodico. Come per il processo alla soda, ha il vantaggio di poter utilizzare qualsiasi tipo di legno oltre a scarti di segheria, rifili e altri cascami legnosi. La preparazione del legno avviene secondo il sistema classico. Quando il bollitore è pieno di minuzzoli di legno, si introduce il liscivio bianco. Esso è costituito da una soluzione acquosa di soda caustica e di solfuro di sodio, oltre a piccole percentuali di solfato e carbonato di sodio. Questi sali provengono dalla caustificazione delle ceneri del liscivio nero bruciato. Al liscivio bianco si aggiunge una certa aliquota di liscivio nero, cioè quello scaricato dalle precedenti cotture. L'aggiunta offre diversi vantaggi economici e tecnologici: i primi riguardano il ciclo di recupero, perché l'incremento delle sostanze organiche contenute nel liscivio nero si traduce in un vantaggio economico, i secondi dipendono dalla benefica azione che le sostanze organiche presenti nel liscivio nero svolgono durante il primo attacco del legno. Il liscivio, che è mantenuto in continua circolazione da un sistema di pompe, è riscaldato mediante scambiatori di calore a tubi di vapore. Il ciclo di cottura ha una durata di circa 4 ore e la temperatura di cottura è compresa tra i 165 e i 170 °C. Tempi più lunghi di reazione portano a cellulose più morbide, facilmente bianchibili perché più delignificate mentre attacchi rapidi danno cellulose dure e tenaci. Con la cottura il liscivio fa passare in soluzione la lignina ed estrae le resine, gli oli essenziali, i terpeni e le altre sostanze contenute nel legno.

Al termine della reazione la massa viene scaricata in altre autoclavi che solitamente sono denominati diffusori, in quanto il materiale cotto vi si diffonde disintegrandosi.

"3. Procedimento al monosolfito di sodio". Solo recentemente questo procedimento, che impiega come reattivo solfito neutro di sodio, ha incontrato favore. La soluzione può essere adoperata tal quale o arricchita con soda caustica, a seconda del vegetale che si vuole trattare, dal

prodotto desiderato e dal grado di disincrostazione voluto. Il procedimento al monosolfito viene applicato al legno quando s'intende produrre delle paste semichimiche.

Dal punto di vista chimico il trattamento al monosolfito può essere considerato un procedimento alcalino perché il pH del liscivio di cottura è superiore a 7.

Il trattamento del vegetale non si scosta dai sistemi classici: questo viene mescolato con l'aliquota fissata di liscivio, generalmente caldo, e introdotto nei bollitori fissi, rotativi o continui. Se l'impianto può raggiungere elevate temperature (fino a 180 °C) e opportune pressioni, il ciclo di cottura è relativamente breve.

3.1.1.3 Assorbimento

Con questo nome si definisce quel complesso di operazioni che seguono la cottura e che rendano la cellulosa idonea alla successiva fase di imbianchimento, all'uso immediato o pronta per essere confezionata per la spedizione. Dal fondo del diffusore, che è provvisto di eliche per mescolare la massa, la cellulosa e il liscivio vengono inviati in un «apritore» munito di robusto agitatore, in modo che le singole fibre vengono separate le une dalle altre in una serie di filtri di lavaggio in controcorrente. Questi possono essere di vario tipo: a pressione, a vuoto o a diffusione. Il loro compito è di spremere il materiale fibroso per liberarlo dal liscivio nero, lavarlo con altro liscivio più debole, spremerlo nuovamente nel secondo stadio e così di seguito fino a che la cellulosa non contenga più liscivio esausto di cottura. L'ultimo lavaggio viene fatto con acqua fresca.

Vi è poi un tino di raccolta e di diluizione e infine dei vagli di assorbimento provvisti di piastre a fori o a fessure di piccole dimensioni. Le fibre buone le attraversano, mentre i nodi, gli incotti e le altre impurità rimangono sul setaccio.

La parte fibrosa che è passata attraverso gli assortitori, viene ulteriormente depurata con gli assortitori centrifughi. A questo punto la cellulosa è pronta. Essa è greggia, di colore marrone più o meno pronunciato a causa della presenza della lignina. La cellulosa viene quindi avviata al processo di sbianca o usata tal quale.

3.1.1.4 Disidratazione

La sospensione acquosa di cellulosa può essere adoperata subito per produrre carta se la fabbrica di cellulosa è unita alla cartiera, diversamente è necessario disidrarla sia per una più facile e comoda conservazione, sia per renderne più economico il trasporto. La disidratazione può essere parziale o quasi totale. La macchina adoperata per togliere l'acqua dalla cellulosa prende il nome di disidratatrice e ha le caratteristiche costruttive simili a una continua per carta. Una serie di presse spremono il foglio fino a portarlo a una siccità di circa il 90%; a questo punto il foglio può essere arrotolato o tagliato nelle misure adatte per confezionare balle.

3.1.1.5 Recuperi del liscivio

I procedimenti di cottura sono economici solo se in essi può essere effettuato il recupero del liscivio di cottura, che è sfruttato quale combustibile in virtù delle sostanze organiche in esso contenute. Inoltre il recupero dei liscivi esausti di cottura è assolutamente necessario per diminuire la più grossa fonte di inquinamento delle fabbriche di cellulosa. Con il processo di lisciviazione si asportano dal legno le materie incrostanti e le fibre cellulosiche; la resa in cellulosa è circa del 50-55%, ciò significa che, mentre metà abbondante del legno introdotto si ritrova come cellulosa, il resto passa in soluzione nel liscivio esausto.

Il liscivio recuperato con una concentrazione del 10% circa, passa poi a una serie di concentratori a multiplo effetto posti in serie, mantenuti sotto vuoto per ridurre la temperatura di evaporazione dell'acqua, alimentati con vapore vivo solo nell'ultimo stadio, mentre gli altri evaporatori sono riscaldati in controcorrente con le fumane liberatesi dall'evaporatore seguente. A questo punto il liscivio, che ha un contenuto in sostanze solide di circa il 60%, è pronto per essere bruciato. La conversione termica è il sistema scelto nella quasi totalità dei casi in quanto permette il completo recupero dei prodotti chimici, che possono quindi essere riavviata in testa all'impianto produttivo, consentendo al contempo un favorevole recupero del contenuto energetico della lignina.

3.1.1.6 Cellulose ad «alta resa»

In questi ultimi anni con il deciso progredire della tecnica cartaria, esaurienti ricerche sperimentali nella cottura e nel pretrattamento chimico e fisico del legno, e nuove ed efficienti apparecchiature meccaniche di sfibratura hanno permesso di realizzare appropriati procedimenti industriali con produzione di ottimo materiale fibroso a più elevato contenuto in sostanze non cellulose, denominato «cellulosa ad alta resa», con un rendimento che raggiunge il 70% del legno adoperato (cellulose semichimiche). Rendimenti superiori al 70% (cellulose termo-meccaniche) avvicinano le caratteristiche del prodotto a quelle della pastalegno, che è un prodotto fibroso ottenuto per sola azione meccanica.

Risolti i laboriosi problemi tecnici iniziali di fabbricazione, la cellulosa ad «alta resa» ha raggiunto oggi, importanti indici produttivi in seguito al suo impiego in molti tipi di carta, in particolare negli impasti per carta da giornale.

3.1.2 Pastalegno

La pastalegno è un materiale fibroso, ricavato con mezzi esclusivamente meccanici, ottenuto per sfibratura del legno appoggiato e premuto contro una mola rotante. Le singole particelle che costituiscono la pastalegno, hanno forma allungata e in esse si possono distinguere le fibre originali del legno più o meno libere e più o meno integre.

La qualità del legno scelta per la produzione di questa materia prima ha molta importanza, specialmente in funzione dell'uso al quale è destinato il prodotto ottenuto. In pratica si considera adatta per fabbricare pastalegno qualunque essenza legnosa tenera, priva di eccessive gibbosità e, possibilmente, di colore chiaro. Tra le conifere la preferenza spetta all'abete per il suo colore più chiaro e per il basso contenuto in resina.

Nei Paesi in cui vi è scarsità o assenza di conifere, quali l'Italia, la Spagna, l'America meridionale e l'Australia, vengono impiegate con ottimi risultati le latifoglie, quali il pioppo, le betulle e l'eucalipto. La pasta che ne deriva, pur non avendo la fibrosità pari a quella delle conifere, presenta caratteristiche di bianchezza, morbidezza e opacità notevoli. Se l'essenza legnosa adoperata è già per sua natura molto chiara e se i tronchi sono freschi di



taglio, la pasta legno ottenuta non richiede imbianchimento. Normalmente la pasta viene adoperata tale e quale nella carta giornale e nelle carte andanti di stampa, per le carte pregiate viene sottoposta a processo di sbianca. La scelta del reattivo e l'intensità del trattamento, tengono conto del vegetale di partenza e del prodotto che si desidera ottenere.

La fasi di produzione di questa materia prima sono le seguenti: sfibratura, raffinazione, addensamento e conservazione.

3.1.2.1 Sfibratura

Il legno viene tagliato mediante seghe a nastro o a disco, generalmente automatiche, che riducono i tronchi in pezzi di dimensioni adatte (tondelli) all'ampiezza delle mole sfibratrici.

La sfibratura consiste in un'operazione di sfregamento del legno contro una superficie dura e aspra di una mola. La mola o pietra ha un'importanza fondamentale nella produzione della pasta legno: le prime furono ricavate da rocce naturali, arenarie o quarziti con grana omogenea a struttura fine, preminentemente cristallina, molto dura. Oggi tutte le mole impiegate sono artificiali: si costruiscono con impasti a base di granella di silice a spigoli molto vivi, in carborundum e alundum, legati con cementi speciali e con armature in ferro radiali e anulari. Solo l'anello esterno è privo di armatura ed è quello che si consuma nella sfibratura. Lo sfregamento della mola contro il legno tende a consumarne la superficie, rendendola liscia e priva di potere abrasivo.

Vari sono stati i sistemi escogitati per realizzare, regolare e mantenere la dovuta pressione dei tronchetti di legno contro la mola sfibratrice. I primi furono:

1. "Sfibratori a cassetta". Un pistone comandato idraulicamente preme il legno contro la mola. La pressione così realizzata è costante e regolabile. Quando il legno contenuto nella cassetta è stato tutto ridotto in pasta, mediante l'inversione della pressione idraulica si fa ritornare il pistone in posizione di partenza e si riempie di tondelli la cassetta vuota.
2. "Sfibratori a magazzino". Sono così chiamati gli sfibratori nei quali il legno, anziché essere caricato a intermittenza è stivato in un serbatoio di notevoli dimensioni (8-10 m di altezza), che gravita sopra la mola. Due pistoni contrapposti premono il legno contro la medesima. Quando un



pistone è giunto a fine corsa e sta per toccarla, automaticamente si ritira e altro legno viene a cadere nello spazio lasciato libero. Subito dopo il pistone riprende a premere il legno contro la pietra.

L'introduzione di questo tipo di sfibratore ha consentito un notevole miglioramento nella produzione, sia per economia di manodopera, sia per il suo funzionamento più regolare, pur mantenendo ancora un andamento sinusoidale. Data la notevole influenza della regolarità di lavoro sulla qualità della pasta e sulla percentuale di scarto, si è cercato di realizzare una macchina a funzionamento continuo.

Per questo motivo nel 1922 sono state introdotte due nuove tipologie di sfibratori: «a catene» e «a vitoni». Con questi due sistemi, che come principio sono analoghi, si sono potuti ottenere i seguenti requisiti: funzionamento continuo, pressione sulla mola costante e pertanto velocità della pietra uniforme, maggior superficie di contatto tra pietra e legno e corrispondente minor pressione specifica sulla mola, minor produzione di schegge e pastalegno molto uniforme.

In questi ultimi anni hanno avuto grande sviluppo gli sfibratori a pressione, che essendo completamente stagni, non lasciano uscire all'esterno il vapore che si genera durante la sfibratura. Il legno viene investito dalla fumana di vapore, riscaldato tutto alla medesima temperatura più alta del normale, risultando notevolmente ammorbidito.

Se il legno fosse premuto a secco contro la mola, in pochi istanti la temperatura s'innalzerebbe al punto da incendiare il legno stesso. E' necessario, pertanto, compiere la sfibratura in presenza di un velo di acqua tra mola e legno; a questo scopo speciali spruzzi di acqua a pressione investono la mola prima che questa incontri il legno, con l'ulteriore effetto di mantenere pulita la superficie della stessa affinché non si "impasti" diminuendo la sua azione abrasiva. Recentemente si è studiato a fondo anche il ruolo della temperatura in questo processo produttivo. L'innalzamento della temperatura entro limiti modesti, accelera l'operazione di sfibratura e porta ad una produzione di pasta migliore; se però per ottenere tale aumento di temperatura si limita la quantità di acqua agli spruzzi, si rischia di rovinare la mola e si ottiene una pasta più scura, a causa del parziale arrostitimento del legno nei punti in cui l'acqua è troppo scarsa. Questi problemi sono stati brillantemente risolti con gli sfibratori a pressione.

3.1.2.2 Assorbimento. Raffinazione. Addensamento

La pastalegno prodotta dallo sfibratore è una sospensione liquida di fibre di legno in acqua, che viene assortita e depurata in impianti simili a quelli della cellulosa mediante assortitori a fessura o torri e idrocicloni. L'unica differenza sostanziale consiste nel recupero delle schegge e parti grossolane che si formano durante la sfibratura e la loro rimessa in ciclo nell'impianto di depurazione previa una loro raffinazione fatta mediante particolari mezzi meccanici.

La raffinazione si compie per mezzo di due dischi di acciaio opportunamente scanalati attraverso i quali viene fatta passare a pressione un velo di sospensione acquosa di fibre di pastalegno da raffinare. La pasta viene immessa nel centro dei due dischi affacciati, di cui l'uno fermo e l'altro rotante o entrambi giranti in senso contrario. La pasta raffinata è nuovamente assortita, ma molto spesso viene utilizzata direttamente nella cartiera, dove viene inviata mediante pompa previo addensamento.

Quando si desidera conservare o trasportare la pastalegno, è necessario disidrarla più a fondo su una macchina disidratatrice simile a quella usata per la cellulosa. La disidratatrice può essere anche completa di cilindri essiccatori per allestire la pastalegno ad alto contenuto in secco; alla fine della disidratatrice c'è una taglierina per formare i fogli e l'impianto di confezionamento dei medesimi.

3.1.2.3 Conservazione

Il problema di conservare bene la pastalegno allo stato umido o semisecco non è ancora stato risolto in modo soddisfacente. Le emicellulose, gli zuccheri e i molteplici sali disciolti nell'acqua presente nella pastalegno sono nutrimento per una notevole varietà di muffe, funghi e batteri dei più svariati tipi.

Il metodo più sicuro per una buona conservazione è quello di essiccare la pasta fino ad un contenuto di umidità che si attesta attorno al 12-15%. Tale metodo però è dispendioso e la pastalegno secca presenta qualche difficoltà d'impiego, in quanto, rimessa in acqua, fatica a spappolarsi.

Si sta diffondendo l'impiego di sostanze antimuffa e batteriostatiche che vengono aggiunte nelle acque di sospensione della pastalegno oppure



spruzzate sul prodotto disidratato al fine di eliminare, o almeno ridurre, questi problemi.

3.1.3 Cariche

La cellulosa, e specificatamente quella a fibra lunga, impartisce alla carta principalmente qualità meccaniche quali: resistenza alla trazione, alla lacerazione, allo sgualcimento, in altre parole la carta di pura cellulosa è soltanto una carta robusta. Questa qualità è essenziale nella carta da involgere, da imballo o per sacchi, secondaria nelle carte da stampa o da scrivere, ove la stampabilità e l'attitudine a ricevere la scrittura sono caratteristiche ben più importanti.

La carta di tutta cellulosa non è idonea, in molti casi, a essere stampata e pertanto va accompagnata da altre materie fibrose, da colle, leganti, cariche, ausiliari vari che modificano più o meno profondamente le caratteristiche del foglio rendendolo idoneo all'impiego.

Le principali particolarità richieste a un materiale di carica sono quindi: elevato grado di bianco, di opacità, di potere coprente, di finezza, di insolubilità in acqua e di inerzia chimica, assenza di abrasività, basso peso specifico ed, infine, alta tendenza ad essere trattenuto nel contesto fibroso. La maggior parte delle cariche sono minerali naturali.

Nelle grandi cartiere la preparazione dei materiali di carica avviene in un impianto sovente automatizzato dove si ha lo stoccaggio, la preparazione della sospensione acquosa, il controllo del titolo, la filtrazione e l'immissione dosata della sospensione nell'impasto fluente verso la macchina continua.

Tra i vari elementi che determinano l'idoneità di un materiale all'impiego come carica per carta, uno dei più importanti è la resa. Per resa si intende la quantità di materiale trattenuto sulla tela di formazione da un dato impasto fibroso rispetto alla quantità di carica ad esso aggiunto.

Le condizioni di impiego sono molto numerose e quindi la resa dipende dal tipo o dai tipi di materiali fibrosi che compongono l'impasto, dal loro grado di raffinazione, dalla diluizione, dal valore del pH, inoltre dalle condizioni meccaniche della macchina continua, dalla formazione del foglio, dalla condotta della macchina, dalla grammatura del foglio, dal tipo di tela di formazione, dai ritentivi usati, ecc.



La resa della carica non riguarda solo un aspetto economico, ma anche tecnologico. Il rifiuto o lo scarso assorbimento da parte dell'impasto della carica, porta ad avere acque di drenaggio sotto la tela con alta percentuale di carica e ad aggravare eccessivamente il lavoro dell'impianto di depurazione. Le cariche maggiormente usate sono di seguito descritte.

3.1.3.1 Caolino

Il caolino impiegato nell'industria cartaria è costituito principalmente dalla caolinite, prodotto di alterazione di rocce contenenti alluminio.

Il caolino, come si trova in miniera, non può essere adoperato direttamente nell'impasto; occorre purificarlo, liberarlo dalla sabbia e dalle particelle grossolane. Un buon caolino privo di sabbia e non calcinato non è abrasivo, è soffice, voluminoso, e il suo indice di rifrazione è molto vicino a quello della cellulosa. Per queste ragioni, rappresenta un ottimo materiale di carica e quindi la sua presenza nella carta è utile a tutti gli effetti, compreso quello di migliorarne la stampabilità.

Il potere opacizzante del caolino è discreto, anche se non elevatissimo, e aumenta sensibilmente quando le dimensioni delle particelle sono omogenee e piccole.

3.1.3.2 Carbonato di calcio

In seconda posizione rispetto al caolino troviamo il carbonato di calcio. È necessario fare subito una grande distinzione tra il carbonato di calcio naturale e quello artificiale. Quello naturale è il calcare, cioè marmo macinato con mulini, molto bianco ed economico: possiede però scarso potere coprente e opacizzante.

Sostanzialmente diverso è il carbonato di calcio ottenuto chimicamente per precipitazione da una sospensione di latte di calce mediante insufflazione di anidride carbonica gassosa o aggiunta di carbonato sodico.

Il mercato oggi offre una notevole varietà di carbonati di calcio precipitati; sono bianchi, soffici, e la loro ritenzione è buona (forse migliore del caolino), non sono abrasivi, il potere opacizzante è buono. Conferiscono alla carta da stampa buona assorbenza agli inchiostri ed un tatto vellutato.

3.1.3.3 Talco

Il talco commerciale è un silicato idrato di magnesio. La fondamentale differenza tra il talco e il caolino è la seguente: il caolino si trova già in forma di polvere fine in miniera, per cui non necessita di macinazione, il talco, invece, non si trova in polvere e pertanto occorre macinarlo.

Esistono notevoli tipi di talco, presenti in commercio, classificati in base al grado di macinazione ma soprattutto alla sua purezza e al grado di bianco. Sembra che il talco abbia una ritenzione in carica molto elevata e molto superiore al caolino. L'assoluta inerzia chimica è una caratteristica interessante. Anche la sua untuosità e scivolosità sono doti importanti per le carte da calandrare.

3.1.3.4 Pigmenti al titanio

Un'ottima carica per carta è il biossido di titanio; esso presenta grado di bianco e potere opacizzante assolutamente migliore di tutte le altre cariche per il suo alto indice di rifrazione, inerzia chimica, assenza di abrasività, particelle finissime. Il suo alto prezzo, comunque, ne limita l'utilizzo alle sole carte di alta qualità.

3.1.4 Macero

Con il termine “carta da macero” o “fibre di recupero” si intende quella carta che ha già servito allo scopo per la quale è stata fabbricata e che viene riutilizzata nel ciclo produttivo. Il riciclo delle fibre può avvenire per un numero limitato di volte - da 5 a 7 – dato che si assiste ad un progressivo deterioramento delle prestazioni, determinato dal dall'indebolimento e frammentazione delle fibre a seguito dell'uso ripetuto. Il macero è classificato e commercializzato in differenti classi qualitative per mezzo della norma europea UNI EN 643.

Sotto il profilo delle fonti di raccolta, il macero si può distinguere in:

1. “Macero da raccolta industriale e commerciale” che è costituito da rifili di cartotecnica, casse di cartone ondulato, resi di quotidiani e periodici, tabulati, ecc. Tale macero localizzato presso industrie cartotecniche e editoriali, uffici, grandi magazzini, è raccolto da recuperatori professionali e

quindi selezionato e imballato prima di essere fornito alle cartiere per rientrare nel ciclo produttivo. Questo macero è spesso già selezionato in origine, ovvero presenta le necessarie caratteristiche di purezza e qualità già nel momento in cui viene prodotto nel processo industriale di trasformazione.

2. “Macero domestico” che proviene dalla raccolta differenziata: contiene tutti quei prodotti cartari detenuti nelle abitazioni e nei piccoli negozi e uffici. Tale macero, prevalentemente costituito da cartaccia mista e giornale, deve essere isolato dai rifiuti solidi urbani all'origine, cioè prima che la carta sia mescolata con altri materiali che, inquinandola, la rendano inutilizzabile. Ciò presuppone un'auspicabile politica ambientale tesa a favorire la raccolta differenziata.



Fig. 2 Zona stoccaggio della carta macero

Quando si utilizza carta da macero come materiale fibroso, è necessario far precedere le fasi di raffinazione e miscelazione dell'impasto da alcuni trattamenti specifici finalizzati a togliere dai maceri tutti i materiali estranei, chiamati “contaminanti”, come plastica, vetro, ferro, colle, paraffina, la cui presenza può creare problemi produttivi e condizionare gravemente la qualità del prodotto finito. Quando è necessario produrre carta con un buon grado di bianco, si deve ricorrere anche ad un trattamento di “disinchiostrazione”, vale a dire all'eliminazione degli inchiostri, vernici e smalti inevitabilmente presenti nei maceri. La pasta pertanto, dopo lo spappolamento, deve passare attraverso una serie di epuratori studiati appositamente per carte da macero. Il procedimento avviene in più fasi ed a stadi ripetuti, in modo da togliere inizialmente le parti più grossolane e via via le più piccole. Una volta terminati tutti i trattamenti previsti, l'impasto

ottenuto può essere utilizzato, nelle fasi successive della lavorazione, con la stessa tecnica di tutte le altre carte. A seconda del tipo di carta da produrre e della qualità dei maceri utilizzati, la configurazione, il tipo e la complessità dei macchinari da utilizzare per la disinchiostrazione possono variare in modo considerevole da impianto ad impianto.

Il processo inizia con lo spappolamento del macero in un "pulper" a bassa alta densità (18-20% di fibra). L'azione meccanica della girante, appositamente sagomata, favorisce, oltre all'eliminazione di plastiche ed altri contaminanti leggeri, la separazione degli inchiostri e delle patine dalle fibre. Le fasi successive provvedono a separare dall'impasto tutti i contaminanti di dimensione grossolana e media tramite azione di centrifugazione. Più il sistema di epurazione è sofisticato e più la qualità del prodotto finito si avvicina a quello di fibra vergine. Una epurazione accurata è necessaria soprattutto per le carte riciclate da stampa per le quali le esigenze sono maggiori di quelle per altri usi.

L'impasto così ripulito subisce, a questo punto, il vero e proprio processo di disinchiostrazione. I particolari macchinari utilizzati, operanti con gorgogliamento di aria in ambiente pressurizzato, consentono di separare gli inchiostri dalle fibre raggiungendo efficienze molto elevate. La successiva fase di pulizia è realizzata per differenza di peso specifico tra le fibre e le residue piccole particelle di inchiostro, smalto e patine. Gli inchiostri e le colle ancora presenti, vengono finemente ridotti e dispersi attraverso una macchina a dischi sagomati contrapposti che ruotano ad alta velocità. Per migliorare l'efficienza di tale procedimento, e allo stesso tempo garantire una maggiore igienicità e pulizia del prodotto, l'impasto viene precedentemente riscaldato ad una temperatura di circa 100°C. L'ultima fase prevede un "lavaggio" delle fibre, attraverso un'azione meccanica di centrifugazione. E' importante sottolineare che il principale prodotto chimico utilizzato è un particolare tensioattivo (sapone ad uso industriale), privo di solventi organici, che favorisce la formazione di schiume rendendo più efficace la separazione degli inchiostri che tendono ad aderire alla superficie delle bolle d'aria. Tutte le acque di lavorazione sono riutilizzate più volte e prima di essere scaricate sono depurate con un impianto di trattamento.



I residui solidi scartati durante il processo sono invece riutilizzati in altre attività manifatturiere, come materiale di riempimento in opere di ripristino ambientale o se ne può recuperare il significativo contenuto energetico.

3.1.5 Imbianchimento

I produttori di carta hanno sempre avuto l'importante obiettivo di produrre un prodotto il più chiaro possibile.

Il procedimento base di preparazione chimica della pasta per carta si può scindere in due distinte fasi: la lisciviazione, che ha come obiettivo principale la separazione delle fibre cellulosiche del legno, della lignina e dalle materie incrostanti e l'imbianchimento, operazione di complemento alla prima e di finitura.

Per sbianca s'intende la decolorazione del materiale greggio che viene, in seguito a tale operazione, ad assumere una tonalità bianca o molto chiara.

3.1.5.1 Imbianchimento della cellulosa

La cellulosa pura è bianca; quella commerciale contiene impurità non completamente asportate dal processo di cottura che, essendo colorate, danno la caratteristica tinta più o meno intensa alla cellulosa. Pertanto le cellulose gregge non si possono adoperare per la fabbricazione di carte bianche.

Lo scopo dell'imbianchimento è di ottenere un prodotto con un grado di bianco elevato, duraturo nel tempo, a costi ragionevoli, senza procurare sulla cellulosa effetti deleteri nei riguardi delle proprietà fisiche o chimiche. Poiché l'azione di imbianchimento è rivolta all'asportazione delle tracce di lignina che, tra le materie incrostanti, è la più colorata, si osserva che il processo di cottura è più economico di quello imbiancante per togliere queste tracce, per cui volendo produrre una cellulosa ad alto grado di bianco, è più economico effettuare un attacco chimico più intenso mediante il processo di cottura e riservare all'imbianchimento l'azione ultima di rimozione delle tracce rimaste.

Un eccessivo attacco da parte degli agenti chimici di sbianca può però produrre una degradazione della cellulosa. Essa è, infatti, un alto polimero e un'energica azione ossidante o clorurante può rompere la lunga catena



molecolare. Questa degradazione comporta, come effetto, una diminuzione delle resistenze meccaniche della fibra e quindi della carta che da essa deriverà.

Oggi, volendo ottenere cellulose bianchite ad alto grado di bianco, si usano impianti che prevedono molti stadi, fino a sette, con vari reattivi.

L'imbianchimento a molti stadi è stato sviluppato su vari fronti. Il primo, è quello di perfezionare il procedimento classico non tanto aumentando l'intensità dell'attacco chimico nelle varie reazioni, quanto cercando di migliorare il numero e l'efficienza dei lavaggi della cellulosa tra le diverse fasi, eliminando le tracce di reattivi e i prodotti di reazione che disturbano la fase seguente. Un altro fronte è quello di agire sulla densità della pasta: lavorare con sospensioni fibrose molto dense significa risparmiare reattivi, calore, energia, ottenere migliore resa degli impianti o, a parità di produzione, tempi di reazione più lunghi; ciò è stato realizzato grazie a macchinari più perfezionati, di maggiori potenzialità e di materiali più resistenti.

Il terzo fronte fa riferimento all'impiego di nuovi reattivi di sbianca da usarsi quale complemento di quelli classici: l'acqua ossigenata, i perossidi e il biossido di cloro, e l'ossigeno.

3.1.5.2 Cellulosa semibianchita

Mentre da un lato il mercato delle cellulose ha richiesto in questi ultimi tempi gradi di bianco sempre più elevati, parallelamente si è andato sviluppando anche un attivo mercato delle cellulose semibianchite, per lo più al solfato, molto robuste, alle quali è stato impartito un trattamento di sbianca non completo. Questo trattamento ha lo scopo di portare il colore marrone della cellulosa greggia a dei valori un poco più alti e tali da essere compatibili con determinati impieghi un tempo soddisfatti da cellulose gregge al bisolfito.

3.1.5.3 Sbianca della pasta legno

Già nella scelta del vegetale per la produzione della pasta legno, il colore del medesimo rappresenta un fattore molto importante. Vengono, infatti, escluse tutte le essenze di colore scuro. Il prodotto ottenuto presenta un colore di fondo tendente al giallognolo, ma abbastanza chiaro da



permetterne l'impiego diretto nella fabbricazione di un gran numero di tipi di carta bianca "mezzofino". I tipi migliori di carta con pastalegno, invece, impongono che quest'ultima sia veramente bianca, perciò dev'essere imbianchita. I processi di imbianchimento sono classificati in:

1. "Processi riducenti". Seppure in quantità limitata, anche in passato la pastalegno è stata oggetto di sbianca e il sistema classico usato è quello al bisolfito di sodio, che si trova in commercio sotto forma di soluzione acquosa concentrata.

Un'azione riducente più energica è ottenuta trattando la pastalegno con idrosolfito di sodio. L'effetto è più rapido e più evidente, perciò si usa trattare la pastalegno in sospensione acquosa con l'impiego di torri che sono simili a quelle adoperate nella sbianca della cellulosa.

2. "Processi ossidanti". Da qualche decennio si sono affermati i procedimenti di sbianca della pastalegno con ossidanti quali il perossido di idrogeno (acqua ossigenata) e il perossido di sodio. L'imbianchimento consiste in uno stadio unico e cioè il trattamento della pastalegno fresca con la quantità fissata di perossido o di acqua ossigenata a temperatura, concentrazione e alcalinità controllate. Dapprima si effettua la miscelazione dell'acqua ossigenata con la quantità opportuna di alcali, questa soluzione viene immessa nella pastalegno opportunamente addensata e suddivisa in un particolare miscelatore che prevede l'impasto e la dispersione del reattivo. La pasta poi viene fatta "digerire" in una torre, per un tempo prefissato e ad una temperatura ottimale dipendenti dal grado di bianco finale desiderato.

La pasta è molto alcalina e a fine imbianchimento va neutralizzata con acido solforico o anidride.

3.1.6 Collatura

La carta in superficie può presentarsi assorbente all'acqua e ciò significa che il liquido messo sulla sua superficie in forma di goccia o di una linea viene assorbito rapidamente e spande. Se la goccia si allarga e sparisce, vuol dire che essa si diffonde in tutte le direzioni proprio in funzione dell'idrofilia delle fibre; è il caso della carta non collata.



Se la carta invece è “collata” presenta una lenta penetrazione dell'acqua o dell'inchiostro: il tratto di penna non spande o spande solo in modo impercettibile. È il caso delle carte da scrivere in generale.

Infine se la carta ha subito particolari trattamenti superficiali, si può avere la carta idrorepellente: la goccia non si ancora e si stacca dalla superficie della carta senza lasciare traccia.

3.1.6.1 Collatura in impasto

La materia più largamente usata per la collatura in impasto è la colofonia, detta più semplicemente resina. Si introducono piccole quantità della stessa nell'impasto fibroso, sotto forma di sapone sodico, e poi la si fa precipitare per aggiunta di un sale acido normalmente il solfato di allume.

Sovente alla collatura in impasto si aggiunge la collatura in superficie. È il caso della carta moneta, di carte per stampa in litografia, della carta da disegno, da musica e da scrivere.

Molte sono le variabili, oltre al collante, che possono influenzare il grado di collatura di una carta: il tipo di materia fibrosa adoperato, il grado di raffinazione, la percentuale di carica, la grammatura, la conduzione dell'essiccamento.

Affinché il liquido bagni e si diffonda sulle fibre, è necessario che l'affinità delle molecole del liquido tra loro, cioè la sua tensione superficiale sia minore dell'attrazione delle molecole del liquido da parte delle fibre. La seconda condizione è che esso non penetri eccessivamente e non spanda, cioè che non si diffonda per capillarità in superficie. La tensione superficiale è la forza che tende a tirare il liquido nei capillari: ora, siccome gli agenti di collatura ammorbidiscono la tensione superficiale, ne deriva anche una diminuzione della forza di spinta della capillarità.

3.1.6.2 Aggiunta del collante all'impasto

Nei grandi impianti continui l'immissione del collante, sotto forma di latte o di emulsione colloidale, è effettuata con dosatori automatici o con regolatori di flusso a valle dei raffinatori.

La quantità di collante da impiegare dipende dal risultato che si vuole ottenere e dal tipo di impasto che si deve collare. Volendo ottenere ottime



collature, è necessario usare collanti rinforzati con cere o paraffine, con anidride maleica e acidi maleici, o collare la carta in superficie.

Dopo aver introdotto nell'impasto il collante, è indispensabile fissarlo e insolubilizzarlo sulle fibre, affinché la carta risulti collata. Tra i vari reagenti usati il migliore è il solfato di alluminio, chiamato normalmente allume.

3.1.6.3 Effetti delle variabili ambientali sulla collatura

La collatura della carta è un'operazione molto delicata, in quanto risente delle condizioni operative che si realizzano in tutto il ciclo di lavorazione. Innanzitutto le materie prime fibrose usate comunemente negli impasti cartari hanno un loro grado di collabilità. Una maggior raffinazione, una buona distribuzione della resina, un tempo lungo di permanenza favoriscono il processo di collatura.

Il fattore più importante per la collatura della carta è però il valore di pH al quale si effettua la precipitazione del collante sulle fibre per cui negli impianti moderni sono installati dei piaccametri automatici che mantengono il pH al valore ottimale, regolando in continuo il flusso del solfato di alluminio.

L'aumento della carica influenza in modo negativo la collatura, come pure è dannosa una temperatura eccessiva durante l'essiccamento.

3.1.6.4 Collatura in superficie

La scoperta della collatura in impasto con resina, è stata rivoluzionaria e ha permesso per due secoli circa, di risolvere il problema in modo semplice ed economico. Da qualche tempo però la situazione è mutata: la velocità delle macchine da stampa, in continuo aumento, richiede l'impiego di inchiostri sempre più viscosi; le esigenze estetiche del materiale stampato vogliono che gli inchiostri restino fissati in superficie perché più brillanti e con rese più economiche. In effetti, queste esigenze, accompagnate da altri fattori, hanno ridato vita al vecchio sistema di collare in superficie.

Si fa passare il foglio di carta in una soluzione di colla animale o di altre sostanze collanti, in modo che rimanga un velo di liquido sulla superficie



della carta, che asciugandosi forma una pellicola molto sottile ma sufficiente a impedire la penetrazione dell'inchiostro nella carta.

La principale differenza tra la collatura in impasto e quella in superficie, è data dal fatto che la seconda impartisce un legame meccanico molto serrato alle fibre che si trovano in superficie, saldandole al resto dell'impasto fibroso sottostante. Si forma quasi una specie di pellicola morbida, resistente alle abrasioni, alla penetrazione degli oli e a successivi trattamenti superficiali.

La collatura superficiale viene impartita con due sistemi ben definiti; con la "pressa collante" (sizing press) o con la "cassetta di distribuzione" (water box). La pressa collante è formata da due cilindri, che a seconda dei casi sono affiancati, sovrapposti o inclinati fra loro. I cilindri sono comandati e regolabili in pressione per modificare l'area di contatto tra la soluzione collante e la carta. La carta entra nella pressa collante già perfettamente asciutta: prima di entrare, un alimentatore a spruzzi distribuisce su entrambe le facce la soluzione collante e il passaggio nella pressa asporta l'eccedenza; dopo la pressa collante la carta deve venire nuovamente asciugata. La "collatura alla liscia di macchina" (calander sizing) è un metodo solitamente usato per il trattamento superficiale dei cartoni o delle carte molto pesanti per scatole. L'applicazione della soluzione collante si realizza mediante un semplice dispositivo chiamato *water box*. I collanti generalmente impiegati per i trattamenti in superficie sono:

1. L'"amido", il collante più usato, si è affermato perché è economico, ha una buona facilità d'impiego e non scurisce la carta. Si possono usare amidi provenienti da diversi vegetali. Il commercio offre una vastissima gamma di amidi trattati che si differenziano per viscosità, forza legante, ecc. In generale si può dire che due sono le direzioni verso le quali si tende: viscosità relativamente elevata e viscosità relativamente bassa. Nel primo caso l'amido non penetra in profondità nella carta e lega molto saldamente le fibre superficiali, formando un film piuttosto compatto e rigido: gli amidi del secondo tipo sono invece molto fluidi, penetrano nel supporto collandolo in profondità. Oltre all'amido possono venir usati anche altri prodotti come agenti di collatura in superficie.

2. La "carbrossimetilcellulosa", un prodotto abbastanza nuovo per l'industria cartaria; molto facile all'impiego, solubile in acqua fredda, non si altera, è



incolore e inodore. La carbossimetilcellulosa, rispetto all'amido, presenta una minore resistenza all'acqua, ma una migliore resistenza ai grassi.

3. Gli "alginati" sono prodotti usati anche in altre industrie (tessili, farmaceutici, dolci) e sono estratti dalle alghe marine.

4. L'"alcool polivinilico", prodotto fortemente filmogeno è caratterizzato da elevata resistenza meccanica, elevata trasparenza, flessibilità e alto potere legante.

Tra i vari effetti positivi collaterali, la collatura in superficie permette di raffinare molto meno l'impasto fibroso e migliora le caratteristiche meccaniche della carta quali lo scoppio, la trazione, lo sgualcimento.

3.1.7 Colorazione

L'importanza della colorazione nell'industria della carta non si limita alla fabbricazione delle carte colorate, in quanto anche la stessa carta bianca richiede l'aggiunta di sostanze coloranti, per migliorarne l'aspetto e per mantenere durante tutta la fabbricazione un prodotto omogeneo della stessa tonalità di colore, facendo fronte a tutte le leggere ma molteplici variazioni di tinta che si verificano nelle varie materie prime costituenti l'impasto. Normalmente il grado di bianco di una carta, a parità di altre condizioni influisce sul suo valore commerciale.

I coloranti possono essere minerali od organici e ognuno di origine naturale o artificiale.

1."Coloranti minerali naturali". Sono allo stato di purezza più o meno elevata e richiedono poche e semplici operazioni industriali (estrazione, macinazione, setacciatura, levigazione, ventilazione, ecc.) per essere pronti all'impiego, senza dover essere sottoposti ad alcuna operazione chimica. Fanno parte di questo gruppo le terre colorate, formate da materie argillose o terrose, alle quali la presenza di alcuni composti metallici, specialmente di ferro, e a volte di carbonio libero, conferiscono determinate tonalità.

2. "Coloranti minerali artificiali". Fanno parte di questo gruppo i vari ossidi di ferro, idrati (gialli) o anidridi (rossi), il rosso inglese, il minio di ferro, le ocre rosse, l'oltremare azzurro, verde e viola e il nero fumo, il nero di lignite, il nero di torba, ecc.

3. “Coloranti organici naturali”. Possono essere di origine vegetale o animale. Hanno solamente un valore storico, poiché oggi sono adoperati raramente.

4. “Coloranti organici artificiali”. Sono adoperati in grande quantità, soppiantando quasi del tutto quelli naturali, per la facilità d'impiego e per la quasi infinita varietà di tinte esistenti.

Di recente sono stati creati i “coloranti reattivi”, che hanno la caratteristica di reagire chimicamente con la cellulosa, e i “coloranti fluorescenti” o “correttori ottici”, che hanno la caratteristica di convertire in luce visibile i raggi ultravioletti.

3.1.7.1 Tecnica della colorazione in impasto

Nella tecnica del procedimento di colorazione bisogna tenere presente che i colori fondamentali sono tre: giallo, rosso, blu (tinte monocolori) e che mescolandoli si ottengono tutti gli altri colori (tinte secondarie).

Le infinite sfumature di colore si ottengono variando nella miscela la quantità di ogni colore primario. Questa regola è però soltanto una semplice descrizione teorica della tecnica della colorazione, che in realtà rimane una operazione molto complicata anche per gli specialisti.

La colorazione della carta si effettua generalmente in impasto: ma in taluni casi, per carte o cartoni, si ricorre all'applicazione del colorante nella pressa collante o nella cassetta della liscia (*water box*). Inoltre si possono avere carte colorate impiegando fibre o patine già colorate.

3.1.7.2 Colorazione in pressa collante o alla cassetta della liscia

È possibile ottenere una buona colorazione applicando una tecnica simile a quella usata per effettuare la collatura in superficie. Il vantaggio è evidente quando si deve produrre una serie di carte identiche come impasto, ma solo differenti per il colore. L'impasto è bianco per tutte e la variante incomincia al momento dell'ingresso della carta nella pressa collante.

Un'altra tecnica usata è quella di colorare una superficie del foglio con la cassetta alla liscia di macchina (*water box*). L'operazione è molto frequente per i cartoni, per le carte da imballaggio ovviamente sempre che ci sia



compatibilità chimica tra i due trattamenti miscelati. Con il colore può anche essere applicato il collante.

3.2 TECNOLOGIE DI PROCESSO

3.2.1 Preparazione dell'impasto

Ogni tipo di carta richiede determinate qualità di cellulosa e ogni cellulosa, per essere ben impiegata, necessita di un trattamento meccanico appropriato. Poiché la carta non è solitamente composta di sola cellulosa, è pure necessario dosare, miscelare, amalgamare le altre materie fibrose (pastalegno, fogliacci, ecc.). Inoltre si devono aggiungere i materiali di carica, i collanti, i colori, gli ausiliari richiesti dal tipo di prodotto finale che si vuole ottenere. Questo assieme di materie fibrose e di ingredienti, prende il nome di "impasto".

L'impasto è preparato con tre operazioni principali: trattamenti meccanici, trattamenti chimici e miscelazione; la riuscita tecnologica ed economica, di un tipo di carta dipende sempre più dall'organizzazione del ciclo produttivo, dall'efficienza dei macchinari, dalla loro condotta e dalla organizzazione del lavoro. È compito del tecnico cartario dosare gli ingredienti in modo da ottenere il miglior risultato con la miglior convenienza economica, oppure quello di esaltare una certa proprietà o evitare un certo difetto.

3.2.1.1 Spappolamento delle materie fibrose

La prima operazione per trasformare in carta la cellulosa o la pastalegno, è quella di spappolare la materia fibrosa in acqua, trasformandola in una sospensione omogenea con tutte le singole fibre ben separate le une dalle altre, senza grumi o fasci. Le macchine tradizionali per sfibrare la cellulosa, fogliacci, macero, ecc., sono i "pulper", consistenti in vasche metalliche di notevoli dimensioni, sul cui fondo uno o più rotori, opportunamente sagomati, imprimono al liquido un moto vorticoso circolatorio energetico. La cellulosa e le cariche vengono solitamente convogliate al pulper mediante l'utilizzo di nastri trasportatori.



Fig. 3 Nastro trasportatore della cellulosa al pulper

3.2.1.2 Raffinazione

La fibra cellulosica, per essere idonea a formare il foglio di carta, deve subire un trattamento meccanico in presenza di acqua, tale da modificarne parzialmente la struttura e renderla idonea a fornire un foglio di carta avente le caratteristiche desiderate.

La raffinazione delle materie fibrose si manifesta con due effetti principali: un'azione di taglio, in quanto la fibra può essere divisa in più parti trasversalmente dai coltelli del raffinatore, e un'azione molto più complessa subita dalla fibra quando sfrega contro i coltelli o viene schiacciata.

La raffinazione influisce anche sulle altre proprietà del foglio di carta finito, e vale a dire sulla struttura del contesto fibroso, sulla rigidità del foglio, sull'opacità, ecc. In tutti i tipi di raffinatori, la raffinazione è realizzata con un'azione di sfregamento fra due elementi (pietra o metallo) in movimento fra i quali viene a trovarsi la sospensione fibrosa. Molto importanza hanno le condizioni nelle quali avviene la raffinazione: la densità dell'impasto, la temperatura, la pressione delle lame del rotore su quelle della platina, la distanza tra le lame stesse, il loro spessore, ecc. Esistono diversi macchinari utilizzati per la raffinazione:

1. "Raffinatore Conico". E' il primo dei raffinatori a ciclo continuo, composto di un rotore conico orizzontale sulla cui superficie sono riportate, lungo le generatrici del cono, delle lame metalliche; il rotore gira in una carcassa

conica avente anch'essa lame che sporgono dalla superficie interna; le lame del rotore e della carcassa si sfiorano. Spostamenti orizzontali del rotore lungo l'asse in un senso o nell'altro, provocano l'avvicinamento o l'allontanamento delle lame. La pasta entra per mezzo di una tubazione dal lato corrispondente al vertice del cono. L'effetto centrifugo della rotazione fa funzionare da pompa il raffinatore stesso. Strozzando la valvola a valle del raffinatore, si dosa la velocità di passaggio della pasta e si regola così la velocità della raffinazione.

2. "Raffinatore a dischi". Due dischi di acciaio con scanalature a vari profili e disegni, si trovano affacciati all'interno di una carcassa; la distanza tra loro è regolata micrometricamente o con pressione idraulica. Nel centro della zona compresa fra i dischi si introduce la pasta che, per la forza centrifuga prodotta dalla rotazione di uno o di tutti e due i dischi, tende a portarsi verso la periferia, subendo l'azione di sfregamento prodotta dalle nervature dei dischi.

3. "Depastigliatori". Sono macchine atte a disfare i nodi non ben spappolati: sono provvisti di elementi rotanti a forte velocità che non si toccano fra loro. Un buon depastigliatore deve eliminare completamente le «pastiglie», senza raffinare la pasta.

3.2.1.3 Legami interfibra

I legami interfibra di natura chimica, chimico-fisica e fisica, rappresentano i punti di saldatura tra i vari elementi del foglio che sono le fibre, per cui è evidente che la resistenza meccanica della carta è dovuta in modo determinante dalla resistenza delle saldature esistenti tra fibra e fibra e che se la carta è debole, ciò è anche dovuto alla scarsità dei legami interfibra. I legami interfibra prendono origine da un insieme di fattori connessi con la qualità delle fibre, il loro processo di estrazione dal vegetale di partenza, il tipo, le condizioni e l'intensità della raffinazione: difficile però è stabilire regole o precise asserzioni. È assodato che la presenza di pentosani, di emicellulose o comunque di molecole cellulosiche a basso grado di polimerizzazione è favorevole alla formazione di legami. Per le cellulose particolarmente povere di queste sostanze, è pertanto utile l'introduzione nell'impasto di particolari leganti idrofili che, pur funzionando in modo



diverso, conducono agli stessi risultati e cioè aumentano la resistenza della carta.

3.2.1.4 Acqua di fabbricazione

L'acqua per la fabbricazione della carta è indispensabile: un impasto fibroso qualunque ne contiene il 95-98%. L'acqua è il veicolo mediante il quale, attraverso tubazioni, canali, tini, avviene il trasporto, la manipolazione, il dosaggio della materia fibrosa, delle cariche, degli additivi e infine dell'impasto che è destinato alla macchina continua per la trasformazione in foglio. La raffinazione della cellulosa avviene proprio in quanto è fatta in presenza di acqua.

Un tempo per produrre un chilogrammo di carta era necessaria una quantità di acqua fresca di circa 200-500 litri, oggi si considera una cifra molto più bassa: circa un decimo. Differenti valori dipendono non solo dai tipi di carta prodotta, ma specialmente dall'ottimizzazione del circuito di riciclo. E' importante segnalare infatti che i quantitativi d'acqua necessari per la formazione del foglio sono ancora gli stessi, solamente che oggi si impiega in larga parte acqua di riciclo. Le caratteristiche più importanti dell'acqua di fabbricazione sono: la temperatura, la limpidezza, il colore e la durezza.

3.2.1.5 Miscelazione. Dosaggio

Poiché tutti gli impasti fibrosi sono sospensioni acquose diluite (4-7%), i volumi di liquido in gioco risultano essere rilevanti; inoltre, dato che il materiale dell'impasto tende a sedimentare alterando l'omogeneità della sospensione, la massa deve essere tenuta sempre in movimento o in mescolazione.

Lo spappolamento e la raffinazione in continuo hanno reso necessarie nuove tecniche di dosaggio degli ingredienti dell'impasto. Ciò ha facilitato molto i problemi di miscelazione e ha permesso di ridurre i volumi dei tini di deposito che altrimenti, date le aumentate produzioni delle moderne e veloci macchine continue, avrebbero assunto dimensioni tali da rendere difficilmente risolvibili i problemi di miscelazione.

Affrontando la problematica del dosaggio non si può non citare i “proporzionalizzatori”; sono dispositivi che automaticamente regolano due o più flussi che convergono in un tino, in un canale o in una macchina operatrice. Con i “flussometri magnetici” e i “regolatori di densità” collegati a un impianto di proporzionamento, si può sapere all'istante la quantità di pasta erogata o in transito e pertanto rendere completamente automatico la proporzione e l'alimentazione dell'impasto in una macchina continua.

3.2.1.6 Epurazione dell'impasto

Tutti i componenti dell'impasto prima di essere immessi nel ciclo produttivo sono assoggettati a una depurazione. Gli epuratori sono basati su principi di filtrazione nei quali l'impasto fibroso è sollecitato, mediante pressione idraulica, ad attraversare fessure o fori calibrati che lasciano passare le parti fini e trattengono le impurezze. In aggiunta a questi depuratori si installano altri moderni sistemi di epurazione che mirano a eliminare le impurezze più minute, ancora presenti nelle materie fibrose, quelle provenienti dall'acqua, dalle cariche o da corpi estranei eventualmente polverizzati dal processo di raffinazione. Alla sospensione fibrosa si impartisce un movimento rotatorio vorticoso in modo che sotto l'effetto della forza centripeta questi materiali estranei più pesanti si separino dal resto, radunandosi nel centro del vortice e biancandosi sul fondo. Tali apparecchi sono detti in generale “cicloni” e possono essere pneumatici o idraulici.

3.2.2 Macchina continua

Prima che l'impasto entri nella macchina continua propriamente detta, deve sottostare ad alcune operazioni; le principali sono: mescolazione, diluizione, dosaggio, epurazione.

Nelle tine di macchina, la pasta, proveniente dall'impianto preparazione impasto continuo o discontinuo si trova ad una densità del 4% circa; prima di andare in macchina è necessario diluirla in modo da portarla a una concentrazione che si aggiri sullo 0.3-0.8%, diluizione che avviene per aggiunta di acqua proveniente dalla continua stessa e precisamente quella che scola sotto la tela di macchina al primo momento della formazione del foglio, ricca in fibre e carica; in questo modo le parti fini vengono recuperate

e continuamente utilizzate. Un altro fattore di somma importanza per la regolarità del foglio di carta è il giusto dosaggio della quantità di materia fibrosa; è necessaria infatti una costante erogazione di impasto, destinato alla continua, nell'unità di tempo.



Fig. 4 La macchina continua

3.2.2.1 Cassa di afflusso

La velocità della tela nelle moderne macchine continue richiede un'adeguata velocità di uscita della pasta, che deve accompagnarsi a un'omogenea distribuzione delle fibre, all'assenza assoluta di densità preferenziali in qualche punto o di turbolenze; si sono perciò adottate le "casse di afflusso", generalmente costruite in acciaio inossidabile, dette "a pressione", che hanno la possibilità di emettere una lama di pasta a forte velocità. Dalla tubazione di ingresso a grande diametro si dipartono numerose ramificazioni a diametro molto minore; in questo modo l'impasto viene diviso a ventaglio e la base della cassa di afflusso è così alimentata da un pettine di tubazioni piccole. In tal modo la pasta raggiunge la cassa con una distribuzione molto regolare e omogenea.

La cassa d'afflusso distribuisce sulla tela l'impasto attraverso un'apertura calibrata con la massima precisione praticata alla base e chiamata bocca. Il labbro inferiore è costituito da una lamina di acciaio sulla quale scorre la lama d'impasto in uscita dalla cassa; il labbro superiore è formato anch'esso da una lamina di acciaio, disposta verticalmente o inclinata rispetto alla tela, regolabile in altezza e profondità. La regolazione della linea di impatto del flusso con la tela e il rapporto fra la velocità tela/flusso, sono della massima importanza per la formazione del foglio di carta.



Il labbro superiore, oltre alla regolazione generale di apertura e d'inclinazione rispetto al labbro inferiore, può avere una microregolazione nel senso trasversale a intervalli di 20-30 cm mediante volantini a comando manuale. Dentro la cassa di afflusso, in genere, vi sono degli spruzzi di acqua a pressione, con il duplice scopo di abbattere le schiume e di tenere pulite le pareti interne. Nella parte anteriore e ai lati vi sono poi dei tubi che scaricano continuamente una piccola parte dell'impasto in modo che il flusso di alimentazione assuma in ogni punto della cassa la stessa velocità. La lamina fluida uscente dalla bocca della cassa di afflusso si adagia sulla tela in movimento, sostenuta dal cilindro capotela, dagli sgocciolatori, dagli arc foils, dai deflettori, dalle casse aspiranti e dal cilindro aspirante. La tela, nel suo giro di ritorno, è guidata da appositi cilindri guidatela, tenuta tesa dai cilindri tenditori, regolata in modo che mantenga sempre la sua posizione, e pulita da violenti spruzzi di acqua. Il cilindro capotela che si trova sotto la bocca, è rivestito in rame, in gomma o in vetro e in molte macchine ha la possibilità di oscillare lungo il suo asse, producendo uno "scuotimento", allo scopo di distribuire meglio l'impasto e di ritardare lo scolamento dell'acqua.

Nelle macchine moderne, a causa dell'aumentata velocità, non è più possibile scuotere la tela: infatti la frequenza delle oscillazioni, per essere in accordo con la velocità di avanzamento, dovrebbe avere dei valori troppo elevati e incompatibili con la resistenza dei macchinari.

3.2.2.2 Tela

La parte più importante della macchina continua e certamente la più delicata è la tela. È un nastro continuo chiuso ad anello tessuto con fili di resine poliestere e poliammidiche. A seconda dei tipi e delle grammature delle carte che s'intendono produrre, si usano tele a diverso numero di maglie e a diversa tessitura.

La tela, nel momento in cui abbandona il cilindro capotela, riceve dalla bocca della cassa di afflusso lo strato di impasto fibroso. Questo è molto pesante, non tanto per le fibre ma perché esse contengono una massa di acqua pari a 200-300 volte il loro peso.

I "cilindri sgocciolatori", normalmente rivestiti in gomma, hanno insieme agli arcofoils il compito importantissimo di drenare nel modo più uniforme e più



regolare possibile sia nel senso longitudinale, che trasversale del foglio, l'acqua dall'impasto.

3.2.2.3 Formazione del foglio

Moltissime sono le variabili che possono influenzare il drenaggio e la formazione del foglio sulla tela di macchina. Le principali sono: la temperatura, il grado di raffinazione, la composizione, la natura e la dimensione delle fibre, la percentuale di carica e di parti fini, gli additivi adoperati, il tipo di tela, la sua velocità, la velocità del flusso dell'impasto e il suo rapporto con la velocità della tela, il tipo di drenaggio nella prima parte della tela, ecc.

Alla cassa di afflusso l'impasto ha una concentrazione media intorno allo 0,5%, quando il foglio abbandona le presse, ha un contenuto di secco mediamente intorno al 40%; ciò significa che una grande quantità di acqua è già scesa sotto la tela asportata dalle casse aspiranti, dal cilindro aspirante e dalle presse.

Le casse aspiranti sono cassette strette e larghe quanto la tavola di fabbricazione, ricoperte da listelli distanti e forati. Una certa quantità di acqua viene erogata da fori periferici con lo scopo di lubrificare la faccia della tela a contatto con le casse aspiranti mentre tra i listelli centrali si pratica una certa aspirazione, al fine di drenare il foglio umido portato dalla tela.

Il cilindro aspirante è costituito da un tubo in bronzo o acciaio inossidabile il cui mantello è forato su tutto il suo sviluppo; nell'interno una cassetta aspirante si adagia sulla superficie curva; essa deve avere un adeguato volume, sia per aumentare il rendimento sia per diminuire i possibili slittamenti della tela sulla sua superficie.

Altra acqua è inoltre aggiunta mediante spruzzi sistemati per pulire la tela nella fase di ritorno, per lubrificare le casse aspiranti e per il taglio del formato, quindi c'è la presenza di molta più acqua di quella erogata dalla cassa di afflusso.

L'acqua proveniente dalla tela per scolamento del foglio, si chiama "acqua bianca" per la tinta biancastra derivante dalle cariche e dalle parti fini in sospensione, le altre meno ricche di parti in sospensione, sono dette seconde acque bianche. Le prime, sono normalmente subito riciclate

mediante invio alla depurazione e impiegate per la diluizione dell'impasto destinato alla cassa di afflusso; le seconde, alle diluizioni più a monte e l'eccesso inviato ai ricuperatori.

3.2.2.4 Presse

Il termine “pressa”, sta ad indicare una coppia di cilindri molto robusti, sovrapposti, che hanno il compito di schiacciare, a elevata pressione, il feltro che sopporta il foglio di carta e il foglio di carta stesso in modo da far migrare una parte dell'acqua dal foglio al feltro, migliorare la compattezza del foglio, avvicinare i vari elementi che compongono il contesto fibroso, scacciarne l'aria presente senza danneggiarne la struttura. La tecnica moderna ha sostituito le tradizionali presse in pietra con presse aspiranti permettendo una più rapida ed efficiente rimozione dell'acqua che fuoriesce dal complesso carta-feltro nel momento di massima pressione. Questo si traduce in aumento di velocità e in vantaggi economici dovuti a un minor consumo di vapore nella zona della “seccheria”.

Allorché il foglio abbandona la tela, contiene ancora una fortissima percentuale di umidità, che si attesta ad un valore variabile a seconda del tipo di macchina, d'impasto, di grammatura, e che normalmente è di circa l'80%. A questo punto il foglio è delicatissimo: solo se adagiato sulla superficie soffice del feltro, può essere fatto avanzare e convogliato sotto le presse. Da solo il foglio è incomprimibile proprio perché l'acqua, suo maggiore componente, è incomprimibile; un eventuale tentativo di compressione farebbe sì che le fibre naviganti nel mezzo acquoso si muovano disordinatamente, distruggendo la struttura del contesto fibroso già formato, mentre se la pressione del foglio avviene quando questo giace sul feltro soffice e assorbente, l'acqua di spremitura si trasferisce al feltro senza disturbare il contesto fibroso.

Togliere acqua dal foglio di carta con mezzi meccanici quali scolamento, aspirazione, compressione, è molto più economico e veloce di quanto lo sia il toglierla per evaporazione; si calcola infatti che il costo di asciugamento con vapore sia circa dieci volte il costo di disidratazione con mezzi meccanici. Il comprimere il foglio ancora umido non porta a una diminuzione di opacità della carta finita, al contrario evita che le fibre superficiali si ancorino male o in modo insufficiente al contesto fibroso;

inoltre può migliorare le condizioni superficiali della carta, eliminare o correggere in parte la marcatura della tela o altre imperfezioni di formazione.



Fig. 5 I cilindri della zona presse

Con l'ultima pressa termina la «parte umida» della macchina continua; da questo punto in avanti il foglio è asciugato mediante calore a secco. La carta cioè entra in quel complesso di cilindri chiamato “seccheria”.

3.2.2.5 Seccheria

Lo scopo della seccheria è quello di asciugare il foglio. Durante l'asciugamento il foglio subisce un ritiro in senso trasversale e in misura minore, nel senso longitudinale. Il foglio è riscaldato gradualmente, onde evitare che ancora molto umido si raggrinzisca. Eccessivi sbalzi di temperatura sulle carte collate possono far anche diminuire o annullare la collatura. Disidratare troppo la carta significa indebolire le sue caratteristiche meccaniche, renderla vitrea e fragile in modo irreversibile. Un ineguale asciugamento provoca fasce umide, cioè zone longitudinali in cui la percentuale di acqua è maggiore, le quali passando tra i cilindri della liscia, si schiacciano più delle altre parti del foglio, provocando un'abbondanza di carta in quella zona, con conseguente formazione di grinze o pieghe. Se l'asciugamento è scarso, invece, la carta può risultare pesante, debole, non commerciabile. La temperatura varia da cilindro a cilindro: quasi freddi o tiepidi i primi cilindri, più caldi quelli che seguono.



I cilindri, che sono di ghisa, hanno la superficie speculare per evitare che il foglio si attacchi e il loro diametro e numero variano a seconda della larghezza e della velocità di lavoro della macchina continua.

L'insieme dei cilindri essiccatori si chiama seccheria, che si suddivide in batterie ciascuna delle quali è composta da un gruppo superiore e da un gruppo inferiore; ogni gruppo è formato poi da un certo numero di cilindri orizzontali e paralleli. La carta è tenuta aderente alla superficie dei cilindri mediante feltri chiusi ad anello. Ciascun gruppo di cilindri essiccatori ha un proprio feltro, il quale serve ad assicurare l'aderenza del foglio alla superficie del cilindro. Tutta la seccheria è coperta da una cappa in alluminio, onde evitare dispersioni di calore, favorire una buona distribuzione di esso sul nastro di carta e recuperare il calore delle fumane uscenti.

Il calore necessario per riscaldare i cilindri essiccatori è fornito da vapore saturo; esso entra nei cilindri attraverso il perno, che è cavo. Dal perno esce anche l'acqua di condensa che si è formata nell'interno del cilindro.

La quantità di acqua presente nel foglio di carta che entra in seccheria è molto variabile e non dipende soltanto dalla grammatura della carta, ma anche dal suo grado di raffinazione, dal tipo d'impasto, di additivi, di cariche, di collatura e dall'efficienza degli organi preposti alla sua disidratazione a monte della seccheria stessa.

La carta entra in seccheria alla temperatura di circa 20-30°C e deve venire portata gradualmente alla temperatura di evaporazione, dopo i primi cilindri essiccatori. In seguito inizia l'evaporazione dell'acqua contenuta, a spese del vapore esistente nei cilindri essiccatori, che invece si trasforma in condensa. Controlli automatici della temperatura sono installati sui cilindri essiccatori mediante termocoppie o altri elementi sensibili, quali i raggi infrarossi. Sono stati anche realizzati dei rilevatori automatici in continuo dell'umidità della carta, con relativa regolazione automatica del vapore, della grammatura, dello spessore della carta mediante l'impiego dei raggi beta, tutti collegati a un computer che in base al programma posto in memoria, regola il processo.

Quando la carta entra nella seccheria contiene, una certa quantità di acqua; a seconda di molte condizioni, il tasso di umidità può aggirarsi tra il 55 e 60% e, a mano a mano che viene essiccato il foglio, diventa sempre più difficile asportare l'acqua residua in esso presente.



La carta è premuta contro la superficie calda dei feltri essiccatori, più alta è la tensione dei feltri, più elevata è la pressione che trasmettono alla carta aderente alla superficie dei cilindri essiccatori e quindi più alto è il rendimento della trasmissione termica.

Un fattore di estrema importanza per il buon funzionamento del feltro essiccatore è la sua porosità che deve permettere la fuoriuscita rapida e completa del vapore che si forma tra carta e feltro.

Gli ultimi cilindri essiccatori sono tenuti a temperature decrescenti; l'ultimo o gli ultimi due sono poi raffreddati con circolazione di acqua: la carta deve uscire dalla seccheria asciutta ma fredda altrimenti risulta nervosa, tende a imbarcarsi e a modificare le sue dimensioni allorché si sarà raffreddata; la carta fredda invece è tranquilla, plastica, tende a condensare in superficie l'umidità dell'ambiente. Alla fine della seccheria, tutte o quasi le macchine continue hanno la "liscia". Questa operazione ha lo scopo di comprimere il foglio e rendere la sua superficie uniforme. La liscia è composta da due o più cilindri sovrapposti in ghisa con una superfinitura superficiale. Nei tipi più moderni si ha la presenza di un apparato di regolazione della pressione lineare dei cilindri,. Nelle macchine lente la liscia è adoperata talvolta per conferire alla carta collatura o colorazione in superficie.

3.2.2.6 Arrotolatore

A fine macchina continua è montato l'arrotolatore, dispositivo automatico e sincrono con la velocità della macchina continua, che permette di avvolgere in rotolo la carta prodotta.

L'arrotolatore è costituito da un grande tamburo sul quale è appoggiato un cilindro metallico guidato solo da due forcelle ai lati, che ruota con una velocità uguale alla velocità periferica del grande tamburo: il cappio del foglio viene lanciato tra il tamburo e il cilindro e comincia ad arrotolarsi su quest'ultimo. Quando il rotolo è iniziato, si fa scendere il cilindro (che si sta progressivamente coprendo di carta) dietro il tamburo su apposite slitte. Due pistoni a comando idraulico provvedono a trasmettere una certa pressione al rotolo contro il tamburo in modo che esso cresca ben compatto e sodo. Allorché il rotolo ha raggiunto il diametro voluto, si provvede ad appoggiare sopra il tamburo un altro cilindro metallico nudo che avvolge il tamburo nella parte superiore. Togliendo la pressione al

rotolo di carta il foglio si allenta e rompendosi incomincia ad arrotolarsi sul nuovo cilindro.



Fig. 6 Uscita dalla macchina continua della carta che viene arrotolata

3.2.2.7 Pressa collante

La pressa collante è composta da due cilindri sovrapposti con le due superfici a contatto lungo una generatrice, tra i quali si forma un bagno di soluzione alimentato mediante degli spruzzi installati in tutta la larghezza della pressa e che viene attraversato dal foglio di carta. Il principio è semplice: si tratta di stendere e livellare sulle due facce del foglio una soluzione acquosa o una sospensione atta a trasmettere alla carta colla, carica, colore, patina o altri additivi. Il grande sviluppo nei consumi delle carte per offset ha creato la necessità di rinforzare in superficie il contesto fibroso e la cottura in superficie ha dato la possibilità di stampare agevolmente carte con impasti poveri con alte percentuali di cariche, di



pasta meccanica, di cellulose a fibre corte, ingredienti che conferiscono alla carta opacità e soprattutto ottima stabilità dimensionale, fattori importantissimo per la stampa a più colori.

3.2.3 Allestimento

Il termine “allestimento” ha assunto il significato di completamento, finitura, ossia far subire alla carta in rotoli uscenti a piè di continua, quelle operazioni di bobinatura o di taglio o altre, tali da renderla idonea all'impiego. A questo fine il reparto allestimento contiene anche macchinari adatti per la finitura, quali calandre, satine, calibratrici, dispositivi di condizionamento oltre alle taglierine, bobinatrici, ghigliottine, cernitrici, ecc. Poiché ogni tipo di carta necessita di particolari operazioni di allestimento; l'aumento dei costi impone di limitare al massimo il numero dei tipi di carta prodotti, la standardizzazione delle grammature e dei formati, nonché l'automazione di molte operazioni.

3.2.3.1 Riarrotolatore

La carta che esce come nastro continuo dalla macchina viene per lo più passata nella liscia: la carta destinata alla calandratura non viene lisciata. Alcuni impianti prevedono che la carta sia riarrotolata e ciò per diversi scopi. La possibilità di eliminare subito a fine continua, la produzione non regolare, di effettuare le giunzioni secondo regola e poter inviare alla calandra soltanto carta priva di difetti, velocizzando così il lavoro senza rischiare di danneggiare la superficie delicata dei cilindri con l'introduzione di fogliacci.

Se la carta è destinata alla patinatura, il passaggio attraverso il riarrotolare è praticamente indispensabile, perché ciò permette di individuare e di chiudere gli eventuali buchi o falle insite nel foglio stesso. Nel riarrotolare la carta l'operatore, allorché la carta è giunta in prossimità del segno precedentemente tracciato sulle facce esterne del rotolo, rallenta lo svolgimento e, trovato il buco, ferma la carta, chiude il buco con carta gommata o accoppiata a un film di resine termoplastiche adesive. Il miglior rappezzo si ottiene applicando intorno al foro un anello di adesivo; su di esso si stende un pezzo di carta supporto e lo si salda con la pressione di



un ferro caldo, indi si toglie, strappandola, l'eccedenza di carta del rappezzo. Il riarrotolatore può anche servire a invertire la faccia della carta nei riguardi del rotolo.

3.2.3.2 Patinatura

Per carta patinata s'intende quella che ha ricevuto su una o su entrambe le facce uno strato di patina.

La patina è essenzialmente una dispersione acquosa di sostanze minerali dette pigmenti, finemente suddivise e legate da un adesivo che ha pure lo scopo di fissarle sulla carta base, detta "supporto". La patina chiude gli interstizi esistenti tra fibra e fibra, livella le asperità e forma una pellicola continua morbida, plastica, chiusa e uniforme e tale da presentarsi più bella e gradevole alla vista e al tatto e assai più adatta a ricevere la stampa. In contrapposto vi sono alcuni elementi negativi: le carte patinate sono più fragili, più delicate, più sgualcibili e meno resistenti all'usura, all'umidità, alla luce e al tempo.

Nella tecnica cartaria la pratica di patinare la carta è relativamente recente. Esiste la patinatura detta classica, perché è quella che per prima si è affermata. L'operazione è effettuata sulla carta finita mediante apposite macchine spalmatrici o patinatrici: questi sistemi si chiamano "fuori macchina", a indicare che l'operazione è effettuata sulla carta dopo che questa è uscita dalla macchina continua.

Altri sistemi di patinatura vengono realizzati nella macchina continua stessa, per cui la carta è detta patinata "in macchina", in quanto il dispositivo patinante è inserito direttamente nel corpo della macchina continua.

Oggi la tecnica degli impianti di patinatura in macchina ha raggiunto livelli elevati e il prodotto ottenuto, qualitativamente regge benissimo il confronto con patine classiche.

3.2.3.2.1 Patinatura fuori macchina tradizionale

Tre sono gli elementi base per produrre la carta patinata:

1. il pigmento (o miscela di più pigmenti);
2. l'adesivo (o miscela di vari adesivi);

3. la carta supporto.

I pigmenti più adoperati sono il caolino, il carbonato di calcio, il bianco satin, il biossido di titanio, il solfato di bario; i principali adesivi sono la caseina, i lattici sintetici, l'amido; il supporto è di pura cellulosa o di materie fibrose nobili. Il rapporto tra l'acqua e le sostanze solide presenti esprime il "secco" della patina di notevole importanza per ragioni tecnologiche ed economiche: se il secco è elevato, elevata è la viscosità del colore, si riscontrano effetti nelle proprietà reologiche con difficoltà nell'applicazione e distribuzione superficiale; se il secco è basso, cioè forte la diluizione, possono verificarsi difficoltà di asciugamento, con limiti nelle velocità operative e maggiori costi, inerenti alle maggiori quantità di acqua da far evaporare.

L'impianto di produzione delle patine per la carta è costituito da una combinazione di processi di miscelazione, pompaggio, filtrazione, stoccaggio e trasporto dei diversi componenti e del prodotto finito. Prevede quindi la presenza di serbatoi di notevoli dimensioni, pipelines, pompe, valvole e sistemi per il dosaggio di materiali in polvere, sotto forma di soluzioni polimeriche o dispersioni in fase acquosa.

La figura che segue mostra lo schema di un impianto molto semplificato della sezione di preparazione delle patine di una moderna linea di patinatura, dal punto in cui vengono scaricate le materie prime, fino alle teste di patinatura.

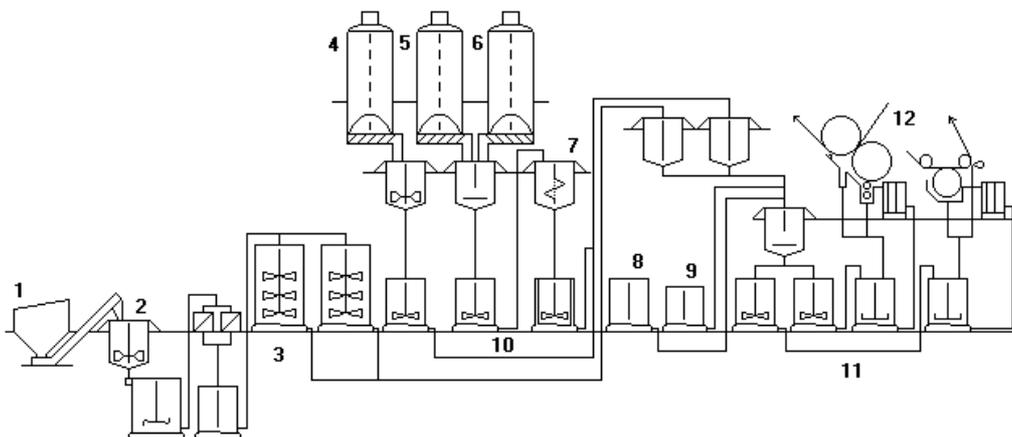


Fig. 7 Schema della sezione di preparazione patine

I pigmenti (1) approvvigionati in polvere vengono scaricati e trasportati fino al dispersore (2). Qui, pigmenti, acqua, agenti di dispersione e modificatori di acidità vengono energicamente miscelati. La dispersione così ottenuta viene trasferita per gravità in un recipiente agitato, per poi essere pompata in un serbatoio di stoccaggio attraverso una serie di setacci (3). Un legante proteico in polvere viene trasferito in un serbatoio tramite linee pneumatiche (4) per essere dosato con un sistema a coclea in un miscelatore per la preparazione (cottura) e quindi pompato in un serbatoio di stoccaggio. Amido e CMC (carbossimetilcellulosa) vengono trattati analogamente (5 e 6), subiscono cottura ed eventuali trattamenti chimici per modificarne le proprietà (7). Diversi additivi vengono stoccati in serbatoi di minori dimensioni (8 e 9) prima di essere immessi in modeste quantità nel miscelatore finale per la preparazione della patina.

I principali componenti della patina vengono immessi nel miscelatore tramite celle di carico (10); il sistema, completata la miscelazione, viene conservato in un serbatoio agitato (11) prima di essere pompato attraverso una serie di filtri alle teste di patinatura (12).

Di norma, soltanto il 5-10% della patina inviata alle teste di patinatura viene applicato sul supporto; la patina in eccesso viene riciclata dopo essere stata accuratamente filtrata. Ogni sezione dell'impianto di preparazione della patina deve quindi venire opportunamente sovradimensionato.

Alcuni sistemi permettono la patinatura contemporanea di entrambe le facce del nastro di carta. Altri prevedono la patinatura su un lato della carta a cui si fa seguire dopo asciugamento, analoga operazione sulla faccia opposta. Si chiamano macchine semplici queste ultime e doppie quelle che compiono la doppia patinatura contemporanea.

Anche il sistema di asciugamento può essere sostanzialmente diverso per i due tipi di carta: infatti dalle macchine semplici il foglio esce patinato solo su un lato e quindi può essere toccato o appoggiato sulla faccia opposta senza guastare la faccia che ha ricevuto la spalmatura. I sistemi moderni fanno passare il foglio su cilindri essicatori privi di feltro e racchiusi entro cappe ove forti correnti di aria calda asciugano la superficie, oppure dispositivi integranti possono essere realizzati con pannelli a radiazione di raggi infrarossi, alimentati elettricamente o con piastre porose a gas. Con l'introduzione delle macchine doppie la carta che esce dalla stazione di patinatura contemporanea delle due facce, deve attraversare un tunnel nel



quale dei soffi di aria calda tengono il foglio sollevato per una ventina di metri, fino a che si sia parzialmente asciugato, indi introdotto in una batteria di cilindri essiccatori riscaldati a vapore.

E' ormai assodato essere più economico dividere le due operazioni di produzione del supporto e della patinatura, considerando questa come un'operazione integrante ma conseguente alla fabbricazione del foglio, anche se ciò costringe a un'operazione in più di bobinatura del supporto.

3.2.3.2.2 Il supporto

Le qualità del supporto che hanno maggior influenza sulla carta finita, sono: grado di purezza, colore, condizioni superficiali, porosità, assorbenza, opacità, collatura, ecc.

Il grado di collatura è importante perché condiziona l'assorbenza, la ricettività della patina e la resistenza allo sfaldamento superficiale dato che il tiro dell'inchiostro aumenta con la levigatezza della superficie.

Lo stato superficiale deve possedere valori di porosità e di uniformità ben definiti: una eccessiva porosità può pregiudicare la possibilità di ottenere una superficie chiusa, lucida e omogenea; l'eccessiva compattezza e mancanza di assorbenza, può impedire di stendere in superficie la voluta grammatura di patina.

Circa l'opacità, l'aggiunta di pigmenti opacizzanti, quali il biossido di titanio, avrà maggior effetto se incorporati nell'impasto.

La sola via per ottenere una carta patinata veramente perfetta e costante, è che il supporto presenti elevata uniformità di caratteristiche sia di base sia superficiali.

3.2.3.2.3 Adesivi

Nelle carte patinate l'adesivo deve dare alla miscela patinante, al pigmento o alla miscela di pigmenti delle proprietà di flusso, di scorrevolezza, di viscosità e attività reologiche elevate. Inoltre deve avvolgere le minute particelle di pigmento e provvedere a saldarle reciprocamente durante la fase di essiccamento oltre a provvedere a saldare il film di patina al supporto base. Un'altra funzione è legata all'interazione della superficie della carta con l'inchiostro da stampa; è noto, per esempio, che una patina

contenente elevate quantità di adesivo innescare dare fenomeni di rifiuto d'inchiostro, mentre il grado di lucido di una carta patinata sotto l'effetto della calandra è tanto maggiore quanto più scarso è l'adesivo nella patina. La qualità più importante di un adesivo è il potere legante: più questo è elevato, minore sarà la quantità richiesta e tutto ciò a vantaggio di ottenere una patina soffice, opaca, assorbente agli inchiostri, brillante, bianca e morbida.

Gli adesivi più comunemente utilizzati nella patina sono:

1. "la caseina". Ottenuta, per precipitazione con acidi, dal latte si presenta come una massa biancastra; se pura è solubile nelle soluzioni alcaline, mentre se trattata con soluzioni di aldeide formica, diventa insolubile.

Il potere adesivo della caseina, è considerato il migliore, essendo di gran lunga più elevato degli amidi e della proteina di soia anche se è oggi superato da quello della carbossimetilcellulosa, dei lattici sintetici e soprattutto degli alcoli polivinilici.

2. "gli amidi". L'amido nell'industria della carta è più conosciuto come fecola e ha trovato impiego come collante di impasto e in superficie per aumentare la resistenza meccanica del foglio e quale ritentore di cariche, grazie al suo basso costo. E' un polisaccaride largamente diffuso nel regno vegetale, che si accumula nei tessuti di riserva. Il suo aspetto è quello di una polvere biancastra priva di odore e sapore, insolubile a freddo in acqua e nei comuni solventi. L'amido fornisce patine aventi nessuna o debole resistenza all'acqua. Questo risulta essere ininfluenza se la carta patinata è impiegata per la stampa in rotocalco o in tipografia, o per tanti altri usi comuni. Volendo impartire una certa resistenza superficiale allo stato umido è possibile aggiungere alla miscela patinante resine del tipo urea-formaldeide, dimetilurea, resine melamminiche.

3. "i leganti sintetici". I leganti sintetici (stirene - butadiene e acrilici) presentano le seguenti caratteristiche:

- hanno costanza assoluta di proprietà;
- hanno concentrazioni intorno al 48-50% di legante, da cui deriva la possibilità di realizzare formulazione a elevate percentuali di solidi;
- permettono un indiscusso miglioramento qualitativo delle carte patinate come brillantezza, liscio, stampabilità;
- offrono la possibilità di formulazioni con caratteristiche reologiche e di flusso perfettamente costanti;

- hanno un rapporto costo-valore perfettamente allineato con gli adesivi tradizionali.

I lattici sintetici sono utilizzati in forma di dispersione acquosa molto fluidi di facile maneggio e stabili: non sopportano le basse temperature e hanno un valore di pH intorno a 8,5- 9,5 perciò sono compatibili con la caseina e il loro potere adesivo è pari o superiore alla caseina stessa. Sono particolarmente adatti a formare sulla superficie della carta una patina plastica molto flessibile, morbida, lucidabile anche con calandrate a modesta pressione, prerogativa molto interessante perché offre la possibilità di fabbricare carte a bassa grammatura con superfici speculari senza abbassare a valori critici l'opacità della carta.

Fanno parte degli adesivi sintetici anche gli alcoli polivinilici. Questi presentano un alto potere legante nella patina, anche se presenti in quantità relativamente bassa.

4. “altri leganti”. Di una certa importanza sono i derivati della cellulosa solubili in acqua quali la metilcellulosa, l'idrossimetilcellulosa e la carbossimetilcellulosa. Sono prodotti filmogeni a elevata viscosità che, oltre a un buon potere legante, hanno una notevole resistenza al passaggio dei grassi. Di questi eteri il più usato nella collatura in superficie della carta è la carbossimetilcellulosa, dato il suo ottimo potere adesivo nei riguardi dei pigmenti per patinatura. Normalmente la carbossimetilcellulosa viene aggiunta alle miscele di patina quale correttivo della ritenzione di acqua, ma può anche essere usata come unico adesivo.

3.2.3.2.4 Pigmenti

Il pigmento o la miscela dei pigmenti costituiscono l'elemento più importante della miscela per patinatura, oltre che rappresentare percentualmente la stragrande maggioranza nella formulazione, per cui le caratteristiche superficiali della carta patinata ne sono influenzate dalla loro presenza e natura.

Caratteristiche dei pigmenti per essere ritenuti idonei sono: ottima disperdibilità in acqua, adatta grandezza particellare, alto potere coprente, elevato grado di bianco, bassa assorbenza di acqua, buona inerzia chimica e insolubilità in acqua, compatibilità con gli adesivi e con gli altri additivi, bassa richiesta di adesivo, assenza di abrasività.

Il criterio di scelta di un pigmento per una formulazione di patina deve tener conto, di molti fattori, di cui il più importante è quello economico; è indispensabile però fare anche una valutazione tecnica: il pigmento deve avere determinata grandezza particellare e inoltre alcuni pigmenti sono specificatamente adatti ad impartire alla carta una finitura molto brillante quale il bianco satin e certi caolini, mentre per finiture opache è indispensabile l'impiego di altri pigmenti quali il bianco fisso o la farina fossile.

Il problema di fondo della patinatura della carta è imperniato sul potere coprente, sul grado di bianco e sulla stampabilità. La capacità di una patina di coprire perfettamente un supporto dipende, dalla grandezza dalla struttura e dal numero per unità di superficie delle particelle del pigmento, dal suo indice di rifrazione, dallo spessore dello strato di patina, dall'indice di rifrazione del legante e dalla densità della patina.

Anche i fattori che regolano il grado di bianco di una carta patinata sono complessi: essi dipendono dal grado di bianco del supporto, dal grado di bianco della patina e dal potere coprente della stessa.

Ancora più difficili da stabilire sono i rapporti che regolano i valori di stampabilità. Molto si è scritto e detto a proposito delle interazioni carta-inchiostro nell'attimo in cui la forma stampante deposita l'inchiostro sulla superficie della carta: si tratta di prevedere il comportamento di un fluido con le sue caratteristiche di penetrabilità fluidità, flusso, proprietà reologiche, statiche e dinamiche a contatto con un solido che deve possedere caratteristiche ben definite di assorbenza, porosità, densità, compressibilità, ritenzione in superficie, senza parlare delle eventuali reazioni cromatiche che gli stampatori ben conoscono.

Tra i pigmenti proposti per la patinatura della carta quello più largamente usato è il caolino, cui seguono a notevole distanza il carbonato di calcio, il bianco satin, il talco, pigmenti di bario e di titanio e altri ancora di minore importanza.

1. "caolino". Il caolino usato come carica viene amalgamato nell'impasto fibroso e le sue qualità, pur interessanti, sono meno evidenziate dal mezzo in cui esso si trova; nella patinatura invece, trovandosi tutto in superficie risulta essere il principale responsabile delle qualità superficiali della carta.

Di estrema importanza sono le caratteristiche fisiche, come: il tipo di struttura cristallina, determinante sulla viscosità della patina finita; la



finezza, importante per l'opacità, per il grado di bianco e per il grado di lucido nella carta patinata. Un'eccessiva finezza fornisce per contro patine a più elevata viscosità, la quale peraltro può disturbare o impedire la preparazione di determinate formulazioni ad alto tenore in solidi. L'elevato grado di finezza presenta un altro aspetto negativo: quello di richiedere una maggiore quantità di legante, cosa che oltre a essere un aspetto commerciale, è pure un fattore negativo ai fini del grado di lucido della carta patinata, in quanto risente molto meno dell'effetto di lucido impartito dalla calandra.

2. "carbonato di calcio". L'interesse che i cartai hanno dimostrato verso il carbonato di calcio come pigmento di carica, ma ancor più come pigmento da patina, ha sviluppato il suo consumo con incrementi veramente notevoli sia nel tipo naturale sia in quello ottenuto per via chimica.

Il carbonato di calcio non ha le proprietà colloidali del caolino, però, data la sua estrema finezza e la struttura particellare, presenta proprietà reologiche interessanti.

Il carbonato di calcio ha elevato grado di bianco, discreta opacità, buona morbidezza, certa lucidabilità, particolare ricettività all'inchiostro da stampa, requisito di fondamentale importanza per la carta patinata.

Quale pigmento per patina, non viene generalmente impiegato da solo, ma in miscela con altri pigmenti (generalmente caolino) fino a un massimo di 30-40%; pare infatti che le qualità dei due pigmenti siano, sotto certi punti di vista, complementari.

3. "Bianco satin". E' un pigmento artificiale bianchissimo, ottenuto dalla reazione del latte di calce sul solfato di alluminio. Il bianco satin si presenta come una pasta morbidissima, plastica, bianchissima, che tende ad asciugare in superficie e a carbonatarsi per effetto dell'anidride carbonica dell'aria.

Il bianco satin è usato nella patinatura della carta per tre principali motivi:

- l'elevatissimo grado di lucidabilità;
- il grado di bianco;
- l'attitudine alla stampa che il bianco satin conferisce alla superficie patinata. La sua estrema finezza e plasticità conferisce valori elevati di microporosità.

Come elementi negativi il bianco satin annovera una notevole richiesta di adesivo e la difficoltà di asciugamento che si traduce in un rallentamento

dell'operazione di essiccamento della carta. Il bianco satin ha poi, per la sua particolare composizione chimica, la proprietà di conservare una certa quantità di acqua la quale sembra favorevole nel momento della calandratura, sia quale elemento condizionatore della carta stessa, sia in fase di stampa. Per le sue caratteristiche di viscosità elevata, di plasticità e di costo, il bianco satin nella composizione delle patine non figura mai in quantità elevate (10-25%) sul totale dei pigmenti.

4. "altri pigmenti". Altri pigmenti in uso sono: il biossido di titanio, il talco, la farina fossile e il solfato di bario.

Il biossido di titanio ha un elevato indice di rifrazione che conferisce opacità alla patina: la sua estrema finezza comporta un'elevata domanda di adesivo; inoltre ragioni economiche ne limitano l'impiego.

Il talco è un pigmento considerato scadente anche come impiego per cariche, per il fatto che la maggioranza dei talchi è impura e le impurezze sono colorate. La riduzione alla grandezza particellare viene ottenuta per macinazione meccanica, la quale porta, come conseguenza un inquinamento per impurezze. Recentemente, partendo da minerali molto puri, si sono prodotti dei talchi di estrema finezza particellare, detti ultrafini.

In tali condizioni il pigmento talco diventa un prezioso componente della patina; infatti in molte moderne formulazioni per patinatura ad alta velocità l'impiego di percentuali anche elevate (20- 40%) di talco rispetto ai pigmenti totali, ha permesso miglioramenti sensibili nella stampabilità.

La farina fossile nella patinatura della carta dà superfici estremamente vellutate, opache, non molto bianche, con finiture del tutto particolari.

Del solfato di bario si usa sia quello naturale sia quello precipitato, comunemente chiamato bianco fisso. E' un pigmento pesante, si adopera in pasta e la sua prerogativa principale è, come la farina fossile, quella di dare alla superficie della carta buona coprenza: non è abrasivo.

3.2.3.3 Carta liscia e carta calandrata

Vi è talora una certa confusione allorché si parli di carta lisciata e carta calandrata; a parte la differenza delle due macchine che compiono l'operazione, la carta lisciata non è mai lucida. Le ragioni di fondo che portano a preferire l'uno o l'altro tipo di carta possono essere di natura estetica o tecnologica. Una carta lisciata non ha mai una superficie

perfettamente omogenea, per cui la stampa in rotocalco a retino non dà normalmente risultati buoni; in offset invece si ottengono buoni risultati sia con le carte lisce sia con quelle calandrate, a motivo del caucciù che si adatta alle asperità superficiali sia fini sia grossolane.

In genere invece i libri di consultazione, di lettura o di studio, dovrebbero essere stampati solo su carta liscia e comunque non lucida perché il lucido stanca la vista del lettore rendendo faticosa la lettura; nel caso del quotidiano generalmente non è mai calandrata. La carta liscia è più soffice, più voluminosa, più opaca; l'inchiostro asciuga più facilmente. La carta calandrata permette una stampa più nitida, immagini più fedeli, testo più chiaro. Sovente si arriva a un compromesso, cioè una calandratura non troppo spinta.

Un'altra differenza tra la liscia e la calandratura consiste nel fatto che il foglio prima di passare in liscia non viene umidificato, mentre la carta da calandrare dev'essere umettata. Il tasso di umidità è estremamente variabile in funzione del tipo di carta, della sua grammatura, del tipo di calandra adoperata, della temperatura e pressioni di esercizio, ecc.; tuttavia l'umidità necessaria per conferire alla carta una buona calandrabilità, può variare dal 7-8% per le carte più leggere patinate al 25% per le carte grasse tipo pergamino.

L'umidificazione ha diversi scopi:

- rendere meno fragile la carta che altrimenti assoggettata alle forti pressioni della calandra, sarebbe facile alle rotture;
- supplire l'abbondante evaporazione dell'acqua contenuta nella carta, provocata dalla temperatura dei cilindri della calandra;
- favorisce la lucidabilità della carta, molto mediocre se la stessa è secca.

Dove risulta possibile, si tende a sostituire o integrare la bagnatura a spruzzo, con soffi di vapore sistemati in vari punti della calandra.

3.2.3.4 Calandratura

Una classificazione molto generica suddivide le calandre in fredde e calde. Le prime subiscono un modesto riscaldamento dovuto unicamente all'attrito volvente dei cilindri: le seconde invece hanno la possibilità di essere riscaldate mediante iniezione di vapore sotto pressione nel cavo dei cilindri.



Le calandre, fredde sono costituite da una serie di cilindri sovrapposti, alternativamente di ghisa fusa e di materiale fibroso più soffice. La carta è introdotta in calandra dall'alto, tra il cilindro più alto e quello sottostante, per cui ciascuna faccia tocca alternativamente una superficie di ghisa e una di carta. A circa metà della calandra si trovano due cilindri in carta contigui atti a invertire la superficie del foglio: quella che prima toccava i cilindri in ghisa toccherà quelli di carta e viceversa. Infatti l'effetto di lucido è dato dalla superficie durissima e speculare della ghisa: quelli di carta sono solo di contropressione e, per la loro morbidezza, non alterano il lucido che la carta ha già ricevuto a contatto con la ghisa.

Una spiccata azione di lucidatura per frizionamento è poi richiesta dalle carte patinate, per le quali si impiegano in molti casi cilindri in cotone, molto morbidi e con buon potere lucidante.

Un'eccessiva temperatura essicca troppo la carta e non permette di ottenere alti gradi di lucido. Per migliorare il lucido infatti si collano dei soffi di vapore, chiamati rampe che sono dei tubi paralleli ai cilindri che emanano vapore da fori praticati alla distanza di qualche centimetro l'uno dall'altro.

L'umidità superficiale è molto più attiva sia perché dà un effetto di lucido migliore, sia perché quando il contesto fibroso, nel suo interno è più asciutto, quindi ha meno tendenza a diventare trasparente.

Il risultato buono in una calandratura non dipende solo dal tipo di calandra e dalle modalità di calandratura, ma, in buona parte, anche dalla calandrabilità della carta; un impasto molto raffinato darà carta più calandrabile, come su carta soffice sarà possibile ottenere una buona calandratura in quanto si potrà aumentare la pressione senza ottenere carta grigia.

La calandra è formata da due cilindri in ghisa con possibilità di regolazione micrometrica della loro distanza. Essa viene usata per calibrare la carta pesante o cartoncini che devono avere uno spessore ben preciso o uniforme.

3.2.3.5 Politenatura

Le carte per alimenti sono costituite da carta generalmente accoppiata con altri materiali. Le materie fibrose, le sostanze di carica, le sostanze ausiliarie, i coadiuvanti tecnologici di lavorazione che possono essere impiegati sono regolati dal D.M. 21/03/73 e successive integrazioni. Tra i materiali più usati, grazie al suo basso prezzo, vi è il polietilene che viene estruso ad alte temperature (350°C) al fine di formare una pellicola omogenea poi applicata al foglio di carta. Ad alte temperature, infatti la viscosità di questo polimero è molto bassa e quindi si ha una certa facilità nella stesura dello stesso e nell'ottenimento di un film dalle caratteristiche quanto più uniformi possibile. L'accoppiamento al foglio di carta avviene mediante un processo di laminazione a freddo in cui il polimero è sottoposto ad un elevato sbalzo di temperatura: il cilindro su cui scorre il foglio, dopo l'accoppiamento con il polietilene, presenta una temperatura di circa 14°C e questo consente il raffreddamento e il deposito del polietilene sul medesimo.

3.2.3.6 Bobinatrici

La macchina che trasforma il rotolo in bobina si chiama bobinatrice; ha il compito di srotolare il nastro dall'albero, tagliare la carta in diversi nastri ad altezza prestabilita, tagliare i bordi, e avvolgerla, sotto pressione controllata, su tubi di cartone. Il taglio è un'operazione delicatissima realizzata mediante coltelli e controcoltelli circolari, comandati in modo che i due fili lavorino come una forbice circolare. Sulla bobinatrice si effettuano le giunte del foglio di carta in modo che esso risulti senza soluzione di continuità utilizzando appropriati nastri adesivi.

La regolare e costante tensione del foglio di carta permette di ottenere una bobina compatta e adatta al suo successivo utilizzo.

3.2.3.7 Taglierine

Si chiamano taglierine quelle macchine che trasformano il rotolo di carta, come nastro continuo, in fogli di carta stesa. La taglierina è una macchina semplice, composta da un gruppo di taglio longitudinale mediante coltelli

rotativi e uno a più coltelli adatti al taglio trasversale. Si chiamano simplex le taglierine adatte a ricavare un taglio in profondità di una unica misura; duplex quelle che possono tagliare contemporaneamente da una stessa bobina o da più bobine fogli di dimensioni sia longitudinali sia trasversali, diverse. Il taglio longitudinale del o dei nastri di carta si effettua con coltelli rotativi: una doppia coppia ai lati che rifilano le cimose e altre coppie (coltello e controcoltello) spostabili in modo da ottenere le misure volute. Il taglio trasversale è ottenuto con lame montate sulla generatrice di un cilindro metallico. La lama sporgente trova a ogni giro un controcoltello fisso sfiorante da apposito supporto. Regolando la velocità di alimentazione della carta con la cadenza del coltello (velocità di rotazione del cilindro), si ottiene il taglio adatto al formato desiderato, e nelle tolleranze richieste dalle moderne macchine da stampa in foglio.

Oggi esistono macchine automatiche le quali, partendo dal rotolo di carta, anzi da una bobina già rifilata, tagliano, ispezionano e giudicano l'idoneità del foglio a essere accettato come perfetto o lo scartano.

3.2.4 Impacco. Imballi. Magazzini

Le attuali macchine e impianti di converting per le carte realizzano spesso in linea il confezionamento dei prodotti. Queste provvedono automaticamente al confezionamento con carta o plastica e alla conseguente sigillatura con collanti o azione termica. Da qui i rotoli passano ai magazzini di stoccaggio.



Fig. 8 Stoccaggio del prodotto finito in magazzino

3.3 ENERGIA

Il consumo di energia nella produzione della carta è elevato tanto che rappresenta la seconda voce di costo per le cartiere, con un'incidenza sui costi totali che raggiunge anche il 20% del totale. Le fonti combustibili impiegate si basano, negli ultimi anni, su un preponderante utilizzo di metano, come illustrato dal grafico seguente. L'impiego di questo combustibile ha consentito di ottenere ottime risposte per quanto concerne l'inquinamento atmosferico, riducendo al minimo le emissioni di sostanze inquinanti. Per quanto riguarda l'energia, circa il 50% è autoprodotta sia con centrali idroelettriche (10%) che mediante cogenerazione di energia e vapore.

Impiego di fonti combustibili

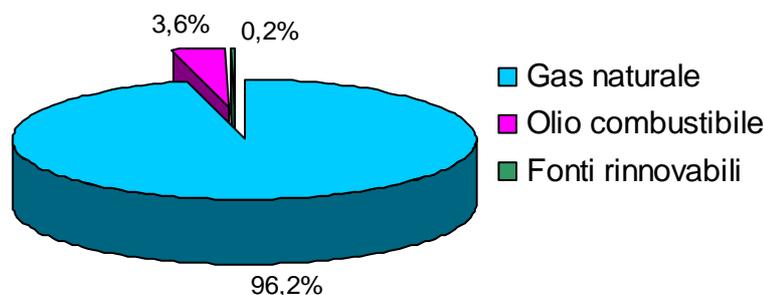


Fig. 9 Impiego delle diverse fonti combustibili nel settore Cartario

3.3.1 Centrale idroelettrica

Una centrale idroelettrica è un complesso di opere e macchinari che raccoglie e convoglia volumi d'acqua da una quota superiore ad un'altra inferiore allo scopo di sfruttare l'energia potenziale idraulica, in genere di un corso d'acqua, che viene trasformata da un'opportuna turbina in energia elettrica. In generale una centrale idroelettrica è costituita da un'opera di captazione delle acque alla quota più alta, opere di trasporto delle acque, macchinari che trasformano l'energia idraulica in energia meccanica e quest'ultima in elettrica. L'acqua viene poi restituita al suo alveo naturale



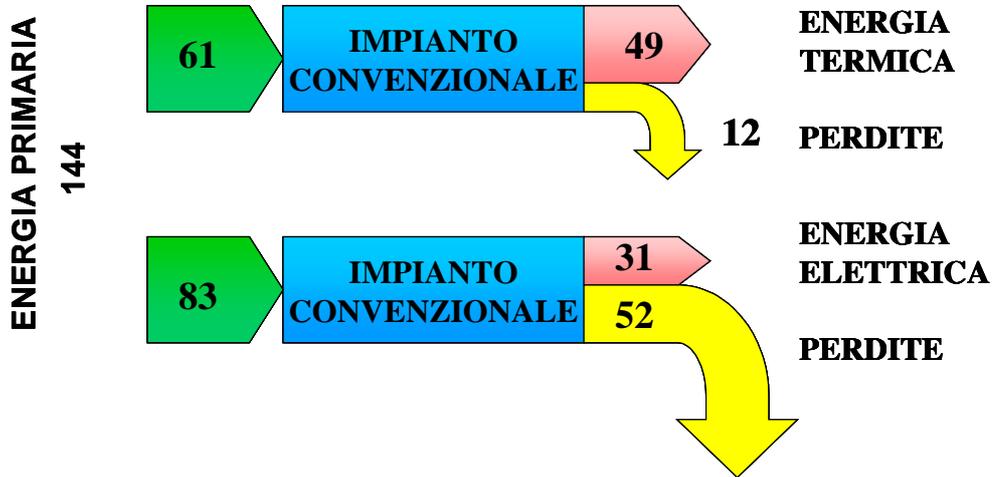
attraverso un canale o simile. Le centrali idroelettriche possono essere ad acqua fluente se la portata utilizzata nelle centrali coincide, in ogni istante, con la portata disponibile nel corso d'acqua. Quando invece dopo la presa viene realizzato un serbatoio di accumulo delle portate naturali del corso d'acqua da essere poi avviate alla centrale in base alle esigenze di un programma di produzione, la centrale viene detta a serbatoio o a deflusso modulato. In entrambi i casi la portata avviata alla centrale varia nel tempo e per questo motivo la potenza delle macchine installata nella centrale, viene completamente utilizzata solo in alcuni periodi in quanto dimensionata sulla massima portata dell'impianto. Il rendimento di questo tipo di centrali si aggira attorno all'80%. La legge vigente in Italia, Il Testo Unico sulle acque T.U. 1775 del 1933, che regola la complessa materia delle concessioni delle acque pubbliche divide le centrali, sotto l'aspetto idraulico, in piccole derivazioni, con potenza inferiore ai 3.000 kWh e in grandi derivazioni, di potenza media superiore.

3.3.2 Cogenerazione

Anche se non si tratta di un'attività prettamente cartaria, la produzione di energia è divenuta parte integrante del processo produttivo, data la necessità di disporre di ingenti quantità di vapore da inviare alle varie parti dell'impianto. La necessità di disporre contemporaneamente sia energia elettrica che di calore sotto forma di vapore a bassa pressione permette alle cartiere di ottimizzare l'impiego degli impianti di cogenerazione, ricavandone la più elevata efficienza energetica complessiva.

Cogenerazione significa generare contemporaneamente più fonti di energia secondarie partendo da un'unica fonte primaria che viene trasformata in energia meccanica e/o elettrica ed energia termica. Una delle qualità dei sistemi cogenerativi è quella di poter raggiungere rendimenti globali di utilizzo del combustibile anche superiori all'80% estremamente più elevati rispetto qualsiasi altro tipo di impianto alimentato da fonte convenzionale. Ciò comporta una riduzione dei consumi di combustibile a parità di energia fornita all'utente e di conseguenza una riduzione dei costi di produzione della stessa nonché delle emissioni inquinanti in atmosfera.

PRODUZIONE SEPARATA



PRODUZIONE COMBINATA

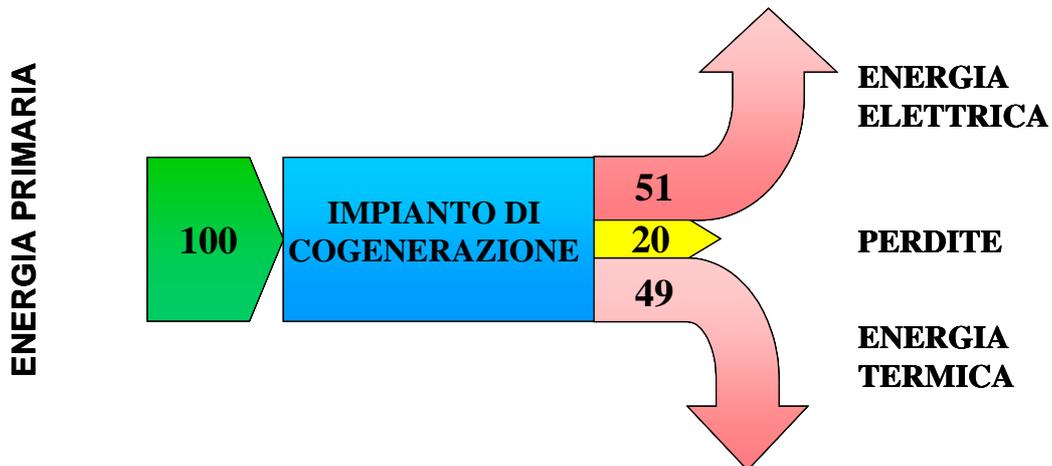


Fig. 10 Differenza di rendimento tra la produzione separata e la cogenerazione

Solitamente i combustibili utilizzati nella cogenerazione sono idrocarburi liquidi o gassosi. L'impiego di idrocarburi gassosi come il metano è attualmente preferito per diverse ragioni, tra le quali il moderato costo, la

facilità di trasporto e il minor impatto ambientale. L'olio combustibile rimane però l'unica soluzione possibile per quegli impianti che ancora non sono stati raggiunti dalle infrastrutture di trasporto del gas, oltre che essere un combustibile di riserva nei momenti di interruzione dell'erogazione del metano. La pratica cogenerativa è applicabile in svariati settori dall'industria al residenziale purché vi sia una richiesta contemporanea di energia termica ed elettrica. Molte applicazioni della cogenerazione infatti sono relative ad installazioni in ospedali, centri sportivi, alberghi, uffici, industrie di vario settore (cartario, alimentare, ceramico, etc.), nonché teleriscaldamento. Il particolare vantaggio offerto dalle applicazioni in ambito cartario è che tale processo produttivo mantiene costante nell'arco dell'anno la propria domanda di vapore, evitando quegli esuberi estivi tipici di altre applicazioni. La potenza degli impianti di cogenerazione può andare da pochi kW a decine di MW a seconda delle esigenze dell'utenza. Sotto l'aspetto economico, è possibile ottenere finanziamenti, incentivi e contributi per realizzare un impianto di cogenerazione. Ciò è dovuto al fatto che le proprietà particolari della cogenerazione, sia sotto il profilo energetico che ambientale, sono oggi ampiamente riconosciute ed incentivate, sia nell'ambito della Comunità Europea che nello stesso quadro legislativo italiano.



Fig. 11 Centrale di cogenerazione

Tipologie di impianti di cogenerazione

Gli impianti di cogenerazione possono essere classificati in base al tipo di motore primo utilizzato ed in particolare si può avere:

- Cogenerazione con motore alternativo a c.i.
- Cogenerazione con turbogas
- Cogenerazione con turbovapore

3.3.2.1 Cogenerazione con motore alternativo a c.i.

Gli impianti di cogenerazione con motore alternativo attualmente presenti sul mercato ed installati vanno da potenze di pochi kW sino a circa 10 MW. Essi sono mediamente caratterizzati da elevati rendimenti di produzione dell'energia elettrica quasi sempre superiore al 35% già per taglie intorno ai 1000 kW e dal rendere disponibile l'energia termica a differenti livelli di temperatura. In particolare è possibile utilizzare l'energia termica dei gas di scarico del motore che è ad elevata temperatura (400-550°C) per produzione di vapore, per post-combustione, per forni di essiccaimento, per riscaldamento aria. Tale sorgente di energia termica risulta contenere circa il 50% dell'energia termica complessivamente recuperabile da tali impianti, infatti il restante 50% di energia recuperabile è normalmente contenuta nell'acqua di refrigerazione del motore e nell'olio di lubrificazione ed è resa disponibile ad una temperatura che può variare fra i 70 ed i 120°C. Per questa caratteristica sui livelli termici di disponibilità dell'energia termica questi impianti sono particolarmente indicati per quelle utenze che necessitano di energia termica per processo e/o condizionamento ambientale a bassa temperatura. Nel settore industriale invece la cogenerazione con motore alternativo ha come concorrente quella con turbogas soprattutto per taglie di impianto dai 4 MW in su e quella con turbovapore per alcuni particolari settori quali il cartario o le distillerie caratterizzati da processi continui e non stagionali che richiedono l'utilizzo di ingenti quantità di vapore. La grande maggioranza degli impianti cogenerativi con motore alternativo presenti sul territorio nazionale sono alimentati a gas metano, ma esistono anche esempi di impianti alimentati a gasolio, GPL o a biogas. Tale flessibilità di esercizio li rende ancor più idonei per tutte le utenze industriali che non lavorano a ciclo continuo su tre



turni e o per tutte le utenze di tipo civile caratterizzate da notevoli variazioni di richiesta nell'arco del giorno e della settimana ed influenzate dalle condizioni climatiche esterne.

3.3.2.2 Cogenerazione con turbogas

Gli impianti di cogenerazione con turbine a gas sono per la quasi totalità impianti di tipo industriale con tagli superiori ai 2 MW ma ultimamente si ha notizia di applicazioni, in gran parte pilota, di mini turbine da alcune centinaia di kW. L'impiego della cogenerazione con turbogas è legata ai rendimenti di produzione di energia elettrica di tali impianti, molto più bassi di quelli dei motori alternativi, e che dunque per poter essere globalmente efficienti necessitano di utenze con richiesta continua di ingenti quantitativi di energia termica ad alta temperatura. Tale condizione è verificata esclusivamente da alcune produzioni industriali e non certo da utenze di tipo civile residenziale, o industriale con carattere stagionale e/o con assorbimenti termici confrontabili con quelli elettrici. Gli impianti di cogenerazione con turbogas sono caratterizzati da rendimenti di produzione di energia elettrica mediamente intorno al 25% e con un'efficienza complessiva di circa il 70-75% per le migliori applicazioni. Tali impianti sono anch'essi in gran parte alimentati a gas metano e solo di rado anche con altri combustibili quali oli densi, oli fluidi o gasolio. Gli impianti con turbogas sono idonei per un funzionamento in continuo che non prevede più di uno spegnimento ed una riaccensione per settimana onde evitare l'accorciamento sensibile degli intervalli di manutenzione e di recisione delle macchine con lievitazione dei costi di gestione. Inoltre anche se in molte applicazioni gli impianti di cogenerazione con turbogas sono regolati in modo da seguire il carico elettrico o termico dell'utenza, il loro funzionamento ottimale si ottiene solo con carichi alquanto prossimi a quello nominale dell'impianto.

3.3.2.3 Cogenerazione con turbine a vapore

Gli impianti di cogenerazione con turbine a vapore sono generalmente di taglia non inferiore ai 2 MW e trovano idonea applicazioni in settori di

produzione industriale per i quali vi è una ingente richiesta di energia termica sotto forma di vapore ed un rapporto fra i fabbisogni di energia elettrica e termica molto basso. Difatti questi impianti sono caratterizzati da rendimenti di produzione di energia elettrica che raramente superano il 15%, rendendo disponibile quindi circa il 60-70% dell'energia primaria del combustibile come energia termica sotto forma di vapore a varie pressioni e temperature. Ulteriori esempi di impianti di cogenerazione con turbovapore sono quelli destinati alla produzione di energia elettrica e teleriscaldamento, generalmente diffusi nei paesi per i quali per buona parte dell'anno vi è una richiesta di energia termica da destinare al riscaldamento di abitazioni, centri commerciali, ospedali, etc. Gli impianti di cogenerazione con turbovapore hanno d'altra parte il pregio di poter essere alimentati con i combustibili più vari, non essendo la macchina motrice direttamente esposta ai prodotti della combustione, come invece avviene nei motori alternativi a c.i. e nella quasi totalità dei turbogas. I generatori di vapore possono quindi essere progettati per l'utilizzo di combustibili solidi, liquidi e gassosi e rendono ad esempio possibile l'utilizzo quale fonte primaria di energia anche le biomasse di varia tipologia, provenienza e dimensione. Normalmente essi vengono regolati in base alle richieste di energia termica dell'utenza e sono destinati ad un funzionamento in continuo con solo i fermi necessari per la manutenzione programmata e/o straordinaria.

3.3.3 Aspetti ambientali degli impianti di cogenerazione

Come per tutti gli impianti di produzione di energia da fonti tradizionali anche gli impianti di cogenerazione sono fonti di emissioni inquinanti in atmosfera derivanti dalla combustione di combustibili fossili. Le moderne tecnologie utilizzate per il contenimento e l'abbattimento delle emissioni, in particolar modo se si utilizza metano quale combustibile, consentono di ridurle a valori estremamente bassi in valore assoluto e a valori di circa il 50% inferiori rispetto alla produzione separata di energia termica ed elettrica a parità di energia fornita all'utenza. Inoltre il risparmio di energia primaria (combustibile) che si ottiene con la generazione combinata consente di ridurre l'immissione di CO₂ in atmosfera di oltre il 40% a parità di energia fornita alle utenze. Altro elemento da considerare per l'impatto



ambientale è il rumore derivante dal funzionamento dell'impianto. Anche se le macchine, i bruciatori ed i sistemi di ventilazione utilizzati negli impianti di cogenerazione possono raggiungere, se non contenuti, livelli di rumore di circa 80 dBA ad 1 metro, per le applicazioni in special modo di tipo civile è possibile contenere con opportuni sistemi di cofanatura delle macchine e di trattamento del rumore sui flussi di aria e gas esausti tali emissioni entro livelli di circa 65 dBA ad un metro tanto da renderli idonei ad applicazione anche in ospedali o zone residenziali.