

10° Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2002/2003

La cassa d'afflusso

di Scapin Paolo

Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari

Via Don G. Minzoni, 50 - 37138 Verona



INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Distributore o collettore di alimentazione**
- 3. Cronologia delle casse di afflusso**
 - 3.1 –Cassa aperta
 - 3.2 – Cassa di afflusso chiusa (pressurizzata)
 - 3.3 – Casse idrauliche
 - 3.3.1 – Smorzatore di vibrazioni (o attenuatore di pulsazioni)
 - 3.4. – Cassa a diluizione
 - 3.5. – Casse di afflusso secondarie o multi-strato
- 4. Elementi della cassa di afflusso pressurizzata (descrizione tecnica) e funzione**
 - 4.1 – Pareti di fondo
 - 4.2 – Parete anteriore
 - 4.3 – Coperchio
 - 4.4 – Tubo spruzzatore rotante e spruzzatore labbro inferiore
 - 4.5 – Diffusore
 - 4.6 – Rulli distributori forati
 - 4.7 – Scarichi laterali di circolazione
 - 4.8 – Strumentazione per la pressurizzazione
 - 4.9 – Dati tecnici
- 5. Conduzione della cassa di afflusso**
- 6. Effetti di disturbo e concentrazione**
 - 6.1 – Aria
 - 6.2 – Vibrazioni
 - 6.3 – Concentrazione
- 7. Getto**
 - 7.1 – Effetto dell’aumento di velocità
 - 7.2 – Attraversamento dell’uscita ugelli e influenza della struttura dell’ugello sulla velocità
 - 7.3 – Orientamento delle fibre
 - 7.4 – Incidenza del getto in fase di drenaggio e formazione
(in una tavola piana con forming board)
- 8. Forming board (cassa di formazione)**
- 9. L’importanza dell’orientamento delle fibre**
 - 9.1 – Metodi di controllo dell’orientamento fibre
- 10. Conclusioni**

INTRODUZIONE

La cassa d'afflusso può essere considerata come il cuore della macchina continua, perché la formazione del foglio si compie e si decide nei primi metri della tavola piana. La cassa d'afflusso è un organo che ha richiamato l'interesse dei costruttori e dei cartai, fin da quando si è cominciato a fabbricare la carta ad alta velocità; ha il compito di distribuire uniformemente su tutta la larghezza della macchina la sospensione fibrosa, in modo che in ciascun punto della tela scorra sempre la stessa quantità d'impasto. Deve inoltre garantire che il getto fibroso affluisca al punto giusto e con l'angolazione più appropriata, per consentire la miglior formazione del foglio e il miglior drenaggio con una portata in macchina continua assolutamente costante. Al fine di ottenere queste condizioni indispensabili per una buona formazione*, sono stati ideati numerosi distributori che consistono tutti nella realizzazione, ormai sempre più sofisticata, del raccordo fra tubazione a sezione circolare proveniente dall'epurazione e l'entrata a sezione rettangolare nella cassa d'afflusso, larga praticamente quanto la tela. Per quanto riguarda le casse d'afflusso, ne sono stati ideati numerosi tipi al fine di migliorare sempre di più la formazione della sospensione fibrosa. A tal proposito, possiamo dire che questo componente dell'impianto deve rispondere ai seguenti obiettivi principali:

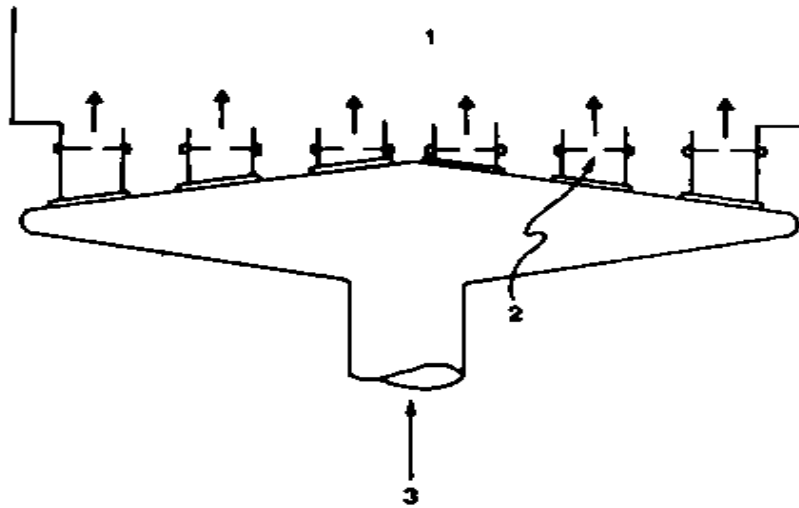
1. eliminare eventuali piccoli correnti anomale ancora presenti nella massa liquida per impedire che si generino disomogeneità fra le varie zone in senso trasversale rispetto alla direzione macchina.
2. compensare eventuali piccole fluttuazioni della velocità della sospensione in arrivo.
3. eliminare fiocchi mediante una microturbolenza controllata.
4. assicurare un flusso assolutamente uniforme per tutta la larghezza della bocca d'afflusso.
5. impartire al getto una velocità costante in armonia con la velocità della tela e dirigerlo in una zona ben precisa della tavola piana.

*La buona formazione non è solo una questione di apparenza: una buona formazione infatti migliora sia le caratteristiche meccaniche (esempio resistenza alla rottura) che quelle tecnologiche (esempio liscio e rugosità).

1. DISTRIBUTORE (O COLLETTORE DI ALIMENTAZIONE)

Il sistema di distribuzione della pasta ha il compito di ripartire in modo uniforme la sospensione per tutta la larghezza della macchina, deve assicurare che l'omogeneità della sospensione rimanga inalterata, e cioè, che si ottenga la stessa densità assoluta per tutta la larghezza. Il sistema più semplice consisterebbe nel far convogliare la tubazione in una specie d'imbuto a sezione rettangolare, ma sarebbe inevitabile l'insorgere di correnti preferenziali e zone a flusso più lento; quest'inconveniente può essere almeno parzialmente evitato in molti modi, ad esempio, sagomando opportunamente l'imbuto e/o munendolo di numerosi tubi per l'alimentazione della cassa (vedi fig. 2.1).

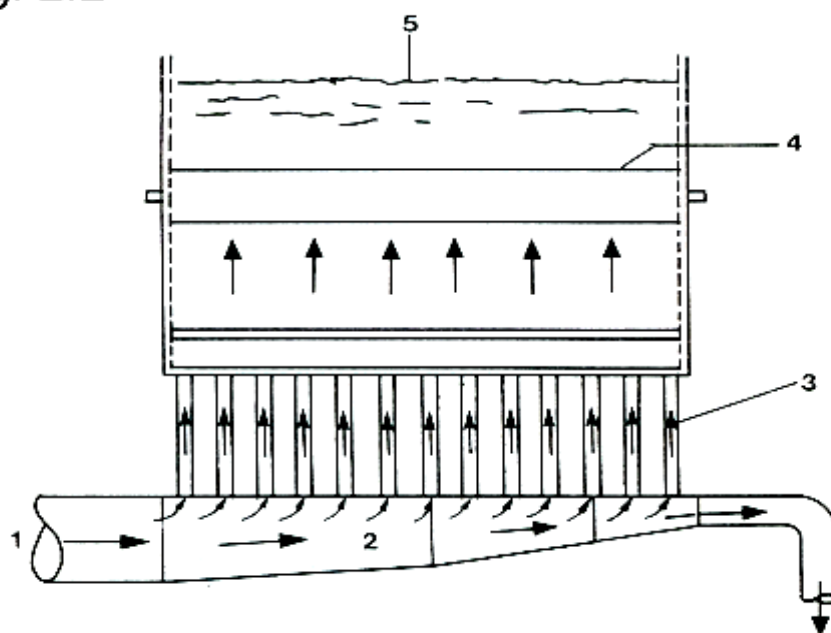
fig. 2.1



Schema di un distributore a collettore biconico:
1 - alimentazione impasto alla cassa d'afflusso; 2 - aperture regolabili per avere una alimentazione regolare; 3 - arrivo impasto.

Negli impianti moderni la tubazione d'arrivo è disposta ortogonalmente rispetto alla direzione della macchina ed il distributore, o collettore è rastremato al fine di avere una pressione il più possibile uniforme in tutti i tubi che portano alla cassa, e sfocia in una tubazione di ricircolo munita di valvola, con ritorno alla pompa (vedi fig. 2.2).

fig. 2.2

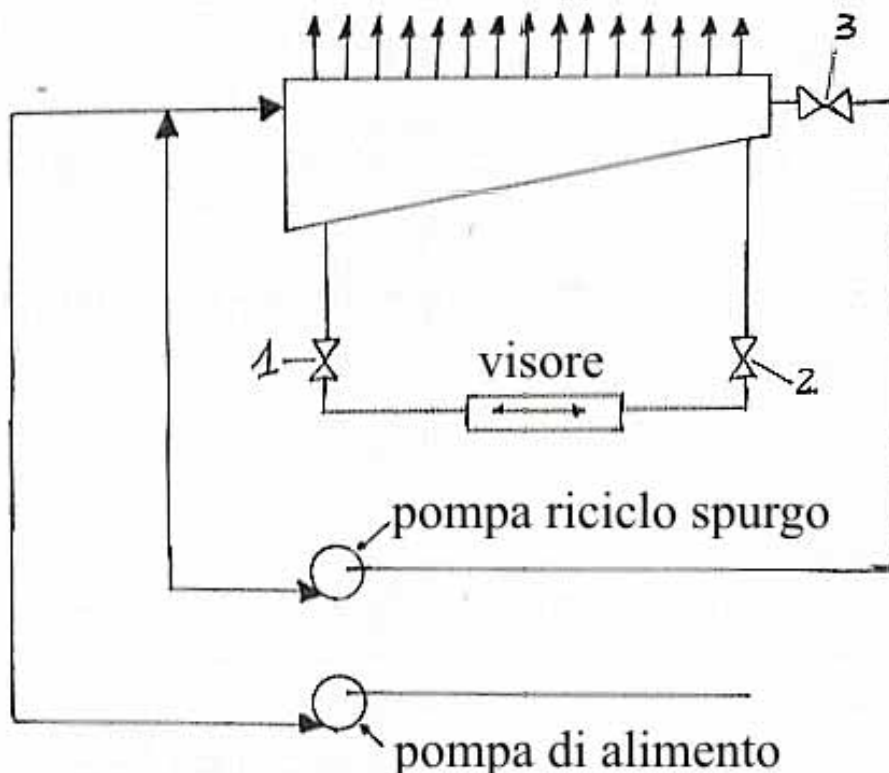


- Schema di distributore a collettore conico:
 1 - arrivo impasto; 2 - collettore; 3 - tubi di entrata; 4 - cilindro rettificatore; 5
 alimentazione impasto alla cassa d'afflusso.

Il distributore (manifold) ha una forma rastremata tale da permettere di avere sezioni uguali alla base di ogni canna: ciò è ottenuto con un appropriato disegno del distributore che fa sì che le perdite di carico che si hanno lungo il suo percorso siano compensate dall'aumento di pressione conseguente alla diminuzione di velocità, inoltre, le perdite di carico sulle canne d'organo sono molto più grandi di quelle riscontrate nel corpo del manifold, ciò fa sì che a differenti portate, le perdite di carico in tutti i punti del diffusore rimangano pressappoco costanti. Infatti il perfetto bilanciamento tra perdita di carico sul manifold ed aumento della pressione dovuta alla diminuzione della velocità è molto difficile da ottenere ed è valido per una sola condizione operativa di portata.

Al fine di adattare il sistema a qualsiasi portata si opera uno spurgo aggiuntivo nella parte di diametro inferiore del manifold, spurgo che è ripreso con una pompa e viene reimmesso sul flusso principale di pasta proveniente dalla pompa d'alimento (vedi fig. 2.3).

fig. 2.3



Per controllare la portata di ciclo si agirà sulla valvola (1) e la valvola (2), se vediamo che la pasta si sposta verso sinistra (guardare attraverso il visore) è chiaro che presso la valvola (2) la pressione è più alta che vicino alla valvola uno, quindi apriremo la valvola (3) tanto quanto basta a far sì che il flusso all'intero del visore rimanga immobile. Il riciclo si può innestare anche sulla tubazione d'aspirazione della pompa d'alimentazione oppure si utilizza una pompa aggiuntiva come illustrato nella figura precedente. Per avere un buon funzionamento del tubo di indicazione (o visore) è consigliabile lavarlo e sfiatare l'aria dal suo interno prima dell'utilizzo.

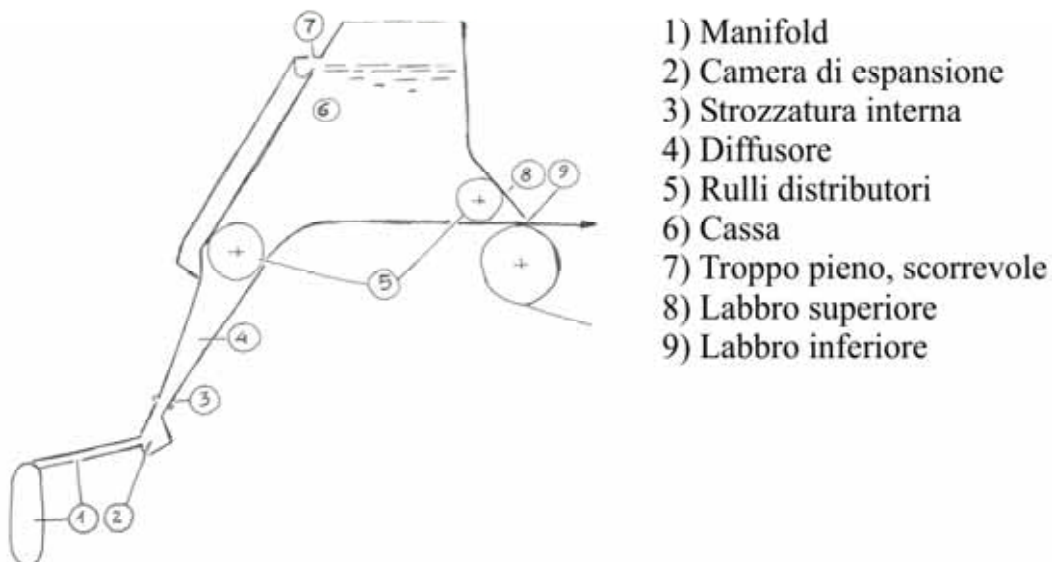
2. CRONOLOGIA DELLE CASSE DI AFFLUSSO

Con il passare degli anni, la cassa d'afflusso ha subito innumerevoli trasformazioni. I costruttori hanno dovuto effettuare delle continue miglirie e innovazioni per far fronte all'aumento della portata della cassa al fine di garantire o addirittura migliorare i requisiti del getto in uscita. In ordine d'anzianità e progettazione si possono individuare cinque tipi di casse d'afflusso usate per la fabbricazione della carta:

1. casse aperte (a pressione atmosferica)
2. casse chiuse (in pressione)
3. casse idrauliche
4. casse a diluizione (casse di nuova concezione)
5. casse d'afflusso secondarie o multi-strato.

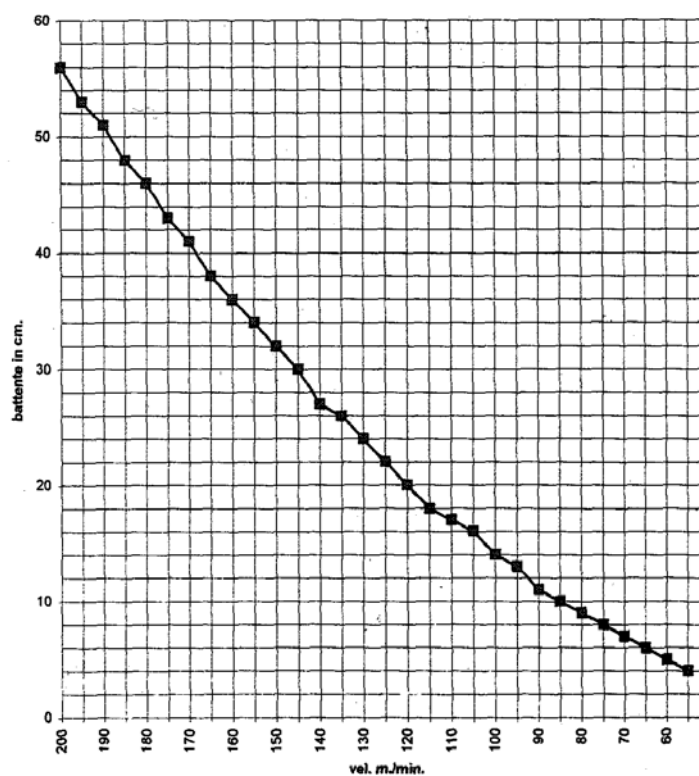
2.1 CASSA APERTA

Cassa adatta per macchine a bassa velocità per un massimo di 250 m/min per un battente di 88 cm. Visto questo valore di battente è impensabile sia per problemi di spazio e di costi usare questo tipo di cassa per le attuali continue moderne che viaggiano a velocità di gran lunga superiori (es. ad una velocità di 550 m/min si ha un battente di 250 cm).



PARAMETRI DI BATTENTE CON “CASSA APERTA”

Velocità (m./min)	Battente (cm.)	Velocità (m./min.)	Battente (cm.)
200	56	115	18
195	53	110	17
190	51	105	16
185	48	100	14
180	46	95	13
175	43	90	11
170	41	85	10
165	38	80	9
160	36	75	8
155	34	70	7
150	32	65	6
145	30	60	5
140	27	55	4
135	26		
130	24		
125	22		
120	20		



Parametri ricavati dalla formula generale di Bernoulli che lega la velocità del getto uscente da una fessura con il carico applicato su di essa:

$$v = k \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

In cui: v = velocità d'uscita del getto

K = coefficiente dipendente dal fluido e dalla fessura d'efflusso

G = accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$

H = altezza del battente

Da cui si ricava:

$$h = (v/k)^2 / 2g$$

2.2 CASSA D'AFFLUSSO CHIUSA (PRESSURIZZATA)

Cassa in sostanza simile a quella aperta, ma con degli accorgimenti pensati ad ovviare al problema di un battente eccessivamente alto a velocità alte non più gestibile con una cassa aperta.

Esempio:

velocità della macchina	Battente in cassa aperta
[m/min]	[cm]
56	4.5
96	13
200	56
557	440
767	880

Per risolvere tutto ciò si è chiusa la cassa in modo ermetico e per raggiungere il battente desiderato si manda in pressione l'impasto mediante un cuscino d'aria. In tal modo la velocità del getto alla bocca d'afflusso dipende dalla pressione totale e non solo dall'energia potenziale dell'impasto. Quindi la velocità d'uscita del getto di impasto diventerà:

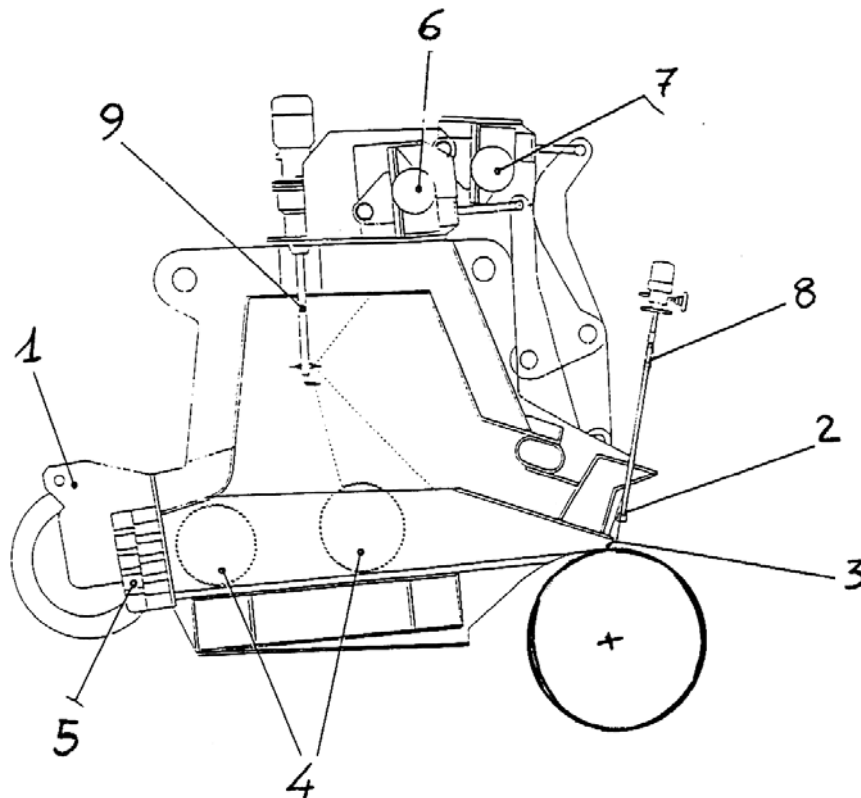
$$v = \eta \cdot \sqrt{2g \cdot (h + P/\gamma)} \quad (\gamma = \text{peso specifico della sospensione})$$

Ad esempio per una cassa chiusa h sia 0.5 m e $P = 0.39 \text{ kg/cm}^2$, rendimento di 0.98 avremo:

$$V = 0.98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (0.5 + 3900/1000)} = 9.10 \text{ m/s} = 546 \text{ m/min}$$

In altre parole la stessa velocità risultante da una colonna di 440 cm di acqua

Nel caso si debba usare la cassa chiusa con velocità d'efflusso molto basse (per grammature alte sopra i 300gr/m^2) si può mettere la cassa sotto vuoto in modo da diminuire la velocità di efflusso, senza dover abbassare il livello sotto il limite minimo necessario per la defloculazione da parte dei rulli.



1) Distributore 2) Labbro superiore 3) Labbro inferiore 4) Rulli forati 5) Diffusore (piastra forata) 6) Mov. Orizzontale labbro superiore 7) Mov. Verticale labbro superiore 8) Sistema di regolazione del profilo 9) Spruzzi rotanti

2.3 CASSE IDRAULICHE

Queste casse sono tra le più moderne oggi costruite in quanto le microturbolenze sono molto intense e non vengono ottenute con rulli forati ma con tubi appositamente profilati o con lamine vibranti. Esse possono essere ruotate, ovviamente in misura limitata, per orientare più sensibilmente la bocca ed imprimere al getto l'inclinazione voluta (vedi fig. 3.3.1).

SYM-FLO HS HEADBOX

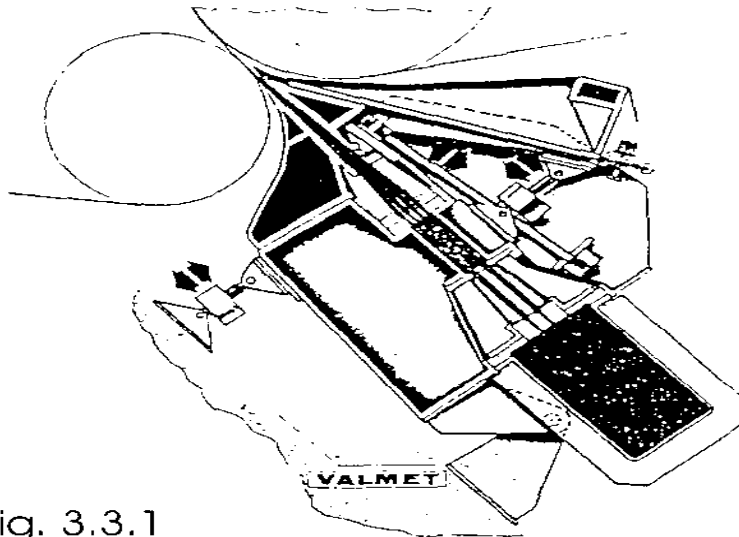
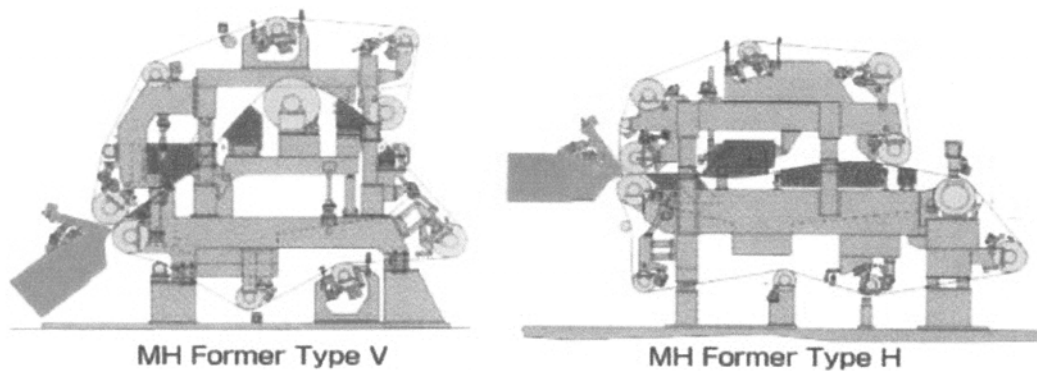


fig. 3.3.1

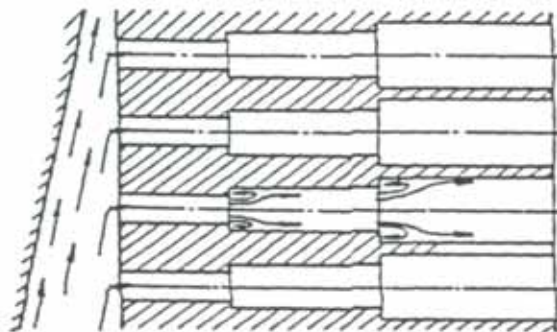
Le macchine ad alta velocità, ma soprattutto quelle che sono alimentate con un getto che viene bloccato in un tempo brevissimo aventi una lunghezza di formazione corta, come quella a doppia tela (vedi fig. 3.3.2), necessitano di una cassa di alimentazione con prestazioni particolari tra le quali molto importante è la creazione all'interno della sospensione fibrosa di una microturbolenza.

fig 3.3.2



Una turbolenza cioè ad alta frequenza e piccola ampiezza, in modo da formare piccoli agglomerati di fibre (fiocchi) e così una buona sfera. Infatti, le caratteristiche dell'intreccio di fibre dipendono, oltre che dalla lunghezza delle fibre stesse e dalla concentrazione dell'impasto, anche dalle forze di taglio che si vengono a formare per turbolenza. A queste esigenze soddisfa la cassa idraulica, mantenuta sempre piena e in pressione, come ad esempio la Coverflo della Beloit. Essa comprende un collettore rastremato a sezione rettangolare che alimenta, a pressione costante, il banco di tubi conici di prima mescolazione. Il banco di tubi è costituito da file multiple di tubi rastremati, con sezione più stretta all'entrata e più larga all'uscita (vedi illustrazione);

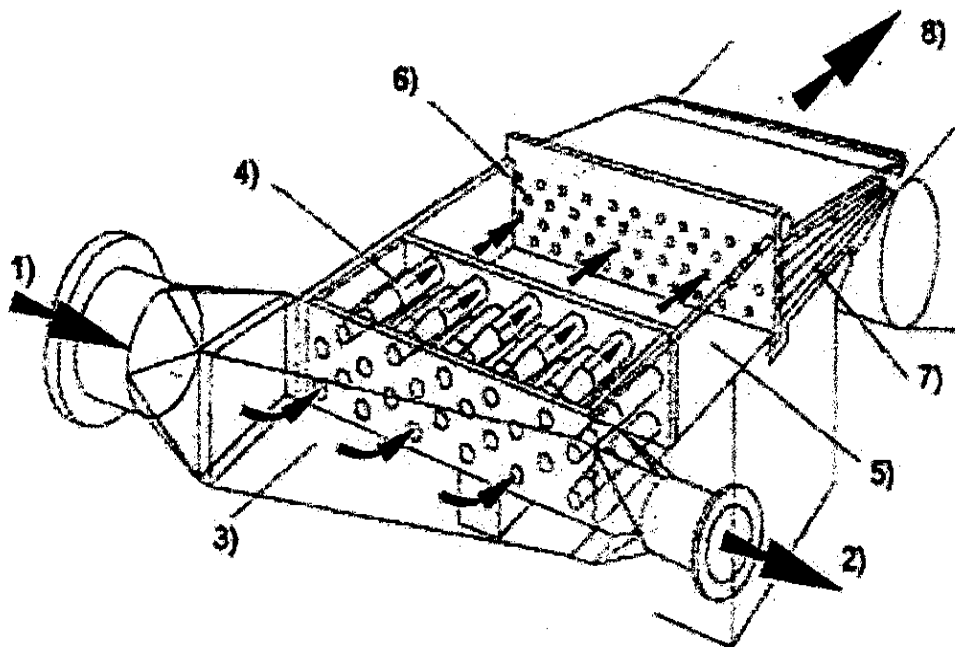
Tubi rastremati



Essi hanno lo scopo di diminuire la velocità all'uscita in modo che i flussi si combinino più facilmente nella camera d'equalizzazione, migliorando la distribuzione dell'impasto in direzione trasversale della macchina. Dai tubi conici, la sospensione fibrosa passa alla camera d'equalizzazione e in seguito attraverso una piastra di

diffusione che rappresenta un elemento di resistenza al flusso e ha anche essa lo scopo di uniformare il flusso stesso: seguono quindi le lamelle flessibili convergenti (Lexan) che laminano e accompagnano la sospensione fibrosa fino alla bocca d'uscita. Queste lamelle vibrando creano microturbolenze che danno luogo ad un'elevata uniformità di spessore, velocità e dispersione fibrosa del flusso che arriva sulla tela.

In sintesi per diminuire la quantità d'impasto "fermo" in cassa e per generare una migliore microturbolenza, spariscono i rulli e la cassa vera e propria. La cassa idraulica non è nient'altro che il minimo indispensabile tra il diffusore e la bocca d'afflusso. Compaiono, tubi conici e i fogli flessibili.



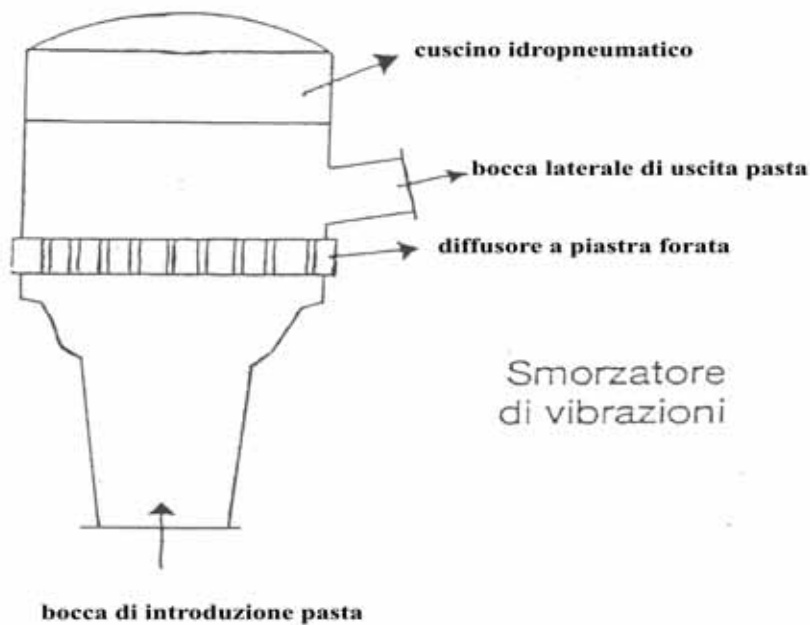
Cassa d'afflusso converflo: 1) entrata pasta 2) uscita ricircolo 3) collettore d'entrata 4) diffusore 5) camera rallentamento 6) piastra 7) fogli coverflo 8) pasta verso tela

Questo tipo di cassa per poter funzionare senza variazione di spessore e grammatura dovute a vibrazioni (che si generano nei circuiti di testa macchina, argomento che sarà trattato più avanti) ha bisogno di uno smorzatore.

2.3.1 SMORZATORE DI VIBRAZIONE (O ATTENUATORE DI VIBRAZIONI)

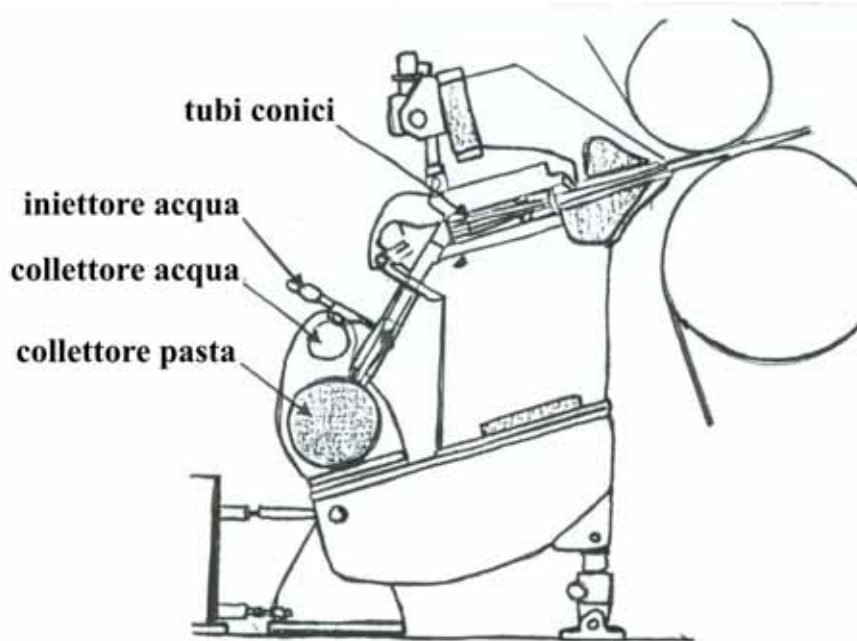
Lo smorzatore di vibrazioni della macchina è una parte separata che è collegata alla cassa d'afflusso. Il serbatoio smorzatore ha il compito di eliminare completamente le pulsazioni che si hanno nel sistema d'alimentazione pasta. Esso è composto dalle seguenti parti: bocca introduzione pasta, diffusore a piastra forata, serbatoio cilindrico in pressione con cuscino d'aria e bocca laterale d'uscita pasta.

Schema semplificato di uno smorzatore di vibrazioni (dumper)



2.4 CASSA A DILUIZIONE

Nelle casse trattate in precedenza la regolazione del profilo si ottiene tramite un labbro flessibile posto sul becco d'efflusso. Si ha così uno svantaggio: modificando localmente l'altezza della sezione d'efflusso, si formano piccole differenze di velocità del getto che possono creare disomogeneità nell'orientamento delle fibre in particolare nel senso trasversale. La cassa di diluizione agisce invece modificando localmente la diluizione dell'impasto; avremo quindi una serie d'iniettori d'acqua regolabili singolarmente che si immettono parallelamente al diffusore.



I vantaggi ottenuti dall'uso di questa cassa sono:

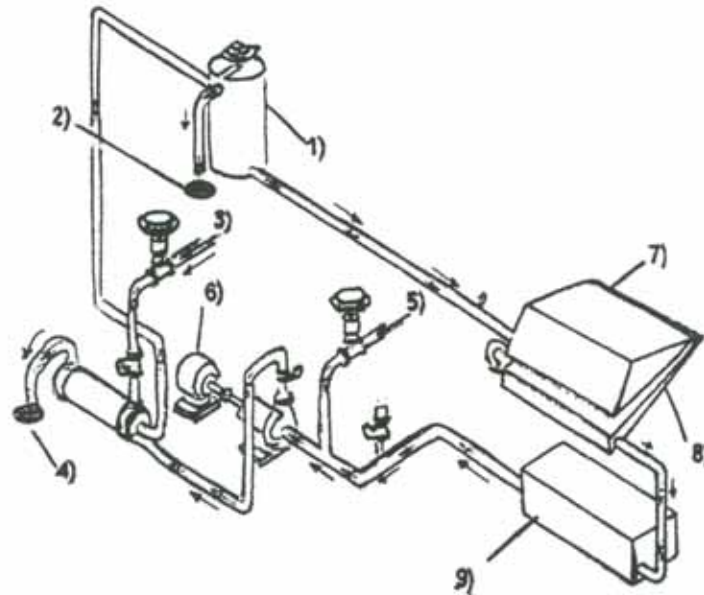
- assenza di numerose regolazioni pneumatiche del profilo del labbro con vantaggi dal punto di vista manutentivo;
- possibilità di regolare il profilo di grammatura aggiungendo sola acqua;
- utilizzabile su tutti i tipi di tavola piana.

Svantaggi:

- gli ugelli spruzzatori devono essere controllati frequentemente onde evitare fastidiosi intasamenti.
- si deve disporre di acqua sempre pulita. Si usano acque bianche ben filtrate anche per evitare fastidiosi intasamenti ma in particolare per avere una

regolazione del profilo senza apporti di fini e cariche che andrebbero a concentrare il flusso piuttosto che diluirlo (in particolare producendo carte fini es. 42 g/m²);

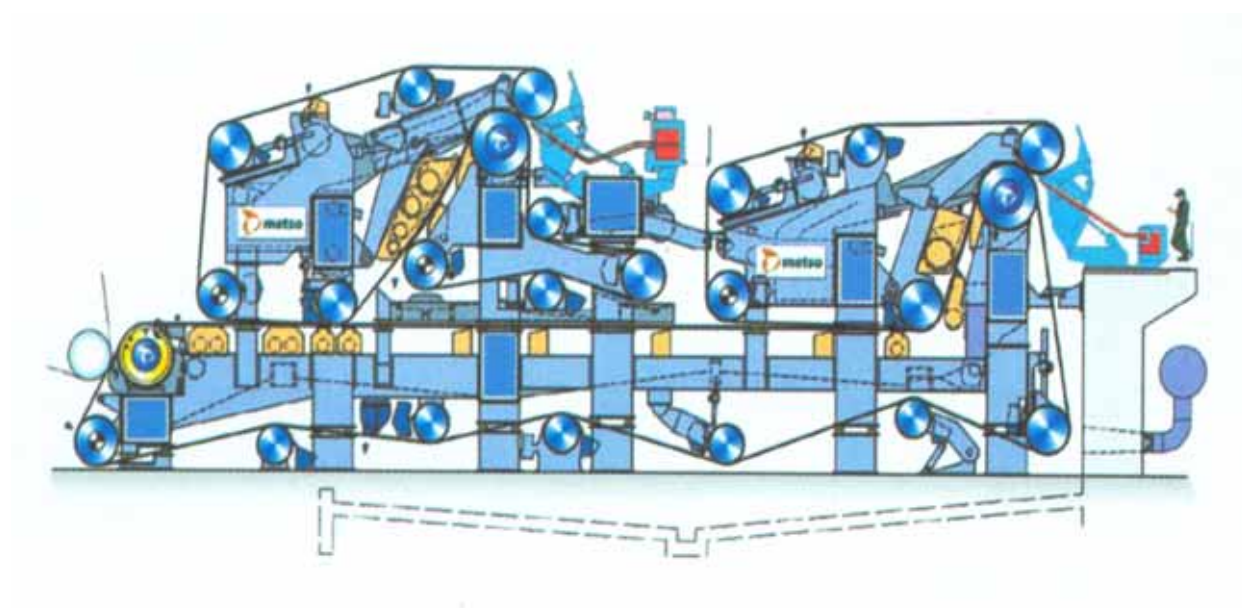
- la pressione d'uscita dell'acqua dagli ugelli deve essere sempre costante.
- se la temperatura dell'ambiente circondante la cassa d'afflusso non è uniforme, la simmetria della bocca d'afflusso può subire variazioni dovute a deformazioni meccaniche e viscosità nel flusso. Per realizzare il controllo di temperatura in cassa si usa un sistema di controllo automatizzato a vapore munito di trasmettitori di temperatura.(vedi schema).



1) serbatoio 2) scarico 3) valvole 4) scarico di vapore 5) acqua 6) motore 7) corpo labbro superiore 8) corpo labbro inferiore 9) corpo cassa d'afflusso

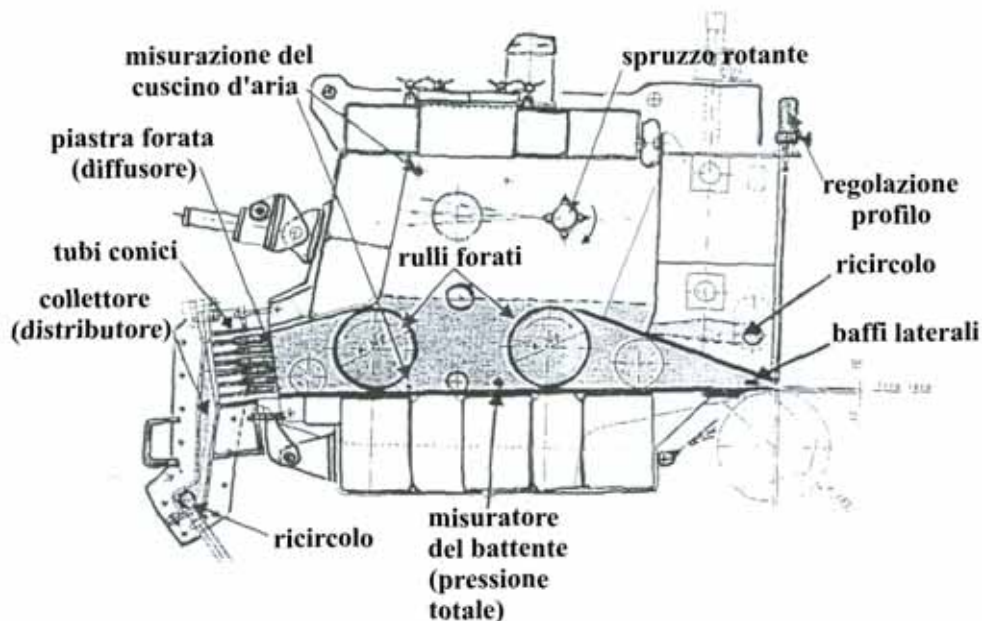
2.5 CASSE D’AFFLUSSO SECONDARIE O MULTI-STRATO

Viste le molteplici esigenze del settore produttivo cartai, legate a velocità e grammature sempre più elevate e non più ottenibili a causa dei limiti di formazione di un foglio monostrato per via della capacità di drenaggio (resistenza alla filtrazione), in particolare per le macchine da cartone si costruiscono casse d'afflusso particolari in grado di depositare su una tela due o tre tipi di impasto diversi. In pratica si cerca di ottenere un getto suddiviso che permetta una formazione stratificata del foglio, secondo le caratteristiche che si vogliono ottenere.



In figura si vede un sistema di macchina con OptiFormer primario con cassa d'afflusso con controllo a diluizione per la copertina di qualità; OptiFormer secondario con cassa d'afflusso a due strati sempre con controllo diluizione per ottenere un centro e un retro resistenti.

4. ELEMENTI DELLA CASSA D’AFFLUSSO PRESURIZZATA E FUNZIONE



4.1 PARETI DI FONDO

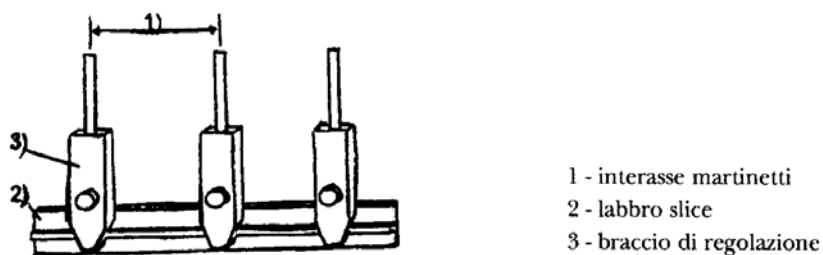
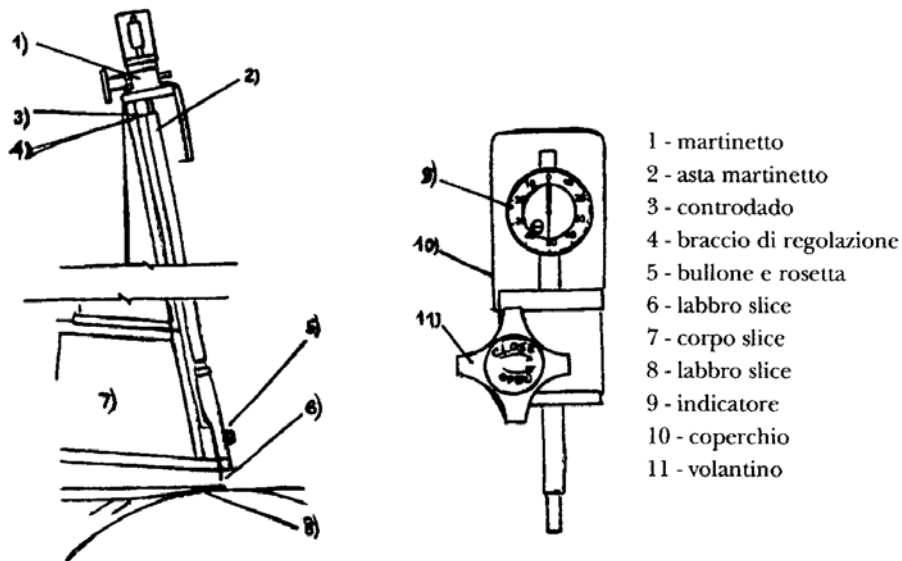
Costruite in acciaio inox AISI 316* opportunamente rinforzate su tutta la larghezza del foglio cassa, con labbro inferiore in acciaio inox riportato su apposita sede lavorata e fissato con viti sul lato non a contatto con l'impasto.

Il labbro inferiore costituisce l'ultima parte del fondo cassa, e la parte inferiore del becco d'uscita. La posizione di questo a confronto della posizione del labbro superiore determina la direzione del getto di pasta, che è molto importante per una buona formazione della carta. Nelle macchine moderne di solito il labbro inferiore è regolabile.

*acciaio inox AISI 316: ha grande importanza la microrugosità dell'acciaio sia per la costruzione della cassa d'afflusso che per le tubazioni accessorie che devono essere lavate e passivate perché le fibrille che si generano nelle paste grasse e particolarmente in quelle a fibra lunga, aderiscono come tentacoli alle asperità superficiali generando nodi che spesso provocano la rottura del foglio.

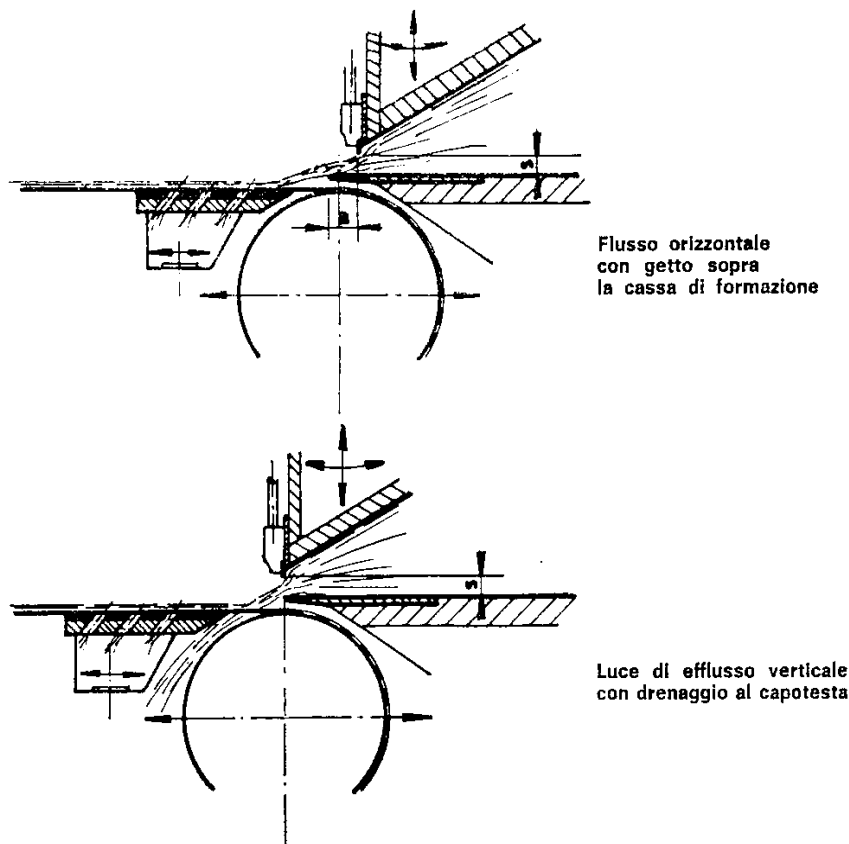
4.2 PARETE ANTERIORE

La parete anteriore, costruita come sopra in acciaio inox, si sposta in direzione orizzontale e verticale per mezzo di martinetti meccanici, registrabili mediante alberi sincronizzati con volantini di comando. Lo spostamento in direzione orizzontale varia la posizione del labbro superiore trasversalmente alla macchina, ossia cambia la distanza tra il labbro superiore e quello inferiore e quindi la traiettoria del getto di pasta*. Il labbro superiore verticale in acciaio inox ha un sistema di regolazione di precisione locale realizzato con barre d'acciaio inox munite di micromartinetti (vedi illustrazione) manuali con comparatore centesimale che possono essere dotati di comando motorizzato pilotato dal controllo di grammatura. Questi dispositivi sono sistemati ad un interasse che varia dai 100 ai 150 mm nelle case di vecchia costruzione; in quelle di recente costruzione sono montati con interasse di 40 mm, per limitare il problema della deformazione meccanica dello stesso nel caso di allineamento alla posizione di zero (cioè alla sua forma originale in parallelo) visto che una rotazione assiale del martinetto in genere dà luogo ad un movimento di 0.550 mm.



Il labbro superiore costituisce il punto di regolazione del profilo più importante della macchina. Regolando l'apertura del labbro lungo la larghezza della macchina continua in modo da immettere più pasta da una parte piuttosto che da un'altra è possibile intervenire direttamente sulla formazione del foglio. È in ogni modo importante tener presente che il labbro deve regolare il profilo soltanto per compensare i difetti di formazione che ci sono nella cassa di afflusso cercando di regolare prima gli altri elementi della cassa per ottenere un flusso uniforme. Oltre ad essere regolabile nel senso dell'apertura del becco il labbro superiore può essere regolato in avanti o indietro. Normalmente la posizione del labbro deve essere regolata in modo che lo spigolo del becco superiore si trovi verticalmente al di sopra dello spigolo del becco inferiore. Con l'apertura del becco si regola la densità in cassa d'afflusso, regolando il flusso in arrivo in modo che con la velocità desiderata si abbia ancora un piccolo sfioro dal troppo pieno.

*La traiettoria del getto determina il punto di contatto pasta-tela: la traiettoria si allunga se il labbro superiore viene arretrato e si accorcia se il labbro viene spostato più avanti (vedi immagine sotto).



4.3 COPERCHIO

Interamente costruito in acciaio inox con opportuni rinforzi longitudinali e trasversali è munito di sportello di ispezione più lampada.

4.4 TUBO SPRUZZATORE ROTANTE E SPRUZZATORE LABBRO INFERIORE

Costruito in acciaio inox completo di supporti speciali, giunte d'immissione acqua e motoriduttore elettrico di comando.

Lo spruzzatore è essenziale, quando la pasta non è disareata. Esso deve coprire l'intera superficie della cassa. Se la portata dello spruzzo oscillante è eccessiva il livello nella cassa d'afflusso e quindi la grammatura, cambierà periodicamente. Alla fermata della continua è bene usare lo spruzzo con acqua fresca per evitare che i depositi si secchino all'aria.

Spruzzatore labbro inferiore: serve a lavare con un getto a ventaglio il labbro inferiore e quindi evitare il formarsi d'accumuli di pasta che potrebbero rompersi e cadere sulla tela causando conseguenze dannose per la qualità del foglio (l'acqua dello spruzzatore deve essere a temperatura dell'impasto con una portata limitata) e serve anche a togliere l'aria che si forma tra capotela e labbro inferiore.

4.5 DIFFUSORE

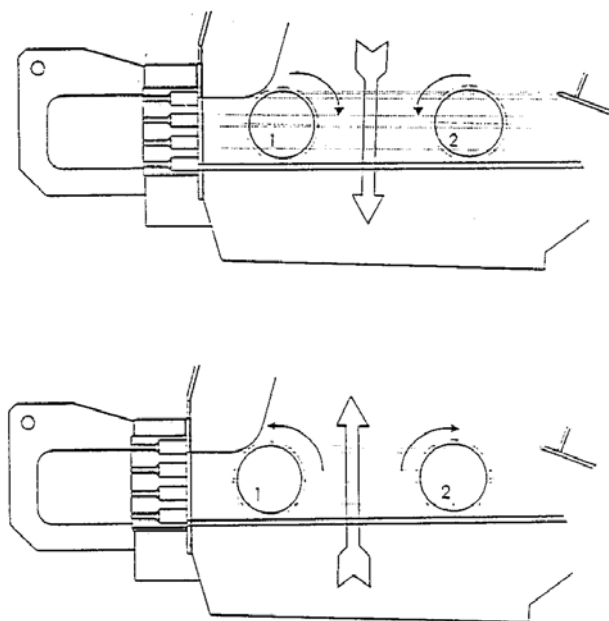
Il diffusore è realizzato con una piastra in plexiglas, ha una foratura calibrata a due stadi per consentire un flusso costante e unidirezionale su tutta la larghezza della macchina. Il diffusore è la parte della cassa dove si rallenta la velocità della pasta nella cassa d'afflusso. La ragione per cui si vuole avere una bassa velocità prima di arrivare al becco principale, è che in questo modo diminuiscono i possibili disturbi del flusso creati dal Manifold e dalla camera d'espansione riducendosi l'energia cinetica della pasta stessa e quindi la possibilità di vortici e correnti trasversali.

4.6 RULLI DISTRIBUTORI FORATI

Sono costruiti in acciaio inox, rifiniti con lucidatura, completi di supporti di bronzo con cuscinetti, perni d'acciaio inox e motoriduttori elettrici di comando. Dopo la parte diffusore viene di solito inserito un rullo forato il cui compito è di disperdere i possibili fiocchi di fibra formatisi nel diffusore nella fase di decelerazione. Altro compito del rullo distributore è quello di facilitare il cambiamento del flusso interrompendo eventuali vortici che altrimenti si formerebbero. Il rullo rettificatore crea inoltre una strozzatura uniforme, rendendo così più uniforme il flusso stesso della pasta.

Normalmente la velocità di rotazione dei rulli distributori è regolabile.

La velocità migliore dipende dalla velocità del flusso attraverso la cassa e dalla pasta; con una velocità troppo bassa si possono formare nodi di pasta dietro le parti piene (tra i fori). I nodi che si staccano da un rullo forato di solito sono difficilmente apribili. Una velocità troppo elevata rende difficile il distacco di fibre che si sono attaccate sui lati dei fori. Una velocità elevata può inoltre creare zone piene di nodi all'interno del cilindro che, in seguito possono staccarsi come tappi di pasta. Se il cilindro forato arriva fin sulla superficie della pasta nella cassa una velocità elevata può provocare un tiro di aria dentro alla pasta stessa. Di solito si sceglie la velocità periferica del cilindro forato in modo che risulti leggermente inferiore rispetto alla velocità media della pasta.



CARATTERISTICHE DEI RULLI

- Spessore del rullo: maggiore è lo spessore migliore sarà l'azione deflocculante. Uno spessore ideale è di circa 8 mm.
- Velocità di rotazione: la micro-turbolenza generata agevola la deflocculazione, tenendo conto che oltre certe velocità si ha il pericolo del distacco del fluido dalle pareti di cassa.

Ad esempio:

- da 15 a 20 giri/min per cilindri collocati nel diffusore
- da 10 a 15 giri/min per quelli nella vasca principale
- da 04 a 06 giri/min per quelli vicini alla bocca d'afflusso
- Diametro dei fori: il diametro è stabilito in funzione del tipo di impasto e della velocità della macchina continua

Ad esempio:

- per carte con fibra corta e velocità elevate: 20 mm
- per carte con fibra lunga e velocità basse: 30 mm

4.7 SCARICHI LATERALI DI CIRCOLAZIONE

Lungo le pareti della cassa si forma un piccolo strato di pasta con bassa velocità causato dalla frizione contro le pareti. Questa pasta è anche più flocculata rispetto alla pasta al centro della cassa ed è quindi necessario asportarla. Per questo scopo sono stati fatti dei buchi laterali vicino al becco, da cui si può estrarre la pasta e mandarla alla pompa di mescolazione dove i flocculi a causa della forte azione della medesima sono disciolti.

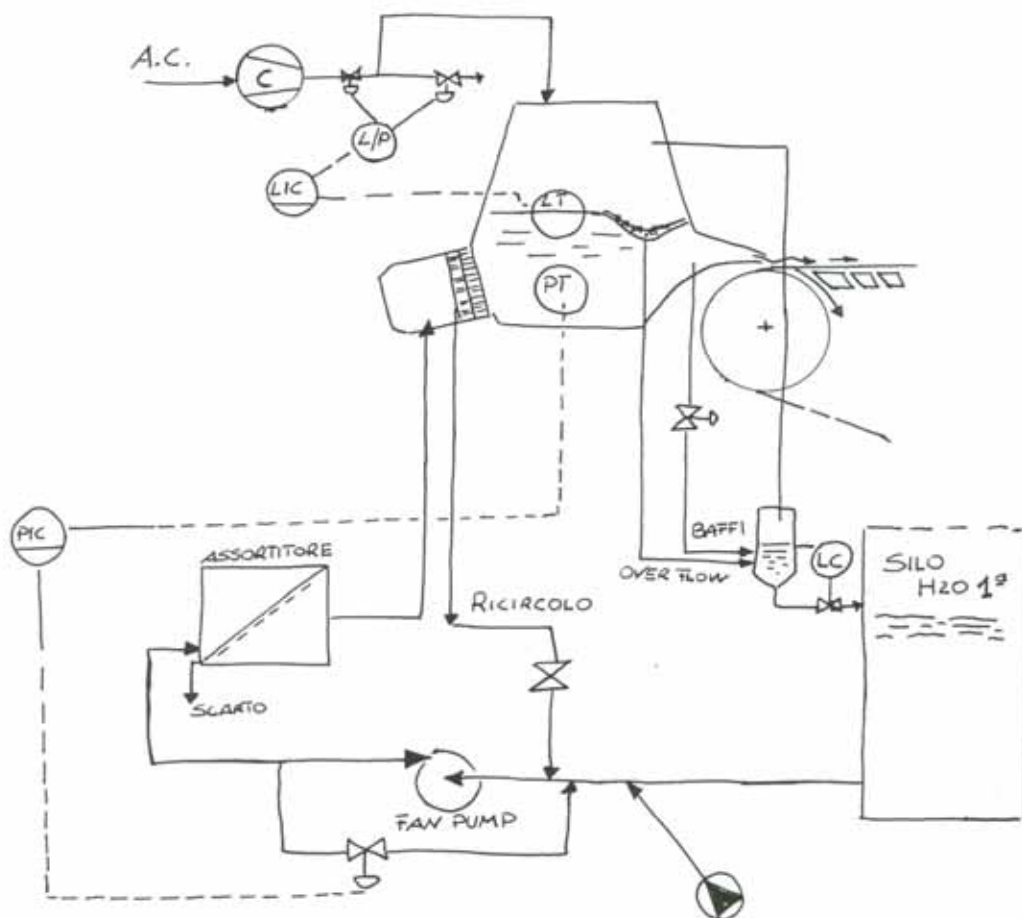
Aperto maggiormente le valvole di estrazione dei fori laterali, contrariamente a quanto ci si può aspettare, la grammatura dei bordi della carta aumenta. Questo è causato da un flusso laterale che parte dal centro della cassa e si dirige verso i bordi.

4.8 STRUMENTAZIONE PER LA PRESSURIZZAZIONE

Si utilizzeranno i seguenti strumenti:

- un trasmettitore di pressione differenziale con attacco a flangia per il controllo del livello in cassa;
- un trasmettitore di pressione per il controllo del battente totale
- un trasmettitore di pressione differenziale per il controllo dello sfioro;
- regolatori elettronici per la regolazione del battente e del livello in cassa;
- regolatore elettronico del livello sfioro;
- valvola di regolazione a globo per la regolazione della pressione d'aria nella cassa completa di posizionario, trasduttore elettropneumatico, filtro e riduttore;
- una valvola di regolazione a segmento sferico per la regolazione del livello dello sfioro, completa di posizionario, trasduttore elettropneumatico, filtro e riduttore;

Esempio di regolazione (vedi illustrazione):



Se si verifica una variazione di livello all'interno della cassa d'afflusso (aumento), il trasmettitore di livello invia un segnale al controllo LIC; questo , a sua volta , controlla la pressione all'interno del cuscinetto d'aria (la aumenta) mediante la regolazione delle due valvole (pressione e sfiato) di cui è dotato il circuito del compressore. Ora, di conseguenza all'azione delle due valvole, la pressione all'interno della cassa d'afflusso è aumentata. Questa variazione è rivelata dall'indicatore e trasmettitore PT, il quale invia un segnale al controllore PIC; questo andrà a variare la portata della fun pump mediante regolazione della valvola by pass o del numero dei giri del motore.

4.9 DATI TECNICI

Larghezza d'efflusso 2.750 mm
 Portata di progetto max. 26.000 l/min
 Portata di progetto min. 11.000 l/min

Cassa d'afflusso pressurizzata
 Ponside 2.750 mm
 Sheet dryness at real 93 %

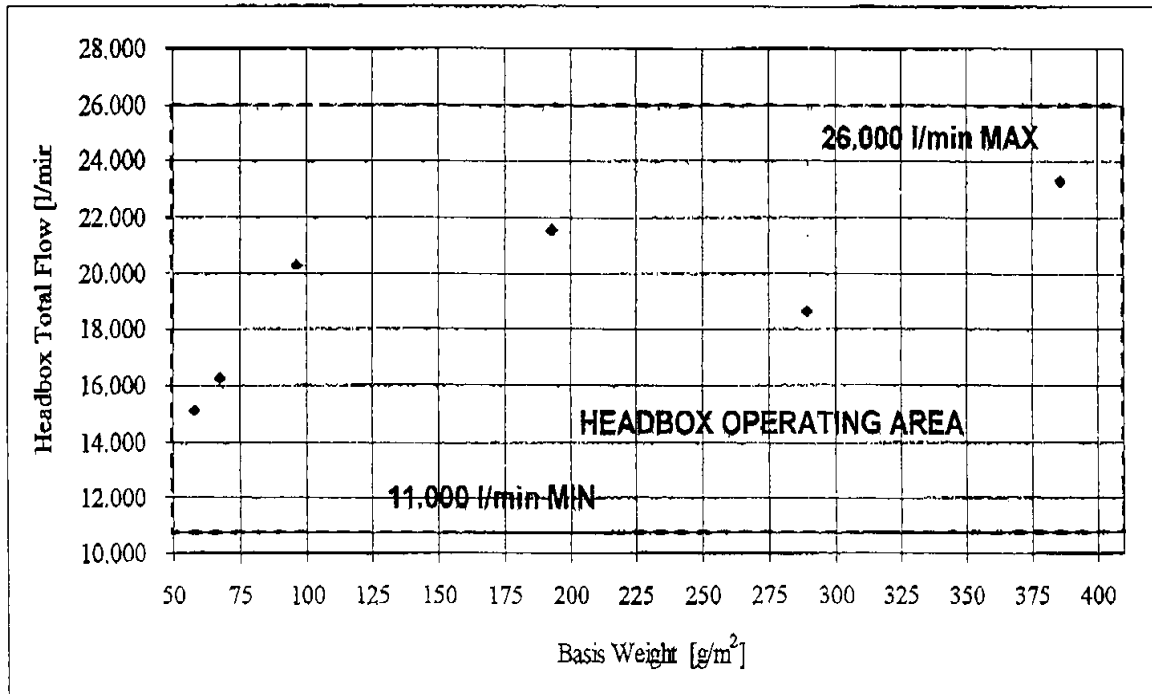
Total BW	Base paper BW	Consistency	Retention	Wire speed	Real speed	Prod. On wire	Hbx flow	Slice opening
[g/m ²]	[g/m ²]			[m/min]	[m/min]	[Kg/min]	[l/min]	[mm]
60	57,9	0,60 %	80 %	490	500	72,56	15.116	14,0
70	67,6	0,65 %	80 %	490	500	84,65	16.279	15,1
100	96,5	0,70 %	85 %	490	500	120,93	20.325	18,9
200	193,0	0,70 %	85 %	260	270	128,34	21.569	37,7
300	289,5	0,75 %	90 %	170	180	125,87	18.647	49,9
400	386,0	0,80 %	90 %	170	180	167,82	23.309	62,3

$$\text{Prod. On wire} = \frac{\text{wire speed} * \text{ponside} * 93\% * \text{BW}}{1000}$$

$$\text{Hbx flow} = (\text{wire speed} * \text{slice opening} * \text{ponside}) * 80\%$$

Es.: Prod. On wire= $\frac{490 \cdot 2,750 \cdot 93\% \cdot 57,9}{1000} = 72.56 \text{ kg/min}$

Hbx flow = $(490 \cdot 0,014 \cdot 2750) \cdot 80\% = 15,116 \text{ m}^3 = 15.116 \text{ lt.}$



5. CONDUZIONE DELLA CASSA DI AFFLUSSO

Conducendo la cassa d'afflusso occorre considerare come sia molto difficile una volta introdotti, togliere i disturbi dal processo. Per questo è importante ricordare che regolando la cassa occorre per quanto possibile iniziare a regolare le prime parti della medesima.

All'avviamento dopo una fermata, occorre procedere nel seguente modo:

- Lavare tutta la cassa all'interno in modo che non rimangano più residui di pasta né croste sulle pareti della medesima. La pulizia dei rulli forati è d'importanza fondamentale come pure i canali del Manifold (gli ultimi comunque di solito non tendono a sporcarsi).
- Riscaldare la cassa d'afflusso prima di mettere pasta, se l'impasto è molto caldo, e tenere conto della dilatazione del labbro.
- Azzerare il becco, cioè regolare l'apertura del medesimo in modo che sia uniforme attraverso tutta la larghezza. Questo è importantissimo per avere un riferimento per la regolazione delle prime parti della cassa, in caso di regolazione regolare almeno tre viti contemporaneamente.
- Regolare la velocità d'afflusso e l'apertura del becco. Con quest'operazione si ottiene il flusso desiderato attraverso la cassa e si può regolare il resto con un comportamento idrodinamico giusto.
- Avviare, regolando il troppo pieno in modo che sia al giusto livello. Nelle casse a cuscino d'aria assicurarsi che lo scarico dal foro sia metà pasta e metà aria, ciò è molto importante per la stabilità.
- Regolare il Manifold, in modo che la pressione ai due alti del medesimo sia uniforme.
- Regolare la strozzatura interna, in modo che il profilo sia uniforme ai lati del foglio.
- Regolare i fori laterali in modo che i bordi siano a livello del resto del foglio. Queste regolazioni di solito si fanno guardando principalmente la riga d'acqua sulla tela, premesso che la tela sia ben allineata (cioè che tutti gli elementi drenanti siano dritti e ben livellati). Questa regolazione viene

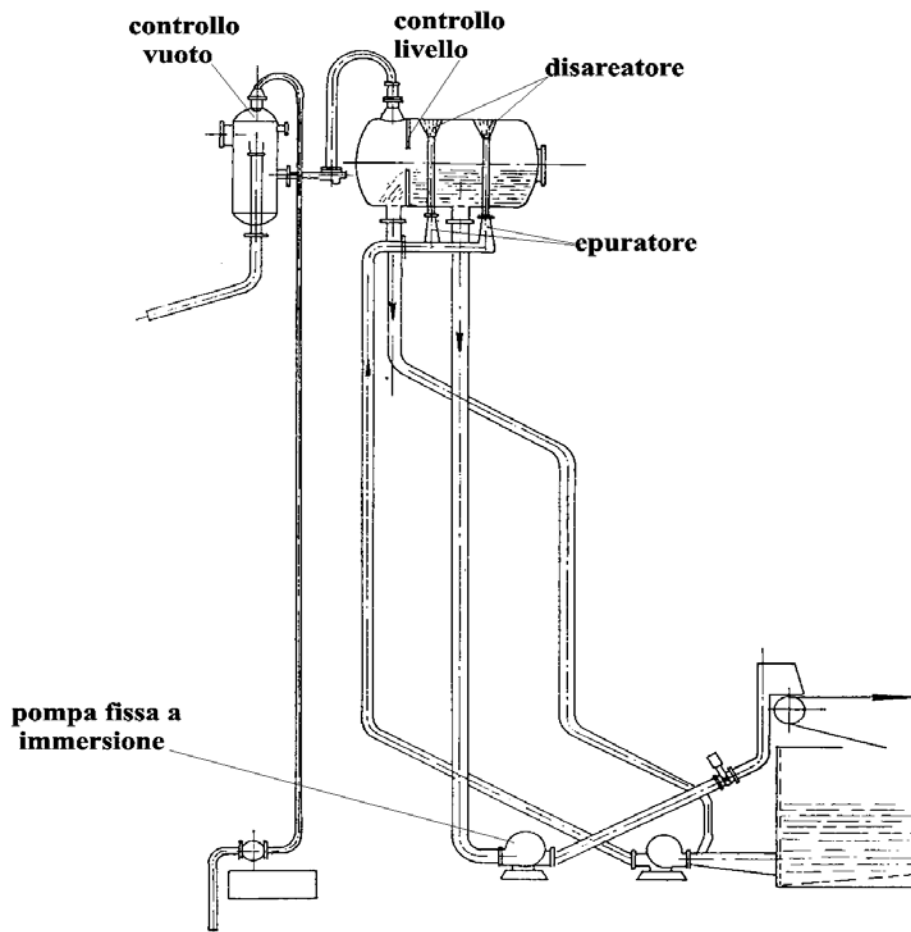
effettuata solo come indicazione in fase di avviamento perché porta risultati poco soddisfacenti vista la complessità del flusso.

- Controllare il profilo di grammatura. Da questo si vede se ci sono ulteriori regolazioni da fare alla strozzatura interna o ai fori laterali.

6. EFFETTI DI DISTURBO E CONCENTRAZIONE

6.1 ARIA

Le sospensioni fibrose contengono aria legata, disciolta e libera. Un'elevata presenza d'aria porta instabilità nell'alimentazione della cassa d'afflusso, a problemi durante il drenaggio, e peggioramento della formazione del foglio. Secondo i requisiti delle carte da produrre, in particolare con carte fini (100 gr/m^2), o nella produzione di macchine molto veloci, si rende necessaria l'eliminazione dell'aria libera e di quella legata. La deareazione della sospensione avviene in epuratori appositi (idrocilconi con testa desareatrice) oppure separatamente in un impianto che lavora sotto vuoto (Deculetor, vedi schema). Inoltre per mezzo d'opportuni ausiliari chimici (antischiuma per innalzamento della tensione superficiale), si può ridurre l'aria presente.



6.2 VIBRAZIONI

Le vibrazioni generate dagli epuratori in testa macchina, dalla fan pump o dalla pompa di alimentazione arrivano direttamente in cassa di afflusso creando anche esse numerosi problemi di formazione del foglio. Le vibrazioni che danno maggiore fastidio sono quelle di bassa frequenza ed alta ampiezza, perché esse determinano nel foglio non trascurabili differenze di grammatura e spessore in senso longitudinale e trasversale. La riduzione di tali inconvenienti si può ottenere con la scelta accurata di pompe di mescolazione (fan pump) e degli epuratori, elementi che devono essere appositamente studiati per creare meno pulsazioni possibili (es: pompe a palette o centri-screen con elevato numero di foils), e quindi con un attenuatore di pulsazioni come quello visto in precedenza. L'utilizzo di quest'elemento è assolutamente necessario quando si dispone di una cassa idraulica poiché questa a differenza delle casse aperte a cuscino d'aria è mantenuta sempre piena e non è quindi in grado di smorzare da sola le pulsazioni.

6.3 CONCENTRAZIONE

In una sospensione con concentrazione maggiore dello 0,5% le fibre interagiscono tra loro e cominciano ad attrarsi per formare degli agglomerati (fiocchi) le cui dimensioni variano da 5 a 30 mm. La flocculazione è tanto più pronunciata quanto maggiori sono la concentrazione e la lunghezza delle fibre. La flocculazione è proporzionale alla terza potenza della concentrazione pertanto:

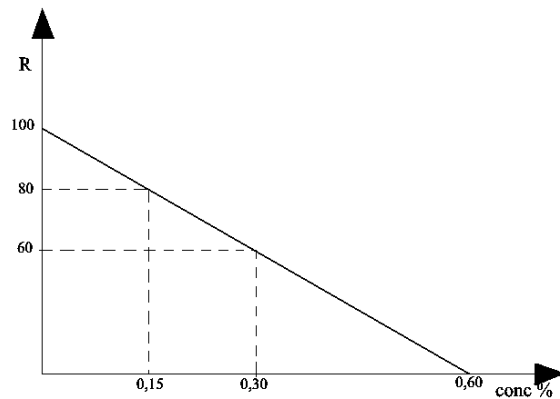
a 0,6% è di 1,72 volte che a 0,5%

a 0,7% " 2,73 " 0,5%

a 0,8% " 4,0 " 0,5%

Nel foglio di carta la resistenza e l'uniformità sono tanto maggiori quanto minori sono il numero e le dimensioni dei fiocchi formati.

Poniamo in un diagramma la concentrazione % ed il rapporto:



$$R = \frac{LR_t \cdot LR_l}{LR}$$

Dove: LR_t = lunghezza di rottura trasversale
 LR_l = lunghezza di rottura longitudinale
 LR = lunghezza di rottura campioni formafogli

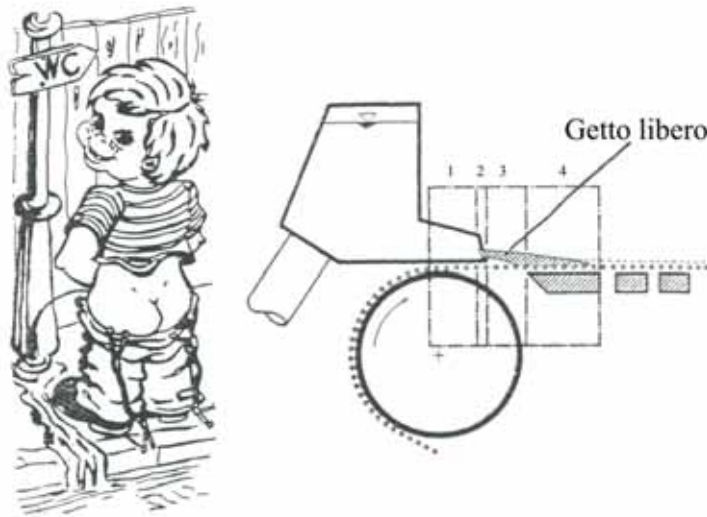
Dal grafico risulta che aumentando la concentrazione dell'impasto si perde in resistenza.

Per questo e per avere una formazione decente (spera) è preferibile andare in cassa d'afflusso alla minor concentrazione possibile.

Poiché maggior è la lunghezza e maggiore è il fenomeno di flocculazione più la fibra è lunga più bassa deve essere la concentrazione. Ecco perché per ovviare alla formazione di fiocchi, bisogna creare all'interno della cassa d'afflusso una microturbolenza che diminuisce le dimensioni dei fiocchi stessa.

7. GETTO

Finché il flusso della sospensione si trova nella cassa di afflusso in contatto con il labbro superiore e/o inferiore (dell'ugello) si parla di corrente; non appena abbandona tutte le superfici delimitanti si parla di getto o meglio getto libero. La formazione del getto avviene per mezzo dell'apertura o chiusura del labbro. Attraverso il canale d'uscita che si riduce progressivamente (visto idraulicamente questo agisce da ugello) la sospensione viene accelerata, e dopo l'uscita del labbro, produce un getto che arriva sulla tela. Il getto libero dipende dalla forma del labbro.



E' possibile suddividere il flusso della sospensione in cassa d'afflusso in 4 fasi:

1. moto del flusso nello spazio antistante agli ugelli
2. uscita dagli ugelli
3. formazione del getto libero
4. contatto getto/tela

Con lo spostamento del labbro inferiore (regolazione della distanza, ciò non è possibile su tutte le casse) e con l'apertura del labbro (variazione della larghezza della fessura), si può variare la direzione del getto e l'angolo dello stesso. A seguito della riduzione nella cassa d'afflusso, l'energia di pressione si trasforma in energia cinetica che genera una accelerazione del flusso ed un profilo di velocità. A causa dell'elevata velocità del flusso ed in particolare della grande accelerazione (valori fino a 3000 m/s) si genera una corrente turbolenta che produce una deflocculazione.

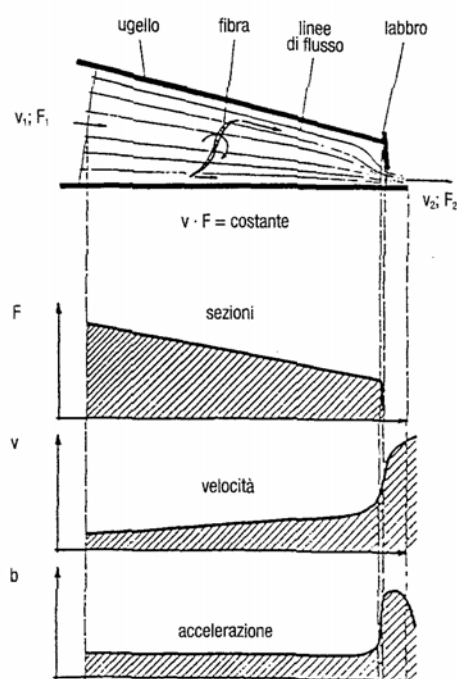
7.1 EFFETTO DELL'AUMENTO DI VELOCITÀ

L'attrito esistente fra il fluido e le fibre agisce come forza di taglio sulle fibre stesse e quindi è in condizioni di accelerarle. Se una fibra incontra una corrente la cui velocità varia longitudinalmente e/o trasversalmente, essendo sottoposta ad una maggiore velocità, viene accelerata in direzione della corrente stessa, ciò determina una rotazione della fibra nella direzione della corrente. Differenze di velocità nella corrente provocate dalla forma dell'ugello dello spazio del labbro determinano quindi un orientamento delle fibre nella sospensione in direzione della corrente; l'uniformità della velocità provoca l'effetto contrario, cioè un effetto di disorientamento.

7.2 ATTRAVERSAMENTO DELL'USCITA UGELLI E INFLUENZA DELLA STRUTTURA DELL'UGELLO SULLA VELOCITÀ

Il restringimento dell'uscita degli ugelli mediante un diaframma provoca un notevole aumento della velocità della sospensione e quindi un improvviso aumento dell'accelerazione. Il diaframma (o labbro) rappresenta cioè, un restringimento dell'ugello.

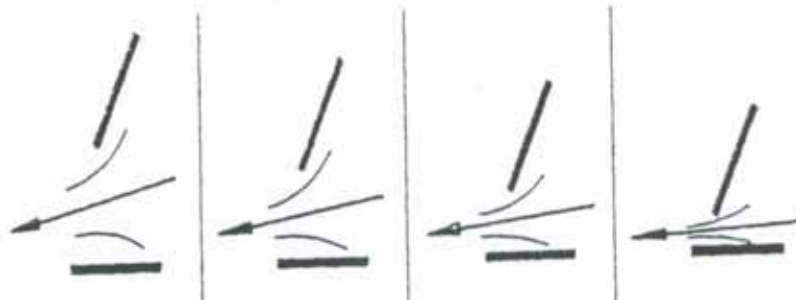
La figura spiega visivamente l'effetto di un diaframma.



L'effetto del restringimento trasversale provoca un aumento sulla velocità e sull'accelerazione della corrente delle fibre.

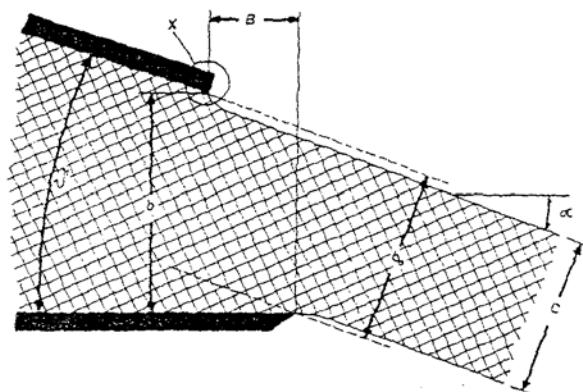
7.3 ORIENTAMENTO DELLE FIBRE

L'aumento della velocità della corrente attraverso il diaframma comporta, un ulteriore orientamento longitudinale delle fibre della sospensione in direzione della corrente. Si può influire sulla direzione della corrente e sull'angolo del getto aprendo il labbro come si può desumere dalla serie di rappresentazioni della figura seguente.



L'effetto della modifica dell'apertura del labbro di 1/10 mm. per esempio, è molto più efficace all'uscita di un diaframma che non all'uscita di un ugello sottile (se si apre il labbro si determina immediatamente una diminuzione di concentrazione nella sospensione, perché sulla base dei sistemi dei regolatori impiegati, viene trasportato un uguale quantitativo di materiale solido, ma un maggiore quantitativo di acqua).

L'ampiezza dell'angolo del getto viene quindi determinata dalla geometria dell'ugello, come indicato dalla figura.



6.4 L'INCIDENZA DEL GETTO IN FASE DI DRENAGGIO E FORMAZIONE (IN UNA TAVOLA PIANA CON FORMING BOARD)

Muovendo orizzontalmente la parete anteriore della cassa d'afflusso è possibile come si è visto in precedenza cambiare l'incidenza del getto sul primo listello del forming board: in genere per avere un buon drenaggio è consigliabile far cadere il 20-30% circa del getto davanti al forming board (principalmente per non incorporare aria), ed il restante sopra di esso (fig. 7.4.1).

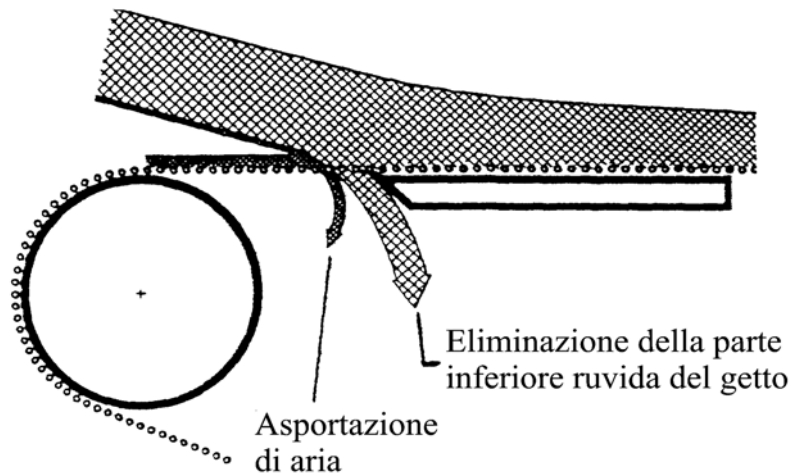


Fig 7.4.1

Questo perché sotto la tela si trova il primo listello più largo e l'acqua di sospensione non può passare subito attraverso la tela costituendo così una contropressione, che impedisce quasi completamente l'immediata separazione d'acqua e di fibre sul primo listello. Poiché la tela è riempita d'acqua sul primo listello fig. 7.4.2 e questa non può cadere verso il basso, il cuscino d'acqua aiuta la formazione della contropressione e impedisce che la tela si riempia di fibre; inoltre non passando alcuna corrente attraverso la tela le fibre non assumono alcuna posizione verticale ma vengono costrette a disporsi piuttosto orizzontalmente sui fili della tela stessa. Il prosciugamento all'inizio quasi non avviene. Sulla tela avviene qualcosa che si potrebbe indicare come "sedimentazione". Il prosciugamento infatti inizia dopo che è stato abbandonato il listello; in altre parole si cerca di ritardare il drenaggio dell'acqua, mentre le prime fibre si depositano per formare l'iniziale rete fibrosa. Se il

prosciugamento avviene con ritardo infatti, si trova già una leggera rete di fibre con carattere di filtro, che facilita il trattenimento di altre fibre.

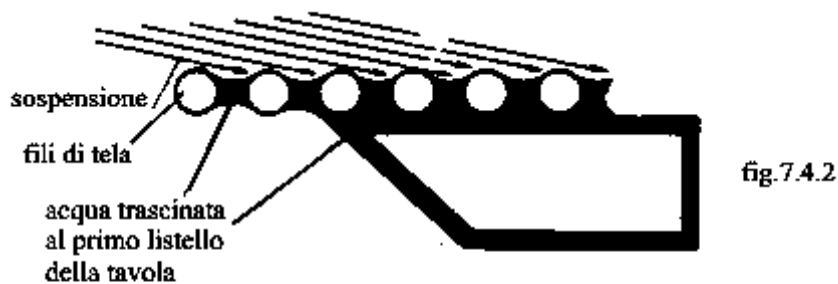


fig. 7.4.2

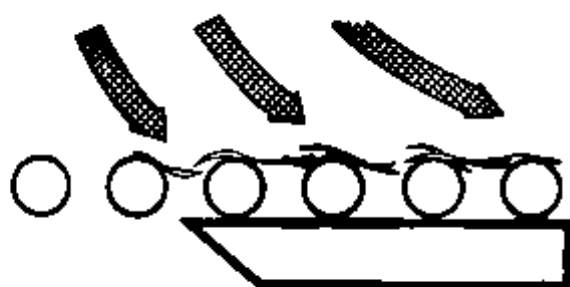


fig. 7.4.3

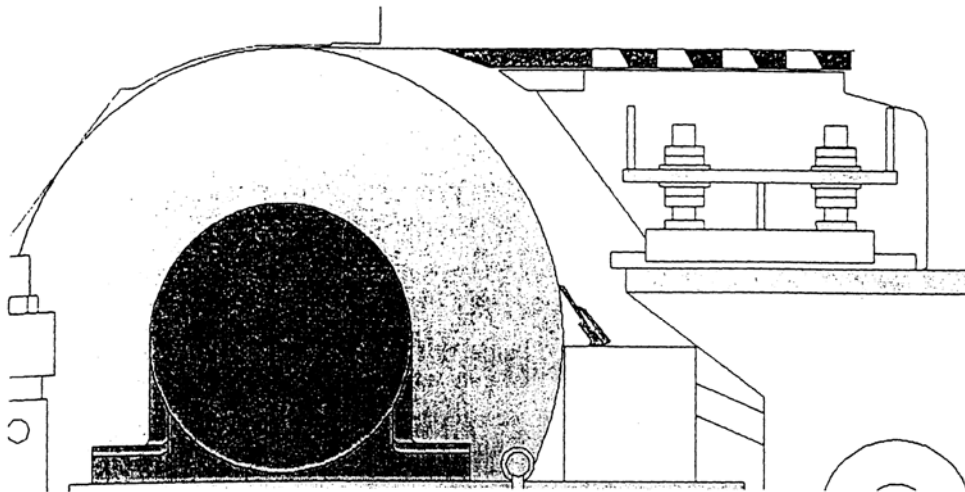
deposito delle fibre sui fili di tela quando esiste una forming board

Il primo listello della forming board ritarda quindi la formazione del foglio, rinforzando il deposito orientato delle fibre sulla tela, ritardando il prosciugamento (prosciugamento autoprotettivo), riducendo la marcatura della tela (fig. 7.4.1), perché le fibre possono penetrare con minor forza all'interno della tela stessa, facilita inoltre il distacco del foglio e permette alla tela Fourdriner di iniziare la sua attività equilibrante (perché il consolidamento del velo viene ritardato). Tale ritardo, però, non deve essere eccessivo per non permettere una stabilizzazione che provocherebbe la formazione di fiocchi.

La qualità della formazione, relativamente alla speratura (caratterizzata dai punti di maggiore densità di fibra), accanto al carattere flocculante della sospensione fibrosa (densità della pasta, tipo pasta), all'effetto flocculante nel sistema di alimentazione in cassa di afflusso e al processo di formazione del foglio sulla tela, viene per lo più influenzato dalla velocità di uscita getto ($v.$ getto) e dalla velocità della tela ($v.$ tela).

8. FORMING BOARD (cassa di formazione)

È la parte della tavola piana che si trova in prossimità del labbro della cassa d'afflusso. La sospensione fibrosa, uscendo dal labbro atterra sul forming board. Esso è costituito da una lama larga seguito da altre più piccole e supportate da una struttura fatta ad angolo che permette di avvicinare opportunamente la prima lama al capo tela. Le lame sono costituite in ceramica (possono essere anche di materiale sintetico, in MC. a bassa velocità) materiale resistente alle abrasioni in quanto lavorano direttamente a contatto con la tela. La sua funzione è quella di rallentare il drenaggio iniziale permettendo un primo assestamento del contesto fibroso che garantirà così una elevata ritenzione delle parti fini (oltre alle situazioni viste prima).



Forming board e sua posizione rispetto al capotela

8. L'IMPORTANZA DELL'ORIENTAMENTO DELLE FIBRE.

L'orientamento delle fibre influenza in modo determinante la qualità della carta, sia durante tutte le fasi di produttive facilitandone la macchinabilità (resistenze alla trazione a secco e non solo, anche ad umido in direzione macchina), sia durante le fasi di lavorazione del cliente ove alla macchinabilità si aggiunge la qualità di stampa.

Una prima idea dell'orientamento delle fibre nel foglio di carta può esserci data dal valore del rapporto tra carico di rottura trasversale e longitudinale, fatto su un campione preso al lato trasmissione, al centro e al lato servizio (tali misurazioni definite meccaniche si eseguono in laboratorio usando un dinamometro).

Dai risultati ottenuti si può determinare in che condizioni si trova la carta esaminata cioè in che maniera la cassa di afflusso sta lavorando rispetto alla tela (rapporto getto/tela); quindi determinare se stiamo lavorando in continua con valori giusti in base alle caratteristiche ben definite della fabbricazione che stiamo producendo.

A questo punto dalle misurazioni eseguite si possono determinare tre condizioni fondamentali:

1) Situazione di carta quadrata (effetto di disorientamento) = velocità del getto uguale a quella della tela, nessun orientamento preferenziale.

2) Situazione RUSH = velocità getto maggiore della tela, orientamento delle fibre in senso trasversale.

3) Situazione DRAG = velocità getto minore della tela, orientamento delle fibre in senso longitudinale.

Oltre a queste tre situazioni si può anche determinare due tipi di condizioni molto importanti, Inflow e Outflow dove:

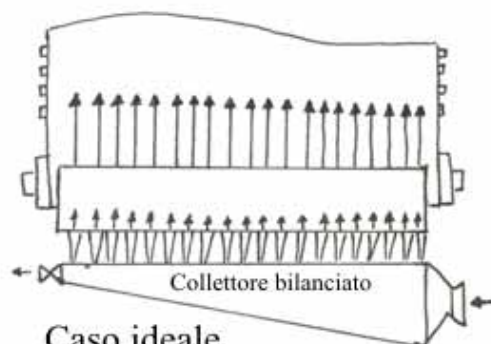
INFLOW = getto che si dirige dai lati della cassa al centro.

OUTFLOW = getto che si dirige dal centro della cassa ai lati.

Queste due ultime condizioni sono dovute ad una errata alimentazione della cassa cioè una pressione dell'impasto non bilanciata al centro e ai bordi.

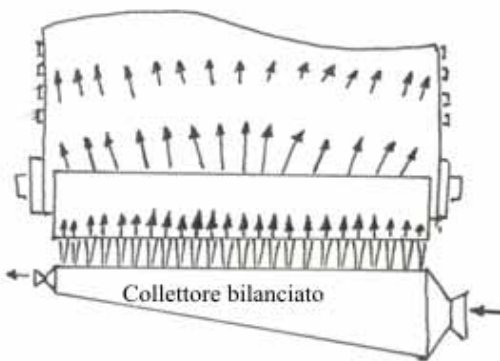
Il livello ottimale di orientamento varia a seconda dei tipi di carta, poi a seconda dell'utilizzo finale, caratteristiche delle fibre e tipo di macchina continua usata per la produzione. Migliorando l'orientamento migliora la macchinabilità sia in fase di pressatura ad umido sia in seccheria. Riducendo l'orientamento di solito si migliora sia la stabilità dimensionale e sia la rigidità trasversale.

Alcune figure per rappresentare o meglio per spiegare quanto detto sopra.

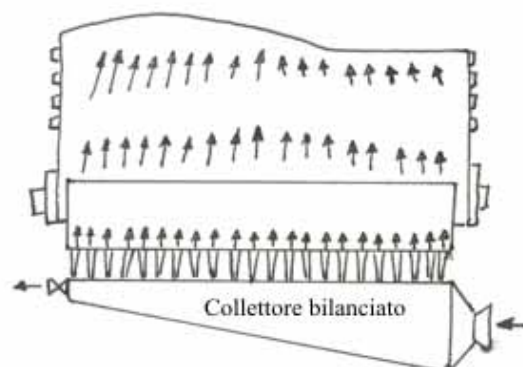


Caso ideale
velocità uniforme

Orientamento del flusso

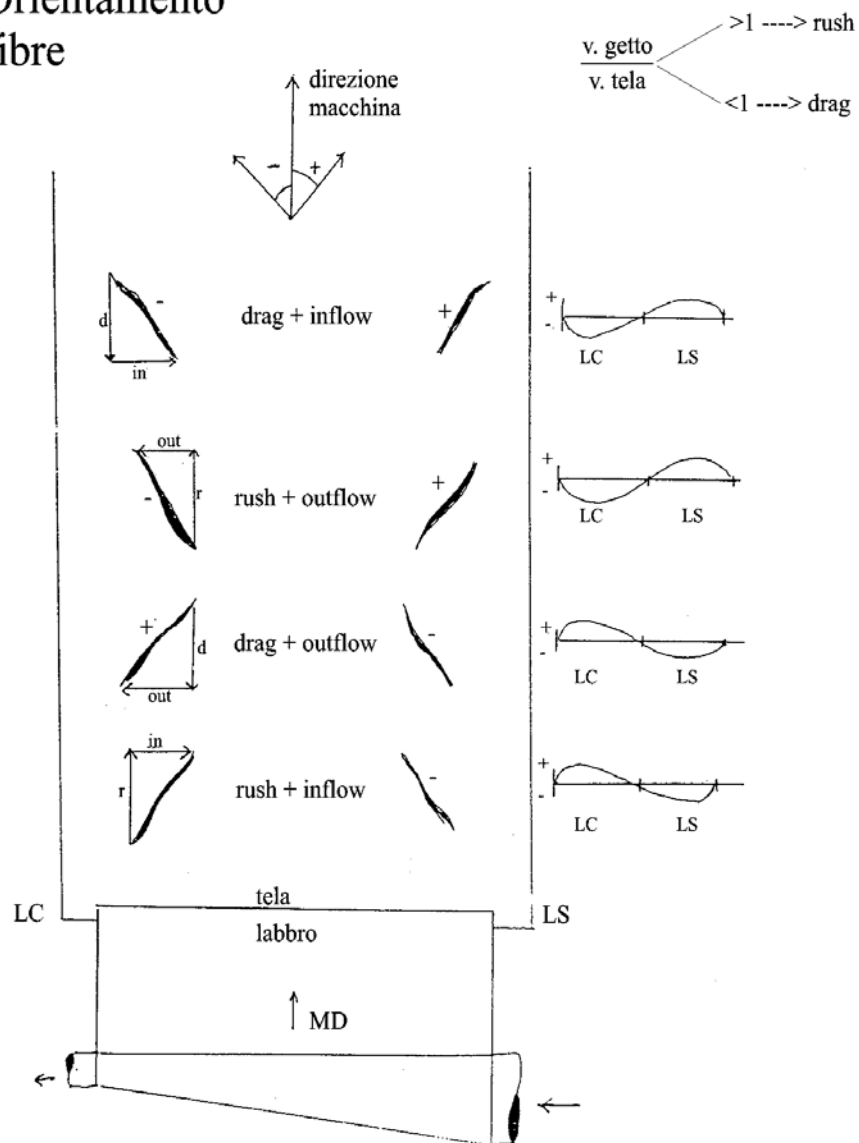


Bassa velocità ai bordi
condizione di outflow



Condizione di inflow

Orientamento fibre



9.1 METODI DI CONTROLLO DELL'ORIENTAMENTO FIBRE

Oggi non è più sufficiente un controllo dell'orientamento basato solo su prove meccaniche di laboratorio (come visto prima), causa le velocità che raggiungono le attuali continue. Da ricordare infatti, che un minuto d'intervento in cassa d'afflusso può significare la produzione di 1500 metri fuori specifica. Per abbattere i tempi di controllo e riscontrare eventuali problemi e di conseguenza limitare gli scarti di produzione (carta fuori specifica) la tecnologia è venuta incontro al cartaio fornendogli di metodi di controllo ottici ed ad ultrasuoni. Il sistema ottico funziona irradiando il foglio con un raggio laser circolare. Questo sistema può essere usato online perché funziona senza il contatto diretto con la carta con il vantaggio di avere sempre sotto controllo la situazione da parte dell'operatore di macchina. L'altro sistema funziona ad ultrasuoni, si basa sul principio di misurazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni in diverse direzioni. Questo metodo misura le caratteristiche di orientamento dei fasci sonori dell'interno del foglio. L'esecuzione di questa misurazione richiede il contatto fra il sensore e il foglio, perciò diventa più difficile una versione online rispetto al sistema di prima che usa sensori ottici.

10. CONCLUSIONI

Si può ritenere che il vero e proprio foglio di carta nasce già nella cassa d'afflusso anche se la sua struttura in un certo modo cambia all'inizio della parte tela e le caratteristiche possono poi essere influenzate dall'asciugamento, dalla lisciatura ecc.

Le caratteristiche della carta finita dipendono logicamente da ogni fase del processo. È molto difficile correggere gli errori fatti in precedenza. La funzione del circuito corto e in particolare della cassa d'afflusso è di determinare direttamente la grammatura, lo spessore e la speratura della carta finale. Quindi sono questi i tre elementi, che rispetto alle altre parti del processo, sono più importanti, perché in un certo qual modo determinano il prodotto finito. È necessario quindi essere molto precisi nel condurre la cassa d'afflusso, tenendo conto in modo speciale dei disturbi che si possono creare nella cassa stessa; è importante tenere ben presente le regolazioni situate prima del becco che il più delle volte vengono trascurate.

In questa relazione ho trattato in particolare la cassa di afflusso pressurizzata perché si adatta di più alle nostre esigenze di produzione (grammature che variano dai 70 ai 450 gr/m²) che sono molto varie con molti cambi di velocità, portata e diluizione.