

La tavola piana della macchina continua

Greco Massimo
(Rossi)

Relazione finale
6° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1998/99



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

Indice

1. Introduzione	pag.	1
1.1 Premessa		
1.2 Le prime macchine continue da carta a tavola piana		
1.3 L'evoluzione tecnologica della macchina continua a tavola piana		
1.4 Panoramica della parte umida di una macchina continua generica a tavola piana		
2. Le casse d'afflusso	pag.	5
2.1 Le prime casse d'afflusso		
2.2 Le moderne casse d'afflusso		
2.2.1 La cassa d'afflusso a pressione "con cuscino d'aria"		
2.2.2 La cassa d'afflusso idraulica		
2.2.3 La cassa d'afflusso a diluizione variabile		
2.3 Lo smorzatore di vibrazioni dell'impasto (dumper)		
2.4 La regolazione del labbro (slice)		
2.5 Le variabili di conduzione di una moderna cassa d'afflusso		
3. La tavola piana	pag.	27
3.1 Il cilindro Capo-Tela		
3.2 Gli elementi drenanti		
3.2.1 La tavola di formazione (Forming board)		
3.2.2 I cilindri sgocciolatori		
3.2.3 I listelli drenanti (Foils)		
3.2.4 Le casse aspiranti (Vacuum Box)		
3.2.5 La gestione dell'impianto del vuoto per le casse aspiranti		
3.3 Il cilindro ballerino e il suo grado di affondamento		
3.4 Il telino e le sue varianti costruttive		
3.5 La tavola piana con tecnologia "Canti-Lever"		
4. Le tele di formazione	pag.	43
4.1 L'evoluzione storica delle tele di formazione		
4.1.1 Le prime tele di formazione metalliche		
4.1.2 Le moderne tele di formazione in materiale sintetico		
4.2 La realizzazione di una moderna tela di formazione		
4.3 La rulleria di guida e i sistemi di pulizia della tela di formazione		
5. Il cilindro aspirante	pag.	51
5.1 I primi cilindri aspiranti e la loro evoluzione		
5.2 I moderni cilindri aspiranti e la loro corretta conduzione		
5.3 L'influenza del vuoto nel cilindro aspirante nella produzione della carta		
6. Conclusioni	pag.	59

1. Introduzione

1.1 Premessa

Scopo di questa trattazione sarà quello di analizzare, in modo generalizzato, la parte iniziale della *zona umida* di una moderna macchina continua da carta.

Come *parte iniziale di zona umida* intenderò la parte della macchina continua dove inizia la formazione della carta, che inizia dalla cassa d'afflusso e arriva fino al cilindro aspirante. In sintesi: **la tavola piana**.

Analizzerò, quindi, tutte le singole componenti di quest'importante zona della macchina continua, quali: **la cassa d'afflusso, la tavola di formazione, la tela di formazione, la tavola piana, gli elementi drenanti, il cilindro ballerino ed il telino, il cilindro aspirante, e i vari cilindri tenditori e pressori che sono presenti in questa parte di macchina.**

Verranno naturalmente descritti brevemente anche quelli che vengono definiti i cicli delle “**prime acque**” e delle “**seconde acque**”, poiché fanno parte della zona umida della macchina continua, e rivestono un ruolo molto importante nel ciclo di produzione della carta.

Ne consegua che la mia trattazione verterà sui vari aspetti di questo importante settore della macchina continua; ci sarà inoltre un breve confronto tra le vecchie macchine continue fino a quelle attuali, in modo tale da comprendere come, col passare degli anni, l'evoluzione tecnologica ha permesso di sviluppare enormemente il settore della produzione cartaria.

Cercherò di trattare tutti gli argomenti in modo abbastanza generalizzato, ma completo, soffermandomi sui punti salienti e approfondendo tutto ciò che riterrò importante ai fini della corretta interpretazione della mia trattazione.

Mi auguro, infine, che la mia ancor breve esperienza in ambito cartario non incida particolarmente sulla stesura finale, e ringrazio per l'attenzione tutti coloro che saranno interessati a questo breve trattato.

1.2 Le prime macchine continue da carta a tavola piana

È importante segnalare che la realizzazione della prima macchina continua a tavola piana risale alla fine del **1799** ad opera del francese **Luigi Robert**. Una macchina, tecnologicamente, estremamente semplice, ma progenitrice delle moderne e complesse macchine continue da carta.

La macchina continua moderna a tavola piana consiste in due parti disidratanti ben distinte. La prima è la cosiddetta *parte umida* nella quale si elimina gran parte dell'acqua contenuta nell'impasto fibroso, prima per sgocciolamento, poi

mediante aspirazione ed infine per pressione. La parte umida comincia con la cosiddetta *tavola piana*, come vedremo in seguito, e termina dopo l'ultima pressa umida.

La seconda parte, che io però non analizzerò in queste note, è la cosiddetta *seccheria* costituita da cilindri essiccatori riscaldati a vapore, che ha lo scopo di favorire l'evaporazione dell'acqua ancora rimasta nel nastro di carta.

Per avere un'idea dei progressi che si sono fatti in questo campo si pensi che le prime macchine continue avevano una velocità massima di circa **10 metri** al minuto mentre le macchine più moderne raggiungono e superano i **1800 metri** al minuto.

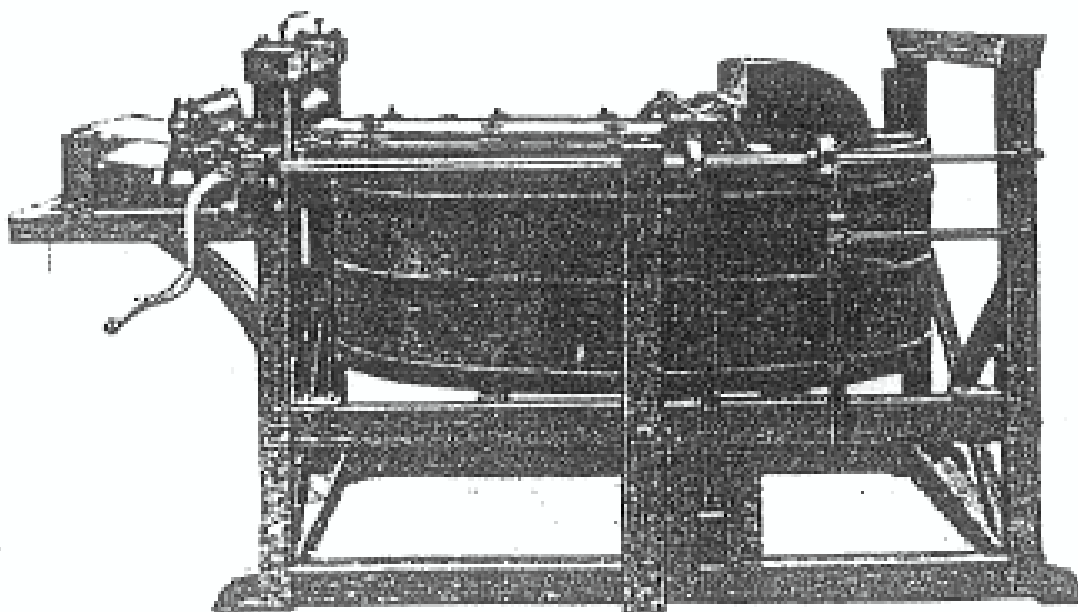
Le prime macchine avevano inoltre un formato utile di circa **un metro** mentre oggi non è affatto raro vedere, in alcune cartiere, macchine che superano anche i **10 metri** di formato utile.

Macchine che richiedono sempre meno l'intervento dell'uomo e che il computer può tranquillamente gestire in tutte le sue componenti.

Ci sono ditte specializzate nell'automazione completa delle macchine continue in grado di fornire supporti informatici tali da permettere di gestire una macchina continua impiegando pochissimo personale e in modo efficientissimo.

Tutti i meccanismi di regolazione sono ormai controllati automaticamente e l'operatore deve intervenire solo quando si verifica la rottura del nastro di carta.

La prima macchina continua da carta ideata da Luigi Robert nel 1799



1.3 L'evoluzione tecnologica della macchina continua a tavola piana

Alle origini le macchine continue erano macchine che potevano produrre un piccolo formato e capaci di velocità moderate, in quanto la meccanica e i sistemi di automazione non erano certamente ai livelli odierni.

Si è passati in pochi anni a macchine capaci di formati di oltre 10 metri di larghezza e di velocità anche 10 volte superiori alle loro antenate.

Basti pensare che solo in Italia, che non è un paese predominante nel mondo della carta, ci sono macchine continue che sfiorano i **10 metri di formato utile** e al limite dei **1500 metri/minuto** di carta prodotta.

Ma in paesi come la Svezia, la Finlandia, il Canada questi valori sono già stati abbondantemente superati, grazie alla notevole disponibilità ad investire nel campo delle ricerche al fine di creare macchine sempre più grandi, veloci e affidabili. Paesi che fondano la loro economia sull'industria cartaria, anche grazie alla notevole disponibilità di materia prima: il legno.

Poche sono, nel mondo, le ditte che progettano e realizzano tali macchine dalla zona di spappolamento della materia prima fino agli avvolgitori, tra queste, le più importanti sono: Valmet, Beloit, Voith Sulzer, Over Meccanica.

È necessario sottolineare che l'elevato costo di un'intero impianto di produzione cartaria a volte scoraggia le cartiere a rinnovare le proprie macchine continue, e tutto ciò si ripercuote sulla modernizzazione dei processi produttivi.

1.4 Panoramica della parte umida di una macchina continua generica a tavola piana

Vediamo brevemente com'è composta la parte umida di una generica macchina continua a tavola piana.

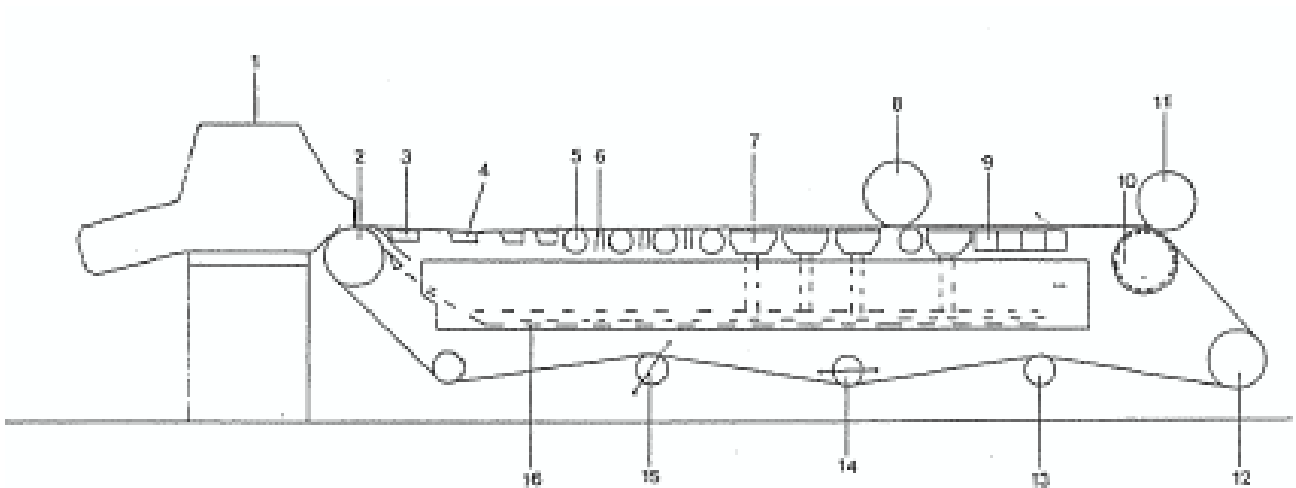
Noi sappiamo che la parte umida è quella zona della macchina continua dove avviene l'asciugamento del nastro di carta umido per disidratazione. Ci saranno svariati elementi drenanti sotto la tela di formazione, i quali permetteranno un veloce allontanamento dell'acqua dal nastro fibroso fuoriuscito dalla cassa d'afflusso.

Tutto questo, in modo tale da arrivare alle presse umide con il più alto grado di secco possibile, e di conseguenza risparmiare sul numero di presse da impiegare per disidratare ulteriormente la carta.

Nella figura seguente è possibile vedere uno schema generale della parte umida di una macchina continua a tavola piana, dove si osservano: la cassa d'afflusso, il cilindro capo-tela, la forming-board, i listelli drenanti (Foils), il ballerino, le casse aspiranti (Vacuum Box), il cilindro aspirante, il cilindro motorizzato di traino (Helper), e i vari rulli tenditori della tela di formazione.

Analizziamo ora, uno per uno, tutti questi elementi, sottolineando quale evoluzione hanno subito nel corso degli ultimi cinquant'anni.

La zona umida della macchina continua



Schema di una tavola piana:

1. cassa d'afflusso; 2. cilindro capotela; 3. tavola di formazione; 4. lame drenanti; 5. cilindri sgocciolatori; 6. deflettori; 7. casse aspiranti umide; 8. cilindro ballerino; 9. casse aspiranti; 10. cilindro aspirante; 11. cilindro pressore; 12. cilindro comando tela; 13. cilindro della tela; 14. cilindro castigatela; 15. tenditela; 16. gronda prime acque.

2. Le casse d'afflusso

2.1 Le prime casse d'afflusso

Le prime macchine continue erano dotate di semplici casse d'afflusso: l'impasto fibroso doveva percorrere alcuni passaggi attraverso sezioni ben definite in modo da essere reso omogeneo e ben distribuito sulla tela di formazione; passava poi lungo una lastra di gomma e infine giungeva al becco d'uscita e quindi sulla tela.

La regolazione del battente in tali casse d'afflusso era abbastanza facile da regolare grazie alla formula di **Bernoulli**, ma con l'incremento della velocità nelle macchine più moderne il battente ottenibile non era più sufficiente. Infatti ad una velocità di circa **550 m/min** il battente necessario era di almeno **4,5 metri**.

Se pensiamo alle macchine moderne che superano i **1000 m/min** si può immaginare che una cassa aperta avrebbe dovuto essere alta almeno **10 metri!**

Per aumentare la velocità della macchina era quindi necessario aumentare il battente in cassa d'afflusso con l'aiuto di una pressione aggiuntiva applicata sopra il pelo del liquido contenuto in essa.

Si possono costruire così casse piccole e compatte ma capaci di lavorare su macchine molto veloci che non hanno continui sbalzi di pressione dovuti alla variazione continua del battente, e consentono di conseguire risultati qualitativi molto migliori.

Nella figura seguente si osserva lo schema di una vecchia cassa d'afflusso aperta.

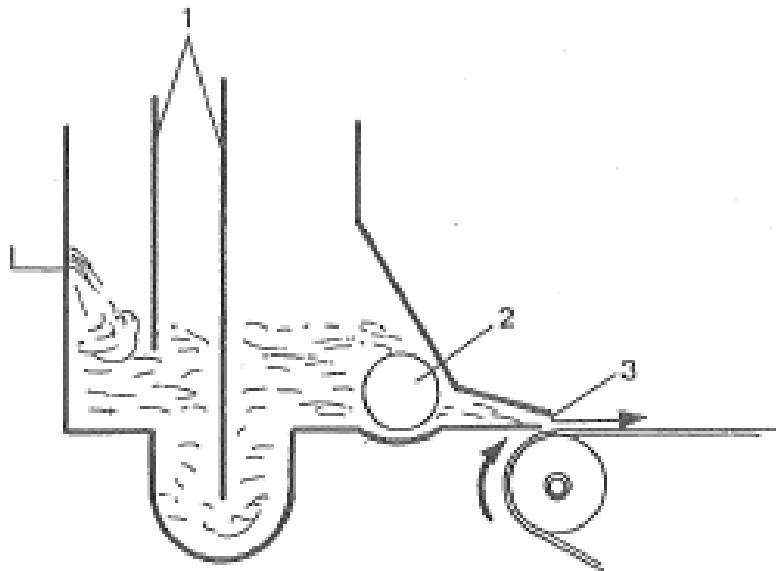
Vediamo ora le soluzioni costruttive alle quali si è arrivati nel corso degli anni.

Formula di Bernoulli:

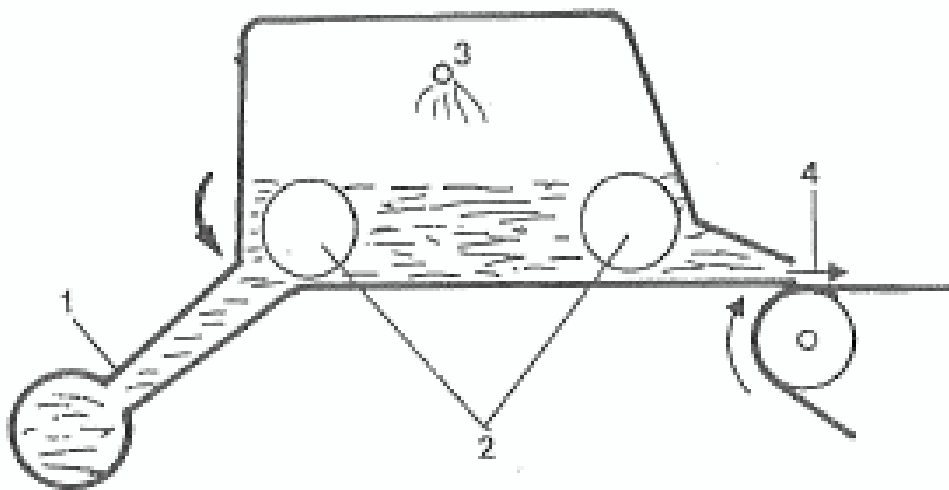
$$V = k \cdot \sqrt{2gh}$$

Dove: **V** è la velocità di scarico in m/s; **g** è l'accelerazione di gravità (**9,81 m/s²**); **h** è il battente in metri; e **k** è un coefficiente di correzione dipendente dalle caratteristiche del fluido e della bocca d'efflusso.

**Schema di una cassa d'afflusso aperta
e di una cassa chiusa a "cuscino d'aria"**



Schema di una cassa d'afflusso di tipo aperto:
1. diaframmi; 2. cilindro rettificatore; 3 bocca d'afflusso.



Schema di una cassa d'afflusso di tipo chiuso:
1. distributore; 2. cilindro rettificatore; 3 insufflazione d'aria; 4. bocca d'afflusso.

2.2 Le moderne casse d'afflusso

Le moderne macchine continue sono invece chiuse ermeticamente e all'interno sono presenti dei rulli forati che hanno il compito di evitare che ci siano flocculazioni o flussi dannosi, e di permettere una microturbolenza che favorisca il continuo rimescolamento dell'impasto a beneficio di una maggiore omogeneità dello stesso (*vedi par. 2.2.1*).

In alcune casse le microturbolenze sono molto più intense e non vengono generate da rulli forati ma da tubi profilati in maniera particolare e lamine vibranti (es.: le casse idrauliche).

In queste casse l'impasto arriva con forte velocità in una tubazione, posta trasversalmente al senso di marcia della macchina, che si va restringendo lungo tutta la larghezza della cassa.

Da questa tubazione parte una serie di distributori posti parallelamente da cui l'impasto, per le alte velocità a cui è sottoposto, arriva nella cassa perfettamente omogeneo.

Sappiamo infatti, che il compito principale di una buona cassa d'afflusso è quello di distribuire l'impasto fibroso il più uniformemente possibile su tutta la larghezza della macchina, in modo tale che sulla tela scorra sempre la medesima quantità di sospensione fibrosa nell'unità di tempo e restino costanti sia la velocità che la densità.

Si sono perciò realizzate negli ultimi anni delle casse d'afflusso che possono soddisfare le richieste di ogni cartaiolo, poiché una cassa d'afflusso può essere la più indicata per la produzione di un certo tipo di carta, ma meno per un'altra.

Una prima evoluzione della cassa aperta è stata quella a pressione con cuscinio d'aria, dove il battente può essere regolato semplicemente aggiungendo pressione all'interno della cassa fino ad ottenere la velocità di uscita desiderata.

Si arrivò poi alla cassa a pressione idraulica, molto compatta, dove la pressione del cuscinio d'aria si sostituiva con un'elevata pressione idraulica, ottenendo risultati più soddisfacenti.

In entrambe le casse la regolazione del profilo trasversale di grammatura avviene regolando l'altezza dei vari settori del labbro, consentendo di correggere eventuali errori di fuoriuscita della sospensione fibrosa dalla cassa.

Una moderna, e recente, evoluzione di queste due casse d'afflusso è la cassa idraulica a diluizione variabile. In questo caso si sfruttano i vantaggi offerti dalla cassa idraulica, ma il profilo trasversale di grammatura viene corretto diluendo le zone che sulla tela di formazione appaiono meno diluite.

Queste casse possono essere installate su macchine continue con ampi intervalli di velocità, dato che variare il battente è un'operazione immediata e l'ausilio di supporti informatici permette di tenere sotto controllo tutti i parametri di conduzione.

Quindi possiamo pensare che lo stesso modello di cassa può essere impiegato su macchine continue con velocità che vanno dai **100 m/min** ai **1800 m/min**.

Vediamo ora una descrizione più precisa delle tre casse ed eventuali pregi e difetti che esse possono presentare all'atto pratico.

2.2.1 La cassa d'afflusso a pressione con "cuscino d'aria"

La cassa d'afflusso a "cuscino d'aria" è stata la logica evoluzione della vecchia cassa aperta in quanto, all'aumentare della velocità della macchina continua, era impensabile innalzare le pareti della cassa stessa fino a raggiungere il battente desiderato. È assurdo infatti immaginare una cassa d'afflusso alta 10 metri!

La cassa ottenuta viene mantenuta in pressione mediante insufflazione d'aria compressa nella cassa stessa ottenendo, con la pressione aggiuntiva, un "cuscino d'aria" e quindi il carico totale necessario per far uscire l'impasto fibroso alla velocità desiderata.

Al fine di ottenere una buona disposizione delle fibre sulla tavola di formazione, il carico totale viene stabilito generalmente ad un valore tale da determinare una velocità del getto praticamente uguale a quello della tela di formazione.

Infatti se il getto è troppo lento, il materiale fibroso viene trascinato e le fibre risultano maggiormente orientate in direzione longitudinale; se invece è troppo veloce, si verifica la formazione di onde trasversali e la conseguente disposizione non uniforme delle fibre.

Si definisce il rapporto tra la velocità del getto e quello della tela con il termine **DRAG**.

Perciò:

$$DRAG = \frac{VELOCITA' DEL GETTO}{VELOCITA' DELLA TELA}$$

Questo valore è da tenere in considerazione quando vogliamo che le fibre si dispongano sulla tela di formazione in modo tale da conferire adeguate caratteristiche di resistenza meccanica alla carta che vogliamo produrre.

Vediamo, quindi, cosa accade se varia il **DRAG**:

- se $DRAG > 1$ Le fibre sono disposte in modo disomogeneo e casuale e la carta non presenta una buona formazione;
- se $DRAG = 1$ La carta che si ottiene dalla disposizione delle fibre in modo omogeneo è “quadrata”, quindi la resistenza trasversale è pari a quella longitudinale;
- se $DRAG < 1$ Le fibre sono disposte prevalentemente lungo la direzione di macchina e la resistenza longitudinale è più elevata rispetto a quella trasversale.

È superfluo precisare che il valore di **DRAG** è un parametro molto importante per qualsiasi tipo di cassa d'afflusso; quindi, in fase di progettazione, tale valore è significativo sia che si tratti di una cassa a “cuscino d'aria”, sia che si tratti di una moderna cassa d'afflusso a diluizione variabile.

Come nelle vecchie casse aperte, anche in questo tipo di casse esistono all'interno due o tre rulli forati che hanno il compito di uniformare la velocità della sospensione fibrosa, la sua densità e impedire un'eccessiva flocculazione della sospensione stessa.

Tali rulli devono avere queste caratteristiche:

- Lo spessore della parete del rullo: maggiore è lo spessore migliore sarà l'azione deflocculante. Uno spessore ideale è di circa 8 mm;
- La velocità di rotazione: un rullo forato ha un comportamento simile ad un rullo sgocciolatore, quindi, la microturbolenza generata agevola la deflocculazione, tenendo però conto che oltre certe velocità si ha il distacco del fluido dalle pareti della cassa. Perciò sarà necessario prevedere, in presenza di più rulli, velocità di rotazione diverse.

Ad esempio:

- da 15 a 20 giri/min per i cilindri collocati nel diffusore;
- da 10 a 15 giri/min per quelli nella vasca principale;
- da 4 a 6 giri/min per quelli vicini alla bocca d'efflusso.
- Il diametro dei fori: la turbolenza aumenta proporzionalmente al diametro dei fori. Il diametro è stabilito in funzione del tipo di impasto e della velocità della macchina continua.

Ad esempio:

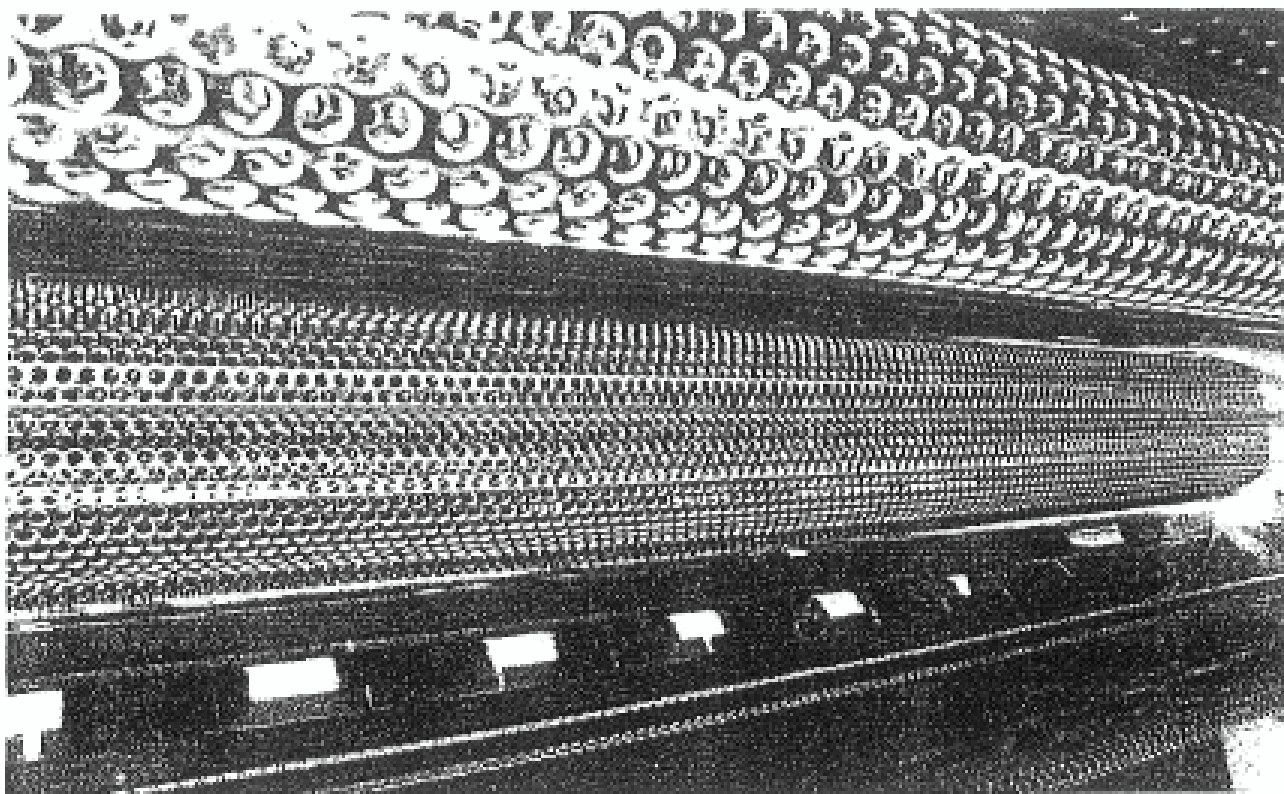
- per carte con fibre corte e velocità elevate: \varnothing 20 mm
- per carte con fibre lunghe e velocità basse: \varnothing 30 mm
- La direzione di rotazione: mentre i rulli posti nei diffusori possono ruotare indifferentemente nelle due direzioni, allo scopo di uniformare la velocità, il senso di rotazione degli altri rulli è univoco. Solitamente è contrario alla direzione di corrente per i rulli che sporgono dal pelo del liquido (in modo tale da trattenerne la schiuma) ed opposto per i rulli sommersi.
- Le distanze dei vari rulli dalle pareti della cassa d'afflusso.

- Il numero dei rulli forati: diametro e numero sono in funzione della portata, in modo tale che la velocità media nella vasca rimanga bassa e nell'ordine dei 0,3-0,4 m/s.

Questi parametri sono però puramente indicativi e possono variare nella fase iniziale di progettazione della cassa d'afflusso, vista la notevole quantità di fattori esterni che influiscono (tipologie di impasto, velocità della macchina continua, grammatura, densità in cassa, caratteristiche finali della carta).

Per ridurre gli inconvenienti che può dare una cassa di questo tipo si è arrivati alla cassa a pressione idraulica.

I rulli apri-nodi forati nella cassa d'afflusso



2.2.2 La cassa d'afflusso idraulica

Le macchine continue molto veloci, ed in particolar modo quelle che vengono alimentate con un getto che viene bloccato in un tempo brevissimo e hanno una piccola zona di formazione, come quelle a doppia tela, necessitano di una cassa d'afflusso con prestazioni particolari tra le quali, molto importante, è la creazione all'interno della sospensione fibrosa di una buona ed uniforme microturbolenza.

Una turbolenza, quindi, ad alta densità e piccola ampiezza, in modo da formare solo piccoli agglomerati di fibre (fiocchi) ed avere così una buona formazione finale sulla tavola.

Infatti le caratteristiche dell'intreccio di fibre dipendono soprattutto dalle forze di taglio che si vengono a formare per la turbolenza generata in cassa d'afflusso.

La cassa "idraulica" è sostanzialmente quella che soddisfa tali esigenze; essa viene mantenuta sempre piena e con una pressione idraulica costante.

È composta essenzialmente da un collettore rastremato a sezione rettangolare che alimenta, a pressione costante, il banco di tubi conici di prima miscelazione (distribuzione primaria). Il banco di tubi è costituito da file multiple di tubi rastremati, con sezione più stretta all'entrata e più larga all'uscita; essi hanno lo scopo principale di diminuire la velocità all'uscita in modo che i flussi si combinino più facilmente nella "camera di equalizzazione" o "camera di quiete", migliorando la distribuzione dell'impasto in direzione trasversale alla macchina.

Dai tubi conici, la sospensione fibrosa passa dalla camera di quiete e quindi attraverso una piastra forata che rappresenta un elemento di resistenza al flusso e ha anch'essa lo scopo di uniformare il flusso stesso; seguono quindi le lamelle flessibili convergenti che laminano e accompagnano la sospensione fibrosa dalla "camera di esplosione" fino alla bocca d'uscita. Tali lamelle vibrano creando delle microturbolenze che danno luogo ad un'elevata uniformità di spessore, velocità e dispersione fibrosa del flusso che arriva sulla tela di formazione.

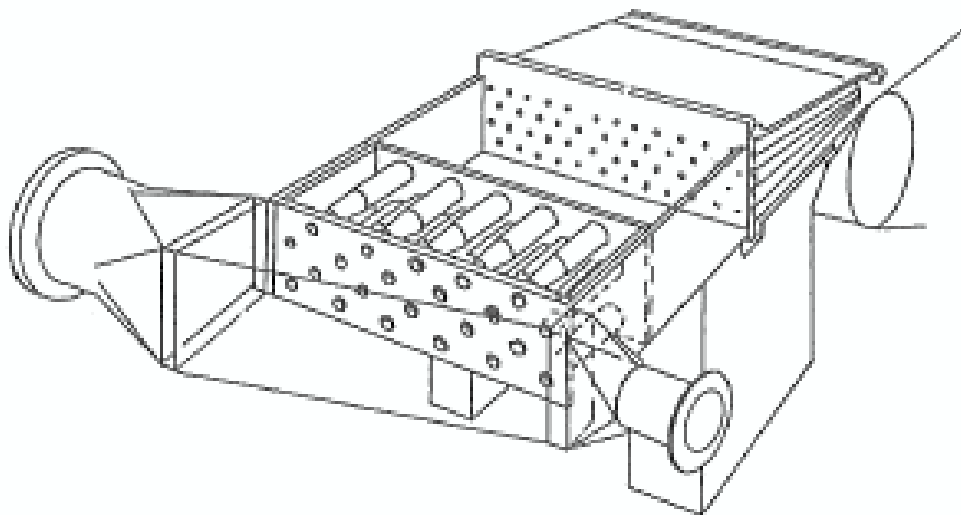
In tale cassa è opportuno adottare uno smorzatore di vibrazioni (*vedi par. 2.3*), in quanto, vi è l'esigenza di attenuare le eventuali pulsazioni generate dalla pompa di mandata e/o negli assortitori a pressione e se si riesce a mantenere una microturbolenza uniformemente estesa a tutta la massa della sospensione, elimina totalmente i problemi derivati dalle vecchie casse aperte o a "cuscino d'aria".

Si può quindi comprendere come questa cassa particolare sia più efficiente di una normale cassa a pressione con "cuscino d'aria", poiché è strutturalmente più semplice, anche se per alcuni tipi di carta è più indicata la prima.

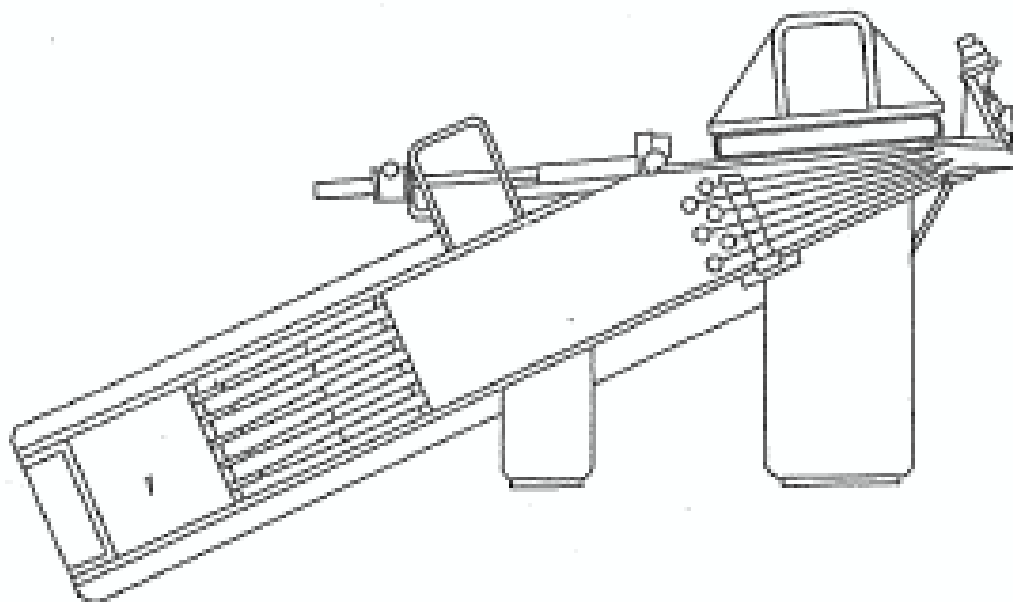
Riassumendo brevemente: questa cassa d'afflusso è indicata a macchine dove la formazione avviene in tempi brevissimi, con velocità elevate e dove è richiesta una buona formazione (garantita dalla microturbolenza presente nella cassa stessa).

Le figure seguenti mostrano le particolarità costruttive di tale cassa (**Beloit Converflo**).

Schemi di una cassa d'afflusso idraulica

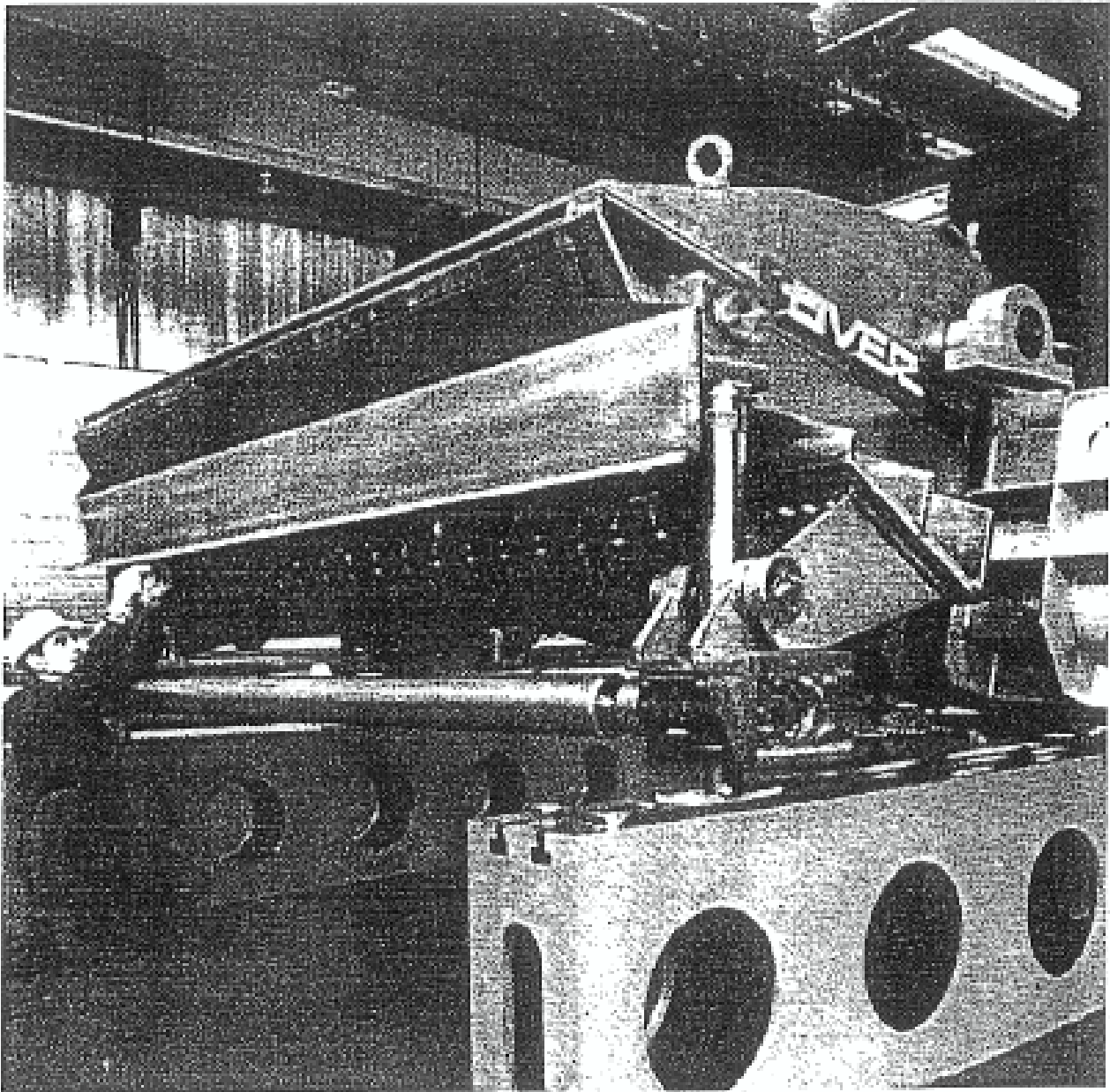


Schema di una cassa d'afflusso "Converflow" (spaccato)

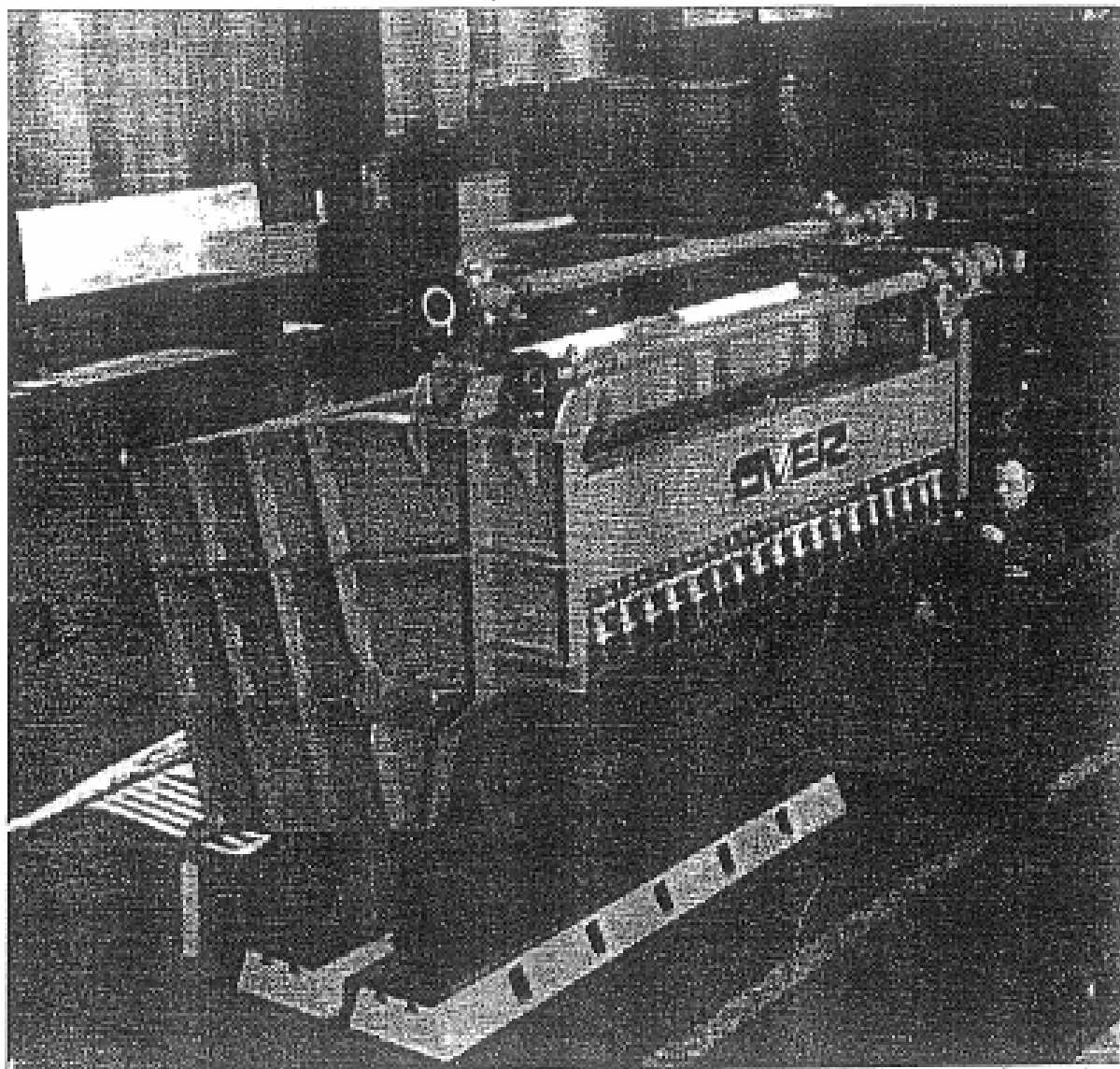


Schema di una cassa d'afflusso "Converflow" (insieme): 1. distributore

Cassa d'afflusso in fase di realizzazione



Cassa d'afflusso in fase di finitura



2.2.3 La cassa d'afflusso a diluizione variabile

Questa è probabilmente la cassa d'afflusso più interessante tra le tre in analisi. Infatti rappresenta l'ultima evoluzione della cassa idraulica e presenta soluzioni tecnologiche impensabili fino a pochi anni fa, soprattutto perché necessita di controlli del profilo trasversale in tempo reale.

La particolarità più rilevante è senz'altro la totale assenza di regolazioni pneumatiche del labbro; esso può venire solamente alzato o abbassato, poiché la correzione del profilo trasversale di grammatura avviene mediante diluizione.

Per quanto riguarda la sua conduzione bisogna sottolineare che è molto simile ad una normale cassa idraulica, e rispetta i parametri di conduzione di una normale cassa d'afflusso.

Ma vediamo come avviene la correzione del profilo di grammatura, e quali vantaggi e svantaggi essa può presentare.

Il labbro di questa cassa è molto particolare; infatti ad intervalli piccolissimi vi sono gruppi di due o tre ugelli spruzzatori che aggiungono acqua nelle zone che, sulla tela di formazione, appaiono meno ricche di acqua, in modo tale da diluire la sospensione fibrosa nelle zone non omogenee. Il diametro degli ugelli varia da **0,1** a **0,9 mm**.

I vantaggi ottenuti dall'uso di questa cassa sono:

- assenza di numerose regolazioni pneumatiche del profilo del labbro, con evidenti vantaggi dal punto di vista della manutenzione;
- dimensione compatte della zona dove è situato il labbro;
- possibilità di regolare in tempo reale ed efficiente il profilo di grammatura aggiungendo solamente acqua;
- utilizzabile praticamente su tutti i tipi di tavola piana.

Tale soluzione costruttiva presenta però alcuni non trascurabili svantaggi:

- gli ugelli spruzzatori devono essere controllati frequentemente onde evitare fastidiosi intasamenti;
- se una zona è molto più ricca di acqua delle altre la regolazione diventa praticamente inutile;
- si deve disporre di acqua sempre perfettamente pulita, e quindi non si può prelevare assolutamente dalle "acque bianche";
- le numerose condutture dell'acqua devono essere sempre perfettamente efficienti;
- la pressione d'uscita dell'acqua dagli ugelli spruzzatori deve essere sempre perfettamente costante.

Poche sono ancora le cartiere che adottano questo tipo di cassa d'afflusso poiché non si conoscono ancora tutti i vantaggi e gli svantaggi che un tipo di cassa come questa potrebbe dare.

Diciamo che, sotto un certo punto di vista, è ancora una macchina in fase di sperimentazione, in quanto le casse a “cuscino d’aria” e le casse idrauliche assolvono il loro compito a dovere in moltissime cartiere di tutto il mondo.

Particolarità di una cassa d'afflusso a diluizione variabile

Il principio tecnico:

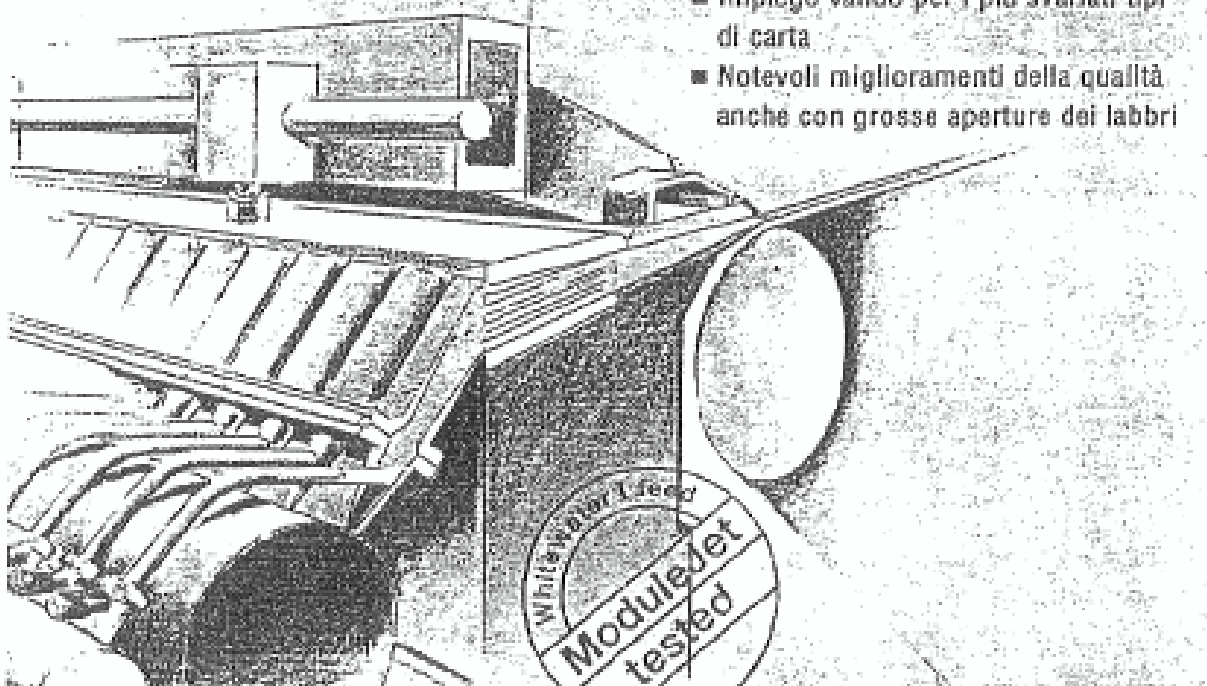
- Regolazione del profilo trasversale di consistenza della pasta mediante dosaggio sezionale delle acque della tela. La luce di efflusso rimane sempre parallela

I vantaggi del dosaggio delle acque della tela:

- Nessuna influenza sui profili delle paste fini e delle sostanze di carica
- Effetto profilo longitudinale autoregolato
- Rapido cambio del tipo di carta

I risultati pratici:

- Affidabilità elevata
- Impiego valido per i più svariati tipi di carta
- Notevoli miglioramenti della qualità anche con grosse aperture dei labbri



2.3 Lo smorzatore di vibrazioni dell'impasto (dumper)

Lo smorzatore di vibrazioni è una parte di macchina separata, che viene collegata alla cassa d'afflusso.

Il serbatoio smorzatore a “cuscino d'aria” ha il compito, molto importante di eliminare, o almeno attenuare, le pulsazioni che si hanno nel sistema di alimentazione della pasta.

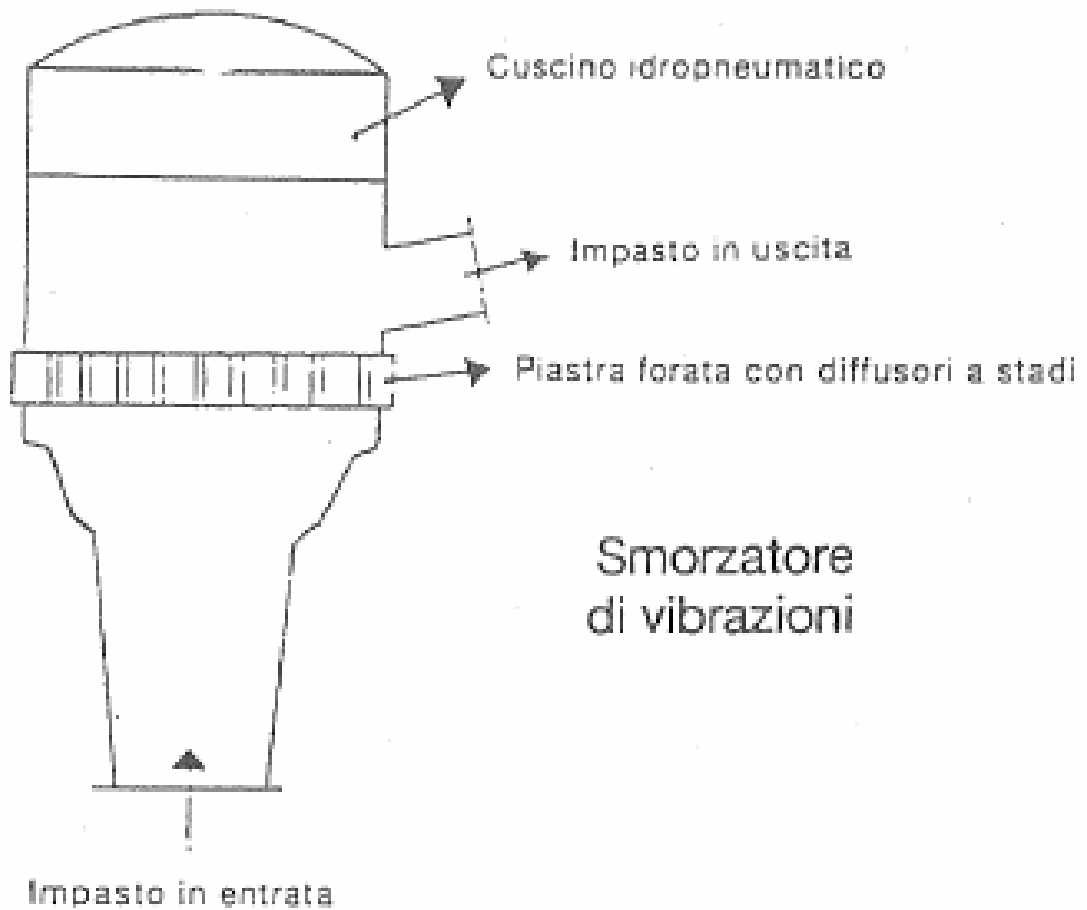
Lo smorzatore di vibrazioni è composto dai seguenti elementi: bocca di introduzione dell'impasto, diffusore a piastra forata, serbatoio cilindrico sottoposto a pressione tramite cuscino d'aria e una bocca laterale di uscita della pasta.

Nella figura che segue è possibile vedere uno schema semplificato di questo importante componente.

È infatti logico pensare che un impasto irregolare e soggetto a turbolenze non controllate può creare interferenze, di non poco conto, alla corretta conduzione della cassa d'afflusso.

Adottando questo sistema si hanno anche notevoli vantaggi nella formazione finale del foglio, e si può utilizzare infine come “polmone” supplementare per una regolazione più precisa della quantità di pasta in cassa d'afflusso.

Schema semplificato di uno smorzatore di vibrazioni (dumper)



2.4 La regolazione del labbro (slice)

Quando il battente è costante l'apertura del labbro determina la portata e quindi la densità della sospensione fibrosa in uscita dalla cassa d'afflusso. Poiché la velocità del getto è in rapporto diretto alla velocità della tela ed inoltre la grammatura è costante, ne consegue che la densità teorica è inversamente proporzionale all'apertura della bocca d'efflusso.

Se il DRAG fosse uguale per tutte le macchine continue, l'apertura del labbro potrebbe servire ad una misura diretta della densità teorica.

La densità effettiva in cassa d'afflusso è la somma di quella teorica e della densità delle "acque bianche" riciclate che, pur essendo all'incirca costante per una macchina continua, varia da macchina a macchina.

L'apertura del labbro, in definitiva, regola la densità: sappiamo benissimo che la qualità della carta è tanto migliore quanto più la densità è bassa; quindi, l'apertura del labbro dovrebbe essere quanto più grande è possibile compatibilmente alle capacità effettive di drenaggio della tavola piana.

Segue che:

- battente o pressione nella cassa d'afflusso sono solo funzione della velocità della macchina continua;
- per un certo battente, l'apertura del labbro determina la densità.

Nel caso in cui vi fossero cambiamenti nel potere drenante della tela dovuti alla velocità, sarà sufficiente agire soltanto sulla regolazione del labbro.

Inoltre esso può essere regolato localmente, in uno o più punti, per mezzo di numerosi azionamenti pneumatici a vite micrometrica, in modo tale da correggere eventuali imperfezioni del profilo trasversale di grammatura.

Tali azionamenti, sistemati alla distanza di circa **30-50 mm** su tutta la sua larghezza, possono deformare leggermente la lama del labbro in una zona limitata, per aumentare o diminuire l'apertura e correggere eventuali creste o avvallamenti longitudinali del getto in uscita.

È comunque buona norma che tra un azionamento e l'altro la differenza di regolazione non superi i **0,5 mm** di differenza poiché si rischierebbe di rompere la lama del labbro, con le immaginabili conseguenze.

Naturalmente tali correzioni vengono attualmente effettuate in automatico perché è impensabile regolare manualmente il labbro come succedeva alcuni anni fa, agendo su viti micrometriche, con la stessa precisione che ha un elaboratore elettronico.

Comunque è possibile determinare, inizialmente, il valore della portata mediante la formula riportata sotto; sapendo che la portata Q , per unità di larghezza, è funzione del battente H_1 in cassa d'afflusso, della eventuale pressione H_2 del cuscino d'aria, dell'apertura C_v del labbro, del coefficiente u_v di velocità d'efflusso, del coefficiente u_c di contrazione della vena del labbro che a sua volta è funzione della regolazione orizzontale del labbro stesso.

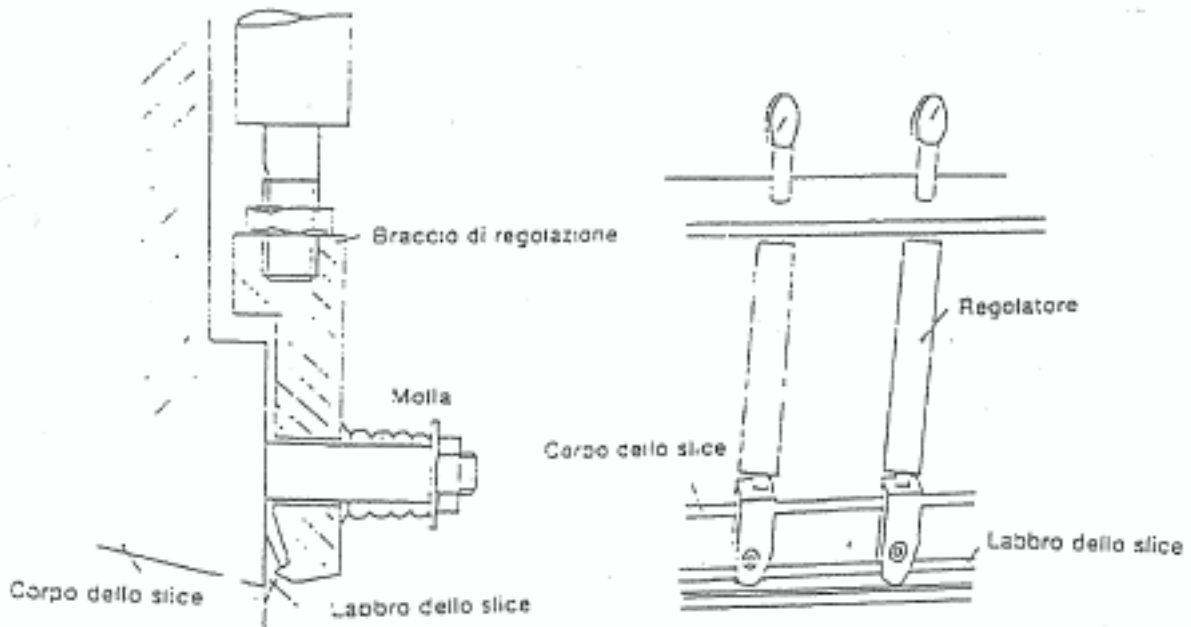
$$Q = u_c \cdot C_v \cdot u_v \cdot \sqrt{2gh(H_1 + H_2)}$$

Il getto può, comunque, essere controllato anche in direzione longitudinale, agendo sul labbro superiore il quale può essere spostato non solo sul senso verticale, come una saracinesca, ma anche avanti e indietro; in alcuni casi anche il labbro inferiore può essere spostato in senso orizzontale. Con tali regolazioni il getto viene accompagnato più o meno a lungo e quindi diretto più o meno tangenzialmente rispetto alla tela, più o meno lontano, con un impatto più o meno raccordato.

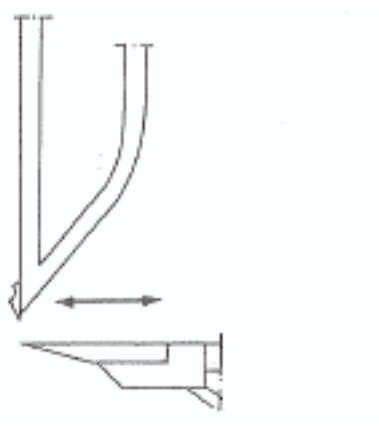
Si possono, così, effettuare una moltitudine di regolazioni a vantaggio di una più precisa regolazione del flusso di sospensione fibrosa diretta sulla tela di formazione.

In figura è possibile osservare le possibili regolazioni che si possono apportare ad un labbro.

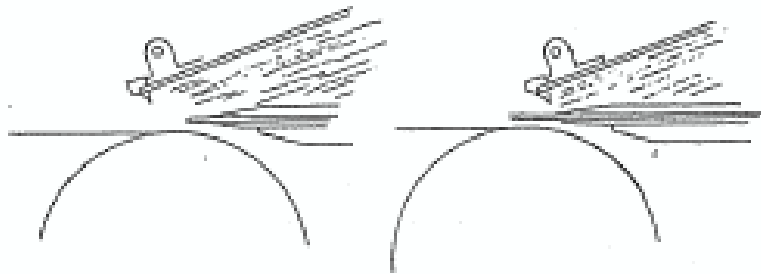
Schema di labbro regolabile



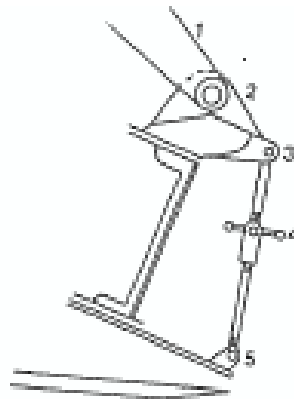
Esempi di labbro regolabile



Schema di labbro verticale del becco d'afflusso con spostamento orizzontale.



Schema di labbro inferiore del becco d'afflusso con spostamento orizzontale.



Schema di regolazione del labbro superiore del becco d'afflusso: 1. braccio di leva; 2. mensola supporto; 3. mensola vite di aggiustaggio; 4. vite di aggiustaggio; 5. alette del labbro superiore.

2.5 Le variabili di conduzione di una moderna cassa d'afflusso

Abbiamo visto, in precedenza, quali sono i parametri da tenere in considerazione quando si effettuano le regolazioni di una cassa d'afflusso.

Mentre le vecchie casse venivano gestite e regolate manualmente, attualmente la tecnologia ci viene incontro semplificando in maniera significativa tutte le microregolazioni di cui una moderna cassa d'afflusso necessita.

Vediamo ora quali sono le operazioni da compiere per regolare una cassa d'afflusso in fase d'avviamento.

Per una data grammatura ed una data densità di pasta, il battente in cassa d'afflusso dipende dall'apertura del labbro e, di solito, viene regolato in modo che la velocità della pasta mandata sulla tela stia in un rapporto predeterminato con la velocità della tela stessa (*vedi DRAG par. 2.2.1*).

Il rapporto fra la velocità del getto e quello della tela è molto importante ai fini della formazione del nastro di carta e delle caratteristiche stesse della carta. A seconda del tipo di carta da produrre c'è un valore del rapporto che dà luogo alla carta migliore.

Il battente o la pressione nella cassa d'afflusso, poi, è dato dalla velocità della macchina ed è una funzione di questa. Ad ogni velocità di macchina corrisponde un certo battente e, cambiando la prima, si deve necessariamente modificare anche il secondo.

Il battente in cassa d'afflusso si regola in questi modi:

- mediante variazione dell'apertura del labbro; ciò influenza la velocità di uscita del getto sulla tela;
- variando il volume d'acqua in cassa d'afflusso, mediante la regolazione della valvola principale sulla mandata della pompa di diluizione (FAN PUMP).

Come ultima operazione sarà necessario regolare la corretta densità di pasta presente in cassa d'afflusso.

La densità viene regolata mediante una valvola apposita sulla linea di discesa dal vaschino a livello costante e dalla quantità di "acqua bianca" immessa nell'aspirazione della pompa di miscelazione.

Normalmente la percentuale di densità con cui si lavora in cassa d'afflusso va dallo 0,3% al 1,4%, e si regola nei seguenti modi:

- agendo sulla valvola del vaschino a livello costante (variando così anche la grammatura);
- agendo sulla valvola di mandata della pompa di diluizione;
- agendo sulle singole valvole di alimentazione degli epuratori, quando la valvola principale è già completamente aperta;
- sollevando o abbassando il labbro superiore della cassa d'afflusso.

Questi parametri possono essere applicati, a seconda del tipo di cassa di cui si dispone, in modo abbastanza generale, poiché ogni cassa d'afflusso, vecchia o moderna che sia, si basa sugli stessi principi di battente e densità.

3. La tavola piana

3.1 Il cilindro capo-tela

La tela viene sostenuta inizialmente dal cilindro capo-tela, situato proprio sotto la bocca d'efflusso e successivamente dalla tavola di formazione.

Tale cilindro è rivestito in bronzo o in materiale sintetico, in quanto non deve assolutamente presentare problemi di ossidazione, che danneggerebbero la tela dopo poco tempo.

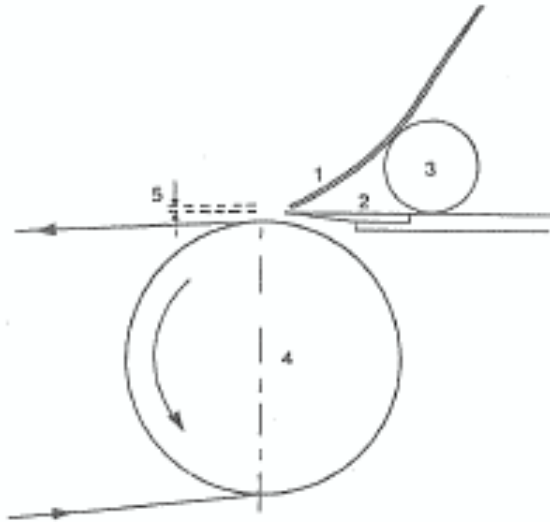
Esso ha la particolarità, almeno nelle macchine più lente, di presentare un continuo e regolare scuotimento durante la marcia della macchina, ottenuto con un movimento trasversale oscillatorio, impresso meccanicamente da un motore elettrico.

In questo modo si avrà, grazie alla turbolenza ottenuta, una maggior uniformità delle fibre durante il loro percorso sulla tela di formazione, impedendo quindi un eccessivo allineamento delle stesse, e quindi una migliore formazione generale della carta; sia dal punto di vista dell'aspetto che dal punto di vista delle proprietà meccaniche di resistenza.

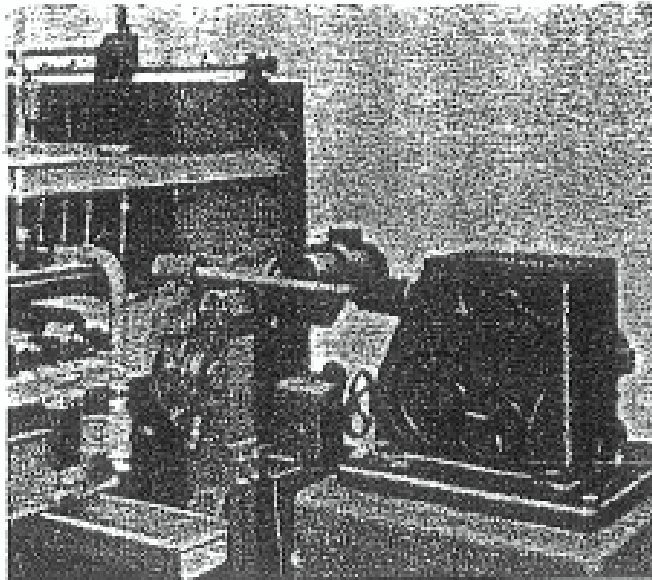
Ciò non accade invece per le macchine molto veloci, in quanto questo effetto è pressoché impercettibile, e si rischierebbe addirittura di far slittare pericolosamente la tela, con le conseguenze facilmente immaginabili.

Alle alte velocità, oltre i 500 m/min, le fibre non hanno il tempo di disporsi correttamente, mentre a velocità inferiori è molto più semplice gestire questo aspetto.

Il cilindro capo-tela e lo scuotitore



Schema della bocca d'afflusso e sua posizione relativa con il cilindro capotela:
1. labbro superiore; 2. labbro inferiore; 3. cilindro rettificatore;
4. cilindro capotela; 5. apertura della bocca d'afflusso.



Scuotitore per la parte registro della tavola piana di una macchina continua da carta. Permette corse di lunghezza variabile compresa tra 0-24 mm e da 0 a 400 scosse al minuto. La regolazione avviene senza salti.

3.2 Gli elementi drenanti

3.2.1 La tavola di formazione (forming board)

La tavola di formazione ha il compito di sostenere la tela nella zona più critica del suo percorso, di rendere meno violento il drenaggio e di consentire che il primo assestamento del nastro fibroso avvenga in modo abbastanza uniforme e regolare, per ridurre la perdita incontrollata dei fini e delle cariche, contribuendo ad incrementare di conseguenza la ritenzione.

La tavola di formazione è costituita da listelli di materiale sintetico (a volte in ceramica per incrementarne la durata), o da listelli composti da piastrelle in ceramica o altri materiali resistenti alla continua abrasione esercitata dalla tela.

I listelli presentano uno smusso sul fianco rivolto alla cassa d'afflusso, per raschiare e scaricare l'acqua trascinata sotto la tela. L'insieme dei listelli è sostenuto da una robusta travatura per reggere il violento impatto del getto e lo sforzo flettente dovuto all'attrito della tela caricata dallo strato di sospensione fibrosa sovrastante.

3.2.2 I cilindri sgocciolatori

I rulli sgocciolatori che sostengono la tela subito dopo il cilindro capo-tela sono dei rulli costituiti da un tubo di ottone dal diametro variabile tra i **60** e i **120 mm**, fino a **300 mm** nel caso di macchine continue molto grandi e sono costituiti da un tubo di ferro ramato, oppure rivestito esternamente in gomma.

Questi rulli favoriscono la disidratazione del nastro di carta trascinando nella loro rotazione l'acqua che si separa per forza di gravità sotto la tela di formazione. Questa si separa per effetto della forza centrifuga.

Per evitare che l'acqua ritorni nuovamente sulla tela si dispongono tra un rullo e l'altro delle lamiere inclinate, o delle strisce di gomma, che inviano l'acqua alle sottostanti vasche del sottotela.

Possono essere impiegati solo su macchine con velocità fino a 800 m/min, perché oltre questo considerevole limite si può creare una fastidiosa ebollizione dell'acqua dovuta ad un'eccessiva depressione.

Dagli anni '50 infatti questa soluzione è stata praticamente abbandonata, in quanto la turbolenza creata alle alte velocità disturbava la corretta formazione del contesto fibroso, ripercuotendosi sulla corretta formazione del nastro di carta finale.

3.2.3 I listelli drenanti (foils)

Per risolvere le difficoltà sopracitate sono stati introdotti i listelli drenanti o foils, costituiti da listelli in materiale sintetico resistente all'abrasione, i quali presentano un piano leggermente inclinato nella direzione di macchina. Tale inclinazione ha un angolo compreso tra gli $0,5^\circ$ e i 4° .

La tela, dopo il primo contatto con lo spigolo d'entrata, tende a staccarsi dalla superficie del listello e crea una zona di depressione per lo stesso principio del rullo sgocciolatore, però, in questo caso, la depressione ha un valore inferiore ma dura per un tempo maggiore, in funzione della larghezza complessiva del listello, ma soprattutto la depressione non è più funzione diretta della velocità della macchina e può essere graduata scegliendo, di volta in volta, l'angolo più adatto.

Inoltre, e non meno importante, i listelli drenanti occupano meno spazio dei rulli sgocciolatori e possono essere montati in numero maggiore, con conseguenti vantaggi sul drenaggio complessivo.

Alcuni tipi di listelli sono costruiti in modo da permettere una veloce e semplice variazione dell'angolo, agendo sul supporto del listello stesso.

L'angolo aumenta con l'ispessimento del nastro fibroso. Lo spigolo d'entrata è affilato in modo tale da raschiare e asportare l'acqua trascinata sotto la tela.

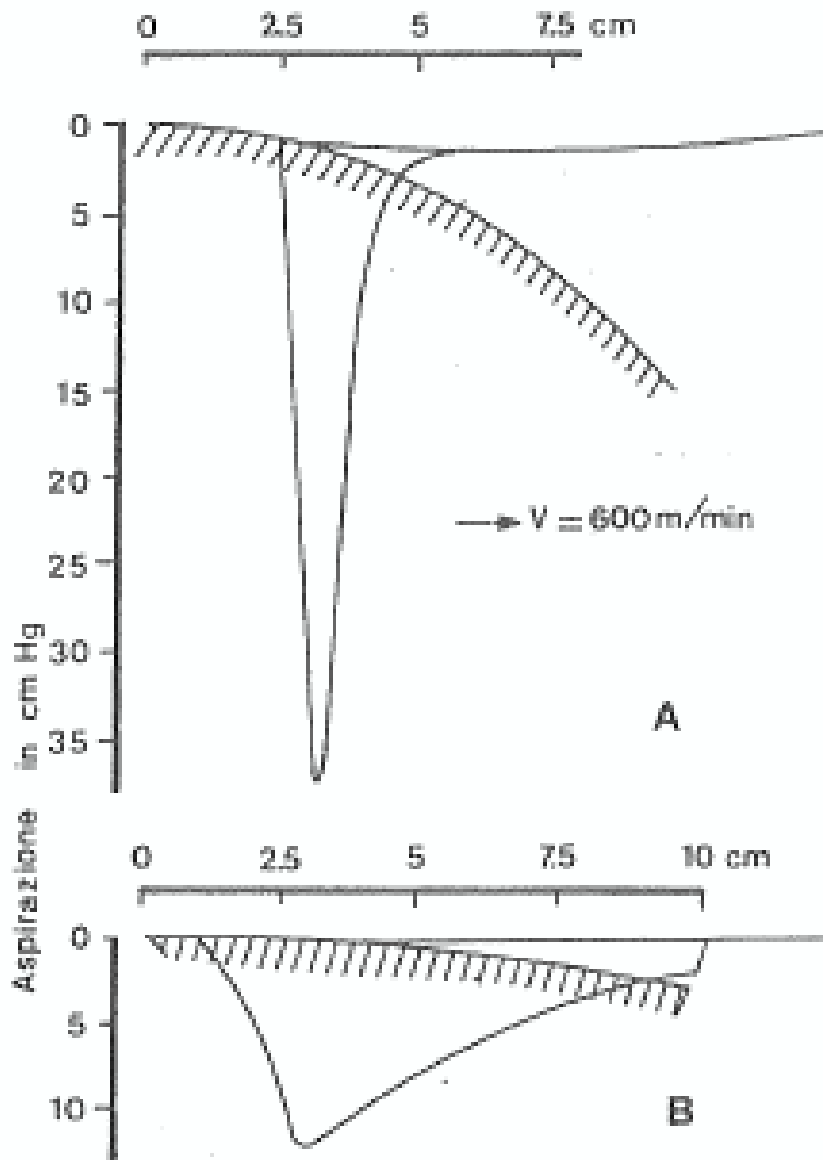
Per creare una maggiore depressione si ricorre a più listelli disposti in modo tale da creare una cassa che fa da tenuta rispetto alla tela di formazione, collegata ad una gamba barometrica che aspira l'acqua dalla tela stessa, realizzando così una "cassa aspirante".

Nella figura seguente è possibile osservare la differenza di comportamento tra un rullo sgocciolatore e un listello drenante.

Da notare che le pulsazioni impresse alla tela dai foils variano da una frequenza di 50 a 150 Hz, in base al numero di foils presenti sulla tavola piana; tale frequenza viene adeguata al tipo di carta prodotta e può essere variata semplicemente aumentando o diminuendo il numero di foils o variando la loro inclinazione.

Naturalmente, più le pulsazioni sono alte, maggiore sarà la microturbolenza impressa alla sospensione fibrosa, con il vantaggio di disporre al meglio le fibre nel nastro, ancora umido, di carta.

Differenza di comportamento tra un rullo sgocciolatore e un listello drenante (foils)



Confronto della intensità e della durata della depressione tra un cilindro sgocciolante (a) e un listello drenante (b).

3.2.4 Le casse aspiranti (vacuum box)

Se lo spessore del nastro fibroso raggiunge valori considerevoli, l'azione idrodinamica dei foils non è più sufficiente per drenare l'acqua in eccesso.

In questo caso si ricorre alle casse aspiranti, costituite da un cassone chiuso, con un coperchio piano formato da robusti listelli o da piastre forate rivestite di materiale sintetico o ceramico.

Ciascuna cassa è collegata, mediante un tubo di scarico, ad una gamba barometrica e ad un impianto di aspirazione opportunamente regolato a basso vuoto, per cui si viene a determinare una differenza di pressione tra le due facce del nastro fibroso: pressione atmosferica su quella superiore e depressione su quella inferiore. Mentre nel caso dei rulli sgocciolatori non è possibile regolare a piacimento il drenaggio, l'efficienza per le casse aspiranti dipende sostanzialmente dalla depressione applicata che è regolabile; naturalmente entro certi limiti, poiché la tela di formazione non potrebbe sopportare un'eccessiva aspirazione ad alto vuoto.

Esistono poi delle casse aspiranti a cui vengono aggiunti in successione dei listelli drenanti per migliorare il rendimento di aspirazione, drenaggio e microturbolenza. Tali casse sono chiamate anche vacuum foils.

In questa zona della tavola piana sparisce lo specchio liquido sulla tela e comincia a passare aria attraverso il contesto fibroso. Qui il contenuto di acqua si abbassa all'82-90%. Nelle casse aspiranti si crea una depressione variabile compresa tra 0,2 e 0,5 kg/cm². Per effetto di tale depressione la tela aderisce fortemente alla superficie delle casse aspiranti e si usurerebbe fortemente se questa non fosse costituita da listelli in materiale sintetico o ceramico.

Da notare che negli anni '50 il rivestimento delle prime casse aspiranti era in legno di abete rosso stagionato in acqua.

Si può facilmente comprendere quale evoluzione hanno avuto nel corso degli anni i materiali impiegati per la loro costruzione. Il legno è stato sostituito dal poliuretano e dal polietilene; materiali allo stesso tempo resistenti all'usura e scivolosi in maniera tale da consentire alla tela di formazione di scorrervi sopra senza lacerarsi dopo poco tempo.

Poco prima del cilindro aspirante vengono disposti lateralmente al nastro di carta due spruzzi d'acqua, ad una pressione di circa **3-4 atm**.

Essi servono a rifilare il nastro fibroso in modo tale da conferirgli la misura del formato finale.

Sono dotati di ugelli, provvisti di filtri, alimentati da acqua pulita, che non dovrebbero mai intasarsi, poiché provocherebbero l'irrimediabile rottura del nastro di carta prima di entrare in zona presse.

I bordi rifilati finiscono in una vasca sotto-macchina che rimanda questi scarichi alla tina dei fogliacci per una successiva riutilizzazione.

3.2.5 La gestione dell'impianto del vuoto per le casse aspiranti

In corrispondenza della parte inferiore di ogni cassa aspirante vi è uno scarico collegato con il tubo aspirante che può essere di semplice caduta oppure collegato con una pompa aspirante.

In pratica quando vi è una pompa aspirante i tubi delle singole casse aspiranti sono collegati con questa. A sua volta ogni cassa è dotata di un rubinetto di regolazione in modo da poter regolare singolarmente l'aspirazione di ognuna. Le casse aspiranti sono collegate in testa dalle due parti con un tubo di adduzione di acqua in modo da assicurare una perfetta tenuta stagna tra la parete terminale e quella mobile che delimita il formato del nastro.

Solitamente le prime tre o quattro casse asportano solamente acqua, mentre le successive aspirano anche quantità più o meno considerevoli di aria. Ciò dipende dal grado di permeabilità della carta che si sta producendo.

Una delle ragioni del rapido consumo delle tele di formazione è dovuto all'attrito fra queste e le casse aspiranti, e dalla depressione esistente che tende a risucchiare la tela.

Al fine di ridurre tale inconveniente si adotta l'accorgimento di predisporre una serie di casse aspiranti che si succedono senza soluzione di continuità. In questo modo si può ridurre l'aspirazione delle casse stesse con notevoli benefici nei confronti della tela.

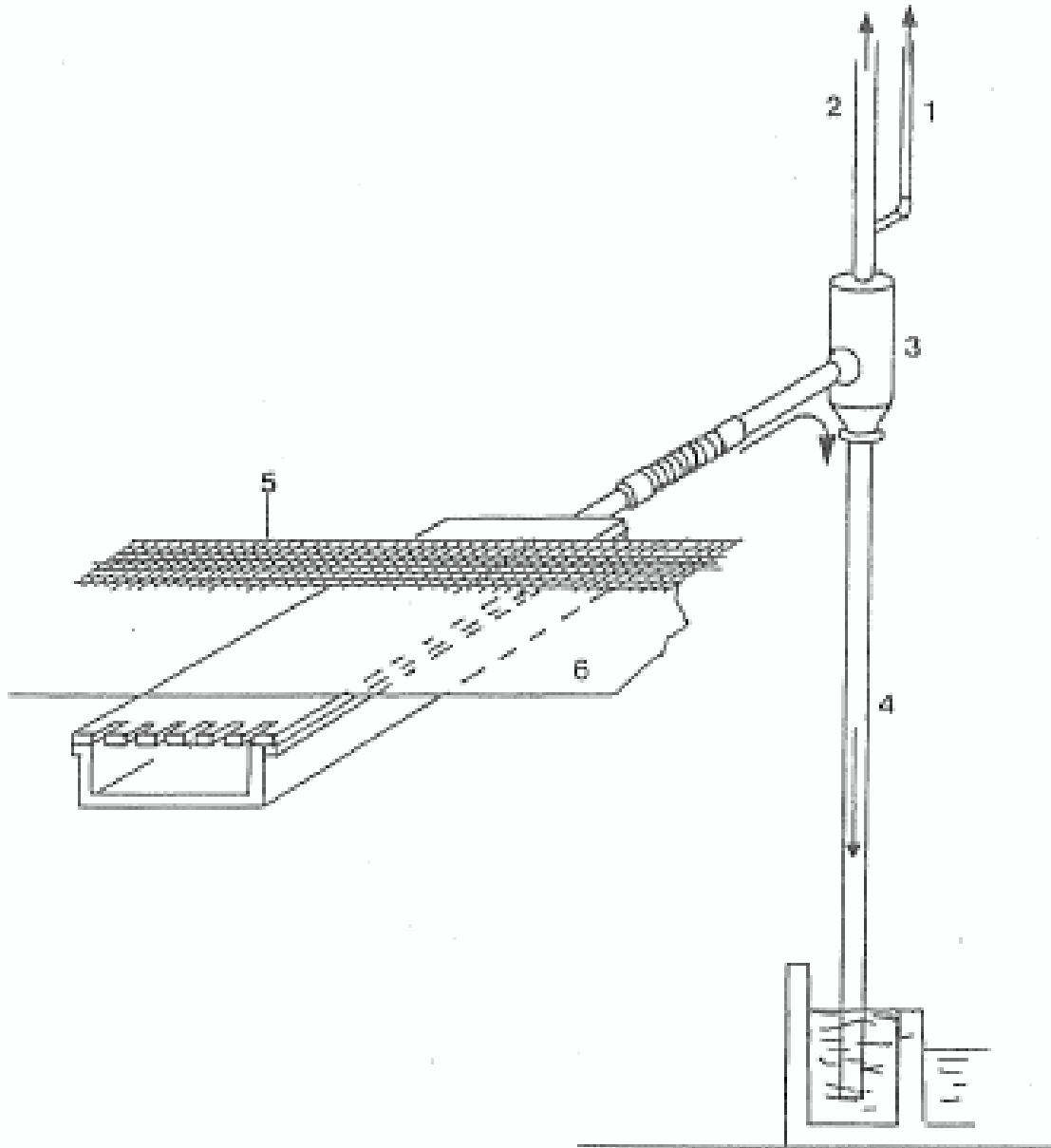
Il vuoto nelle casse aspiranti si può ottenere con un tubo in caduta. Da ogni cassa aspirante proviene un tubo che sbocca in un canale di raccolta ed è a chiusura stagna; però è difficile disporre di una caduta tale da consentire il grado di vuoto desiderato.

Quindi si ricorre, generalmente, all'uso di pompe ad anello liquido. I tubi provenienti dalle singole casse aspiranti vengono collegati con un tubo di grande diametro posti dalla parte di comando della macchina continua.

Evidentemente è superfluo precisare che ogni tipo di carta necessiterà di un ben determinato impianto e regolazioni in grado di ottenere la maggior eliminazione di acqua possibile.

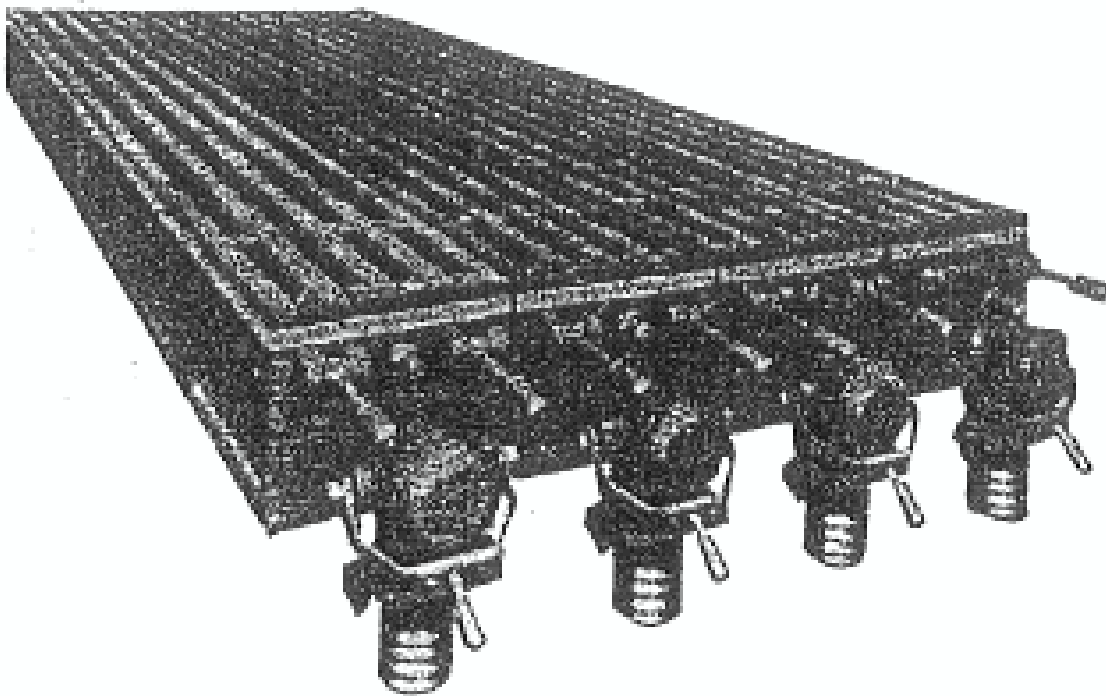
Il guadagno che si ha in termini di secco con un opportuna serie di casse aspiranti è nell'ordine del 10%.

Esempio di cassa aspirante con impianto del vuoto



- Schema di funzionamento di una cassa aspirante:
1. regolazione del vuoto;
 2. alla pompa a vuoto;
 3. separatore;
 4. gamba barometrica;
 - 5 e 6. rispettivamente tela e foglio che passano sulla cassa aspirante.

Tipo di cassa aspirante



Serie di casse aspiranti di larga superficie ed avvicinate
con aspirazione crescente.

3.3 Il cilindro ballerino e il suo grado di affondamento

Il cilindro ballerino, detto anche *cilindro pre-compressore*, viene installato sulla tavola piana di una macchina continua quando, sulla carta da produrre, i problemi legati al cosiddetto doppio viso hanno una notevole importanza.

Esso serve principalmente per uniformare il lato feltro della carta conferendo una buona speratura, mentre l'aspetto sul lato tela sarà influenzato in buona parte dal corretto drenaggio dei fini e delle cariche, sulla tela di formazione.

Nella figura seguente è possibile osservare il comportamento dell'andamento pressione/depressione di un moderno cilindro ballerino.

Il ballerino appoggia leggermente sulla tela, influenzando il sottostante velo di acqua e pasta, ed è costituito da un'armatura a celle rivestita da una tela in materiale metallico. Nel complesso si tratta comunque di una struttura abbastanza semplice e leggera, con diametri variabili dai 40 ai 120 cm.

Oltre ad uniformare la speratura, durante la fase iniziale di formazione del foglio sulla tela di formazione, serve per la produzione di carte filigranate di un certo pregio (*es. carta per banconote*). Le filigrane impresse sul rivestimento del ballerino sono ottenute mediante la riproduzione, per stagneratura, di scritte o figure sul rivestimento stesso, le quali vengono trasferite al foglio ancora umido.

La filigranatura del foglio si ottiene mediante lo schiacciamento del velo di carta umido in corrispondenza dei rilievi della tela in cui si formano dei punti più sottili, per cui le filigrane saranno visibili sulla carta asciutta in trasparenza.

Da evidenziare il fatto che la conduzione di un cilindro ballerino è abbastanza delicata, in quanto la tela metallica di rivestimento è soggetta ad un progressivo e problematico intasamento, quindi è necessaria la presenza di getti di acqua e di vapore, nonché varie raschie di pulizia, che devono garantire una corretta ed efficiente pulizia dell'intera superficie, in modo continuo e regolare.

Vi è poi la regolazione del “**grado di affondamento**” sulla tela di un cilindro ballerino che si basa su un principio abbastanza semplice.

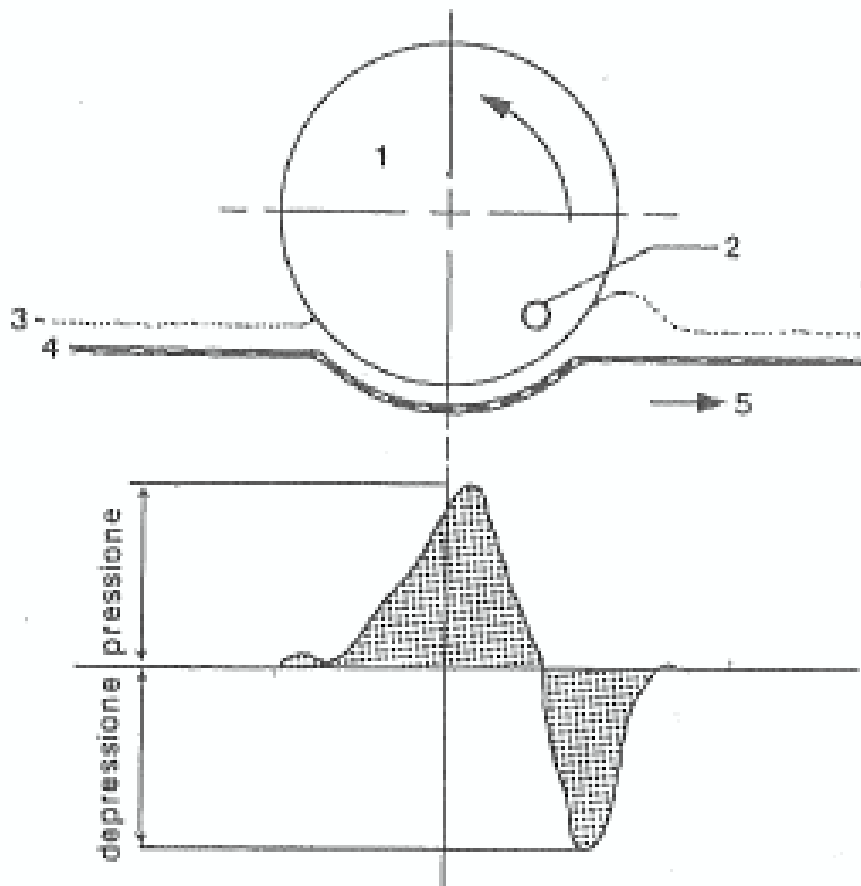
Infatti è necessario determinare empiricamente di quanti *millimetri (1-10mm)* il ballerino deve “affondare” nella tela per garantire un'uniformità dell'impasto che vi passa sotto, senza compromettere la speratura e sciogliendo i nodi che si sono formati dopo l'uscita dalla cassa d'afflusso dell'impasto.

Si possono distinguere quindi due casi, dopo la regolazione del grado di affondamento:

1°: *se la pressione esercitata sulla tela è insufficiente i nodi non vengono sciolti correttamente e si noterà una fastidiosa “nuvolosità” sulla superficie della carta;*

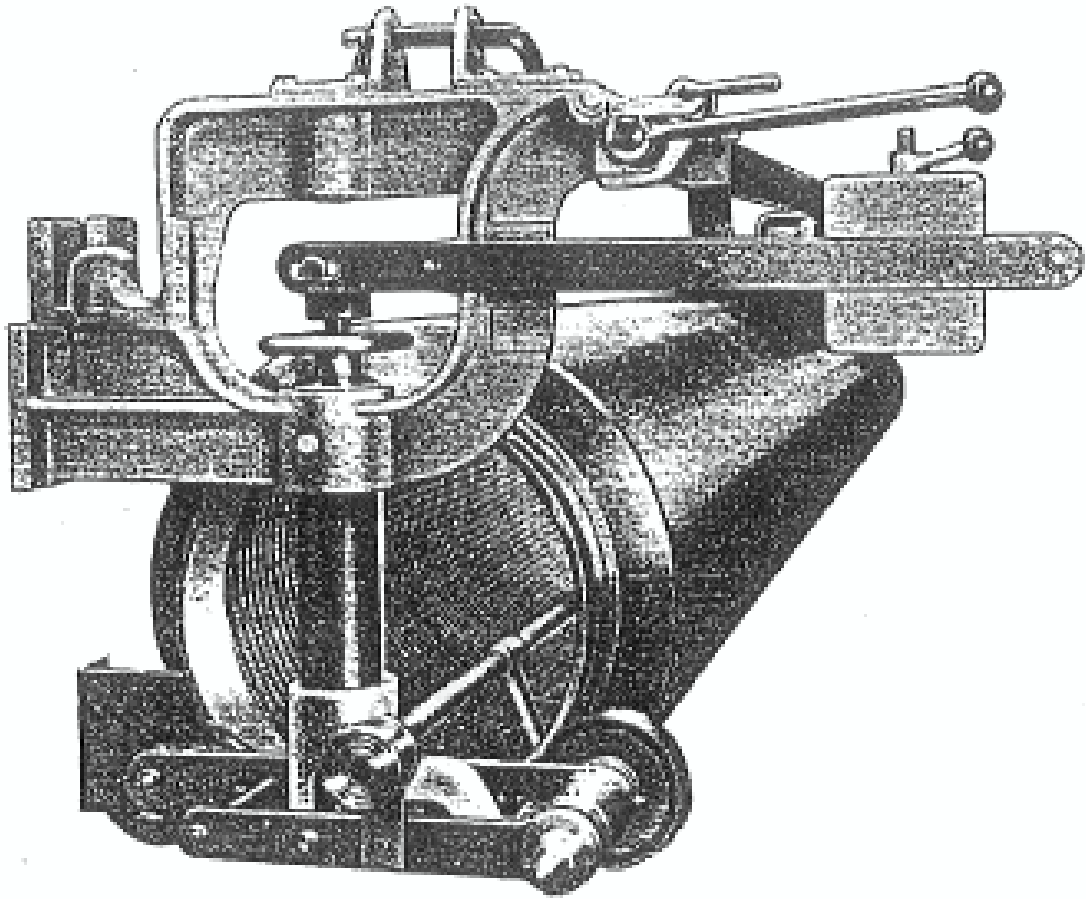
2°: *se la pressione al contrario è eccessiva potrebbero crearsi seri problemi nella formazione del foglio e si rischia di andare incontro a numerose rotture in quanto l'impasto non viene distribuito in modo regolare ed uniforme sotto la superficie del ballerino.*

Esempio dell'andamento della pressione/depressione di un cilindro ballerino



Esempio dell'andamento della pressione/depressione di un cilindro ballerino:
1. cilindro ballerino; 2. spruzzo di vapore; 3. foglio;
4. tela; 5. direzione di macchina.

Immagine di un cilindro ballerino



Tamburo ballerino rivestito esternamente di tessuto metallico.

3.4 Il telino e le sue varianti costruttive

Verso la fine degli anni '70 in Giappone comparvero le prime tavole piane provviste di doppia tela in sostituzione al cilindro ballerino.

L'inventore di questa speciale macchina continua ha dovuto però trovare la soluzione a due problemi molto importanti: il notevole consumo di tele, dovuto all'attrito tra le stesse, e la non esaltante qualità delle carte prodotte con tale soluzione, ancora sperimentale e non affidabile.

Sulle normali tavole piane tendono a separarsi le fibre fini e le sostanze di carica e aumenta, di conseguenza, il “**doppio viso**”, ovvero la differenza di aspetto tra una faccia e l'altra del foglio di carta.

Inoltre le fibre per il breve tempo che l'impasto rimane fluido tendono a disporsi sempre più in direzione di macchina.

La cosa migliore sarebbe che si formasse subito uno strato sulla tela tale da non consentire la separazione delle sostanze di carica e che si potessero evitare i salti dell'impasto ancora fluido.

Tutto ciò non è però ottenibile con una normale tavola piana con una sola tela ed il ballerino.

Si è così creata una tavola piana dotata di due tele sovrapposte. La tela inferiore ha maglie larghe e la tela superiore a maglie più fitte.

Da sottolineare che le prime tavole a doppia tela avevano la tela inferiore in bronzo fosforoso e la tela superiore in materiale plastico, mentre attualmente si usano tele dello stesso materiale plastico per ambedue le tele.

Vediamo ora quali sono stati i primi vantaggi offerti dall'adozione di una seconda tela sulla tavola piana.

L'impasto che proviene dalla cassa d'afflusso passa tra le due tele sovrapposte, e si evita la formazione di bolle o di ondulazioni nel nastro fibroso. In particolare si può notare che la disidratazione del nastro fibroso non avviene solo in corrispondenza della tela inferiore ma anche in corrispondenza della tela superiore.

Ciò favorisce sicuramente una disidratazione molto più uniforme e soprattutto una riduzione considerevole del doppio viso. Infatti i fini e le cariche si muovono nel contesto fibroso in modo più regolare rispetto ad una convenzionale tavola piana sprovvista di una seconda tela.

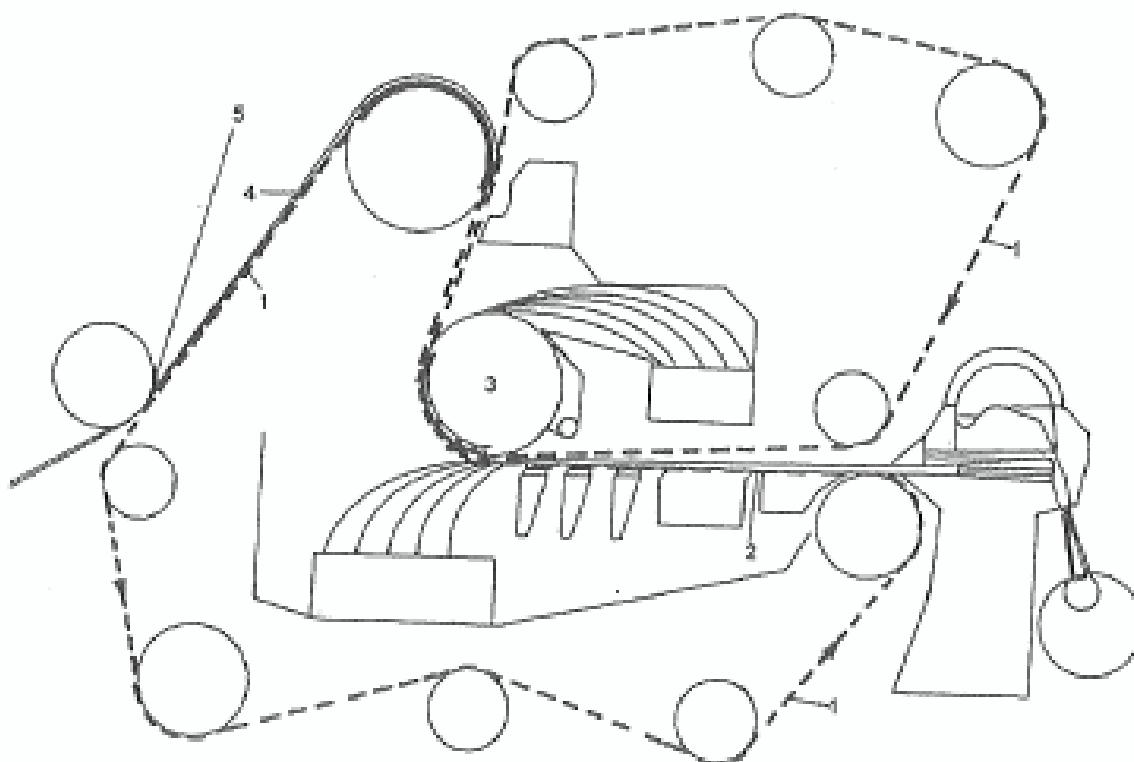
Per comprendere l'utilità di tale sistema basti pensare ad una normale carta da stampa. Se le due facciate del foglio avessero un aspetto sostanzialmente diverso (magari una facciata più lucida dell'altra) che effetto visivo produrrebbero una volta stampate?

Naturalmente bisogna pensare che la tela superiore abbia un sistema di pulizia e di drenaggio simile a quella inferiore. Ci sono anche qui delle casse aspiranti e delle raschie che devono trattenere l'acqua in modo tale che essa non venga ceduta nuovamente alla tela.

Solitamente le tele superiori hanno uno sviluppo minore rispetto a quella inferiore; una tela superiore può essere lunga poco più di 20 m, mentre una tela inferiore supera anche i 50 m.

Anche in questo caso si ricorre alla tecnologia “canti-lever” (vedi par. 3.5) per facilitare la sostituzione della tela ed agevolare le operazioni ordinarie di manutenzione.

Esempio di tavola piana con telino superiore (doppia tela)



Schema del formatore Duoformer con tavola (Voith):
1. tela; 2. tavola; 3. cilindro formatore; 4. foglio; 5. feltro.

3.5 La tavola piana con tecnologia “canti-lever”

Per tecnologia “canti-lever” si intende semplicemente la possibilità di estrarre la tavola piana, e quindi sostituire la tela di formazione in modo semplice e rapido, senza la necessità di dover smontare tutte le singole parti componenti la tavola stessa.

Proprio per evitare questo inconveniente e per rendere più veloci le operazioni di sostituzione della tela si costruiscono, ormai da molti decenni, delle tavole piane estraibili dalla macchina continua.

Sarà quindi necessario smontare solo alcuni rulli tenditori, tendere correttamente la tela tra il cilindro capo-tela e il cilindro aspirante seguendo il suo percorso sulla tavola e reinserire tutto il carro.

A carro estratto sarà inoltre più semplice ed agevole eseguire le operazioni di pulizia e di manutenzione previste.

Le macchine più vecchie prevedono l'estrazione del carro in modo manuale, mentre le ultime generazioni hanno la possibilità di estrarlo completamente con azionamento motorizzato.

Si noti, tuttavia, che tale soluzione costruttiva risale praticamente al secolo scorso, poiché a differenza della seccheria, dove i feltri possono avere una giunzione e sono quindi semplici da sostituire, la tela di formazione deve essere necessariamente ad anello chiuso e non deve rovinarsi durante la sua sostituzione.

Esempi di tavola piana in “canti-lever”

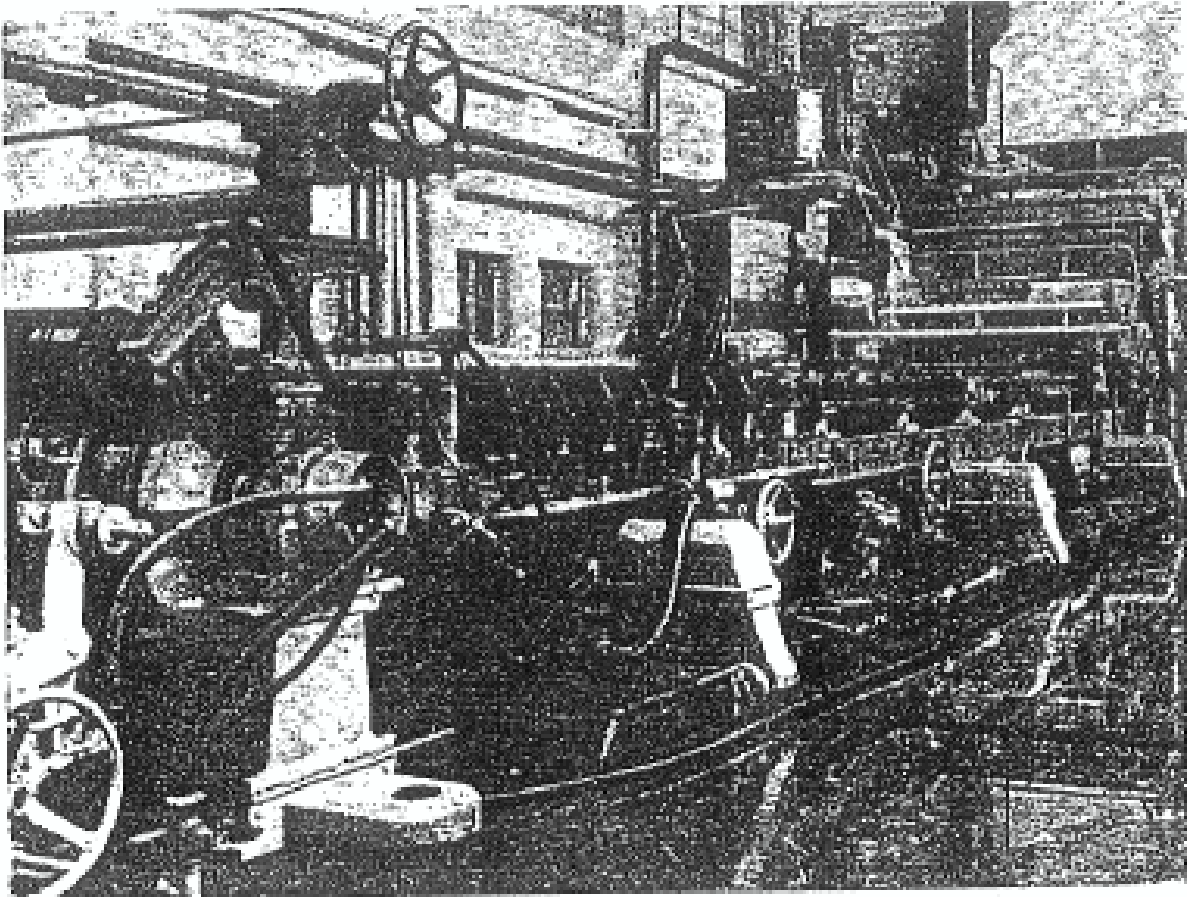


Tavola piana estraibile con tre supporti scorrevoli.

4. Le tele di formazione

4.1 L'evoluzione storica delle tele di formazione

In pochi anni abbiamo potuto assistere ad uno sconvolgimento dal punto di vista produttivo, per quanto riguarda le tele di formazione presenti su una macchina continua da carta.

Siamo passati, in breve tempo, dalle vecchie tele metalliche, molto delicate e dalla durata limitata, a tele in materiale sintetico, molto robuste e leggere che possono resistere anche svariati mesi, se condotte in modo regolare e curandone regolarmente la pulizia.

Molto è migliorato dal punto di vista della ritenzione e del drenaggio in generale, quindi il vantaggio di adottare tele in materiale sintetico non è stato puramente economico quanto piuttosto qualitativo, in quanto la carta prodotta con questo tipo di tela sintetica ha standard qualitativi molto elevati.

4.1.1 Le prime tele di formazione metalliche

La tela di formazione metallica presente sulle prime macchine continue era costituita da un tessuto di fili di ottone o di fili di bronzo fosforoso.

I fili di ordito, come accade per le tele moderne, erano disposti in direzione di macchina mentre i fili di trama erano disposti in direzione trasversale. Il numero dei fili di ordito per una certa unità di larghezza rappresentavano il cosiddetto numero della tela metallica.

Per esprimere tale numero si usava come unità di larghezza il pollice (sistema MASH) oppure il più comune centimetro. Per stabilire il numero della tela era necessario contare uno per uno i vari fili che si trovavano nell'ordito e nella trama.

Il diametro di tali fili, a seconda del tipo di carta che si voleva produrre, variava nell'ordine dei 0,15 e 0,6 mm.

Come avviene attualmente le tele venivano tessute con dei telai tessili e poi giuntate a mano in modo tale che la cucitura risultante non fosse minimamente avvertibile; una piccola imperfezione avrebbe comportato seri problemi di marcatura sulla carta.

I bordi venivano rinforzati, con filo di cotone, in quanto rappresentavano la zona dove queste tele si rompevano più spesso.

Rispetto alle tele odierne, le tele metalliche erano soggette a frequenti sostituzioni in quanto molto delicate; bastava la rottura di un singolo filo, o di una

piega sulla sua superficie, per compromettere irrimediabilmente l'intera produzione, e costringere il personale a sostituire la tela.

Basti semplicemente pensare che una tela metallica poteva avere una vita produttiva limitata, anche di due o tre settimane lavorative, se non accadeva qualcosa che ne comprometteva l'utilizzo prima.

In genere la durata di una tela metallica veniva espressa dalla quantità di carta che poteva essere prodotta con un m² della tela stessa.

Tale valore poteva variare tra le 5 t/m² per le carte fini e finissime, alle 15 t/m² per le carte da impacco.

Per concludere è necessario accennare come avveniva la pulizia di queste tele metalliche.

Uno dei problemi più grandi era la notevole quantità di resina e di colle che si depositava all'interno delle maglie metalliche della tela di formazione ostruendole.

In questo caso la tela non permetteva più il corretto drenaggio necessario alla buona formazione del foglio, e sullo stesso si formavano dei fori, in corrispondenza alle macchie di resina rimaste sulla tela.

Erano quindi necessari getti di vapore disposti trasversalmente rispetto alla tela che provvedevano alla pulizia in continuo, oppure si poteva procedere ad un lavaggio con acido molto diluito seguito da un immediato risciacquo, per non compromettere l'esile struttura dei fili metallici componenti la tela.

4.1.2 Le moderne tele di formazione in materiale sintetico

Con l'introduzione delle materie plastiche, le tele di formazione metalliche andarono ben presto scomparendo dalle industrie cartarie.

I costi più contenuti e la notevole resistenza che esse presentavano indussero ben presto le aziende cartarie a adottare le prime tele in materiale interamente sintetico.

Furono, inizialmente, i produttori di cellulosa i primi ad adottare le tele in materiale sintetico per disidratare la pasta e i cartari giunsero a tale soluzione solo dopo aver valutato attentamente i vantaggi che tale soluzione costruttiva avrebbero portato.

Le prime esperienze dimostrarono in breve tempo che le tele fabbricate in materiale sintetico avevano una vita produttiva molto più lunga rispetto a quelle realizzate in materiale metallico.

Inoltre il trasporto del nastro fibroso ancora molto umido avveniva in modo più uniforme che con le tele metalliche, la disidratazione era più regolare e la formazione della carta ne traeva un grande giovamento.

Già le prime tele in materiale sintetico venivano accreditate di una vita tre volte superiore a quelle precedenti, e poiché il materiale di cui erano composte

era praticamente insensibile alle piegature non si verificavano sfilacciamenti anomali sulla sua superficie, neppure dopo molti giorni di utilizzo.

Da notare però che le materie plastiche impiegate sono sensibili al calore e occorre pulire le tele con getti d'acqua a temperatura non superiore ai 100° C.

Per contro esse sono molto resistenti agli agenti chimici, quindi per la loro pulizia si possono impiegare acidi meno diluiti di quelli necessari alla pulizia delle tele metalliche, con risultati migliori e tempi ridotti.

Vediamo ora di che tipo sono, come vengono lavorate e infine tessute, le fibre sintetiche che si utilizzano per produrre le tele di formazione.

4.2 La realizzazione di una moderna tela di formazione

Per la realizzazione di una moderna tela di formazione in materiale sintetico si ricorre a fibre sintetiche poliammidiche. In particolare si usano fibre in poliammide per rendere resistente la tela insieme a fibre in poliestere per conferirgli doti di flessibilità e scorrevolezza sulla tavola piana.

I vantaggi offerti da una moderna tela di formazione in materiale sintetico possono essere i seguenti:

- lunga efficienza e durata
- maneggevolezza in fase di montaggio e sostituzione
- leggerezza
- robustezza
- facilità di pulizia
- resistenza agli agenti chimici aggressivi
- flessibilità
- giunzione praticamente impercettibile.

Nella scelta di una tela di formazione bisogna innanzitutto considerare le specifiche condizioni di lavoro, le caratteristiche meccaniche della macchina continua, i tipi di impasto e infine, la velocità di marcia della macchina.

La scelta dipende inoltre da fattori, non meno importanti, quali la grammatura prevista, i foils e le casse aspiranti utilizzate.

La realizzazione di una tela di formazione avviene tessendo trama e ordito con dei particolari telai tessili, proprio come avviene per i normali tessuti di lana o di cotone che noi conosciamo bene, in tempi però molto superiori, in quanto si tratta di manufatti che richiedono una precisione certosina. Anche per queste tele si contano i fili presenti in un centimetro quadrato della sua superficie per determinarne il tipo e la densità di area aperta.

Naturalmente bisogna prevedere telai di larghezza variabile, in quanto ogni macchina continua ha un suo formato, quindi la larghezza della tela dovrà essere di volta in volta differente.

Una volta decisa la composizione delle fibre della tela, essa viene tessuta più larga tenendo conto che è soggetta a trazione sulla macchina e, una volta terminate tutte le lavorazioni, si restringerà leggermente.

Finito di tessere il nastro alla lunghezza desiderata sarà necessario chiudere la tela tramite una giunzione che non dovrà assolutamente marcare la carta una volta in produzione, e rinforzare entrambi i bordi.

Tale operazione viene fatta seguendo questi passi:

- vengono tolti circa 20 cm di trama ad un capo e all'altro della tela
- i fili vengono ri-tessuti, ricostruendo il disegno originale della tela
- chiusa la tela vengono rasati i fili in eccesso della giunzione; tale zona dovrà essere a contatto degli elementi drenanti per non creare problemi di marcatura
- vengono rinforzati infine entrambi i bordi della tele, mediante termo-saldatura, per evitare eventuali rotture, poiché in questa zona la tela subisce le sollecitazioni maggiori, e sabbiare finemente le superfici per levigare eventuali imperfezioni.

La tela è così pronta per essere controllata in modo tale da superare severi controlli di qualità in quanto anche un solo filo fuori posto potrebbe compromettere seriamente la produzione della cartiera che la riceve.

Ma vediamo ora quali sono i tipi di tele esistenti, ricordando che il nome è dovuto al tipo di disegno usato per combinare insieme l'ordito e la trama durante la tessitura.

Tele monostrato

Sono tele, dal disegno semplice, che vengono utilizzate per macchine con velocità medio basse, per carte con basse percentuali di ceneri.

Sono composte principalmente da filati di media grandezza, hanno una massa maggiore e una notevole resistenza all'usura, quindi una buona durata.

Tele doppio strato

Sono tele usate per grammature leggere, alte velocità con un'elevata capacità drenante, ed una buona ritenzione nei confronti delle cariche minerali.

In questo caso si avrà una minore marcatura del nastro fibroso, aumento della ritenzione dovuta ai minori spazi di fuga tra le maglie, e una maggior stabilità dimensionale della tela in quanto più robusta della precedente.

Tele doppio strato e mezzo

Sono tele particolari e molto sofisticate, capaci di un veloce drenaggio, realizzate tenendo conto di numerosi fattori (studiati analiticamente), quali:

- il tipo di supporto da produrre;
- l'area aperta della tela;

- il fattore di allungamento della tela;
- la quantità di spessore della tela disponibile all'usura;
- la permeabilità all'aria;
- il volume di vuoto;
- la superficie umidificabile;
- l'indice di marcatura;
- la sezione longitudinale e trasversale;
- la simulazione della marcatura.

In questo modo è stato possibile realizzare tele sempre più perfezionate e in grado di soddisfare tutte le esigenze del cartario, riuscendo ad ottimizzare il supporto fibra e ottenere una struttura più aperta, realizzata con fili di maggior diametro.

Tele triplo strato

La tela a triplo strato è stata sviluppata con il preciso scopo di avere sulla superficie il maggior indice di supporto fibra con il maggior drenaggio e minor marcatura possibile.

Sullo strato inferiore è stata prevista una struttura con filati di elevato diametro per aumentare il drenaggio e ridurre il più possibile l'usura.

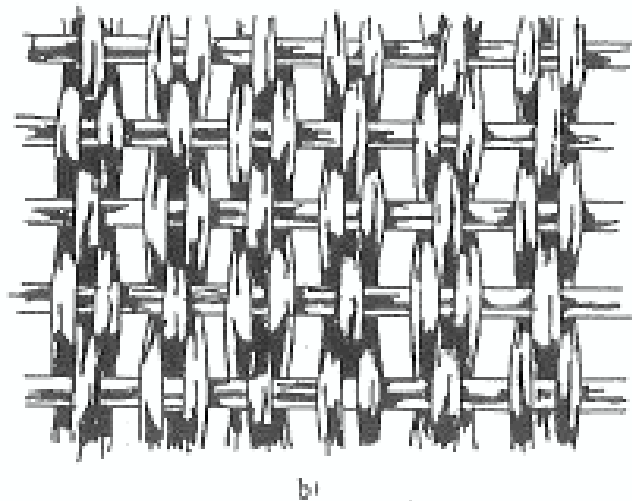
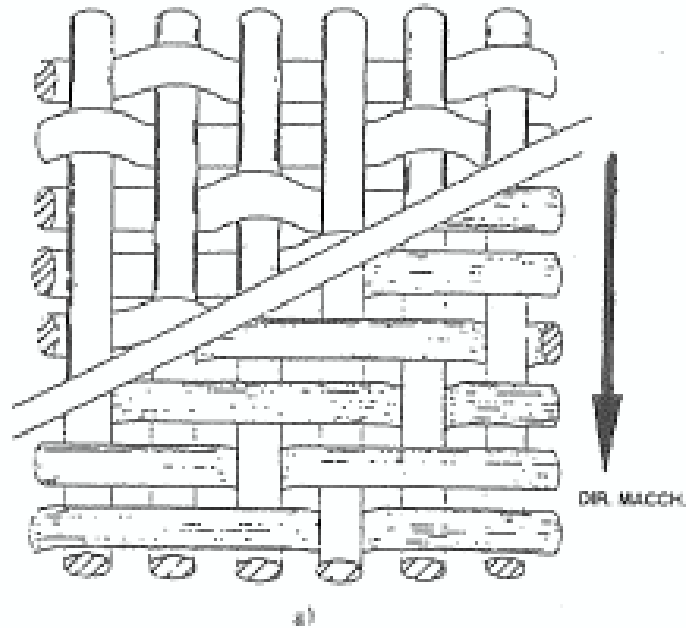
Tele triplo strato e mezzo

La tela a triplo strato e mezzo è stata sviluppata applicando tra i vari strati della tela un filo intermedio che ha il compito di conferire una notevole stabilità trasversale alla tela.

Ha un ottimo drenaggio iniziale, e successivamente molto uniforme lungo il suo percorso in tavola piana. Lo svantaggio maggiore è quello di essere difficile da pulire perché la densità di fili in essa contenuta è molto elevata. Per contro marca pochissimo la carta.

È indicata per tutti i tipi di carta esistenti, e non presenta problemi durante la sua conduzione, se non quelli legati alla sua pulizia.

Nelle figure seguenti vediamo un esempio di disegno trama-ordito della tela di formazione



- Esempio di “armatura” di una tela:
- a) la parte superiore dello schema rappresenta il rovescio (superficie di usura); quella inferiore il dritto (superficie sulla quale si forma il foglio di carta);
 - b) schema di una tela con ordito triplo.

4.3 La rulleria di guida e i sistemi di pulizia della tela di formazione

Dopo il cilindro aspirante, la tela di formazione scende ad abbracciare il cilindro di traino (HELPER), che coopera al trascinamento della tela lungo la tavola piana.

Seguono altri rulli posti alternativamente sopra e sotto la tela di formazione; fra questi sono di notevole importanza il “tenditela” che mantiene tesa uniformemente la tela, ed il “castigatela” che corregge eventuali tendenze della tela a deviare, costringendola a seguire il percorso corretto sulla tavola piana.

Tutti i rulli esterni, che possono intasarsi di materiale fibroso umido, sono muniti di raschie di pulizia.

Nella prima parte del ritorno è montato un tubo munito di potenti spruzzatori d’acqua (diametro variabile tra 0,8-1 mm) che entrano in funzione per abbattere il foglio rimasto aderente alla tela all’avviamento o in caso estremo di rottura; il tutto viene raccolto nella sottostante vasca dei rifili e riutilizzato successivamente.

Seguono, naturalmente, altri tubi spruzzatori per il lavaggio della tela e raschie per la pulizia dei rulli.

A questo punto distinguiamo i due cicli, detti delle “prime acque” e delle “seconde acque”.

Le acque di lavaggio, contenenti pochissimo materiale fibroso, si uniscono a quelle drenate nelle casse aspiranti e nel cilindro aspirante e vengono raccolte a parte, filtrate opportunamente e riutilizzate per non avere uno spreco eccessivo di acqua pulita: queste sono le cosiddette “seconde acque”.

Le acque drenate dalla tavola piana, ricche di materiali fini e cariche, dette “prime acque” di sottotela, cadono in un silo e tornano a diluire la pasta ancora densa in arrivo.

Le prime e le seconde acque prendono genericamente il nome di “acque bianche”, per il colore conferitogli dal materiale fibroso e dalle cariche minerali.

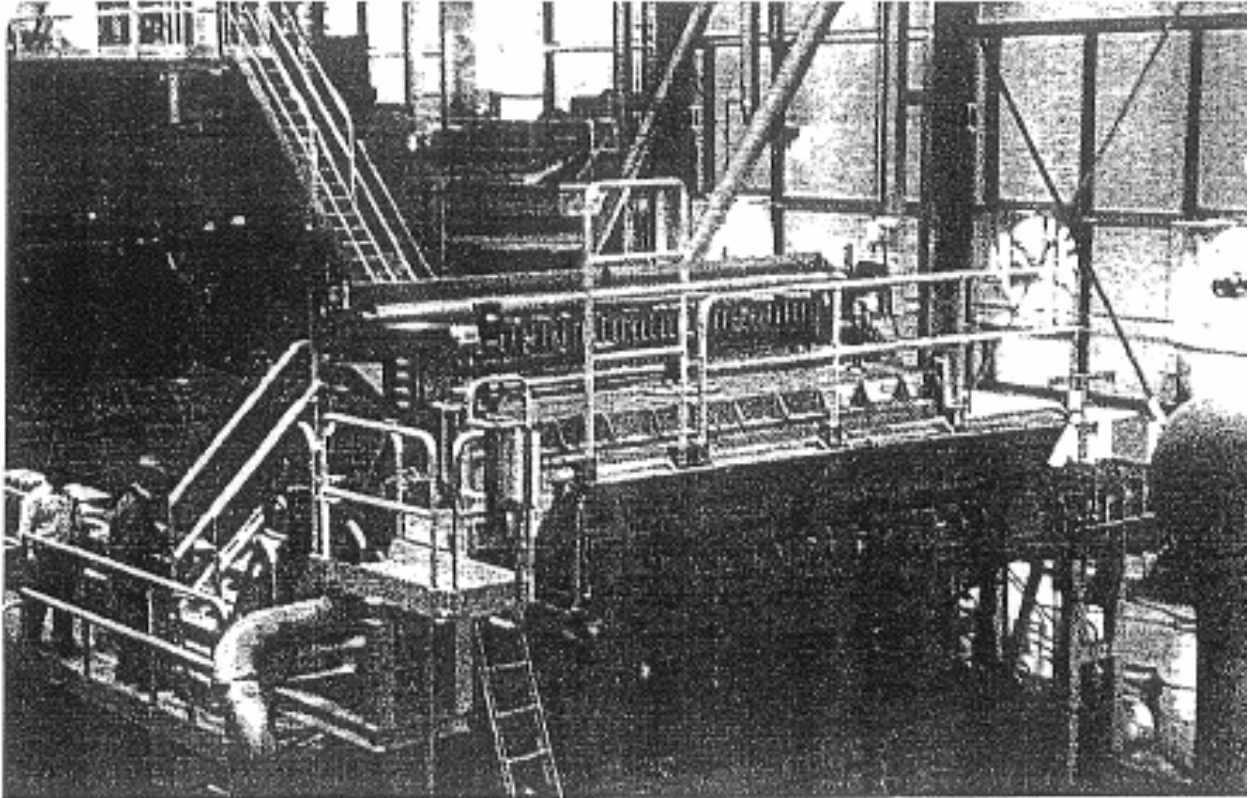
Il contenuto di fini e di cariche dipende da diversi fattori, che influenzano il drenaggio, quali: struttura della tavola piana, diluizione dell’impasto, temperatura, caratteristiche del materiale fibroso, contenuto di cariche, velocità della continua, ecc.

Per limitare la perdita di fini e cariche si utilizzano, come agenti di ritenzione, prodotti chimici (polimeri ad alto peso molecolare) abbastanza complessi immessi a monte della cassa d’afflusso.

La chiusura dei cicli delle acque, vantaggiosa agli effetti ecologici, porta a qualche conseguenza spiacevole, come l’accumulo di sostanze disciolte e la formazione di depositi dovuti a microrganismi.

Nella figura seguente è rappresentata una tavola piana abbastanza generale.

Tavola piana in fase di allestimento



5. Il cilindro aspirante

5.1 I primi cilindri aspiranti e la loro evoluzione

Nel 1908 negli Stati Uniti W.H. Millspaugh ha realizzato per primo dei prototipi di cilindri aspiranti che nel corso degli anni erano destinati a sostituire i cilindri tradizionali per gli innegabili vantaggi che questi cilindri presentavano.

L'applicazione del cilindro aspirante della tela è stata la premessa per giungere alle elevate velocità che oggi hanno le macchine continue da carta.

In particolare si è notato come con l'applicazione di tale cilindro fosse possibile aumentare considerevolmente la velocità di produzione della macchina e conseguire lo stesso grado di secco che si otteneva in precedenza a velocità molto inferiori.

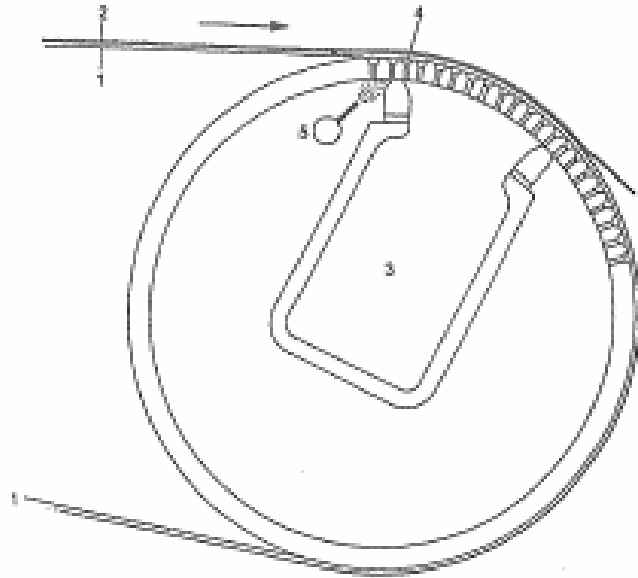
Volendo quantificare questo risultato possiamo affermare che l'adozione del cilindro aspirante nella parte umida ha permesso di incrementare mediamente di un terzo, e in alcuni casi del doppio, la velocità della macchina continua.

Il cilindro realizzato da Millspaugh, presentava le seguenti caratteristiche costruttive. Esso era costituito da un cilindro di bronzo il cui diametro era di circa 100 cm. In questo mantello di bronzo vi erano dei fori circolari svasati, stretti all'interno e via via più larghi. Tali fori sono disposti in file alternate in modo tale da non far passare mai il nastro di carte su zone prive di fori.

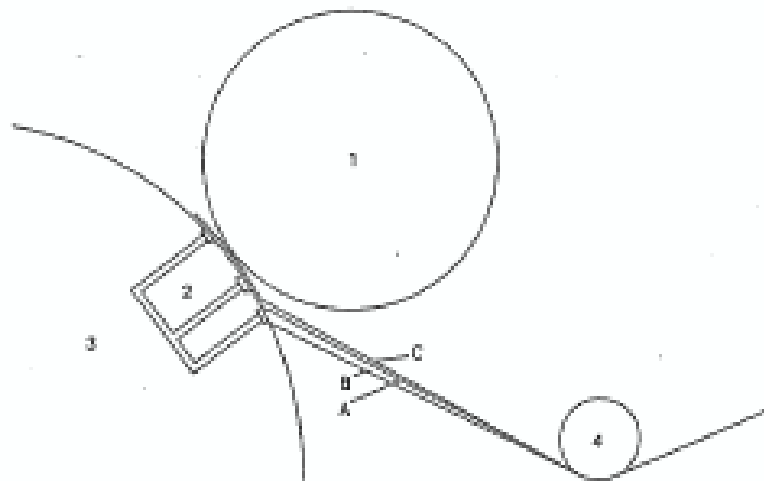
Nell'interno di questo cilindro di bronzo è fissata una cassa aspirante; mentre il cilindro stesso è dotato di una ruota dentata agli estremi, che ingrana un pignone dentato, cosicché è sempre mantenuto in rotazione.

La posizione della cassa aspirante, larga circa 200 mm, può essere scelta a piacere, in modo tale da variare la zona di vuoto sul cilindro aspirante. La cassa aspirante è collegata con una pompa che crea un'aspirazione nell'ordine di 5 m di colonna d'acqua. Mediante strisce di gomma si crea un contatto tra la cassa aspirante ed il mantello forato in modo da assicurare la corretta tenuta d'aria.

Schema di un moderno cilindro aspirante

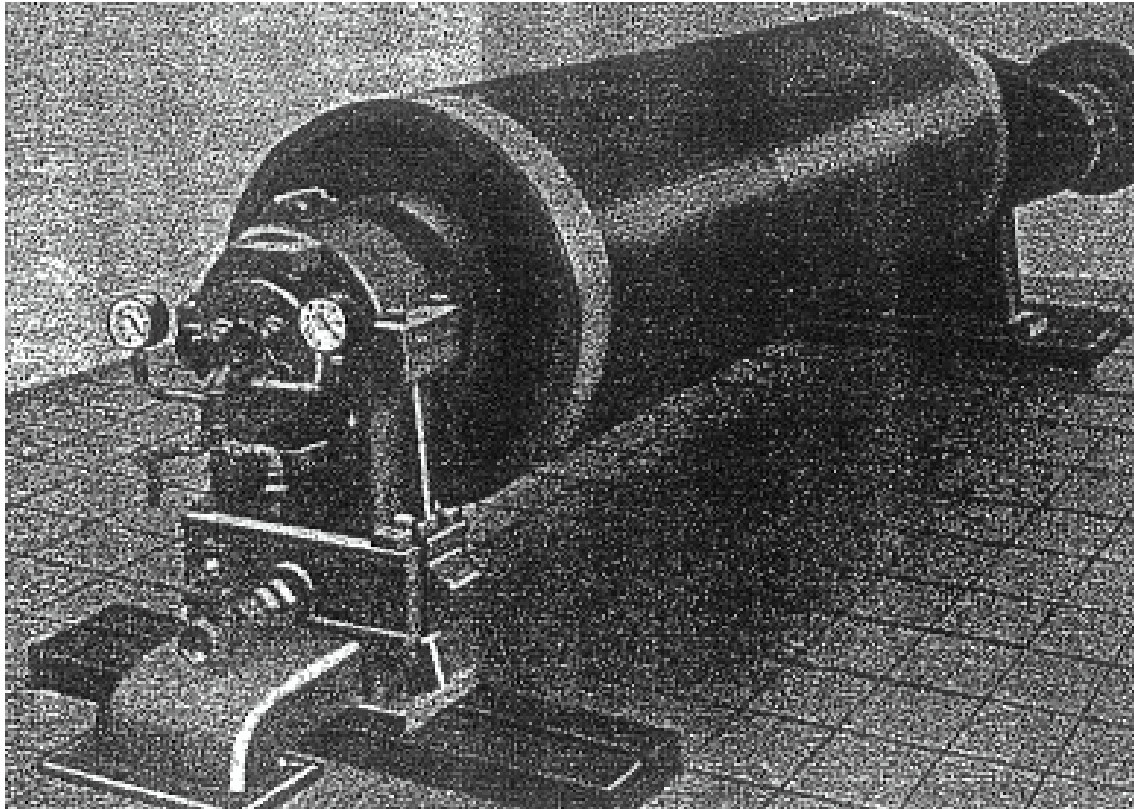


Schema di un cilindro aspirante:
1. tela; 2. foglio; 3. cassa interna di aspirazione; 4. listelli di tenuta;
5. spruzzatore.



Schema del tiro carta al cilindro aspirante e posizione del cilindro di pressione:
cilindro di pressione; 2. cassa interna di aspirazione; 3. cilindro aspirante;
4. cilindro di tiro: A tiro corretto, B tiro molle, C tiro teso.

Immagine di un cilindro aspirante



Cilindro aspirante della tela del diametro di 800 mm
con zona di alta e bassa pressione.

5.2 I moderni cilindri aspiranti e la loro corretta conduzione

In seguito la costruzione dei cilindri aspiranti venne perfezionata sia dal punto di vista della cassa aspirante, sia del comando, cosicché oggi essi si presentano come un normale cilindro di pressa umida.

I cilindri sono chiusi da robuste testate, e dotati di perni che vengono sostenuti da adatti supporti a cuscinetti.

Un ulteriore progresso si è avuto con cilindri aspiranti dotati di celle aspiranti in corrispondenza delle testate; in questo caso viene aumentato ulteriormente il grado di secco assoluto.

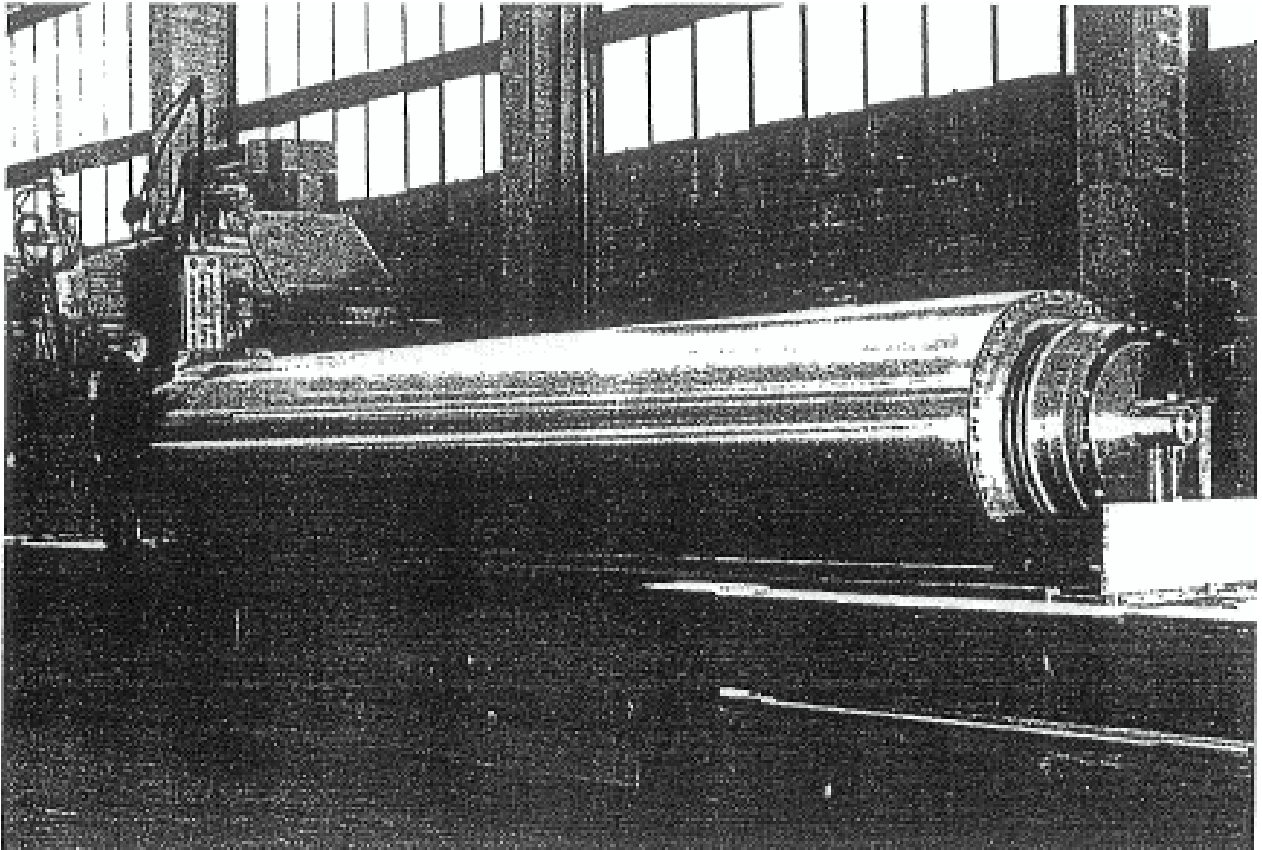
Attualmente un moderno cilindro aspirante è costituito da un mantello forato rotante, di bronzo o acciaio inossidabile, montato su appositi supporti che reggono una cassa interna fissa o regolabile, la quale presenta due o tre listelli che strisciano col fianco sulla superficie interna del mantello e creano uno o due settori di aspirazione collegati all'impianto di alto vuoto.

Il mantello è abbracciato dalla tela che inizia qui il suo percorso di ritorno; l'aspirazione si trasmette attraverso i fori e risucchia acqua e aria dal nastro fibroso, in modo tale da incrementare il grado di secco prima di arrivare alla sezione delle presse umide.

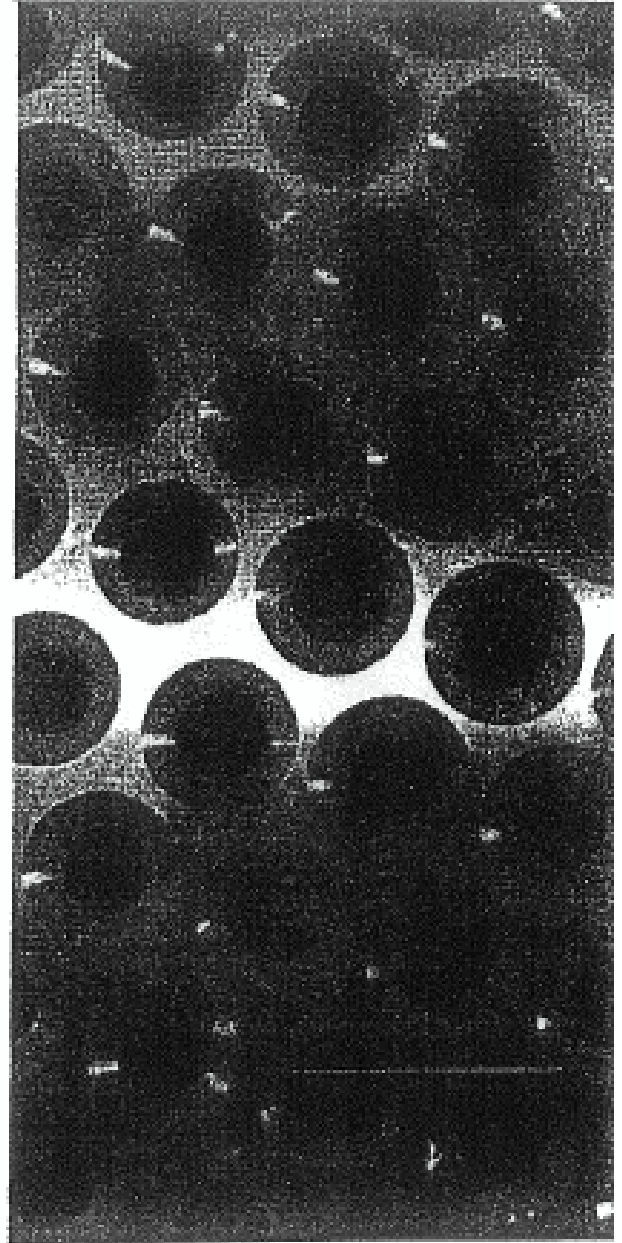
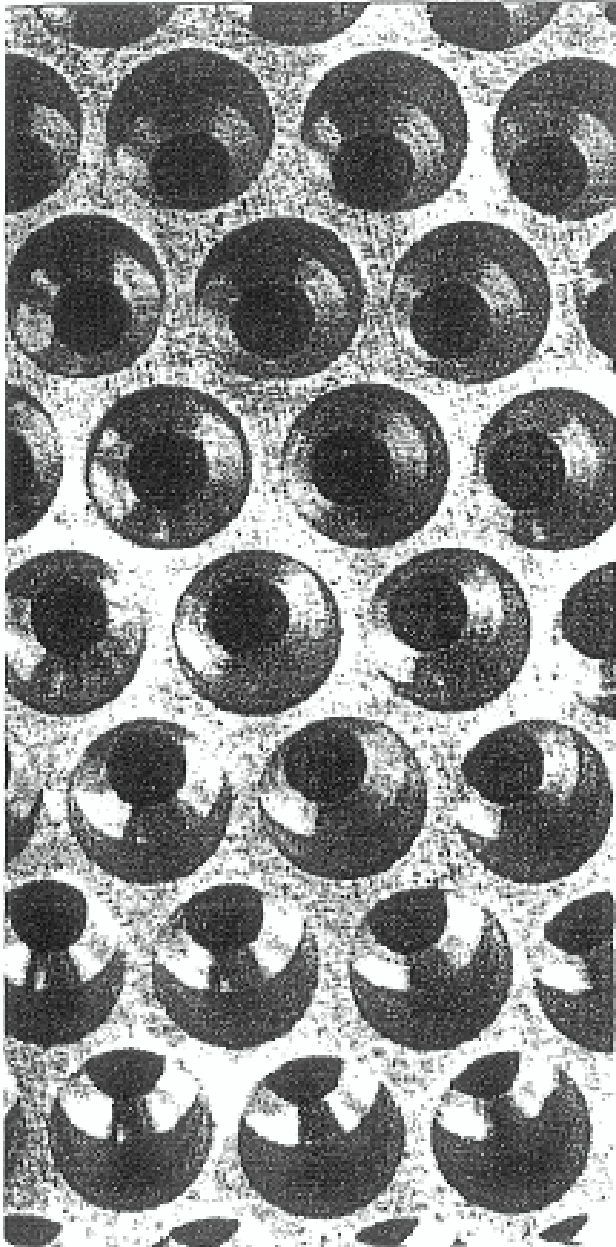
Sopra il cilindro aspirante è presente, a volte, anche un cilindro di pressione rivestito in gomma morbida, il quale preme il foglio sulla zona di aspirazione, per espellerne l'acqua e migliorarne la planarità.

Nella pagina seguente è possibile osservare la fase di foratura di un moderno cilindro aspirante della tela.

Fase di foratura di un cilindro aspirante



Fori svasati in un cilindro aspirante



5.3 L'influenza del vuoto nel cilindro aspirante nella produzione della carta

Un cilindro aspirante malgestito può causare marcatura del nastro di carta, dovuta all'eccessiva aspirazione sul nastro stesso. Tale fenomeno è conosciuto con il nome di "SHADOW MARKING".

In alcune macchine, dove il tiro libero è considerevole, il foglio viene staccato dalla tela in questa zona, subito a valle del settore aspirante, e prosegue il suo cammino verso la zona presse, già libero, anche se ancora fragile dato l'alto tasso di umidità ancora presente in esso; valore variabile secondo i casi dal **78** al **87%** (*il contenuto secco è circa il 22-13%*).

Si parla di tiro libero, in quanto è in questa zona che avviene il distacco del nastro di carta, che viene trasferito, tramite opportuno rullo aspirante prenditore, che limiterà il sopraccitato tiro libero, ("PICK-UP"), alla sezione presse dove continuerà il suo cammino.

Il vuoto che si applica al cilindro aspirante varia a seconda del tipo di carta da produrre, quindi ci possono essere più zone di vuoto per avere differenti gradi di aspirazione (*basso, medio, alto vuoto*).

La variazione dei valori di vuoto ottenuti durante la sua conduzione è un buon parametro, da tenere in considerazione in caso di disomogeneità della carta durante la sua produzione (*in particolare la porosità*).

In conclusione è opportuno far notare il fatto che il cilindro aspirante, coadiuvato dal cilindro di traino (HELPER), promuove il trascinarsi della tela di formazione sulla tavola piana, cosicché in corrispondenza del suddetto cilindro c'è il massimo tiro della tela.

Per trasmettere tiri elevati, per esempio su macchine continue moderne molto veloci, e mantenere il più basso possibile lo slittamento della tela, il mantello del cilindro aspirante deve essere interamente rivestito in gomma.

6. Conclusioni

Dopo aver analizzato la tavola piana di una macchina continua da carta, sono dell'opinione che negli ultimi cinquant'anni siano stati fatti passi da giganti, per quanto riguarda l'evoluzione tecnologica e costruttiva di questa parte di macchina continua.

L'impegno dei vari costruttori di macchine da carta ha consentito all'industria cartaria di posizionarsi ai massimi livelli sia produttivi che qualitativi, nel mondo lavorativo.

Pur non essendo il settore che occupa la maggior parte di personale produttivo esistente in ambito lavorativo ha un'importanza fondamentale, in quanto la carta, in tutte le sue forme, trova sempre maggiori utilizzi e sinceramente credo che non potrà mai essere sostituita da altri materiali simili.

L'evoluzione della tavola piana della macchina continua ha consentito quindi di ottenere sempre maggiori risultati produttivi, sia dal punto di vista qualitativo che dal punto di vista prettamente quantitativo.

Lo sviluppo di nuove soluzioni costruttive ha inoltre migliorato il rapporto produzione-inquinamento con l'introduzione di parti umide a ciclo praticamente "chiuso", dove l'acqua viene recuperata, depurata e riutilizzata in gran parte, per evitare inutili sprechi.

Concludo infine, affermando che l'ambiente cartario, è secondo me quello dove ciò che può sembrare ormai semplice è invece una logica conseguenza dell'evoluzione tecnologica, poiché la gestione delle variabili produttive in gioco sarebbe impossibile senza l'uso di supporti informatici ed elettronici.

In poco più di duecento anni, la velocità delle macchine continue, ormai quasi interamente gestite dai computer, è aumentata di circa **100-150 volte** e allo stesso tempo è stata conciliata la notevole velocità produttiva con una sempre maggior qualità; requisito molto importante che condiziona il mercato cartario.

Infatti non è necessariamente la quantità di carta prodotta da una macchina continua, la proprietà più importante, bensì la qualità con la quale essa viene prodotta.

Uno degli innegabili vantaggi che ha portato tale evoluzione è il miglioramento consistente della ritenzione meccanica.

In pochi anni abbiamo potuto assistere a miglioramenti considerevoli da questo punto di vista. I ritentivi attuali e la tecnologia che vengono impiegati nella tavola piana hanno portato a standard qualitativi eccezionali.

Ringrazio tutti coloro che hanno reso possibile la realizzazione di queste mie brevi note di tecnologia cartaria.

Bibliografia

- AA.VV. “Introduzione alla fabbricazione della carta”
(*Aticelca*)
 - Enrico Gianni - “L’industria della carta”
(*Editore Ulrico Hoepli - Milano*)
 - Ing. Marchioro - “Intervento tenuto al Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari”
(*SIC – Verona, 1998/1999*)
 - Ing. Ciampo - “Intervento tenuto al Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari ” -
(*SIC – Verona, 1998/1999*)
 - Ing. Cianci - “Intervento tenuto al Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari ” -
(*SIC – Verona, 1998/1999*) (*Resp. tecnico c/o Beloit Italia – Pinerolo TO*)
 - Ing. Colombo - “Intervento tenuto al Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari ” -
(*SIC – Verona, 1998/1999*) (*Resp. vendite c/o Albany International S.p.A.*)
 - AA.VV. - Nozioni dalle ricerche finali di fine corso dal 1992 al 1997
degli allievi della SIC – San Zeno di Verona
-