

8° Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2000/2001



# **La ritenzione**

di Mislei Alessio

**Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50 - 37138 Verona



# Indice

## 1- Introduzione

## 2- Cenni Generali

### 2.1 - Nozioni

## 3- Fattori che influenzano la ritenzione

### 3.1 - Impasti

#### 3.1.1 - Potenziale "Z"

#### 3.1.2 - Domanda cationica

### 3.2 - Cellulosa

### 3.3 - Pasta legno

### 3.4 - Fogliacci

### 3.5 - Fibra di recupero

### 3.6 - Deink

### 3.7 - Additivi ed ausiliari

#### 3.7.1 - Amido

#### 3.7.2 - Colle

#### 3.7.3 - Materiale di carica

#### 3.7.4 - Coloranti

### 3.8 - Temperatura

### 3.9 - pH

### 3.10 - Raffinazione, cellulosa e pasta legno

### 3.11 - Sbianca pasta legno

### 3.12 - Formazione e drenaggio

## 4- Fattori influenzati dalla ritenzione

### 4.1 - Consumo materia prima

### 4.2 - Formazione

### 4.3 - Drenaggio

### 4.4 - Usura feltri

### 4.5 - Sovraccarico del recupero di fibra

### 4.6 - Miglioramento della qualità della carta

## **5- Prodotti per la ritenzione chimica**

5.1 - Coagulazione

5.2 - Flocculazione (formazione di “ponti”)

5.3 - Microflocculazione

5.4 - Punti di dosaggio

# 1. Introduzione

Nella produzione di carta LWC (Light Weight Coated), viste le caratteristiche dell'impasto, le cariche utilizzate, le proprietà, quali il liscio superficiale, il volume, l'opacità e la limitazione del doppio viso, nonché le continue evoluzioni tecnologiche, gli aumenti di velocità, la chiusura dei cicli, si rende necessario un buon programma di ritenzione.

## 2. Cenni generali

Nella trattazione che segue, verranno brevemente esposte le caratteristiche principali e lo scopo dei programmi di ritenzione.

### 2.1 NOZIONE DI RITENZIONE

Per ritenzione, si intende la capacità di mantenere i diversi componenti dell'impasto che successivamente formeranno il foglio, sulla tela di formazione.

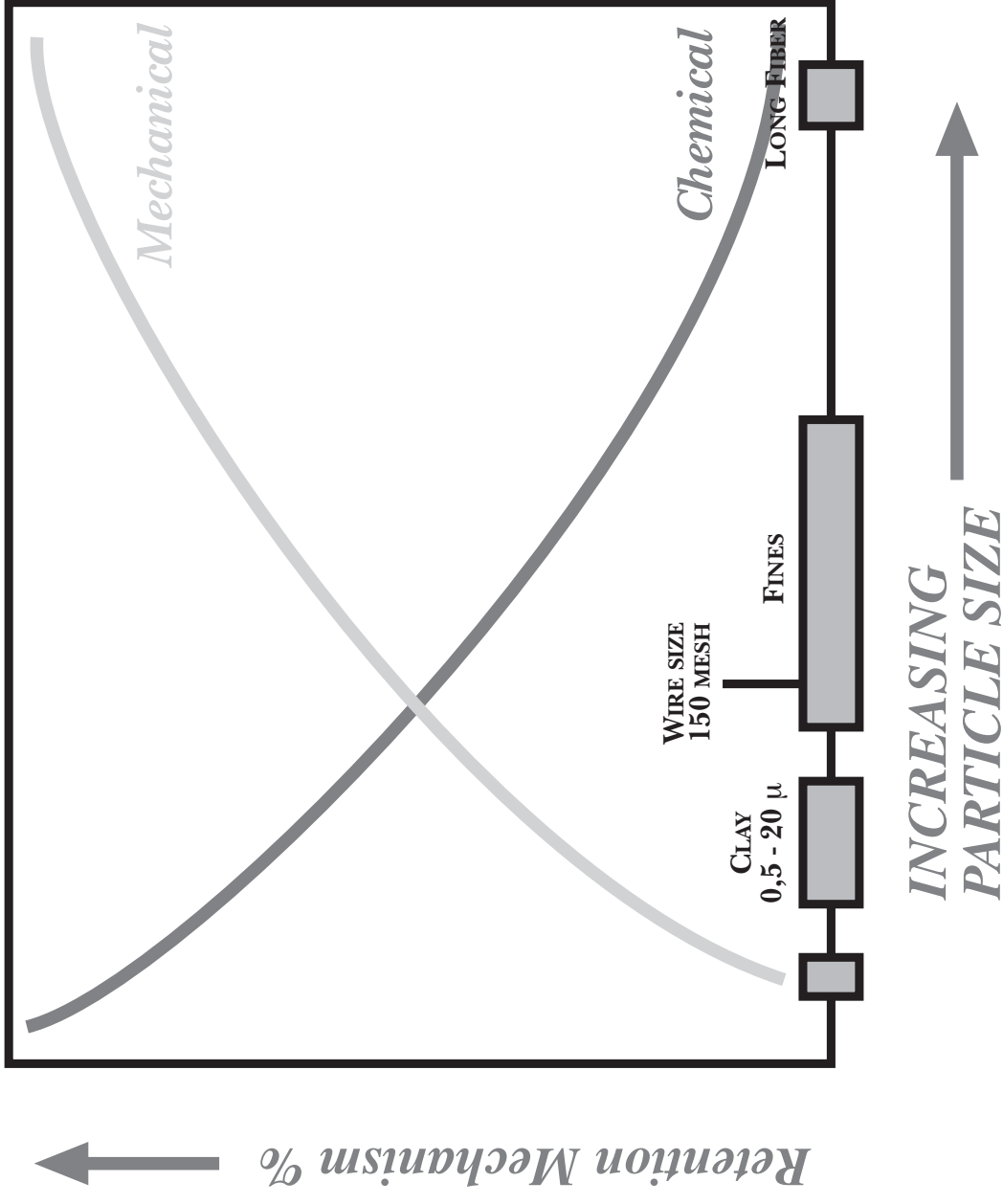
Matematicamente parlando quindi, è il rapporto percentuale dei solidi che restano sulla tela sul totale di quelli emessi dalla cassa d'afflusso.

Questa percentuale varia in relazione alle macchine continue, agli obiettivi della cartiera (costi/performance) e ad una serie di parametri tecnici che verranno di seguito esaminati.

Per gli elementi più grossolani (fibre, cellulosa, pasta legno e secondarie dell'impasto), 50-3.500  $\mu$ /m: è predominante l'intervento meccanico (tele di formazione sistemi di drenaggio).

Per gli elementi più fini (cariche, additivi, particelle colloidali), che sono più difficili da ritenere in maniera uniforme, è necessario l'intervento chimico con un adeguato programma di ritenzione con additivi chimici e naturali.

<b>Tipo di ritenzione</b>	<b>Componenti nell'impasto</b>	<b>Dimensioni medie</b>	<b>Meccanismo di ritenzione</b>
<b>1. Ritenzione delle fibre</b>	Fibra lunga e corta	200 $\mu$ ÷ 3.500 $\mu$	Meccanico
<b>2. Ritenzione dei fini e delle cariche</b>	Fibre, fini caolino, carbonato di calcio	1 $\mu$ ÷ 200 $\mu$	Meccanico Chimico
<b>3. Ritenzione dei colloidali</b>	Biossido di titanio, colla, caolino e carbonato patina	$\leq$ 1 $\mu$	Meccanico



Grazie ad un buon programma di ritenzione quindi diminuiscono in maniera significativa i costi di produzione:

- si possono utilizzare impasti più poveri, composti da fibre secondarie;
- si possono ritenere più le cariche facilitando l'asciugamento del foglio in seccheria (risparmio energetico);
- i cicli diventano tendenzialmente più puliti favorendone la chiusura;
- si accresce in maniera significativa la qualità del prodotto diminuendo il doppio viso, migliorando la distribuzione dei fini e delle cariche nel foglio, aumentando l'opacità e migliorando la formazione;
- infine, aumenta la velocità della continua e diminuiscono le rotture con conseguente guadagno economico.

## **3. Fattori che influenzano la ritenzione**

### **3.1 IMPASTO**

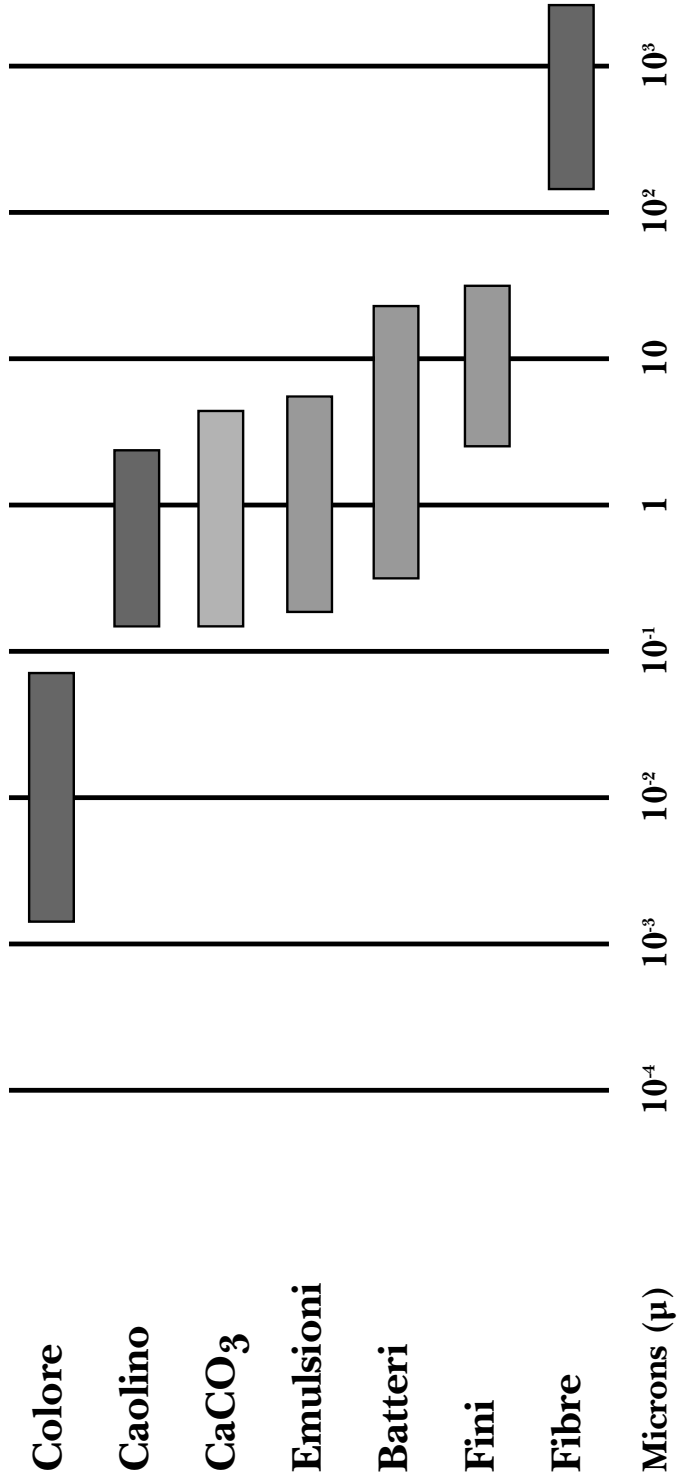
Le dimensioni dei componenti dell'impasto sono molto importanti in quanto al suo interno si trovano:

- elementi come le fibre lunghe e corte, che hanno dimensioni variabili tra 200 e 3.500  $\mu$  sulle quali il meccanismo di ritenzione è pressoché meccanico;
- componenti detti fini e cariche dalle dimensioni che vanno da 1 a 200  $\mu$  sulle quali il meccanismo è sia chimico che meccanico;
- componenti cosiddetti colloidali, quali biossido di titanio, collanti, caolini, additivi (come per esempio il colore), sulle quali il meccanismo di ritenzione è puramente chimico.

## SUPERFICIE SPECIFICA DI VARI ADDITIVI

	Superficie specifica m <sup>2</sup> /g	Dimensioni particelle microns (μ)
FIBRE (mix 70:30 HWD:SWD) FINI	1,2 8	35 to 3.500 1 to 75
Caolini da patina da patina da carica in massa	22 12 10,5	0,5 0,8 1,5
Biossido di titanio	10 to 20	0,25 to 0,5
Carbonato di calcio per massa precipitato	5 to 12 3 to 18	1 to 5 0,2 to 1
Alluminio tri-idrata Talco	8 to 16 9 to 20	0,5 to 1,0 1,5 to 10

## COMPARATIVE SIZES OF SOME FURNISH COMPONENTS



### 3.1.1 IL POTENZIALE “Z”

Il potenziale “Z” è il potenziale elettrico dell’impasto, si misura con il “mutek”. In quasi tutti i componenti dell’impasto vi sono dei centri carichi negativamente: in particolare nella cellulosa, per la presenza dei gruppi carbossilici, e nella maggior parte dei materiali di carica; altri componenti, che sarebbero di per sé carichi positivamente, possono divenire negativi in seguito all’adsorbimento di sostanze anioniche che predominano nelle acque dell’impasto.

Il meccanismo con cui hanno luogo le interazioni elettrostatiche è il seguente. Attorno a una carica elettrica localizzata su una fibra o su altro componente dell’impasto, vengono attratte cariche di segno opposto situate su altre molecole. Le cariche più vicine risultano più saldamente legate alla carica centrale e quindi la seguono nei suoi movimenti; le meno vicine conservano un certo grado di libertà, pur seguendo anch’esse il nucleo centrale.

Esternamente a questo doppio strato, per un certo spessore, anche le molecole d’acqua, essendo polari, sono attratte e tenute legate da questo sistema di cariche. Oltre una certa distanza il legame diviene troppo debole per poter prevalere sull’energia cinetica delle molecole. Possiamo quindi distinguere una zona interna, in cui le molecole, legate fra loro per azione delle forze elettrostatiche, si muovono insieme, e una zona esterna in cui le molecole si muovono indipendentemente da quella interna. Si definisce potenziale zeta il potenziale elettrico che si stabilisce al limite di separazione fra le due zone.

Si osserva che la condizione più favorevole alla flocculazione dell’impasto, che andremo poi ad analizzare, si ha in corrispondenza del valore zero del potenziale zeta, a cui sono minime le forze repulsive.

### 3.1.2 DOMANDA CATIONICA

La domanda cationica è la richiesta di polielettrolita cationico che serve per annullare il potenziale “Z”.

Il potenziale “Z” e la domanda cationica non si devono confondere: un potenziale “Z” basso, può avere una domanda cationica alta e viceversa; infatti dipende dalla natura della soluzione esaminata. I risultati dei 2 test sono importantissimi per decidere come e dove intervenire.

Esistono infatti diverse fonti anioniche nell’impasto (trash anionico) che si respingono fra di loro, per ottenere una buona ritenzione, una delle cose che bisogna fare è trovare un coagulante che annulli questo fenomeno.

### 3.2 CELLULOSA

La cellulosa o “pasta chimica”, è la fibra più utilizzata nella fabbricazione e produzione della carta.

È ottenuta mediante un procedimento chimico - estrattivo a bassa resa, più o meno il 45%, a seconda del legno e dei procedimenti utilizzati che eliminano gli altri componenti del legno (emicellulose, lignina, estrattivi).

È classificata in:

1. **Fibra lunga** (hardwood) estratta dalle conifere (pigne e abeti) con una lunghezza che va dai 2,5 ai 4,00 millimetri, che conferisce alla carta alte resistenze meccaniche.
2. **Fibra corta** (softwood) estratta dai latifoglie e piante annuali (pioppi, betulle, etc.) con una lunghezza che va dai 0,5 ai 1,8 millimetri, e conferisce alla carta volume, opacità, migliora il liscio e la formazione.

In generale, il diametro delle fibre, sia di quelle lunghe che di quelle corte, se piccolo, migliora la stampa, la morbidezza e la sofficià; se grande, ovviamente aumenterà il volume o mano del foglio, ma ridurrà il liscio e peggiorerà la stampa.

Le fibre di cellulosa, viste le loro dimensioni, sono ritenute per vie meccaniche.

Quella lunga, dopo la raffinazione, presenta una bassa presenza di fini, per quella corta avviene l’inverso.

### **3.3 PASTALEGNO**

La pastalegno, o “pasta meccanica”, è ottenuta mediante procedimenti meccanici ad alta resa, all’incirca il 95%, e di conseguenza è più conveniente dal punto di vista economico.

Ovviamente presenta anche qualità inferiore soprattutto per quanto riguarda le resistenze: infatti, durante la sua produzione, vengono rotte.

Il grado di bianco è più basso rispetto alla cellulosa a causa della presenza della lignina, e delle sostanze incrostanti.

La pasta legno conferisce al foglio volume, spessore ed opacità, anche a basse grammature.

### **3.4 FOGLIACCI**

I fogliacci provengono da rifili di produzione, da scarti in genere e da rotture accidentali di fabbricazione dello stabilimento.

Sono formati essenzialmente dall’impasto originario, ma possono contenere altresì cariche minerali, quali caolini e carbonati (carte patinate).

### **3.5 FIBRA DI RECUPERO**

I recuperi di fibra primari, quali ad esempio acelator o polidisk servono per non perdere le fibre contenute nelle seconde acque, conseguentemente contengono molti fini.

I recuperi secondari provengono dalle acque chiarificate con il sistema precedente e contengono quindi una maggiore carica colloidale.

Tutta la fibra proveniente dai recuperatori viene reintrodotta nell’impasto in piccole percentuali.

## **3.6 DEINK**

Il “deink” o fibre secondarie sono ricavate dal trattamento e dall’epurazione della carta da macero, sono sempre più utilizzati nelle produzioni anche a fini ambientali.

Nella produzione di LWC subiscono particolari processi sbiancanti per poter essere utilizzati, contengono comunque un’alta percentuale di fini, hanno caratteristiche meccaniche inferiori alle fibre vegetali vergini, minor volume, ma soprattutto contengono materiale “contaminante” al loro interno.

## **3.7. ADDITIVI ED AUSILIARI**

Gli additivi e gli ausiliari sono tutti quegli elementi che si aggiungono all’impasto per conferire particolari caratteristiche.

### **3.7.1 AMIDO**

L’amido, come la cellulosa, è un polimero composto da unità di glucosio; esistono due tipi di configurazione della struttura molecolare: a catena lineare arrotolata, chiamata “amilosio”, ed a catena ramificata, chiamata “amilopectina”.

Le diverse proprietà dei vari amidi, sono dovute principalmente al rapporto esistente tra questi due componenti.

L’amido è impiegato nella fabbricazione della carta per numerosi motivi:

1. per aumentare le proprietà di resistenza come quella allo scoppio, alla trazione, alle doppie pieghe; perché quando alle presse, e poi in seccheria, nel tessuto fibroso si formano i punti d’incrocio tra le fibre e le fibrille l’amido ne incrementa di molto il numero e soprattutto la resistenza dei legami nelle aree di contatto;
2. per favorire le operazioni di raffinazione;
3. per migliorare la cancellabilità;
4. per aumentare la resistenza all’abrasione ed allo strappo superficiale;
5. per diminuire lo spolvero;
6. per migliorare l’incarto e la rigidità ed il grado di collatura.

Da alcuni decenni sono stati messi appunto gli amidi cationici che sono trattenuti in misura superiore; queste sostanze contribuiscono alla ritenzione degli altri additivi come ad esempio, cariche e coloranti.

### **3.7.2 COLLE**

I collanti si utilizzano nella produzione della carta per conferire impermeabilità ai liquidi.

Le colle che vengono aggiunte all'impasto possono essere di due tipi: di origine naturale, oppure sintetica.

Ultimamente quelle che vengono più spesso utilizzate sono quelle di origine sintetica, come l'AKD o l'ASA, che lavorano a pH pseudo-neutro.

Le colle naturali infatti, richiedevano pH acido, non permettevano l'utilizzo dei carbonati e davano origine, nel tempo, all'indebolimento ed all'ingiallimento della carta.

I collanti sono particelle colloidali che si ritengono sulle fibre e soprattutto sui fini mediante legame chimico sui gruppi OH, di conseguenza un buon programma di ritenzione previene un'eccessiva dispersione di tali particelle.

### **3.7.3 MATERIE DI CARICA**

Le materie di carica sono sostanze inorganiche per la maggior parte di origine naturale. Tali prodotti naturali variano a seconda della loro provenienza o della loro lavorazione.

Vengono oggi utilizzate sostanze minerali che apportano vari miglioramenti al supporto: come l'opacità, il fattore di riflettenza ed il liscio che sono a caratteristiche molto importanti per la carta da scrivere e per la carta da stampa.

I materiali di carica più importanti sono il caolino, il carbonato di calcio, gli ossidi di titanio ed il talco.

Sono tutti di dimensioni molto ridotte (alcuni  $\mu$ ), conseguentemente anch'essi sono molto difficili da ritenere senza gli opportuni accorgimenti.

### **3.7.4 COLORANTI**

Per coloranti vengono intese tutte quelle materie che, una volta aggiunte ad un impasto, ne modificano il colore.

Sono di vario tipo: cationici, anionici, basici, diretti cationici, acidi, azzurranti, sbiancati fluorescenti.

Vengono utilizzati a seconda delle necessità, scegliendo quelli che al momento si ritengono più opportuni allo scopo prefissato.

Sono tutti di dimensioni molto ridotte ( $10^2 \mu$ ).

### **3.8 TEMPERATURA**

La temperatura dell'impasto influenza la ritenzione: a temperature alte, la viscosità dell'acqua si abbassa, con conseguente aumento del drenaggio sulla tela di formazione, inoltre a temperature alte, le fibre sono più smilze, rispetto alle temperature basse; è importante comunque che la temperatura sia il più possibile costante per mantenere uniforme la fabbricazione.

### **3.9 VALORE DE pH**

Anche il ph ricopre un ruolo importante: infatti a ph acidi, il potenziale "Z" dell'impasto è circa 0. Aumentando il ph verso la neutralità e passando all'alcalinità, il potenziale "Z" diventa sempre più negativo.

### **3.10 RAFFINAZIONE, CELLULOSA E PASTA LEGNO**

La raffinazione è un procedimento meccanico, in presenza d'acqua (10 % - 25 %), che trasforma la struttura fisica delle fibre.

Nella cellulosa provoca in sequenza:

1. fibrillazione interna
2. fibrillazione esterna
3. formazione di fini
4. accorciamento di fibre

Tutto questo con successivo rigonfiamento ed idratazione delle fibre, aumentandone la plasticità e la flessibilità, nonché la superficie ed i relativi punti di contatto fra le fibre stesse.

Lo sfilacciamento delle pareti delle fibre ricopre un ruolo importante in quanto permette l'introduzione di particelle migliorandone la coesione, favorendo la ritenzione dei fini, delle cariche e degli additivi.

Nella pastalegno non si tratta di una raffinazione vera e propria, poiché la pasta prodotta dalla mola è già estremamente fine, si agisce quindi essenzialmente per aprire eventuali fiocchi, o per eliminare la scheggiosità e per "ingrassare" la pasta.

### 3.11 SBIANCA - PASTALEGNO

Ci sono due metodi per la sbianca della pastalegno, a seconda del grado di bianco che si vuole ottenere.

Il primo metodo è basato su reattivi di natura riducente, come l'idrosolfito di sodio  $\text{NaS}_2\text{O}_4$  (albite), si lavora a basse densità, e si ottiene un modesto grado di bianco.

Nel secondo metodo, utilizzando reattivi di natura ossidante quali il perossido di idrogeno (acqua ossigenata)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , si lavora ad alta densità e si ottiene un grado di bianco maggiore.

Quest'ultima però si comporta da leggero acido, e alla fine l'impasto risulterà più anionico del precedente, differenza alla quale bisogna fare attenzione in caso di successivi ed alternanti utilizzi.

### 3.12 FORMAZIONE E DRENAGGIO

Il drenaggio è l'allontanamento dell'acqua dall'impasto e dipende molto dalla raffinazione delle fibre; questo è tanto più lento quanto più raffinata sarà la pasta.

Più caldo sarà l'impasto in cassa d'afflusso, più lo stesso risulterà drenante, ma si avrà una maggior perdita di cariche e di fini nel sotto-tela.

La curva di drenaggio, cioè la scelta di un drenaggio più o meno veloce, influenzerà la ritenzione: tanto più violento sarà il getto della cassa d'afflusso sulla "forming board", tanto più velocemente si formerà il primo strato del foglio, ma tanto più velocemente si avrà un allontanamento dei fini e delle cariche dall'impasto stesso.

Molte importanti caratteristiche della carta, quali la speratura, la resistenza, la distribuzione dei fini e delle cariche attraverso la sezione del foglio, si vengono a determinare proprio in questa fase iniziale di drenaggio.

Importantissima è la tela di formazione che si utilizza: di che diametro sono, ed in che ordine vengono intrecciati i fili che la compongono, che ne determineranno la luce di maglia; tanto più ampia sarà, maggiore sarà il passaggio che essa permetterà.

Bisognerà, come spesso accade in produzione, scegliere il giusto compromesso.

## **4. Fattori influenzati dalla ritenzione**

I fattori che vengono influenzati dalla ritenzione sono molteplici e relativamente importanti.

### **4.1 CONSUMO MATERIA PRIMA**

Come abbiamo precedentemente detto, con un incremento delle materie prime che si consolidano nel foglio, grazie ad un buon programma di ritenzione, si possono usare sempre più impasti meno nobili (per esempio secondari), perciò meno costosi, meno raffinati, quindi con risparmio energeticopur ottenendo un prodotto di qualità.

Permanendo i fini in misura maggiore, utilizzeremo un minor quantitativo di additivi, con un'ulteriore riduzione dei costi ed un sempre più elevato utilizzo di cariche minerali.

### **4.2 FORMAZIONE**

L'elevata ritenzione permetterà di lavorare a densità molto più basse in cassa d'afflusso, con conseguente possibilità di scegliere, a seconda della fabbricazione quella più idonea, ai fini di ottenere la migliore formazione; con la ritenzione chimica, come vedremo poi, otterremo una serie di conseguenze che permetteranno di conseguire delle formazioni di qualità sempre maggiore.

### **4.3 DRENAGGIO**

Sempre attraverso un buon programma di ritenzione si utilizzeranno impasti meno raffinati, che faciliteranno, oltre che il drenaggio, una più veloce essiccazione del foglio in seccheria: anche qui ottenendo un risparmio ed una riduzione dei costi.

## **4.4 USURA FELTRI**

Il trattenere le cariche ed i fini nel foglio fa diminuire l'abrasività dei cicli, e di conseguenza l'usura delle tele e dei feltri: quindi aumenterà notevolmente la vita dei feltri.

## **4.5 SOVRACCARICO DEL RECUPERO DI FIBRA**

L'aumento percentuale di ritenzione significa una diminuzione del carico per le prime e per le seconde acque, nonché degli impianti di recupero di fibra, con conseguente possibilità per quest'ultimi di lavorare con maggior efficienza, una diminuzione di cariche nei cicli, cioè cicli più puliti, riduce la possibilità di depositi microbiologici, e fa scendere i problemi connessi quali le rotture e la difettosità della carta.

Ne risulta quindi, una miglior macchinabilità che porta ad aumento di velocità delle macchine e successivi aumenti produttivi.

## **4.6 MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELLA CARTA**

I benefici di una ritenzione di qualità sono notevoli. I più importanti sono la maggior opacità ed il liscio della carta, dovuti ad una maggior presenza di fini e di cariche trattenuti sul foglio, minor tendenza allo spolvero, grazie all'effetto legante degli agenti ritentivi, miglior distribuzione delle ceneri (abbassamento effetto doppio viso), miglior formazione.

## 5. Prodotti per la ritenzione idrica

Sono prodotti che, se utilizzati nella maniera opportuna, favoriscono la ritenzione: agiscono specialmente sulle forze colloidali che sono in relazione al potenziale elettrocinetico che caratterizzano i distinti componenti dell'impasto analizzati prima.

La ritenzione chimica si divide principalmente in due fasi:

- fase di coagulazione
- fase di flocculazione

### 5.1. COAGULAZIONE

La coagulazione si suddivide in due passi: la neutralizzazione della carica e l'adesione a mosaico.

L'adesione a mosaico è la formazione delle cosiddette "toppe cationiche" sulle superfici delle particelle (Fig.7), le aree con superficie anionica e cationica coesistono sulla stessa particella, e poi il coagulante inizia la formazione dei primi "ponti" tra le particelle.

La fase della coagulazione consiste nell'aggiunta di un coagulante a basso peso molecolare con alta carica cationica.

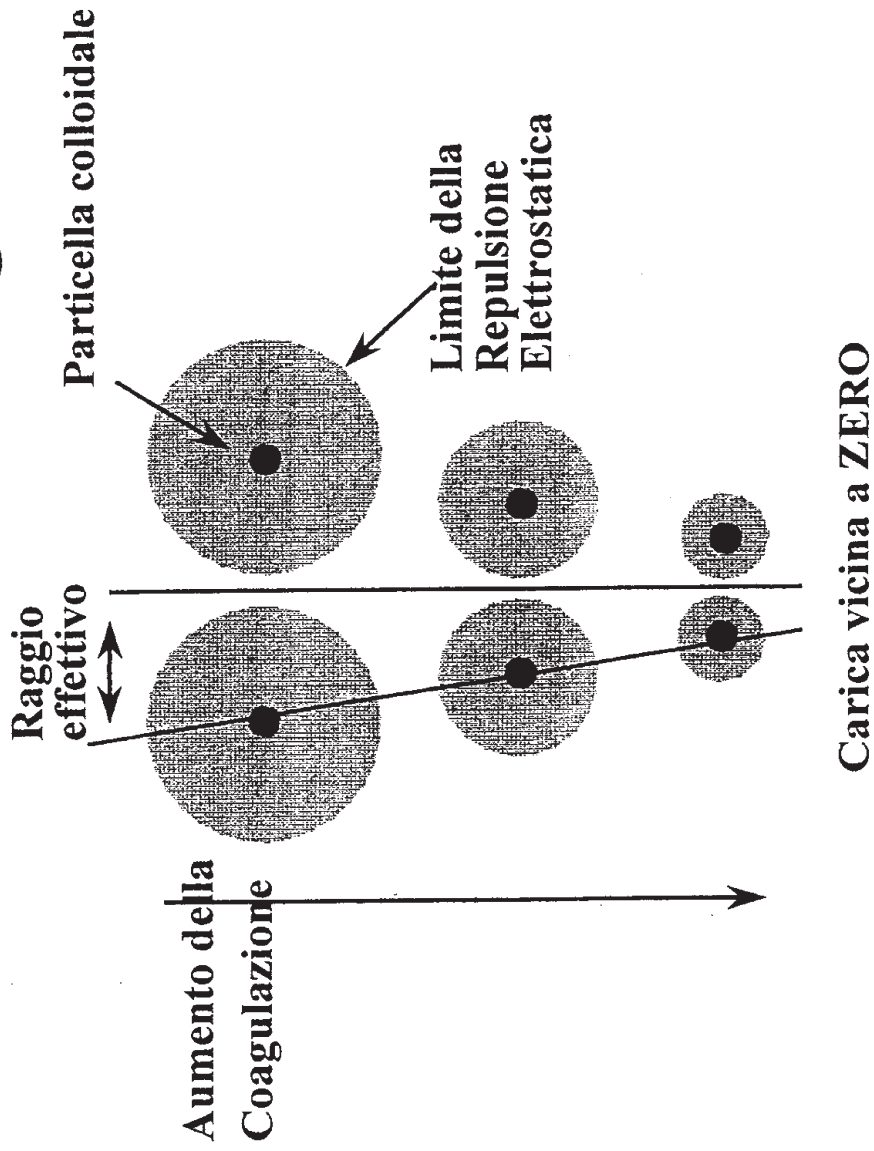
Il coagulante viene adsorbito sulla superficie delle fibre, dei fini e delle cariche con successiva riduzione delle forze di repulsione fra le componenti anioniche del sistema.

L'adsorbimento è influenzato dalle caratteristiche dell'impasto, natura chimica e peso molecolare del coagulante.

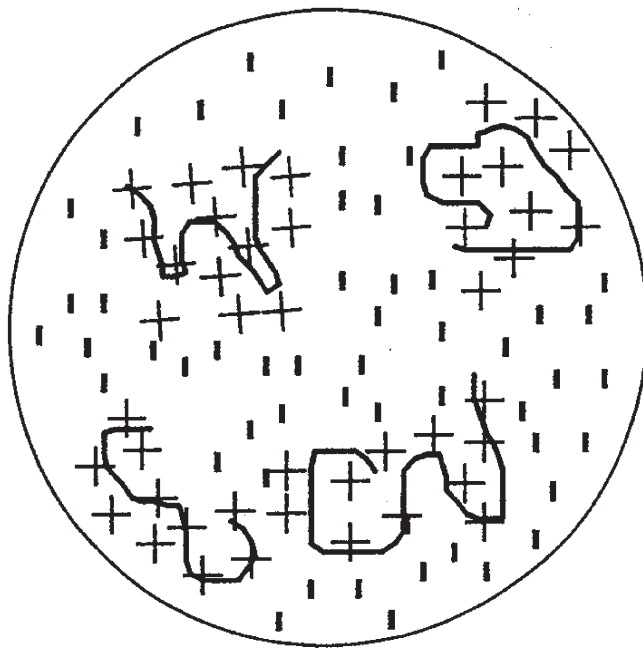
Le componenti più anioniche del sistema, cosiddette "trash anionico", sono:

- macro molecole anioniche naturali (lignina ed emicellulose)
- estratti dal legno (acidi grassi ed acidi resinici)
- additivi polimerici (dispersanti per pitch e cariche, amidi)
- tensioattivi anionici (antischiuma e colla idrolizzata)

# Processo di Coagulazione



# Adesione a Mosaico



I coagulanti più utilizzati sono:

- inorganici (sali di alluminio idrolizzabili, allume - pac)
- organici (basso peso molecolare e alta carica cationica)

I coagulanti sono caratterizzati dal peso molecolare e dalla densità di carica.

Tre fattori influenzano la coagulazione:

**a) tempo di contatto e forza di taglio**

Aumentando il tempo di contatto e lo Shear il coagulante viene adsorbito nei pori delle fibre e diminuisce la neutralizzazione delle superfici, abbassando l'efficienza del coagulante.

Le forze di taglio sono delle azioni meccaniche che subiscono i legami formati nella coagulazione che possono determinare la rottura di questi ultimi (per esempio: passaggio in un centri - screen).

**b) caratteristiche del coagulante**

**c) punto di alimentazione**

Il punto di alimentazione è scelto per ottenere migliori condizioni di coagulazione al momento del dosaggio del flocculante, è meno critico per coagulanti ad alto peso molecolare.

## **5.2 FLOCCULAZIONE**

### **(FORMAZIONE DI "PONTI")**

Il flocculante ad alto peso molecolare opportunamente aggiunto penetra la barriera elettrostatica dei componenti dell'impasto (Fig.8).La densità di carica (Fig.9) e la carica superficiale del flocculante (Fig.10) è molto importante nel processo di flocculazione. L'adsorbimento sulle fibre è lento, e non è necessaria una neutralizzazione completa delle cariche. La resistenza del fiocco allo shear (forze di taglio) è debole. Dopo lo shear il fiocco si riforma lentamente (Fig.11).

I flocculanti più utilizzati sono:

- naturali solubili in acqua

  - amidi

- polimeri sintetici

  - anionico, cationici e non ionici

  - ad alto medio e basso peso molecolare

  - solidi o in emulsione/dispersione acquosa

Può, a volte, essere prevista una terza fase, cioè una microfloculazione.

## **5.3 MICROFLOCCULAZIONE**

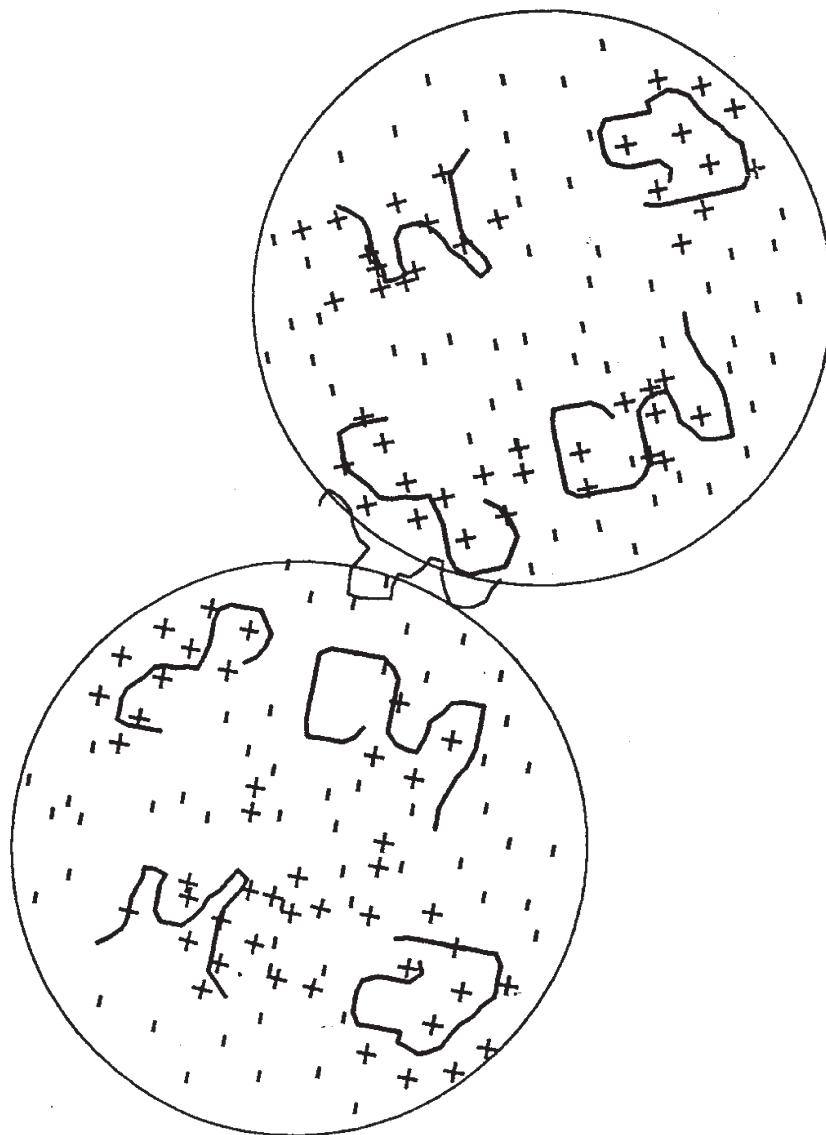
La microfloculazione si ottiene mediante l'aggiunta del microparticle anionico o cationico, per permettere ai fiocchi formati mediante la flocculazione, ma rotti dalle forze di taglio, di riformarsi anche se più piccoli, ma robusti e reversibili (Fig.12, Fig.13, Fig.14).

Ne è un esempio l'ultrapositek della Nalco che conferisce benefici come la formazione di un fiocco più robusto, favorisce la ritenzione dei fini, migliora l'allontanamento dell'acqua (dewatering) alle presse, ma soprattutto migliora la speratura o formazione della carta.

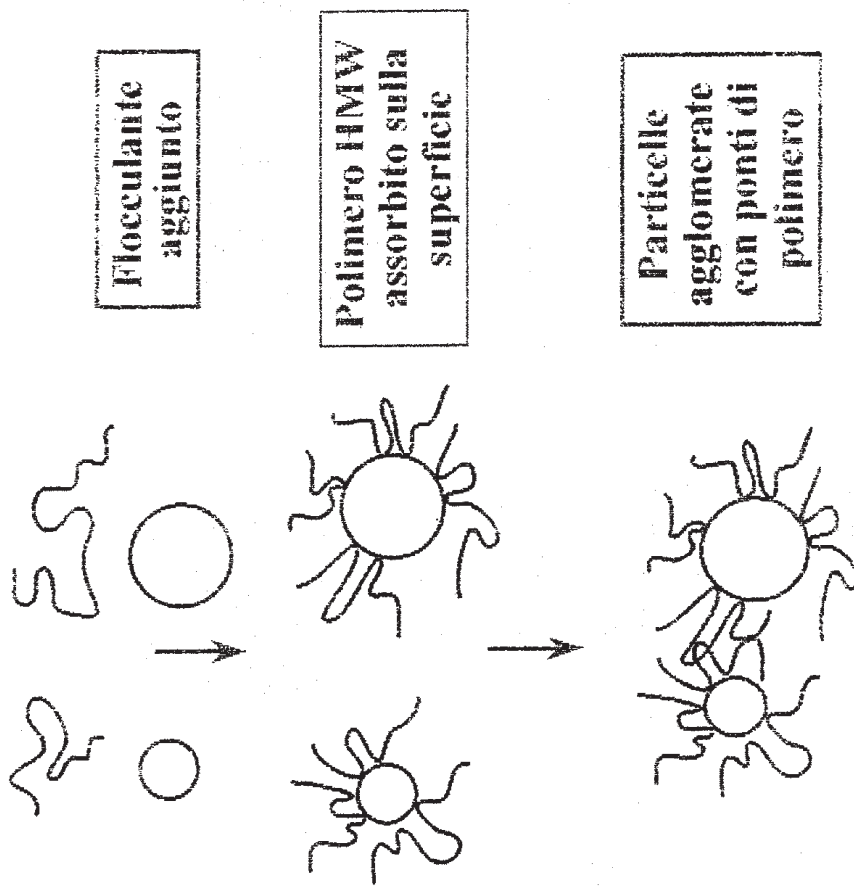
## **5.4 PUNTI DI DOSAGGIO**

È molto importante scegliere i punti più adatti di dosaggio dei vari additivi. Questi risulteranno da un'analisi chimica dell'impasto e da varie prove effettuate sul posto.

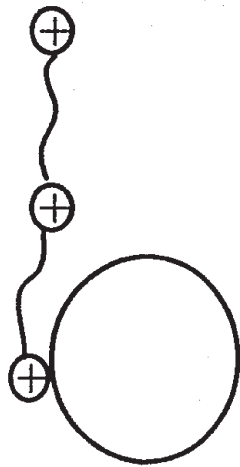
# “Toppe” elettrostatiche



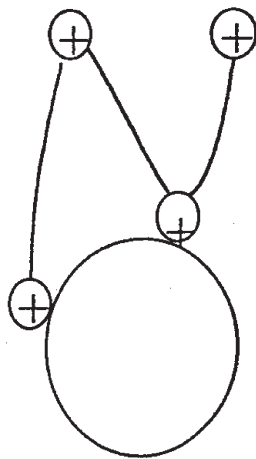
# Processo di Flocculazione



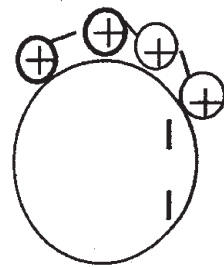
# Effetto della Carica Superficiale sulla Formazione di Ponti



Bassa carica superficiale

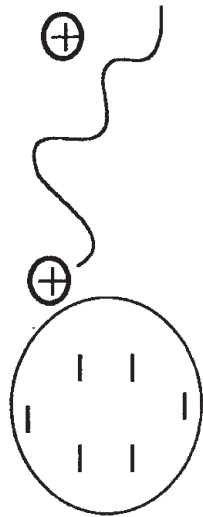


Media carica superficiale

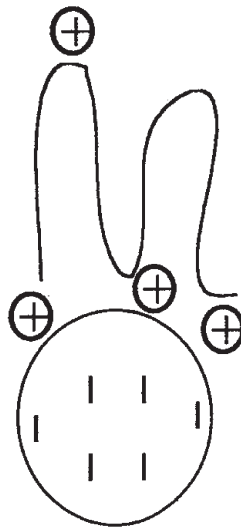


Alta carica superficiale

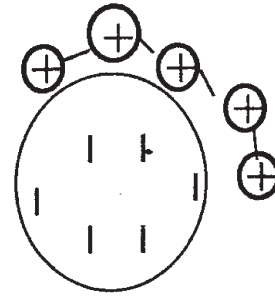
# Effetto della Densità di Carica sulla Formazione di Ponti



Bassa densità di carica

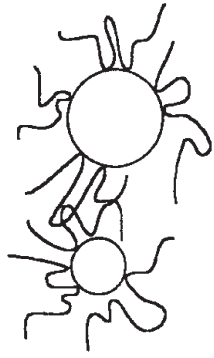


Media densità di carica

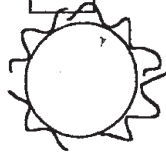


Alta densità di carica

# Effetto dello Shear sulla Flocculazione



Forze di taglio

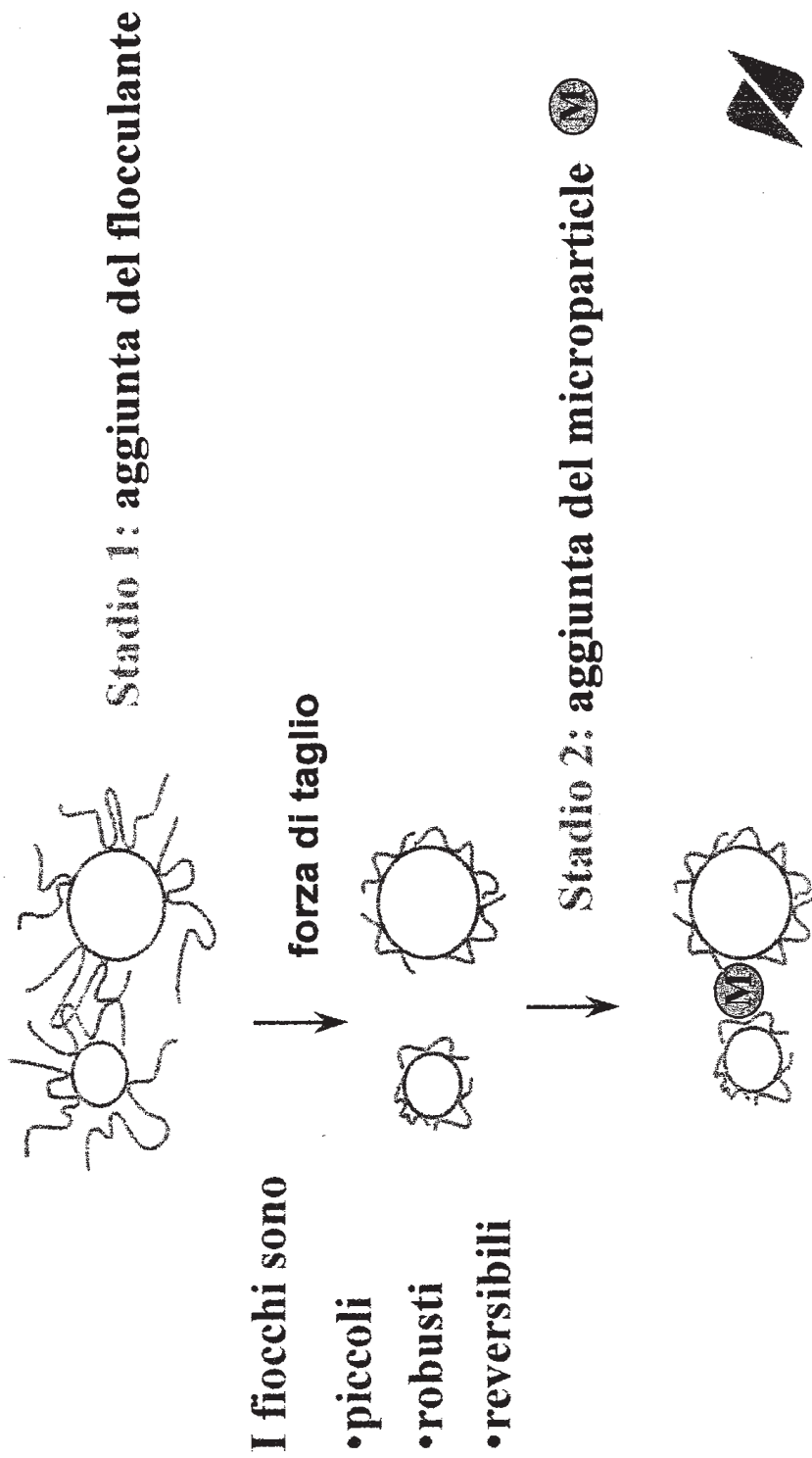


I floccoli sono distrutti

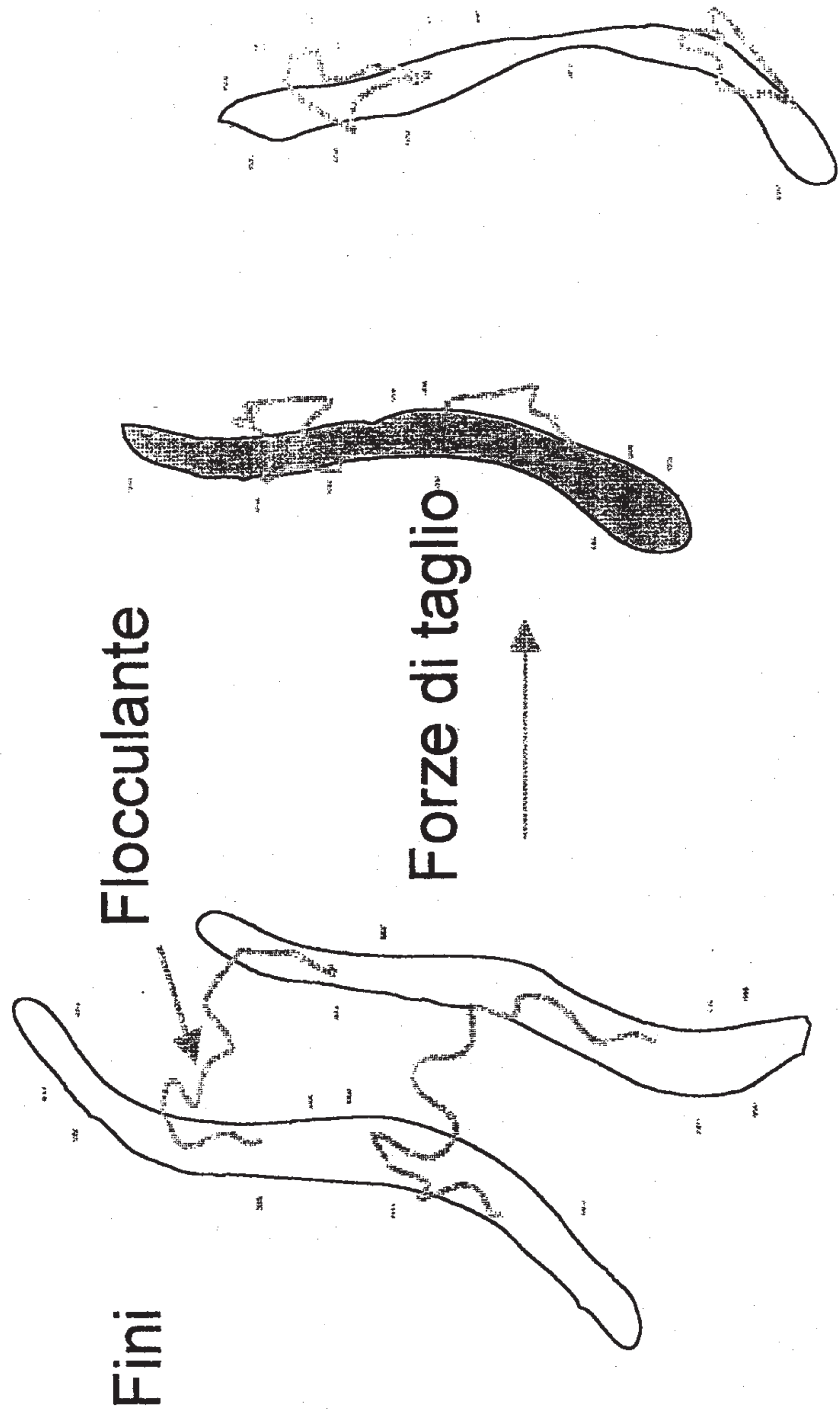


Alcuni floccoli possono riformarsi

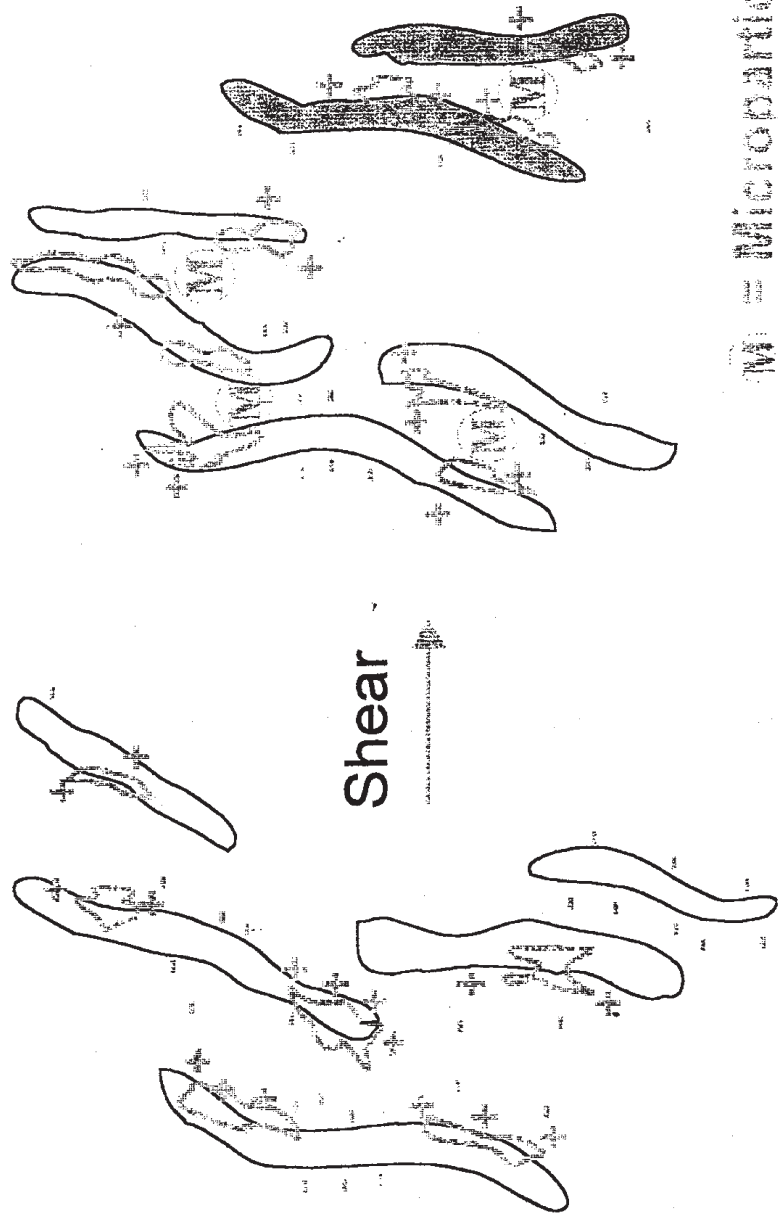
# Micro-flocculazione



# Meccanismo della formazione di ponti



# Microparticle Flocculation



Microbubbles