9° Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2001/2002

L'influenza dell'orientamento fibra nella produzione della carta

di Di Rocco Alberto

Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari

Via Don G. Minzoni, 50 - 37138 Verona

Indice

Introduzione

1 - Definizione e misurazione dell'orientamento fibra

1.1 - Misurazione diretta delle proprietà fisiche della carta
1.2 - Essiccazione
1.3 - Metodi ottici
1.4 - Ultrasuoni
1.5 - Analisi di immagine

2 - L'influsso dell'orientamento fibra sulla qualità e sulla macchinabilità

2.1 - Formazione
2.2 - Proprietà qualitative
2.3 - Macchinabilità
2.4 - Limiti pratici dell'orientamento fibra

3 - Controllo dell'angolo di orientamento (MC/MD tensile RATIO)

3.1 - Contrazione del flusso e Rapporto Getto/Tela
3.2 - Turbolenza e rapporto getto/tela
3.3 - Distribuzione delle fibre in base alla lunghezza
3.4 - Regolazione fine e altre influenze minori sul TSI
3.5 - Formazione e ottimizzazione del rapporto delle lunghezze di rottura: TSI
3.6 - Effetti del rapporto getto/tela
3.7 - Profilo dei valori dell'orientamento

4 - Controllo del profilo dell'angolo di disallineamento

4.1 - Effetti del profilo del ritiro e casse d'afflusso a diluizione controllata
4.2 - Regolazione del flusso ai bordi della cassa d'afflusso per controllare variazioni nelle correnti trasversali
4.3 - Effetto del rapporto getto/tela sull'angolo di disallineamento

5 - La causa dei difetti sui rotoli ricavati dai bordi

6 - L'orientamento su piccola scala delle fibre influisce sulla struttura della carta

7 - L'imbarcamento del foglio e doppio viso di orientamento delle fibre

8 - Conclusioni

Introduzione

Per chi lavora alla produzione della carta ridurre i difetti e migliorare il prodotto sono gli obiettivi primari per soddisfare una clientela sempre più esigente, ma ottenere risultati eccellenti e mantenerli costanti nel tempo non è cosa facile.

Per ottenere un prodotto di qualità bisogna monitorare tutte le sue caratteristiche (grammatura, spessore, ecc.) dall'inizio alla fine del ciclo produttivo.

L'orientamento delle fibre influenza in modo determinante la carta, sia durante tutte le sue fasi produttive facilitandone la macchinabilità, sia durante le fasi di lavorazione del cliente ove alla macchinabilità si aggiunge la qualità di stampa.

Fino a qualche anno fa si avevano pochi mezzi a disposizione per controllare l'orientamento delle fibre (ad esempio si poteva modificare il getto tela e verificarne l'esito in laboratorio con un dinamometro); oggi le casse d'afflusso a diluizione e strumenti in linea più precisi e veloci, ci permettono di controllare meglio la disposizione delle fibre e di variarle senza incidere sulla grammatura, e in laboratorio strumenti di lettura ad ultrasuoni misurano le caratteristiche sull'intero foglio con ottimi risultati; per esempio lo strumento prodotto dalla Lorentzen & Wettre, permette di effettuare misure abbastanza affidabili sia sull'orientamento fibre che sul rapporto LR long/LR Trasv (TSI). La testa di misura è formata da otto coppie di trasmettitori e ricevitori, posti in posizione diametralmente opposta, l'uno dall'altro ad una distanza di 100 mm e uniformemente spaziati lungo la circonferenza, in modo che l'angolo fra due coppie successive risulti di 22.5 gradi.

a) **TSO = Tensile stiffness orientation (misura dell'orientamento della resistenza elastica) = ANGOLO DI ORIENTAMENTO delle fibre.**

Il TSO rappresenta l'angolo formato dalla direzione di macchina e da quella lungo la quale lo strumento ha misurato il massimo valore del modulo di elasticità. Secondo la convenzione adottata, partendo dalla direzione macchina, si hanno valori positivi andando in senso orario, valori negativi andando in senso antiorario. Essendo collegato alla direzione lungo la quale sono in prevalenza disposte le fibre, il TSO è influenzato dagli stessi fattori che la determinano, ed in particolare dalla differenza di velocità fra il getto e la tela e dalla componente trasversale della velocità del getto.

b) **TSI = Tensile stiffness index (indice di resistenza elastica) = Rapporto tra lunghezza di rottura longitudinale e trasversale (Funzione del TSO).**

1. Definizione e misurazione dell'orientamento fibra

L'orientamento fibre è un termine piuttosto generico che descrive la distribuzione statistica delle fibre. Esaminando un tracciato su coordinate polari, si nota l'esistenza di due componenti distinte, la direzione e la grandezza. La direzione è data dall'angolo di disallineamento, definito come la direzione in cui le fibre si orientano prevalentemente in rapporto con la direzione della macchina (fig.l).

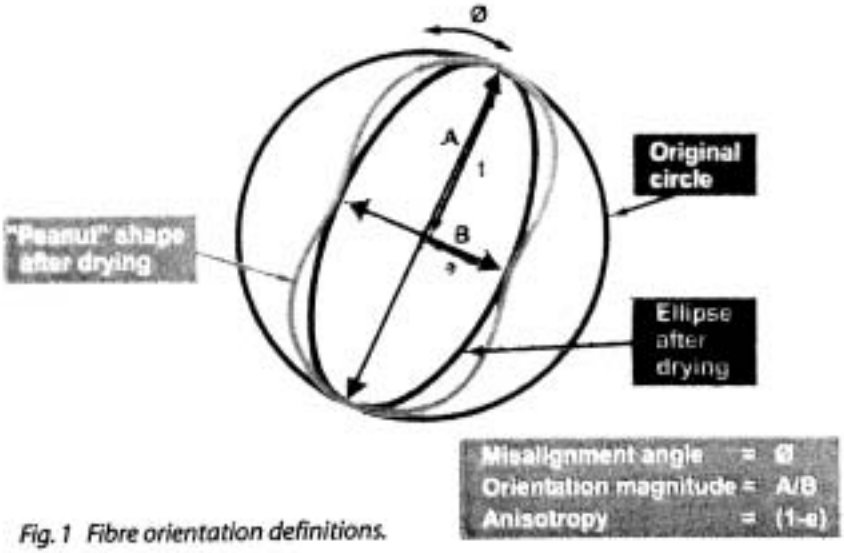


Fig. 1 Fibre orientation definitions.

La grandezza dell'orientamento nella Figura è data dal rapporto tra l'asse maggiore e l'asse minore del grafico ellissoidale della distribuzione, costruito in seguito alle misure effettuate su un disco di carta perfettamente essiccato. Tramite questa definizione, la grandezza dell'orientamento è data in rapporto all'angolo di disallineamento, rispetto alla direzione macchina. Un'altra definizione della grandezza dell'orientamento che viene citata piuttosto comunemente, è l'anisotropia, illustrata nella Figura l. In questo caso, invece di considerare il rapporto tra i semiassi maggiore e minore, si esamina la loro differenza. Diversi metodi di misurazione producono ellissi di forma e dimensioni differenti, perciò le grandezze di orientamento calcolate con metodi diversi non possono essere confrontate direttamente. Solitamente "l'ellisse" risulta leggermente distorta in modo

da assumere una forma “ad arachide”, ma questo non cambia le definizioni dell’angolo e della grandezza. Di solito i profili di orientamento sono tracciati su diagrammi separati per la grandezza dell’orientamento e per l’angolo di disallineamento. Il simbolo per indicare l’angolo di disallineamento è soggetto a libera scelta; in questa relazione, per gli angoli rivolti verso la parte posteriore il segno è positivo (vedi Figura2).

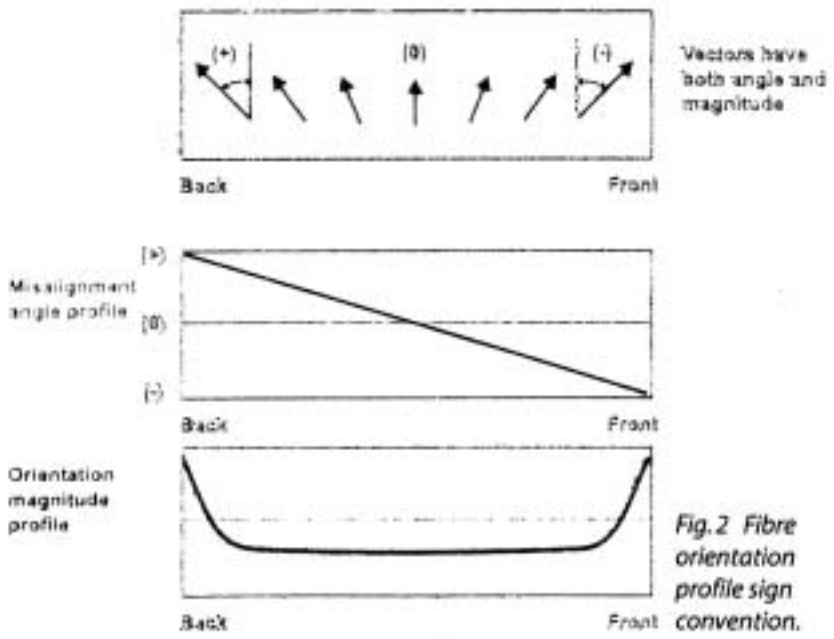


Fig. 2 Fibre orientation profile sign convention.

Esistono parecchi metodi di misurazione; vengono di seguito analizzati alcuni di essi.

1.1 Misurazione diretta delle proprietà fisiche della carta

Poichè il carico di rottura alla trazione di una fibra è maggiore lungo il suo asse, la misura della resistenza alla trazione in senso macchina e in senso trasversale fornisce misurazioni piuttosto attendibili della grandezza dell'orientamento. In questo caso la misura dell'orientamento è data per definizione in rapporto con la direzione macchina, e non con l'angolo di disallineamento. Talvolta si utilizza anche il carico di rottura allo strappo perpendicolare alla direzione macchina; tuttavia, questo non è un metodo attendibile perchè si presentano maggiori incertezze nelle prove di strappo, piuttosto che in quelle di trazione. Inoltre, è possibile determinare l'angolo di disallineamento tramite le prove di trazione; essendo però diventati molto comuni gli strumenti ottici e a ultrasuoni, questi metodi di misurazione manuali che richiedono tempi troppo lunghi sono usati sempre meno frequentemente.

1.2 Essiccazione

Le definizioni dell'orientamento fibre descritte nella Figura 1 si basano sui cambiamenti dimensionali nelle fibre dopo l'essiccazione. Dato che queste ultime si restringono in misura maggiore in senso radiale piuttosto che in quello assiale, il grado più alto di restringimento si verifica ad angolo retto rispetto a quello di disallineamento. Esiste un metodo di misurazione che si basa direttamente sul cambiamento nelle dimensioni del foglio dopo l'essiccazione. Il "Double Folded Sheet" possiede un vantaggio particolare, perche è l'unico che utilizza direttamente la stabilità delle rismette. Ipotizzando che un ciclo di carta si restringa a ellisse, diventa possibile anche calcolare l'anisotropia e l'angolo di disallineamento con il metodo DFS.

1.3 Metodi ottici

Si usano principalmente due metodi: uno di questi si basa sul riflesso depolarizzato della luce polarizzata; è un metodo di laboratorio che studia le proprietà dell'orientamento della superficie della carta. L'altro si occupa di rilevare l'ellisse che si forma irradiando il foglio con un raggio laser circolare. Quest'ultimo metodo presenta un vantaggio pratico perchè si applica in assenza di contatto, perciò, data la sua natura di test di laboratorio, è relativamente facile installarlo on line: inoltre ha una capacità di definizione molto bassa. Queste prerogative rendono possibile l'automazione del controllo dell'orientamento fibre. Tuttavia, uno degli svantaggi di questo procedimento è che si dimostra sensibile alle proprietà di superficie. Le misurazioni effettuate su entrambi i lati forniscono valori diversi per le carte asimmetriche. È possibile valutare in certa misura la bilateralità dell'angolo di disallineamento, senza però ottenere il valore medio del foglio intero. La grandezza dell'orientamento misurata così si riferisce solo all'orientamento delle fibre e non ad altri effetti di disturbo creati da sollecitazioni, dovute all'essiccazione o ai tiri ad umido.

1.4 Ultrasuoni

Sta diventando il più usato ed attendibile nell'industria cartaria, si basa sul principio di misurazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni in direzioni diverse. Questo metodo misura le caratteristiche di orientamento dei fasci sonori dell'intero foglio, con meno sensibilità al doppio viso, rispetto ai metodi di trasmissione ottica. Tuttavia, la misura della grandezza di orientamento data dai metodi ad ultrasuoni, viene influenzata dalla tensione ad umido (tiro), dalle sollecitazioni dell'essiccazione e dall'orientamento delle fibre. Non è possibile separare questi effetti: inoltre, in confronto con i metodi ottici, con questo procedimento non si riesce a vedere direttamente il reale orientamento fibra. Tuttavia questo aspetto apparentemente negativo presenta in fondo un vantaggio, perché questo metodo di misurazione rende possibile, in certa misura, prevedere alcune correlazioni sia per le resistenze assolute, sia per la stabilità dimensionale. Con questa misurazione si richiede un contatto tra il foglio e il sensore, perciò diventa più difficile installare una versione on line rispetto a quello che

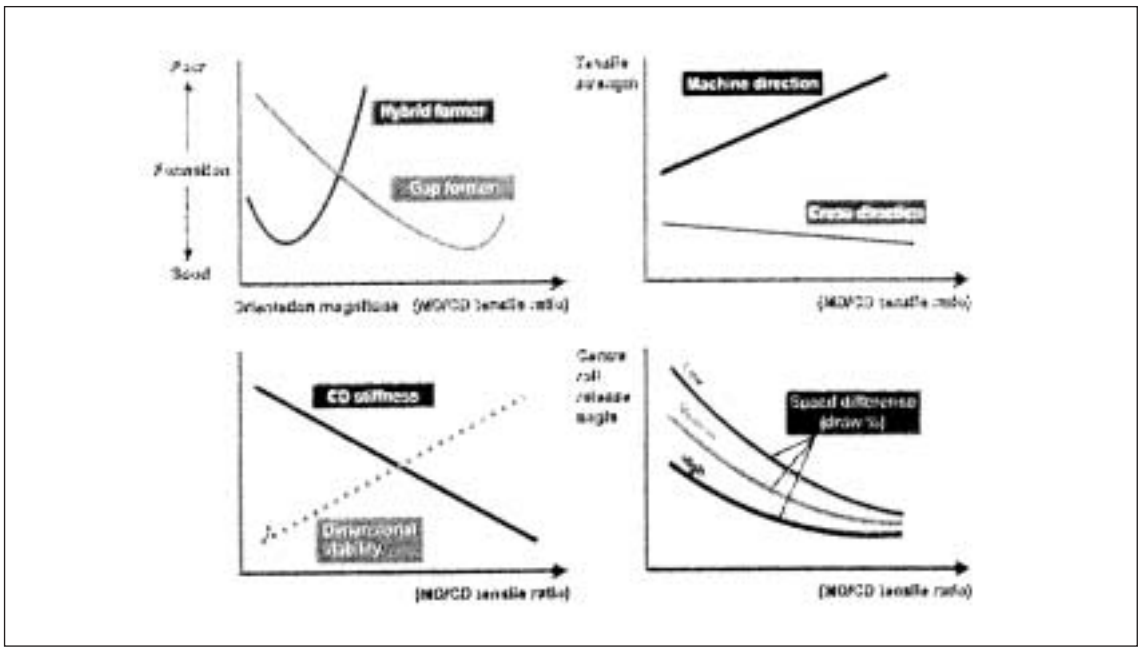
si serve di sensori ottici.

1.5 Analisi di immagine

È possibile studiare l'orientamento fibre su scala microscopica ricorrendo all'analisi di immagine degli strati individuali del foglio, dopo essere stati separati con adesivi. Si tratta di un test di laboratorio che richiede parecchio tempo, che si rivela utile nello studio della struttura della carta in direzione Z, mentre la maggior parte dei metodi descritti in precedenza sono usati soprattutto per il controllo qualità.

2. L'nflusso dell'orientamento fibra sulla qualità e sulla macchinabilità

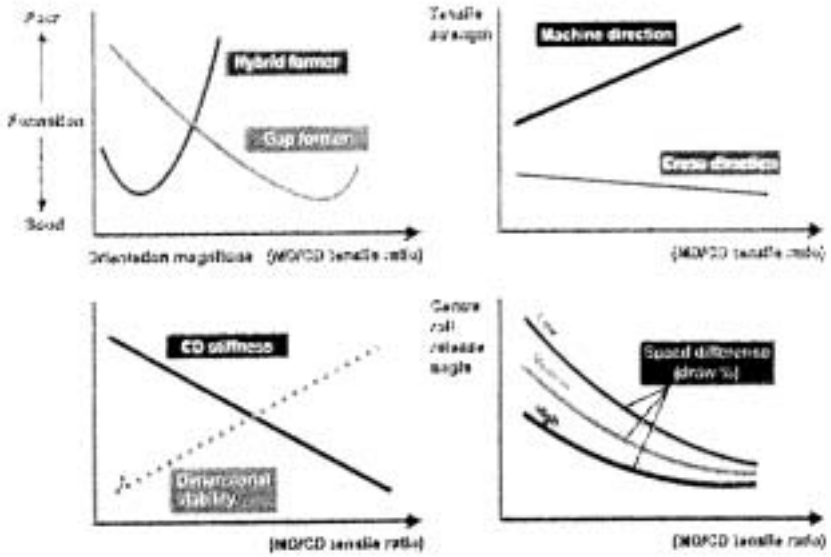
L'orientamento fibra non è molto importante di per se, quanto per l'enorme influenza che esercita su altre proprietà della carta e sulla macchinabilità. La Figura 3 mostra alcuni degli effetti più importanti del valore dell'angolo dell'orientamento.



2.1 Formazione

La formazione migliora progressivamente con i gap formers man mano che il livello dell'orientamento aumenta. Questo avviene perchè, quando il nastro parzialmente formato viene costretto tra le due tele, è in grado di resistere a forze tangenziali e ortogonali relativamente alte, prima che la rete fibrosa cominci a spezzarsi. L'elevata forza tangenziale è in grado sia di migliorare la speratura, sia di migliorare l'angolo di orientamento. Nel caso dei formatori ibridi e delle tavole piane, il nastro non viene costretto e risulta formato solo parzialmente sul lato inferiore, mentre la parte superiore vicino al punto d'impatto del getto sulla tela rimane liquida. In questo caso, il nastro riesce a resistere alla forza tangenziale solo se questa non è molto elevata, prima di rompersi; perciò, la formazione migliore si ottiene a gran-

dezze di orientamento molto più basse, rispetto a quella ottenuta con i gap former. La Figura 4 mostra in maniera schematica il diverso comportamento dei formatori ibridi e dei gap former.



2.2 Proprietà qualitative

Poichè le fibre hanno proprietà fisiche diverse in direzione assiale e radiale, il grado di allineamento fibra esercita un profondo influsso sulle proprietà della carta. Un valore di orientamento più basso (per esempio, una quantità più alta di fibre orientate in direzione trasversale al senso macchina) produce una rigidità in direzione trasversale più alta. Allo stesso modo, la stabilità dimensionale migliora in corrispondenza di livelli bassi di orientamento, anche se questa è una funzione fortemente legata alla "storia" dell'asciugamento e alle proprietà della fibra. Ovviamente, problemi di fuori registro di stampa migliorano man mano che aumenta la stabilità dimensionale. Anche la tendenza al ripiegamento dei bordi, alle pieghe - sigarette e alle grinze si ridurrà con il miglioramento della stabilità dimensionale. La natura esatta della tendenza al ripiegamento detto dipende dal doppio viso sia del disallineamento che del valore dell'orientamento (per esempio il doppio viso della stabilità dimensionale). I difetti su micro scala sia nell'angolo di disallineamento sia nella grandezza di orientamento possono provocare problemi di grinze e di schiariture o crepe. La resistenza

del foglio secco in senso macchina e il fattore di lacerazione in direzione trasversale aumentano rapidamente man mano che aumenta il livello di orientamento. Questo effetto ha un impatto significativo sui costi di impasto, poiché spesso il grado di orientamento determina quanto elevato deve essere il costo della cellulosa di rinforzo per ottenere i valori di resistenza desiderati. Tuttavia, la lunghezza di rottura trasversale alla macchina non diminuisce molto man mano che aumenta il livello dell'orientamento. Alcuni tipi di carta particolarmente sensibili alla rottura in piega sono limitati dalla lunghezza di rottura trasversale durante le operazioni di trasformazione (converting). In questi casi è necessario lavorare con un rapporto di trazione basso tra la direzione macchina e quella trasversale per portare al massimo quest'ultima, anche se questo riduce la resistenza in direzione macchina. La carta a rismette stampata con stampanti laser ad alta temperatura può essere soggetta ad un problema di "inclinazione della pila rispetto alla verticale", se l'orientamento fibra non è corretto. L'angolo di inclinazione dopo la stampa deve essere tenuto a livelli abbastanza bassi, in modo da non far rovesciare la pila.

Questo fenomeno viene controllato riducendo al minimo sia i difetti dovuti al disallineamento sia alla grandezza dell'orientamento.

2.3 Macchinabilità

Non solo la resistenza a secco, ma anche la resistenza alla trazione ad umido in direzione macchina (a pari siccità nelle presse) aumenta con l'aumentare della grandezza dell'orientamento. L'angolo di rilascio del foglio a partire dal cilindro centrale (di granito e ceramica) è più basso e più stabile a livelli più alti di orientamento (distacco uniforme), come si può vedere esaminando la Figura 3. La grandezza dell'orientamento influenza la macchinabilità nella prima parte della seccheria, perché rimane una maggiore tensione residua nel nastro dopo l'aumento di tiro per staccare la carta dal cilindro, quando la grandezza di orientamento è più elevata. In pratica questo significa una tendenza minore alla formazione di grinze negli essiccatori con rapporti di lunghezza di rottura elevati tra la direzione macchina e quella trasversale. Le prestazioni di stampa sono un compromesso tra migliori proprietà di resistenza a secco con orientamento elevato e migliore stabilità dimensionale con basso orientamento.

Esistono altri difetti trascurabili che possono presentarsi, provocati da livelli di orientamento troppo alti o dal disallineamento. Per esempio, le rotture al cambio rotolo all'arrotolatore (pope) possono essere causate dal coltello che non viaggia perpendicolare alla macchina, ma si gira nella sua direzione, a causa di angoli di disallineamento fibra eccessivi. Un orientamento troppo alto provoca una resistenza in direzione macchina troppo forte, che può anche provocare altri problemi al cambio rotolo. È risaputo che può capitare che il foglio può dividersi in due in seccheria se l'orientamento è troppo alto. Questo si verifica nelle seccherie moderne con foglio sempre guidato, dove la resistenza alla trazione in direzione trasversale non riesce a sostenere la sollecitazione imposta dalla resistenza al restringimento.

2.4 Limiti pratici dell'orientamento fibra

Il livello ottimale di orientamento varia a seconda dei tipi di carta e talvolta del tipo di impasto o dello specifico tipo di stampa. Un esempio è quello della carta per quotidiani, la 5C e la LWC che possono essere aumentate fino ad un rapporto di lunghezza di rottura (MDICD) tra direzione macchina e direzione trasversale di circa 4; superando questo livello ci si deve aspettare l'insorgere di problemi di grinze e fuori registro sulle bobinette laterali.

I tipi di carta come quella da fotocopie, che sono sensibili ad arricciamenti e a rigidità trasversale, devono limitarsi ad un rapporto MD/CD di circa 2.5. La carta da imballaggio, invece, si avvicina per quanto è possibile ad un indice di trazione di 1.0, in modo da portare al massimo la resistenza in direzione trasversale.

In generale il rapporto di carico rottura (MD/CD) tra la direzione macchina e quella trasversale (grandezza di orientamento), dovrebbe essere tenuto più alto possibile in modo da migliorare la macchinabilità, almeno fino ad un limite tale da non creare problemi qualitativi.

Per la maggior parte dei tipi di carta, è sufficiente tenere sotto controllo i problemi di bombatura, grinze e fuori registro, mantenendo i profili di disallineamento entro +/- 4° - 5°.

3. Controllo dell'angolo di orientamento *(MC/MD tensile RATIO)*

Vi sono quattro fattori principali che influenzano la grandezza dell'angolo di orientamento: il rapporto getto-tela, la contrazione del flusso, la turbolenza e le proprietà dell'impasto. Ognuno di questi elementi può essere più o meno importante a seconda del tipo di formatore usato. Questo saggio si concentra soprattutto sullo stato attuale dei formatori, ovvero i gap former a lama e a cilindro, e i formatori ibridi con lame caricabili. In aggiunta a questi quattro fattori, vi è un certo numero di adattamenti e calibrazioni fini su diversi tipi di formatore, che determinano la grandezza di orientamento fibra.

3.1 Contrazione del flusso e rapporto getto/tela

Le fibre tendono ad orientarsi soprattutto seguendo la contrazione del flusso, (cioè accelerando). Il meccanismo di questo funzionamento è che man mano che una fibra viene sottoposta ad accelerazione (come per esempio, in corrispondenza del labbretto), l'estremità di entrata della fibra viene trascinata in avanti, facendo allineare l'intera fibra nella direzione del flusso. Si considerano tre dimensioni nell'ugello della cassa d'afflusso per determinare il grado di contrazione del flusso: l'altezza H del becco di cassa d'afflusso in corrispondenza della entrata, l'apertura del labbretto b e la sporgenza del labbretto S (vedi Figura 5).

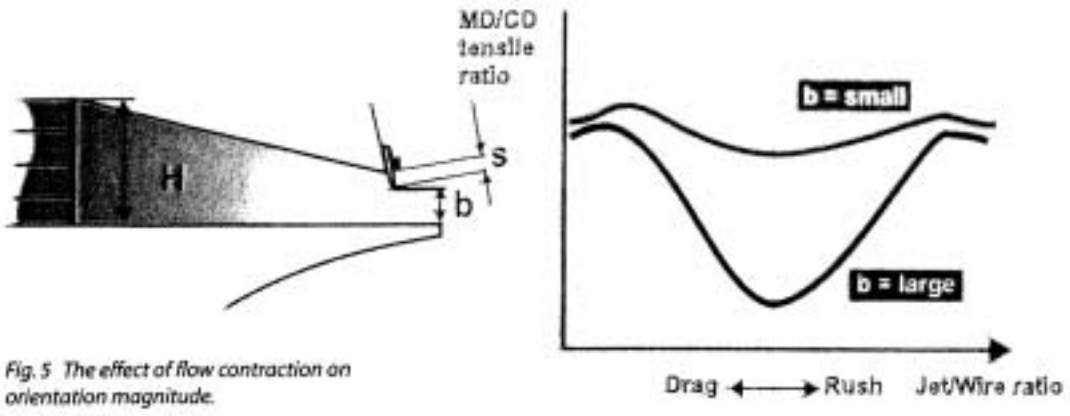


Fig. 5 The effect of flow contraction on orientation magnitude.

In pratica l'altezza del becco H è determinata dal numero di file di fori nel generatore di turbolenza (piastra forata), e non si può regolare in maniera indipendente per controllare la contrazione. Accorciando la sporgenza del labbretto S diminuisce anche la contrazione del flusso in corrispondenza del labbretto, ma con la riduzione di S, anche la capacità di controllare il profilo di grammatura si riduce, quando si utilizzano casse d'afflusso convenzionali con controllo del labbro (slice). AI contrario, si è più liberi dei modificare S nelle casse d'afflusso a diluizione controllata.

Solitamente, l'apertura del labbretto b viene determinata da altre considerazioni, più che dai suoi effetti sull'orientamento. Normalmente b viene regolato in modo da avere la consistenza in cassa d'afflusso e la formazione ottimale, anche se questa può essere limitata dalla capacità della pompa (Fan Pump).

Quando la contrazione nel becco della cassa d'afflusso è stata molto forte (per esempio, con un'apertura b molto piccola), le fibre sono già fortemente allineate prima di arrivare alla zona di formazione. In questo caso, variando il rapporto getto/tela, quando il getto entra nel formatore, si avranno effetti relativamente scarsi, e l'orientamento finale rimane alto.

Al contrario, se un maggior numero di fibre si orienta in modo casuale, come potrebbe avvenire nel caso di un'apertura più larga, variando il rapporto getto/tela, si provocano cambiamenti d'entità significativa nella grandezza dell'orientamento del foglio.

3.2 Turbolenza e rapporto getto/tela

È pratica comune servirsi di lamelle nel becco della cassa d'afflusso per creare una certa turbolenza nel getto del labbretto. Più il flusso è turbolento, meno le fibre hanno tendenza ad orientarsi seguendone la direzione, poiché la turbolenza le sparpaglia in modo casuale. La reazione della grandezza dell'orientamento (lunghezza di rottura direzione macchina - direzione trasversale) ai cambiamenti avvenuti nel rapporto getto/tela dipende, perciò, dal grado di turbolenza nel flusso (Fig.6).

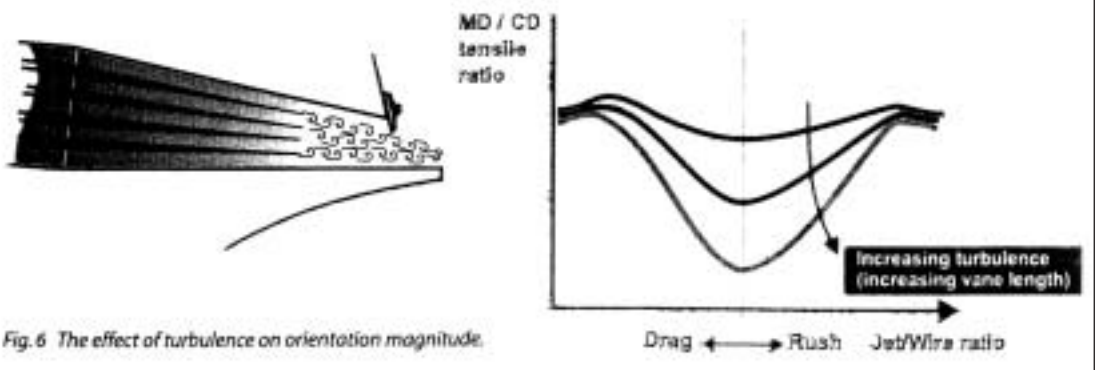
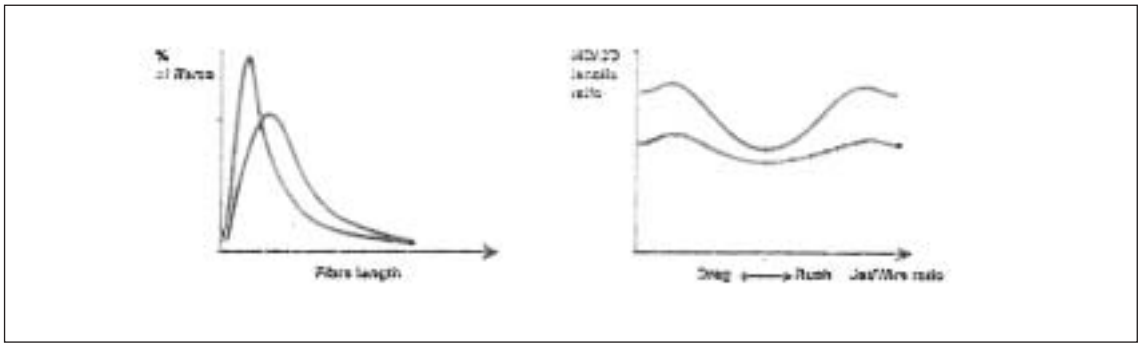


Fig. 6 The effect of turbulence on orientation magnitude.

Tuttavia, nella pratica, l'effetto della turbolenza sui gap former a lama e a cilindro, è molto più forte degli effetti della contrazione. Sia con i gap formers a lama che con i formatori ibridi, il drenaggio che si verifica in condizioni di turbolenza è molto minore di quella con un gap former a lama e a cilindro. Per questo motivo, le casse d'afflusso con lamelle utilizzate con i formatori ibridi hanno un impatto trascurabile sul controllo della grandezza dell'orientamento. Al contrario, gli effetti della turbolenza sono più cospicui sui gap former a lama e a cilindro. Di solito le lamelle si usano con i gap former a lama e a cilindro solo per la carta fine, dove il carico di rottura tra direzione macchina e direzione trasversale che si vuole ottenere si mantiene a livelli bassi (cioè al di sotto di 3). Per la maggior parte dei tipi di carta con pasta legno, questo rapporto in media è compreso tra 3 e 4, e non si ricorre alle lamelle.

3.3 Distribuzione delle fibre in base alla lunghezza



La Figura 7 mostra in principio che, nelle stesse condizioni di cassa d'afflusso e formatore, una cellulosa composta da fibre più lunghe produce un foglio con orientamento fibre più elevato, rispetto ad una con fibre corte. Questo avviene perché più le fibre sono lunghe (o rigide), più esse si orientano nella stessa direzione sia con la contrazione sia con il rapporto G/T. La carta da giornali prodotta con un gap former a lama e a cilindro senza lamelle, si colloca nella gamma di indice di lunghezza di rottura compresa tra 3 e 4. In confronto, è stato riscontrato che, per alcuni impasti LWC a fibra estremamente lunga (una miscela di cellulosa e TMP), il rapporto di trazione (TSI) era compreso tra 5 e 7 a parità di formatore. Non si tratta di cifre realistiche nell'ambito di produzioni commerciali di carta, e in questi casi eccezionali è necessario usare le lamelle persino per ottenere carichi di rottura minori di 4. Esistono casi estremi in cui gli impasti non sono ottimali per l'utilizzo finale, ma questo dimostra che impasti diversi hanno tendenze diverse all'orientamento in condizioni simili di rapporto GIT, turbolenza e contrazione.

3.4 Regolazione fine e altre influenze minori sul TSI

Esistono due regolazioni su un gap former a lama e a cilindro che possono interessare il carico di rottura tra direzione macchina e direzione trasversale (TSI). Aumentando il vuoto del rullo formatore, si ottiene di solito un livello di orientamento leggermente più alto. Questo avviene perché, con valori di vuoto più alti, si verifica una speratura migliore del foglio nel punto di scorrimento massimo nel processo di formazione. Anche l'angolo di impatto del getto sulla linea di contatto del rullo formatore esercita una scarsa influenza. Se il getto ha maggiore impatto sul cilindro stesso piuttosto che sul telato che forma la linea di contatto, il livello di orientamento si abbasserà di poco, e la formazione sarà di poco più scarsa. È possibile vedere l'effetto dell'angolo di impatto anche sulle tavole piane e sui formatori ibridi. Più l'angolo d'impatto sulla tela di formazione è acuto, più alto sarà il carico di rottura. Questo avviene perchè in condizioni di distacco massimo, si scarica una quantità maggiore di acqua, in maniera simile al caso del vuoto del rullo formatore del gap former. Un'attività maggiore sulla tavola di formazione di una Fourdrinier o di un formatore ibrido riducono il carico di rottura, e allo stesso modo causano la sistemazione casuale nella sospensione delle fibre non drenate. Nel caso in cui le fibre drenino, lo schema ha un andamento più casuale, di quanto avverrebbe con un'attività minore. Anche la linea di contatto superiore di un formatore ibrido è in grado di creare un certo distacco che aumenta il carico di rottura e in confronto ad una Fourdrinier. Questo effetto si fa sentire soprattutto nei modelli più vecchi di formatori ibridi, in cui il primo elemento drenante è il rullo formatore. La superficie superiore dell'impasto viene sottoposta a decelerazione man mano che supera la linea di contatto, a causa della pressione creata dalla tensione della tela che avvolge il rullo formatore. Più il diametro del rullo formatore è piccolo, maggiormente aumenta la pressione della linea di contatto e della forza di distacco risultante. Questo fenomeno porta alla creazione della bilateralità dell'orientamento e può far nascere difficoltà nel controllo della bombatura. Questo fenomeno di distacco nella superficie superiore non si verifica nei formatori ibridi moderni che utilizzano sistemi di caricamento a lama, perché la loro curvatura nella linea di contatto in entrata è molto piccola.

3.5 Formazione e ottimizzazione del rapporto delle lunghezze di rottura: TSI

Sfortunatamente non è possibile alterare l'orientamento a prescindere dalla formazione. Se si cambia la contrazione di flusso regolando l'apertura del labbretto, anche la densità nella cassa d'afflusso viene modificata. Cambiamenti nel rapporto getto/tela interessano contemporaneamente sia l'orientamento sia la speratura (vedi Figura 1).

Cambiamenti nella turbolenza per modificare l'orientamento esercitano un influsso anche sulla tendenza alla flocculazione della cellulosa, perciò la formazione viene alterata. La turbolenza in aumento ha effetti contrastanti per quanto riguarda la speratura. La distribuzione casuale del profilo di grammatura su micro scala aumenta, facendo peggiorare la formazione, ma allo stesso tempo, la cellulosa viene gradualmente sottoposta a deflocculazione, migliorando la qualità della formazione. Esaminando questi effetti contrastanti, si deduce che esiste un livello di turbolenza ottimale (come scala ed intensità) unico per ciascun impasto di cellulosa, che dà origine a sua volta alla speratura migliore. Ottenere la migliore speratura possibile con un particolare TSI significa, nella pratica, trovare la combinazione ideale tra la giusta lunghezza delle lamelle e il bilanciamento tra getto e tela appropriato per ogni impasto.

Inoltre, la combinazione tra speratura e orientamento è influenzata anche dal modello di formatore e dal tipo di impasto. Con una cassa d'afflusso dotata di lamelle, è possibile variare il carico di rottura, spaziando attraverso una gamma piuttosto ampia in tutti e due i casi. Nel caso dell'impasto A, utilizzato in concomitanza con una forming shoe, risultati ottenuti mostravano che la formazione dipendeva soprattutto dal TSI. Ricorrendo alla pulsazione massima possibile per le lame di caricamento, la formazione dell'impasto migliorava e non era più così vincolata al carico di rottura (per esempio, con le lame di caricamento la curva risultava più larga di quanto avvenisse con la forming shoe). Tuttavia, persino i risultati migliori dell'impasto A con un alto carico di rottura erano inferiori qualitativamente a quelli peggiori ottenuti con l'impasto 6 con un valore basso.

In conclusione, le proprietà dell'impasto possono influenzare la combinazione di orientamento e speratura in misura maggiore persino dei modelli di cassa d'afflusso e di formatore e della loro ottimizzazione.

3.6 Effetti del rapporto getto/tela

I tre diagrammi della Figura 4 dimostrano, in forma schematica, in che modo la formazione, il carico di rottura e l'angolo di disallinearnento, in corrispondenza di un certo punto nella direzione trasversale, variano se il rapporto getto/tela cambia dalla modalità rush a quella drag .

L'andamento di queste curve cambia in maniera cospicua a seconda dell'impasto e del modello di formatore e di cassa d'afflusso.

Per i formatori ibridi, si raggiunge la speratura migliore quando il rapporto GIT si è molto vicino all'unità, mentre subisce un graduale peggioramento man mano che aumenta Io scorrimento. Al contrario, la speratura peggiore per i gap formers si ottiene proprio con rapporti getto l tela vicini a 1 proprio col minimo valore dello scorrimento (shear).

Quando il rush aumenta, la formazione raggiunge un livello ottimale: tuttavia, se quest'ultimo viene decisamente superato, la rete delle fibre comincia a spezzarsi (speratura collassata, rotta o barrata). È possibile ottenere il massimo della speratura anche in drag; di solito l'optimum in rush fornisce risultati migliori di quello in drag, ma in un numero relativamente minore di casi quest'ultimo (Drag) si rivela il più vantaggioso. La spiegazione dell'asimmetria esistente tra rush e drag, trae la sua origine dal diverso valore di scorrimento che il nastro subisce a causa della decelerazione della sospensione delle fibre durante il drenaggio. Effettivamente si verifica un aumento dello scorrimento in drag, e una diminuzione in rush, e dal punto di vista empirico, è stato sperimentato che la maggior parte degli impasti di cellulosa forniscono una reazione migliore alla speratura lavorando in drag.

Il valore minimo del TSI si verifica in corrispondenza dell'effettivo punto di unità del rapporto getto 1 tela per tutti e due i modelli di formatore. A seconda che questo binomio salga (rush) o scenda (drag) in riferimento al punto di unità, il TSI aumenta gradualmente fino a raggiungere un certo valore limite. Portando Lo scorrimento oltre questo livello, la grandezza dell'orientamento scende leggermente, fino a stabilizzarsi su un piano costante (plateau). Si pensa che il motivo per cui l'orientamento non diminuisce in maniera indefinita con l'aumentare dello scorrimento, risieda nella turbolenza che si crea nella parte ancora non formata del foglio, quando il rapporto di scorrimento ha valori notevoli. Perciò, la parabola

del TSI in contrapposizione con la curva del rapporto getto 1 tela si presenta asimmetrica, mentre il lato drag è più acuto.

La causa di questa asimmetria è la stessa differenza nell'azione delle forze di scorrimento che danno origine alle differenze di formazione tra rush e drag. Per i formatori a lama e a cilindro, il punto di unità effettivo, in cui la grandezza di orientamento è al minimo, non si verifica quando il rapporto getto/tela è uguale a 1. Il getto in entrata, che incontra la linea di contatto del formatore subisce una decelerazione, la cui entità corrisponde alla pressione esercitata in quel punto. Quest'ultima (P) trae la sua origine dalla tensione (T) della tela che avvolge il cilindro di formazione, e corrisponde circa a P = T/R, dove R indica il raggio del cilindro. Perciò, il rapporto getto/tela che produce l'orientamento minimo necessita di un ulterlore elemento, in modo che dopo la decelerazione questo binomio sia uguale a 1. È possibile programmare il sistema di controllo della pressione della cassa d'afflusso per compensare automaticamente i cambiamenti di velocità: proprio con la misurazione on line dell'orientamento si può effettuare questa correzione e con l'ulteriore sicurezza data dal loop di controllo feedback. Inoltre, è preferibile avere come criterio di controllo le variazioni di velocità getto/tela, piuttosto che il rapporto getto/tela stesso. Perciò, se si utilizzano le differenze, questo significa che le stesse regolazioni possono essere introdotte a velocità diverse, tenendo a mente che al di sotto di un valore minimo, è necessario variare nuovamente la velocità, ma quando si utilizzano alcuni rapporti particolari, le regolazioni ottimali devono essere ricalcolate a diverse velocità.

3.7 Profilo dei valori dell'orientamento

Il profilo dei valori dell'orientamento, rilevato all'arrotolatore con sistemi ad ultrasuoni e di misurazione della resistenza alla trazione, presenta una forma ad U trasversalmente alla macchina (cioè è maggiore vicino ai bordi), come risulta dal grafico riportato nella fig.2. Il profilo viene originato dal ritiro che si verifica nei tiri aperti e nella seccheria. Dato che nel foglio i bordi non supportati si ritirano maggiormente che al centro, la resistenza alla trazione, trasversale alla macchina, diminuisce vicino ai bordi, per cui l'indice MD 1 CD (senso macchina 1 perpendicolare alla macchina) aumenta vicino ai bordi. Questo fenomeno non deriva da alcuna disuniformità di orientamento del foglio sul former o nella cassa d'afflusso, per cui i dispositivi ottici di trasmissione, che rilevano soltanto l'orientamento delle fibre senza gli effetti del ritiro, non sono in grado di rilevare questa forma ad U. Ciò nondimeno esso rappresenta un fattore importante per il prodotto finale, in quanto i bordi con maggiore ritiro risultano essere sempre molto meno stabili ed influiscono negativamente sulla rigidezza trasversale.

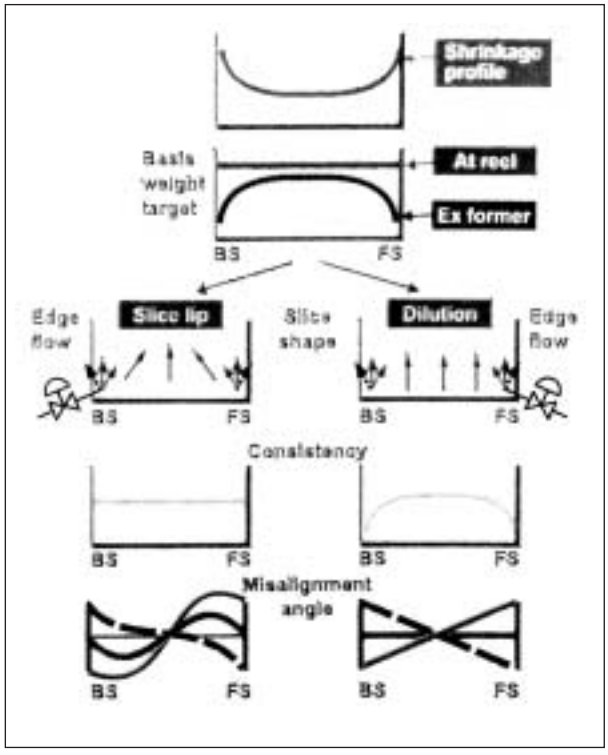
L'unico sistema pratico per ridurre questo andamento dei rapporti della tensione o resistenza alla rottura consiste nel prendere misure adeguate per ridurre al minimo il ritiro totale. Leggeri miglioramenti possono essere ottenuti riducendo per quanto possibile il tiro e tarando l'essiccamento, comunque per la maggior parte delle continue, queste soluzioni danno risultati solo limitati. Il metodo più pratico è quello di ridurre il valore medio generale della grandezza dell'orientamento, per cui, aumentando il corrispondente valore medio di stabilità dimensionale, diminuisce la differenza di ritiro tra bordi e centro e si ottiene uniformità del profilo o andamento dei rapporti delle resistenze alla rottura lungo la larghezza del foglio.

4. Controllo del profilo dell'angolo di disallineamento

Variazioni nel profilo dei valori di disallineamento possono essere ascritte a più cause. In linea di massima, qualsiasi variazione in grado di generare un flusso trasversale nella pasta all'interno della cassa d'afflusso (o nella zona di formazione) provocherà una variazione dell'angolo di disallineamento. Questo articolo illustra come sia possibile intervenire sulle Cause più comuni di tali variazioni. Vengono inoltre discussi alcuni esempi tra i meno noti (come casistica), al fine di dimostrare come la prevenzione sia necessaria in questi casi.

4.1 Effetti del profilo del ritiro e casse d'afflusso a diluizione controllata

Il profilo dei valori del ritiro trasversale è generato dalla combinazione di tiri e sollecitazioni durante l'essiccamento. I bordi del foglio subiscono un ritiro pari a circa il 7% ove il centro è sottoposto ad un ritiro di solo un 20/0 circa. Questo profilo differenziato di ritiro comporta non solo variazioni nei valori dell'orientamento (come descritto nel caso 3) ma anche variazioni nell'andamento dei valori riferiti all'angolo di disallineamento. Il meccanismo è rilevabile nella fig. 8.



Al fine di ottenere un profilo piatto di grammatura all'arrotolatore, il profilo di grammatura al former deve essere l'immagine speculare del profilo del ritiro. Per ottenere ciò, il labbro dello slice deve essere curvato in modo da ottenere una apertura minore dello slice vicino alla zona dei bordi. Questa apertura non uniforme dello slice convoglia il flusso verso il centro macchina. Queste correnti trasversali nelle zone centrali al lato comando ed al lato servizio si muovono in direzioni opposte e generano un profilo orizzontale a forma di S. La grandezza de1 profilo ad S è fortemente influenzata dalle caratteristiche dell'impasto, ovvero dalla sua capacità di ritiro e di orientamento.

Ogni variazione del profilo di grammatura influisce inoltre anche sulla grandezza del profilo ad S. Se il profilo dello slice è uniforme, il profilo di grammatura aumenta vicino ai bordi come conseguenza del ritiro, ma si ottiene una diminuzione delle variazioni dell'andamento dei valori riferiti all'angolo di disallineamento. Una interazione similare tra angolo di disallineamento e profilo di grammatura si riscontra anche quando si agisce individualmente sulle viti di regolazione dello slice. Correggendo il profilo di grammatura mediante le viti di regolazione dello slice, i flussi trasversali che correggono il profilo di grammatura provocano variazioni dell'angolo di disallineamento, nei punti ove si è intervenuto sulle viti.

Il vantaggio offerto dalle casse d'afflusso con controllo della diluizione è che è possibile s6parare l'interazione tra profili di grammatura e angolo di disallineamento sia a livello locale che su tutta la larghezza macchina. La necessità di regolare il profilo di grammatura partendo dal former è la stessa anche con una cassa d'afflusso tradizionale, in quanto il ritiro agli essiccatori viene generato indipendentemente dal tipo di cassa d'afflusso. È possibile tuttavia mantenere piatto il profilo dello slice e contemporaneamente correggere il profilo di grammatura aumentando la diluizione vicino ai bordi al fine di creare un profilo di densità. Essendo l'apertura dello slice uniforme, non vengono generate correnti trasversali vicino allo slice e quindi il profilo dell'angolo di disallineamento resta uniforme. Il compromesso in questo caso è quello di creare un profilo di densità nella cassa d'afflusso. Alcune caratt6ristiche della carta cambiano cambiando la densità in cassa d'afflusso, particolarmente quando si tratta di carte con elevato contenuto di additivi.

CASO PRATICO:

Una cassa d'afflusso con controllo della diluizione presentava un profilo dei valori riferiti all'angolo di disallineamento con forma ad S di +/- 6° anche se lo slice era regolato uniformemente su tutta la larghezza macchina. Aumentando la temperatura del canale di riscaldo dello slice di 7° sopra la temperatura pasta, è scomparsa la forma ad S ed il profilo dell'angolo di disallineamento è risultato essenzialmente uniforme entro +/- 2°.

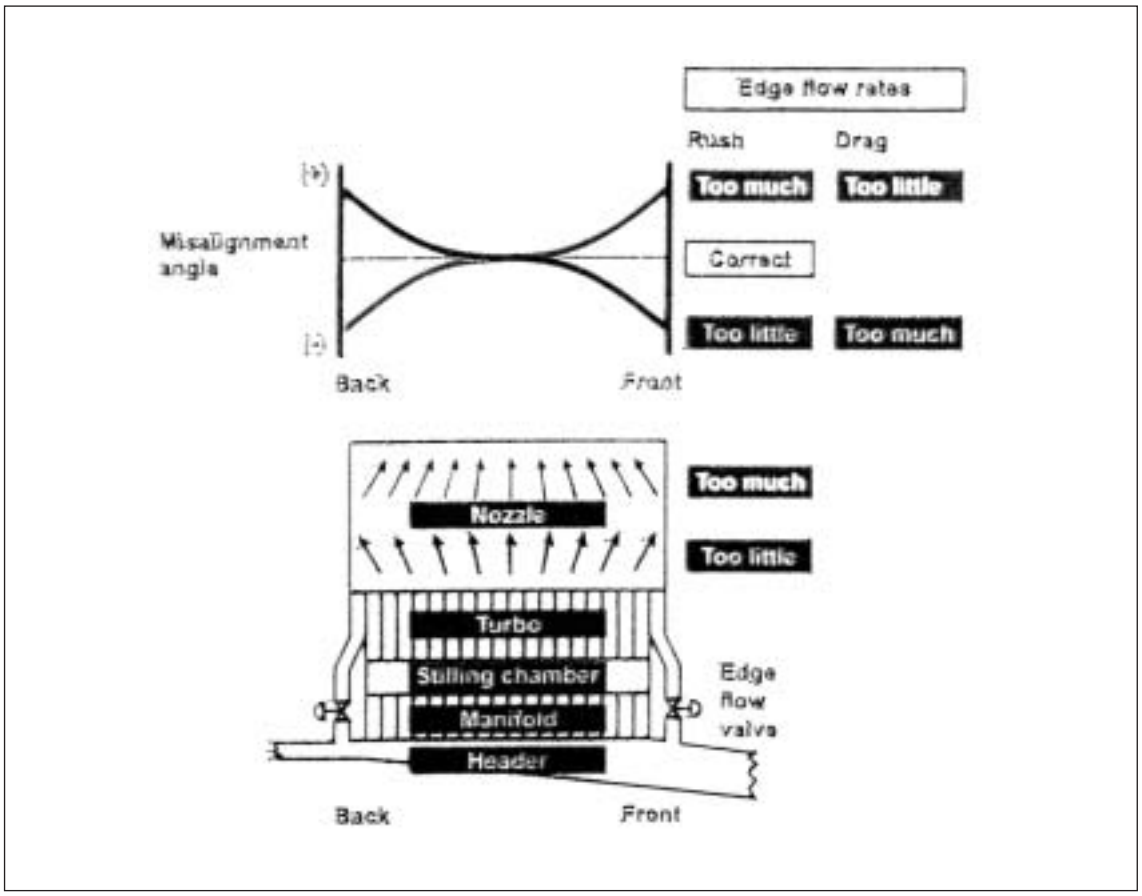
Ciò significa che non solo il labbro dello slice ma tutta la zona di efflusso deve essere mantenuta piatta al fine di evitare che i flussi trasversali generino variazione dell'angolo di disallineamento. Il controllo della temperatura del canale di riscaldo dello slice consente di ottenere una regolazione estremamente precisa della forma della bocca d'efflusso. Gli autori hanno anche riscontrato casi in cui la deformazione della zona di efflusso era dovuta a elevate differenze di temperatura dell'aria tra il lato comando ed il lato servizio della continua. Un accurato studio sulla ventilazione e portate e temperature adeguate per gli spruzzatori della cassa d'afflusso possono contribuire a ridurre il pericolo di deformazioni termiche.

4.2 Regolazione del flusso ai bordi della cassa d'afflusso per controllare variazioni nelle correnti trasversali

Flussi trasversali presenti alla bocca d'efflusso possono essere provocati non solo dalla regolazione dello slice, eseguita per compensare gli effetti del ritiro, ma anche da altre cause, ad esempio:

a) se la temperatura dell'ambiente circostante la cassa d'afflusso non è uniforme, la simmetria della bocca d'efflusso può subire variazioni
b) una valvola di ricircolo nel collettore non correttamente regolata può creare disuniformità nel bilanciamento delle pressioni tra il lato comando ed il lato servizio.
c) L'attrito contro le pareti laterali nella zona di efflusso può provocare una variazione della velocità del getto ai bordi.
d) Tutto ciò che provoca una caduta di pressione trasversalmente alla cassa d'afflusso. Ad esempio, l'accumulo di sporco nella zona conica dei tubi di flusso o l'erosione dello spigolo acuto della zona di ingresso dei tubi Cause esterne possono provocare flussi trasversali sul former e quindi anche variazioni dell'angolo di disallineamento, anche quando la cassa d'afflusso è completamente estranea a questo fenomeno.
e) Perdite laterali di pasta sui bordi della tavola piana e dei former ibridi, che provocano flussi trasversali sulla tavola piana. Questo è in pratica un problema che riguarda macchine lente con notevoli aperture dello slice.
f) Errato allineamento o errata regolazione della zona di formazione possono provocare profili non uniformi di drenaggio trasversalmente alla macchina con conseguenti flussi trasversali.
g) Un profilo non uniforme dei valori riferiti alla ritenzione è il risultato di un errore generato nella zona di formazione e comporta la formazione di flussi trasversali nella zona di efflusso, nel caso in cui il profilo di grammatura venga compensato agendo sulle regolazioni del labbro dello slice.
h) Difetti nella topografia della tela

Variazioni dei flussi trasversali possono essere gestite agendo attivamente sui flussi trasversali nella zona di efflusso. Ciò è possibile quando la cassa d'afflusso prevede anche il controllo del flusso sui bordi, come illustrato nella fig. 10.



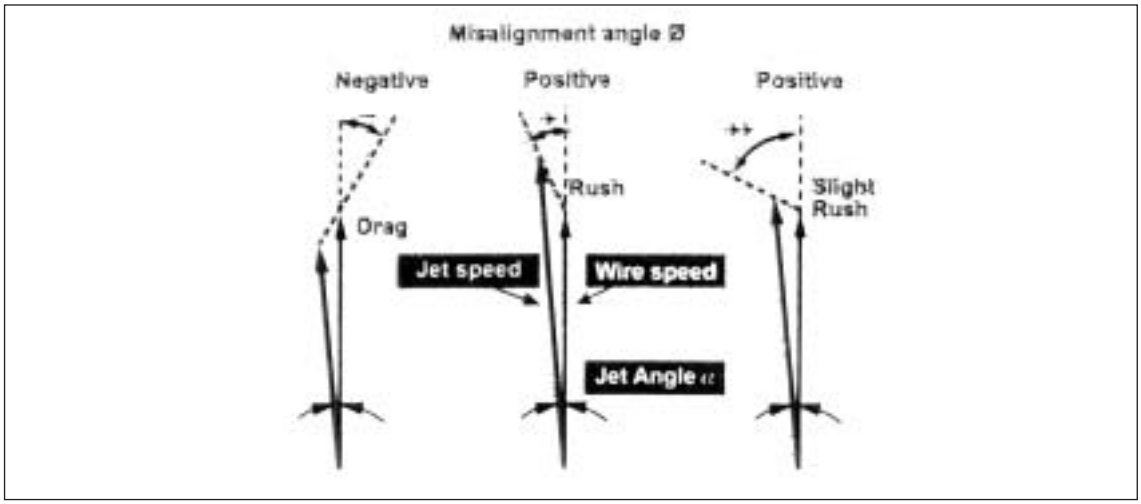
La regolazione dei flussi sui bordi modifica il bilanciamento delle pressioni tra il lato comando ed il lato servizio nella zona di efflusso e quindi i flussi trasversali possono essere gestiti in modo da compensare errori sia interni che esterni. Il flusso che passa attraverso i canali del flusso sui bordi, by-passa sia il sistema di diluizione che il generatore della turbolenza. Tuttavia la zona del flusso ai bordi è molto stretta e questa parte del foglio viene rifilata al couch. L'azione esercitata dalle correnti trasversali nel modificare il bilanciamento delle pressioni nella zona di efflusso influisce sulla forma dei flussi trasversali su tutta la larghezza del foglio, come illustrato schematicamente nella fig. 10. In un caso noto agli autori, una macchina utilizza acqua bianca, che viene immessa nei canali di flusso dei bordi. Oltre a controllare il profilo dei valori dell'angolo di disallineamento. l'impiego dell'acqua bianca è risultato vantaggioso nel prevenire l'accu-

mulo di fibre sui regoli del formato nella tavola piana convenzionale.

Con le casse d'afflusso a diluizione controllata è possibile adottare una strategia alternativa che consente di controllare i flussi trasversali nella zona di efflusso. Dato che non si agisce più sulla regolazione del labbro dello slice per controllare la grammatura, il labbro dello slice può essere usato per controllare l'angolo di disallineamento. Tuttavia questo sistema presenta notevoli svantaggi rispetto al sistema che prevede flussi sui bordi, in quanto che modifica l'angolo di contatto del getto sul former. Per questo motivo la strategia di usare il labbro dello slice consente soltanto di controllare il profilo dell'angolo di disallineamento a scapito però di altri problemi derivanti dalla variazione dell'angolo di contatto del getto, primo tra tutti la variazione del doppio viso dovuta all'orientamento. Per il controllo completo dell'angolo di disallineamento, la combinazione tra controllo della diluizione della grammatura e regolazione dei flussi sui bordi è risultata essere la migliore soluzione.

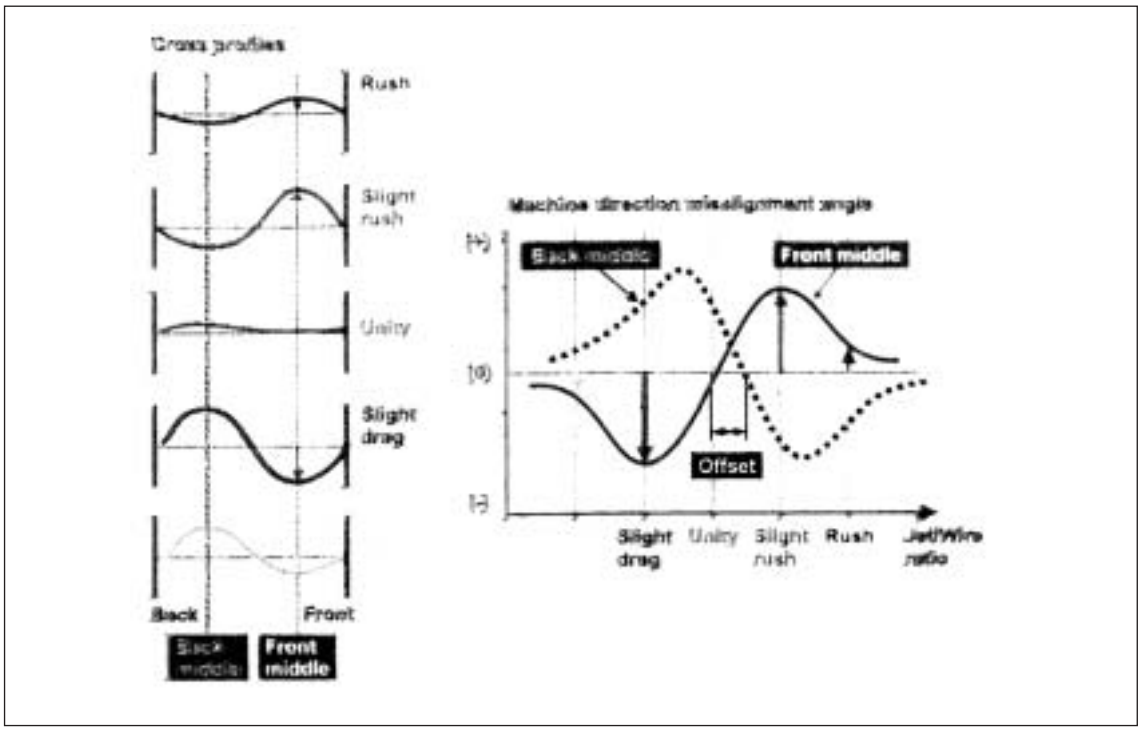
4.3 Effetto del rapporto getto/tela sull'angolo di disallineamento

La grandezza ed il segno delle variazioni dell'angolo di disallineamento dipendono non solo dai flussi trasversali in cassa d'afflusso o sul former ma anche dal rapporto getto/tela nel punto in cui si verifica il drenaggio delle fibre. Il principio in base al quale il rapporto getto/tela influisca sia sul segno che sulla grandezza è riportato nella fig. 11.



Se il getto contiene un certo flusso trasversale esso tocca la tela con un angolo “α” rispetto alla direzione macchina. Il risultante angolo di disallineamento “ø” dipende non solo da “α” ma anche dal rapporto getto/tela. Quando la velocità del getto è in drag, il segno del conseguente angolo di disallineamento “ø” è opposto in rush anche se la variazione “α” dell’angolo di disallineamento resta costante.

Quando la velocità del getto è vicina a quella della tela l’angolo “ø” di disallineamento si amplifica enormemente rispetto alla variazione originale dell’angolo del getto “α”. Per gli effetti della turbolenza, non tutte le fibre del getto hanno la stessa velocità, ma la loro velocità si aggira piuttosto intorno alla velocità media del getto. Anche strati diversi di fibre hanno valori unitari leggermente differenti di rapporto getto/tela, per cui, se si considera il foglio intero, si riscontra una tendenza al valore medio degli angoli di disallineamento in ciascun strato. Questi due effetti significano che quando la velocità media del getto è tenuta perfettamente uguale a quella della tela, il conseguente angolo di disallineamento di tutto il foglio è zero piuttosto che 90° (un valore di 90° può essere riscontrato in nei singoli strati di fibre). Gli effetti pratici di questa teoria possono essere esaminati nella fig. 9, ove il comportamento dell’andamento dell’angolo di allineamento è tracciato come funzione del getto/tela.



Questa figura illustra la variazione base della forma ad "S" generata dagli effetti del ritiro con casse d'afflusso con slice regolato. In questo caso i flussi trasversali sono normalmente maggiori nella parte centrale sia al lato comando che al lato servizio. Prendendo in considerazione la parte centrale al lato servizio illustrata nella fig. 9 (a sinistra), la variazione dell'angolo di disallineamento aumenta quando il rapporto getto/tela viene ridotto da rush a leggero rush, ma poi diminuisce a zero quando si il rapporto getto/tela viene ulteriormente portato a uno. Una ulteriore riduzione del rapporto getto/tela a "leggero drag" implica un aumento della grandezza della variazione dell'angolo di disallineamento ma nel segno opposto a quello riscontrato nel rush. Una ulteriore riduzione del rapporto getto/tela da leggero drag a drag riduce la grandezza della variazione dell'angolo di disallineamento.

Questo comportamento di un particolare punto nel profilo trasversale può inoltre essere tracciato come funzione del rapporto getto/tela (fig. 9 a destra). Questo diagramma offre numerosi impieghi pratici per la ricerca guasti...

a) Nella **FIG. 4** è possibile vedere il principio generale di come avviene la formazione. Sia il rapporto di resistenza alla rottura in MD/CD che l'angolo di disallineamento vengono influenzati contemporaneamente da una alterazione del rapporto getto/tela. In pratica l'esatto andamento delle curve illustrate nella fig. 4 (e nella fig. 9) risulta unico per ciascuna combinazione di cassa d'afflusso, former e impasto. Si dovrebbe notare in pratica che la risposta dell'angolo di disallineamento in drag spesso non è speculare a quella ottenuta in rush. Talvolta le variazioni dell'angolo di disallineamento possono essere ridotte in drag rispetto al corrispondente quantitativo di rush. Un'altra caratteristica evidenziata da questo diagramma è che la forma della risposta dell'angolo di disallineamento a modifiche del rapporto getto/tela è molto ripida vicino alla unità. Per cui lievi modifiche nella velocità del getto (pressione in cassa d'afflusso) generano grandi modifiche nel profilo dell'angolo di disallineamento quando si lavora vicino alla unità. Il caso più estremo si presenta quando le fluttuazioni della pressione in cassa d'affiusso sono tali da far oscillare la velocità del getto tra rush e drag. Questo pro-

voca l'inversione di tutto il profilo dell'angolo di disallineamento di un ciclo che corrisponde alla variazione della pressione in cassa d'affiusso. Gli effetti sulla funzionalità della macchina sono di solito disastrosi. Lavorare vicino alla unità di rapporto gettoltela è spesso una situazione piuttosto instabile.

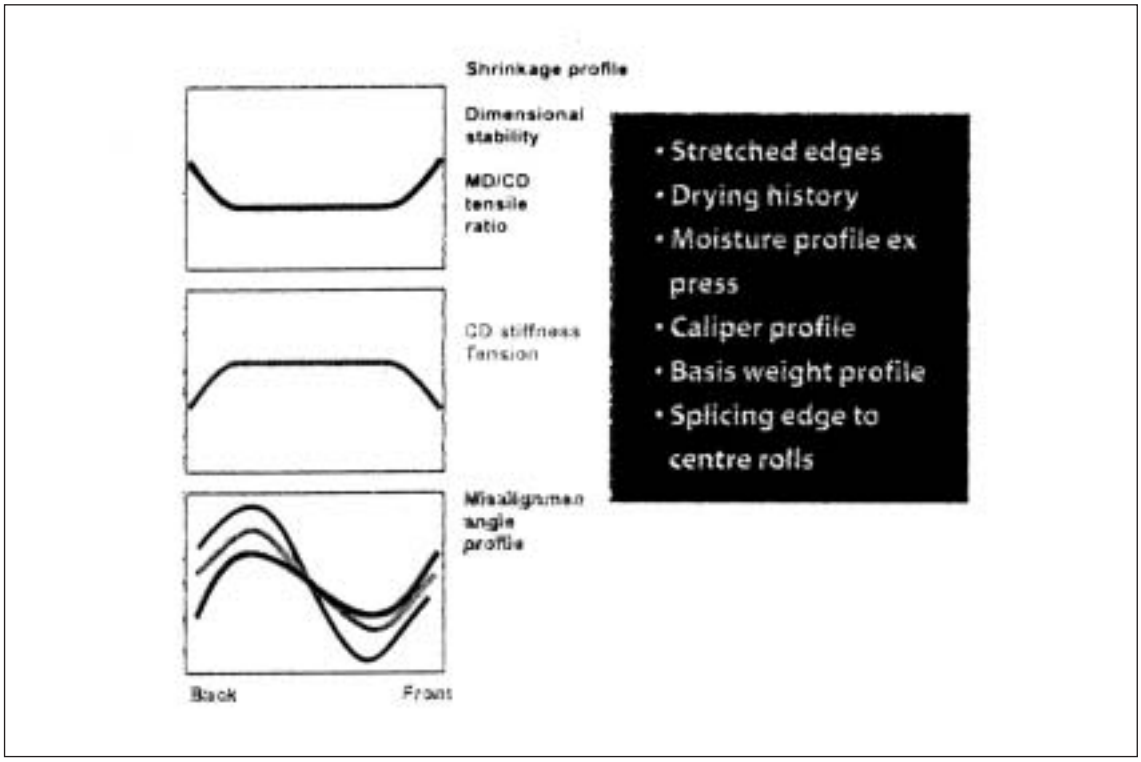
b) Il valore del rapporto getto/tela ove la variazione dell'angolo di disallineamento incrocia lo zero è la vera unità. Questo è di solito il modo più preciso per determinare la taratura del rapporto getto/tela.

c) L'esempio riportato nella fig. 9 è disegnato con il profilo "S" provocato dal ritiro leggermente distorto attraverso la macchina. Quando si traccia le variazioni dell'angolo di disallineamento riferite sia alle parti centrali al lato comando che a quelle al lato servizio come una funzione del rapporto getto/tela, allora sembra che ci sia un disassamento tra la taratura della unità di queste due posizioni (ved. fig. 9 destra e sinistra). Il valore di disassamento corrisponde alla differenza relativa nella velocità del getto tra queste due posizioni. Tracciando le curve per più posizioni trasversali alla macchina è possibile calcolare il profilo relativo della velocità del getto dallo slice nella direzione della macchina.

5. La causa dei difetti sui rotoli ricavati dai bordi

È un problema piuttosto comune che i rotoli ricavati dai bordi abbiano una maggiore tendenza alla formazione di grinze e presentino problemi di cattiva registrazione dei rotoli ricavati dal centro macchina. Esiste una quantità di cause per questo problema e alcune di esse sono riferite a errori nell'orientamento delle fibre.

Con un profilo del ritiro a forma di "U" si ottengono profili similari ad "U" sia per i valori riferiti al rapporto che per i valori riferiti alla stabilità dimensionale, i rotoli ricavati sui bordi sono quindi sempre meno dimensionalmente stabili di quelli ricavati al centro (fig. 12).



Il profilo del ritiro non può essere evitato (né compensato come riportato nel caso 3), ma può essere ridotto al minimo. Tiri minori e meno precisi possono aiutare a migliorare la stabilità dimensionale anche se in pratica Io scopo è spesso limitato da altre considerazioni. La stabilità dimensionale è inoltre fortemente influenzata dalla storia dell'essiccamento, ma di nuovo se una macchina è vicino ai suoi limiti di capacità essiccativa non c'è scopo nel procedere alla regolazione. Nella maggior parte dei casi, l'abbassamento del rapporto medio di tensione MD/CD su tutto il foglio, è di solito il sistema migliore per aumentare la stabilità dimensionale dei rotoli ricavati dai bordi. Dato che l'origine del profilo di ritiro deriva dalle sollecitazioni di essiccamento e/o dal tiro umido, il modo migliore per rilevarlo è la misurazione del rapporto dei valori di resistenza alla trazione o il rilevamento con ultrasuoni. I sistemi ottici di trasmissione non sono così efficaci per risolvere questo tipo di problema.

Si pensa comunemente che le variazioni dell'angolo di disallineamento sono la causa delle variazioni nei rotoli dei bordi , tuttavia l'esperienza degli autori dice che raramente questa è il motivo principale. Ovviamente se la variazione dell'angolo vicino ai bordi è estrema allora i bordi contribuiscono a creare il problema, ma se la zona dei bordi è entro +/- 3° - 4° questo è di norma sufficiente e i tentativi di messa a punto dovrebbero essere rivolti verso altri fattori. È da notare tuttavia che se il rapporto della variazione dell'angolo vicino ai bordi è eccezionalmente brusca, questo ha il potenziale per causare problemi anche se il valore della variazione dell'angolo non è elevato.

Anche altre caratteristiche della carta subiscono l'influenza del profilo del ritiro e contribuiscono ai problemi connessi con i rotoli dei bordi. Sia la rigidità trasversale che la tensione si riducono in vicinanza dei bordi, e di nuovo gli interventi per minimizzare questo problema sono di nuovo molto limitati e non vanno oltre la riduzione del ritiro, ottenuta riducendo il rapporto della tensione MD/CD. Una ulteriore discussione sul controllo del profilo della tensione è riportata nel par. 8.

Problemi locali riferiti al profilo della tensione possono presentarsi quando parte del foglio è costretto a percorrere un tratto più lungo. Tutto quello che rende disuniforme la linea di distacco da un cilindro di pressa causerà questo tipo di problema - profilo di umidità, profilo dell'orientamento dalla cassa d' afflusso o dal former, rugosità della superficie del cilin-

dro di pressa, disallineamento dei guidacarta, ecc.

Quando si vuole ovviare al problema dei rotoli ricavati dai bordi è fondamentale che i profili di grammatura, spessore e umidità siano sufficientemente buoni, poiché variazioni locali in questi profili contribuirebbero solo ad esagerare i difetti connessi con l'orientamento delle fibre. Può a volte succedere che una grinza si formi subito dopo che una giunzione è passata attraverso una unità di stampa. Una possibile causa per questo particolare difetto è che un rotolo ricavato dal bordo è stato incollato ad un rotolo ricavato dal centro macchina.

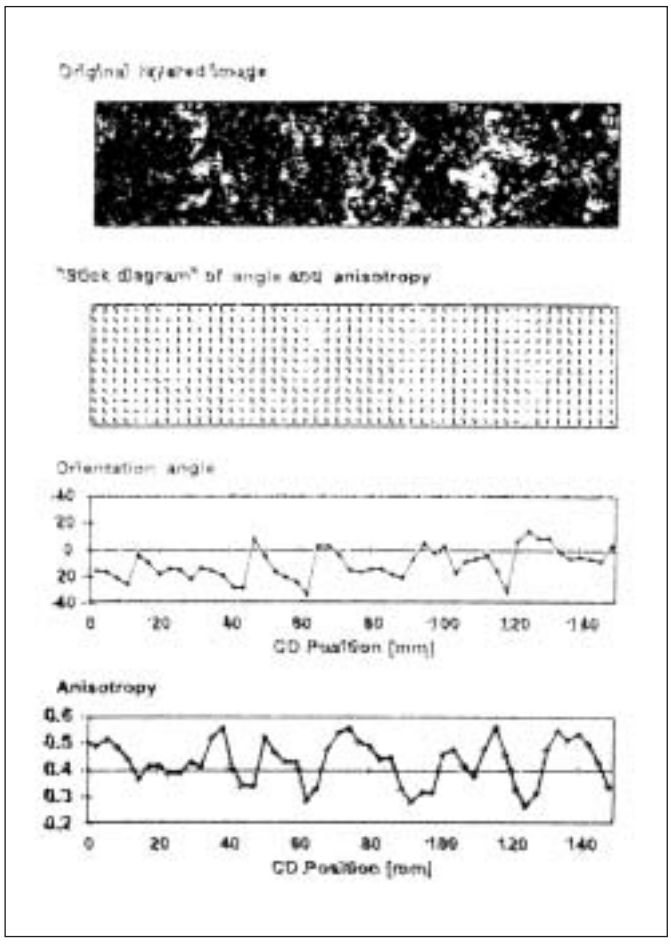
Se il ritiro, le tensioni ecc. dei due rotoli sono sufficientemente differenti, allora il difetto può verificarsi dopo la loro giunzione. Un ritiro maggiore crea una rugosità maggiore vicino ai bordi. Anche la porosità vicino ai bordi è di solito maggiore che al centro (particolarmente con grammature leggere), poichè il profilo di grammatura formato nella parte umida deve essere inferiore vicino ai bordi per compensare il profilo del ritiro.

Questi due fattori influiscono negativamente sulla qualità di stampa vicino ai bordi, mentre gli altri fattori sopra citati influiscono sulla funzionalità della pressa di stampa.

6. L'orientamento su piccola scala delle fibre influisce sulla struttura della carta

Quando detto finora sull'orientamento delle fibre riguardava le variazione su scala "macro", e cioè i profili riferiti a tutta la larghezza del foglio o a tutte le caratteristiche medie del foglio. I paragrafi 6 e 7 riguardano invece le variazioni su scala "micro", come ad esempio la struttura dell'orientamento in direzione Z (o verticale), la bombatura dei bordi del rotolo, il rigonfiamento, e la striatura dell'orientamento delle fibre. È stato sviluppato un sistema molto preciso per misurare l'orientamento delle fibre su piccola scala, basato sull'analisi dell'immagine, il quale consente di studiare singoli strati di fibre in tutta la direzione Z. Un esempio dei risultati ottenuti con questo sistema è riportato nella fig. 13.

Questo esempio è riferito al terzo strato di fibre partendo dalla parte inferiore del foglio, per cui il foglio è stato sezionato (a strappo) in 8 strati. Nel diagramma stick la lunghezza e l'angolo di ciascuno stick rappresentano rispettivamente il valore dell'orientamento (anisotropia) e l'angolo di orientamento di quella zona. Ciascun stick rappresenta i risultati riferiti ad una area di circa 3 mm x 3 mm. In questo esempio è possibile vedere i vortici generati da moti turbolenti e strisce di anisotropia con valori alti e bassi. Vista su micro scala, la



variabilità sia dell'angolo di disallineamento che della anisotropia è elevata rispetto ai risultati ottenuti normalmente su scala macro e utilizzati per il controllo della qualità. Le cause di questa variazione su piccola scala erano in questo caso dovute ad una turbolenza troppo alta ed altre strisce di vortice di un flusso secondario originato in cassa d'afflusso. Questo tipo di analisi è particolarmente utile nel risolvere rigonfiamenti ed altri problemi di stabilità dimensionale su piccola scala, originati nella parte umida.

Ad esempio le variazioni locali di anisotropia negli strati superficiali sono noti per essere in grado di influire sull'assorbimento della colla e della patina, il che può provocare variazioni su piccola scala del lucido, dello spessore e della tensione. Variazioni della anisotropia della superficie possono, con certi tipi di impasti, causare variazioni su piccola scala di rifrazione della luce. Le sottili variazioni di riflessione che ne derivano sono talvolta conosciute come "strisce d'acqua", un particolare problema presente nella carta da sacco. Mentre il problema del rigonfiamento può essere controllato regolando la fase di essiccamento, la causa basilare è il rigonfiamento e la bombatura dei bordi creati dalle sollecitazioni di essiccamento e derivanti da una disuniformità

nell'orientamento su piccola scala delle fibre. Gli strati di superficie sono quelli maggiormente influenzabili.

I sistemi di analisi descritti in questo articolo consentono di quantificare la causa che sta alla base del rigonfiamento.

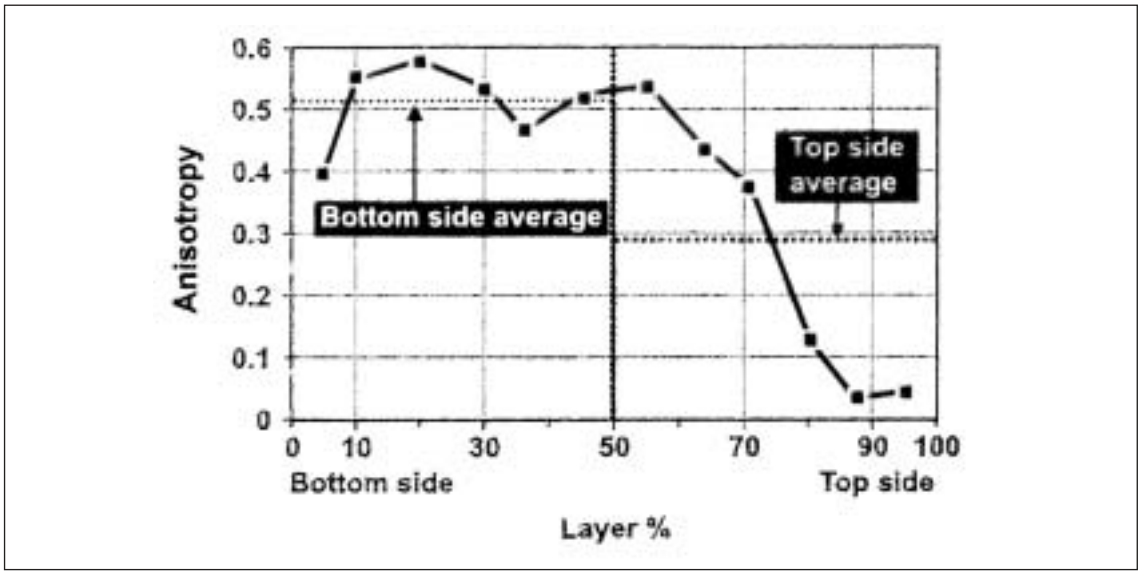
7. L'imbarcamento del foglio e doppio viso di orientamento delle fibre

Le cause potenziali che contribuiscono ai problemi di bombatura dei bordi dei rotoli sono veramente numerose:

- handling meccanico
- sollecitazioni di essiccamento sulle due facce
- differenze di densità sulle due facce
- distribuzione dei fini sulle due facce
- collatura o patinatura sulle due facce
- chiralità delle fibre

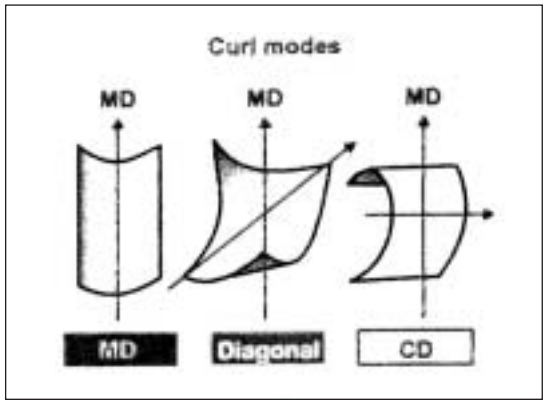
e l'orientamento prevalente delle fbre sulle due facce (sia grandezza che angolo).

La differenza di orientamento delle fibre sulle due facce può essere studiata utilizzando Io stesso sistema di analisi dell'immagine utilizzato per le strisce sovrapposte e discusso nel par. 6. La figura 14 riporta un esempio dei risultati di una distribuzione anistropa nella direzione Z, ottenuti da un foglio di carta da copie sezionato in 12 strati.



Questo particolare esempio è estremamente asimmetrico in quanto il lato inferiore è molto maggiormente orientato di quanto lo sia il lato superiore. Così la faccia inferiore risulterà meno stabile dimensionalmente della faccia superiore.

La natura esatta del profilo di anisotropia nella direzione Z dipende dal tipo di former usato e dal rapporto getto/tela. Il contributo alla formazione della bombatura (curling) della differenza di orientamento delle fibre può essere tracciato graficamente dividendo la distribuzione di anisotropia nella direzione Z (fig. 14) per la media delle due metà superiore ed inferiore e tracciando queste due medie di mezzo spessore foglio come una funzione del rapporto getto/tela. Un esempio caratteristico di curling è riportato nella fig. 15.



In questo esempio, quando il former girava in drag la parte superiore del foglio era più orientata di quella inferiore e la direzione dell'imbarcamento dopo fotocopiatura da un solo lato è "MD verso l'immagine". In rush la parte superiore risulta meno orientata e la direzione della bombatura cambia in "CD verso l'immagine". La direzione della bombatura è influenzata da altri fattori come anche l'anisotropia di doppio viso, per cui forme diverse di direzione possono essere rilevate su macchine diverse.

La fig. 15 mostra inoltre che ove è stato eliminata l'anisotropia di doppio viso (ad un rapporto getto/tela di -5 mpm) la bombatura non risulta minimizzata ma di fatto diventa instabile (diagonale) nel punto di transizione tra le due direzioni stabili di bombatura. Una bombatura diagonale (svergolata) non richiede necessariamente una elevata differenza tra le due facce dell'angolo di disallineamento. In generale, l'analisi del comportamento dell'orientamento sulle due facce mediante le tecniche qui descritte è una componente utile per risolvere il problema di controllo della bombatura, ad esempio la causa delle differenze di bombatura in direzione trasversale può essere analizzata studiando il doppio viso su scala micro dell'orientamento (fig. 15) in combinazione con i metodi di calcolo della velocità in senso trasversale.

8. Conclusioni

Il controllo dell'orientamento delle fibre è un argomento importante per mettere a punto la macchina sia come qualità che funzionalità e ciò vale per tutti i tipi di carta. Il livello ottimale di orientamento varia a seconda dei tipi di carta, moltissimo a seconda dell'utilizzo finale, dalle caratteristiche delle fibre e dal tipo di macchina da carta usato. La regolazione dell'orientamento è quindi specifica e diversa per ogni applicazione.

Migliorando l'orientamento, migliora la funzionalità sia al cilindro centrale (granito o ceramico) che nella prima parte degli essiccatori. Una riduzione dell'orientamento migliora la qualità migliorando anche sia la stabilità dimensionale che la rigidezza trasversale. In ogni caso il livello ottimale rappresenta sempre un compromesso tra questi effetti in contrasto tra loro.

In generale i valori di orientamento sulla macchina da carta dovrebbero essere i più alti possibili entro i limiti imposti ad altri problemi legati alla qualità. Per i processi di stampa con alimentazione in continuo del foglio l'orientamento ottimale è anche il risultato di un compromesso tra una migliore resistenza alla trazione in senso longitudinale (e strappo in senso trasversale), in quanto che l'orientamento aumenta, mentre la stabilità dimensionale migliora quando l'orientamento diminuisce.

Un problema comune delle presse da stampa è l'aumentata tendenza dei rotoli ricavati dai bordi ad avere grinze e problemi di cattiva registrazione.

Molti sono i fattori potenziali che possono contribuire a questo tipo di problemi, ma spesso i mezzi più pratici di controllo sono quelli che prevedono una regolazione fine sia dell'orientamento che dell'angolo di disallineamento.

L'orientamento viene controllato regolando le caratteristiche del flusso nella cassa d'afflusso e sul former - contrazione, turbolenza e taglio sono quelle che influiscono maggiormente.

La reazione di un impasto ad una determinata regolazione nelle condizioni di flusso dipende dalla lunghezza, distribuzione e rigidità delle fibre in esso contenute.

L'angolo di disallineamento è una caratteristica critica per evitare la possibilità di pieghe alla calandra con fermate continue. Per i tipi di carta che richiedono una buona stabilità dimensionale, anche l'angolo di disallineamento diventa una caratteristica.

Il controllo delle pieghe nelle patinatrici e nelle seccherie di macchina richiede profili dell'angolo di disallineamento tollerabilmente buoni soprattutto vicino ai bordi.

Variazioni dell'angolo di disallineamento sono provocate dalle correnti trasversali nella zona di efflusso della cassa d'afflusso e/o nella zona di formazione. La recente introduzione di casse di afflusso con controllo della diluizione ha risolto il compromesso necessario nelle casse d'afflusso con controllo dello slice, per cui ora profili di grammatura e dell'angolo di disallineamento possono essere gestiti separatamente. I sistemi più pratici per controllare le variazioni del flusso trasversale originato in altri punti della macchina prevedono una adeguata stabilità termica nella zona di efflusso e l'utilizzo dei flussi sui bordi per controllare attivamente le correnti trasversali. Il controllo del profilo dell'angolo di disallineamento mediante il labbro dello slice (nelle casse d'afflusso con diluizione controllata) non è una strategia consigliabile, in quanto questo sistema può solo risolvere le variazioni dell'angolo di disallineamento e creare problemi con l'angolo di contatto del getto sulla tela.

Alcuni errori su piccola scala dell'orientamento delle fibre danno origine ad una serie di difetti strutturali della carta, quali il rigonfiamento, la striatura dell'orientamento delle fibre e contribuiscono al curling. Sistemi di analisi sviluppati negli ultimi anni hanno consentito un esame approfondito della natura di questi difetti strutturali della carta ed hanno inoltre fornito mezzi adeguati per indirizzare e valutare il lavoro di ricerca guasti.

Bibliografia

- **"Introduzione alla fabbricazione della carta"**
(ATICELCA)

- **"Prove sulle materie fibrose, sulla carta e sul cartone"**
(ATICELCA)

- **"Compression resistance, strenght: what they mean to the paper machines"**
(GUNNAR LINDBLAD, AB LORENTZELL & WETTRE, KISTA, SWEDEN)

- **"TSO measurement a tool for profile control"**
(GUNNAR LINDBLAD, AB LORENTZEN & WETTRE KISTA, SWEDEN)

- **"The relationship between measurements made with an ultra sonic tester and other classic paper test methods"**
(GUNNAR LINDBLAD, AB LORENTZEN & WETTRE KISTA, SWEDEN)

- **"The complete fibre Orientation Control"**
(PEKKA PAKARINEN, M. ODELL)