

XXIV corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2017/2018

Evoluzione del sistema ritentivo e utilizzo dei polimeri anfoteri

di Talin Nicola



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
www.sanzeno.org - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE

2. LA RITENZIONE

3. L' IMPASTO

4. RITENZIONE MECCANICA

- 4.1 Metodi di Ritenzione Meccanica
- 4.2 La zona di formazione
 - 4.2.1 Cassa d'afflusso
 - 4.2.2 Tela di formazione
 - 4.2.3 Zona del vuoto forzato
 - 4.2.4 Ballerino o Telino formatore
 - 4.2.5 Cilindro Aspirante
 - 4.2.6 Grammatura
 - 4.2.7 Velocità
- 4.3 I benefici della ritenzione meccanica

5. RITENZIONE CHIMICA

- 5.1 Analisi Chimiche
 - 5.1.1 pH
 - 5.1.2 Conducibilità
 - 5.1.3 COD
 - 5.1.4 Domanda Cationica
 - 5.1.5 Potenziale Z
- 5.2 I vari prodotti per la Ritenzione
 - 5.2.1 Solfato di alluminio
 - 5.2.2 Policloruro di alluminio
 - 5.2.3 Primi polimeri a basso peso molecolare
 - 5.2.4 Poliacrilammidi anioniche
 - 5.2.5 Poliacrilammidi cationiche
 - 5.2.6 Polietilenossido
 - 5.2.7 Poliammina

5.2.8 Amido

5.3 Meccanismi per una corretta coagulazione

5.3.1 Neutralizzazione di carica

5.3.2 Adesione patch

5.4 Meccanismi di una corretta flocculazione

5.4.1 Polimero Singolo

5.4.2 Dual System

6. ESPERIENZE

7. NUOVI POLIMERI: I POLIMERI ANFOTERI

8. CONCLUSIONI

9. BIBLIOGRAFIA

1.Introduzione

Uno dei trend nell'industria moderna è l'ottimizzazione della produzione con lo scopo di generare profitti e creare un indotto positivo per la società. Nell'industria cartaria questo si traduce nel creare il prodotto finito in condizioni di qualità unita alla massima produzione.

Tra i vari fattori che incidono nella buona riuscita, una parte considerevole viene svolta dal processo ritentivo che si inserisce tra la preparazione dell'impasto e la produzione in macchina.

Il primo passaggio che determina la riuscita di una buona ritenzione è capire in che condizioni si trova l'impasto in modo da intervenire chimicamente. A questo punto si può agire su due differenti programmi: meccanico e chimico. Attraverso il primo si influenzano gli elementi dell'impasto di elevate dimensioni grazie agli organi meccanici presenti nella zona di formazione; sfruttando il secondo, invece, si agisce sull'attrazione e la repulsione degli elementi che compongono l'impasto a livello microscopico in base al risultato delle analisi chimiche.

Lo scopo della tesina è presentare una panoramica storica dei prodotti chimici usati per la ritenzione che soddisfano le condizioni sopra descritte. Dal solfato di alluminio, tra i primi utilizzati, si arriva all'innovazione più recente nell'ambito odierno, ossia il polimero anfotero passando per le varie descrizioni dei processi di coagulazione e flocculazione.

2. LA RITENZIONE

Con il termine “Ritenzione” s’intende la capacità di trattenere la maggior parte dei vari componenti che formano l’impasto, fibra, fini, cariche, i quali vengono distribuiti sulla tela di formazione dalla cassa d’afflusso. In questo modo si forma un foglio con il massimo contenuto di solidi nella fase di consolidamento dello stesso.

La ritenzione è un processo fondamentale nella produzione della carta poiché è proprio nell’istante in cui si getta l’impasto nella tela di formazione che si produce un ottimo o un pessimo foglio.

Avere quindi, un corretto sistema di ritenzione influenza:

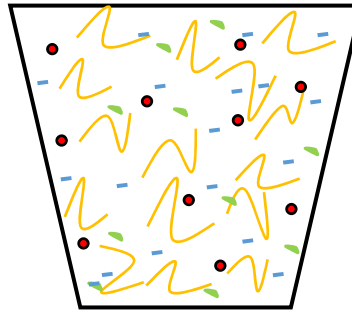
- **proprietà e qualità del foglio di carta**, se si riescono a trattenere più fini, la formazione diventerà migliore; inoltre creare più legami fibra-fibra con l’ausilio di un ritentivo, può aumentare le proprietà meccaniche della carta;
- **riduzione dei costi di produzione**, se si riesce ad aumentare il contenuto di ceneri nella carta l’asciugamento sarà più veloce, così facendo si diminuisce la pressione del vapore nei cilindri essiccatori, inoltre drenando più velocemente l’acqua, la velocità di produzione aumenterà;
- **la riduzione dell’inquinamento**, trattenendo infatti nella carta più particelle colloidali, presenti nel ciclo delle acque, si riduce l’ingresso di COD al depuratore della cartiera.

3. L'IMPASTO

Il chimismo e le percentuali che formano l'impasto, presente nella tela di formazione, devono essere ben bilanciati in quanto sono i fattori responsabili, una volta rimossa l'acqua, della buona riuscita del foglio di carta.

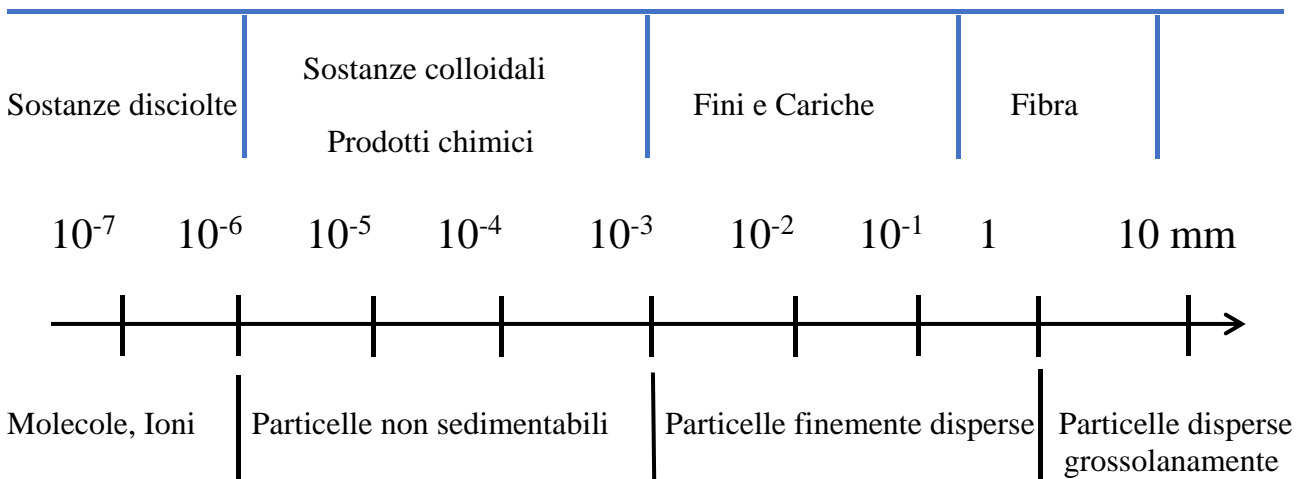
L'impasto è composto da vari elementi:

- Acqua
- Fibra 
- Cariche 
- Fini 
- Amido 



I suddetti componenti, nell'interazione tra loro, a seconda della loro grandezza danno luogo a dei fenomeni chimici:

- Sospensione (materiale che ricopre una grandezza inferiore a 10^{-7} m)
- Soluzione Colloidale (materiale che ricopre una grandezza tra 10^{-7} m e 10^{-3} m)
- Dispersione (materiale che ricopre una grandezza superiore a 10^{-3} m)



Tutti questi solidi, interagendo, si attraggono o si respingono causando legami che possono

influenzare il risultato finale, che dipende anche dalla carica del ciclo e varia in base alla sua anionicità o cationicità. Il ciclo delle acque, utilizzate per comporre l'impasto, dal punto di vista della carica, è caratterizzato dal materiale che compone l'impasto stesso, quindi le acque che nuovamente comporranno l'impasto successivo avranno un residuo di carica che andrà ad influenzare i legami formati dal nuovo impasto.

Cariche Anioniche	Cariche Cationiche	Cariche
Fibra	Polimero Cationico	Carbonato di Calcio
Amido	Amido Cationico	Antischiuma
Caolino	Coagulanti	Colla e Resine
Lignina		Caolino
Colore		

Come si può vedere dallo schema, il ciclo della formazione della carta è tendente all'anionicità più che alla cationicità essendo la fibra il secondo maggior componente dopo l'acqua.

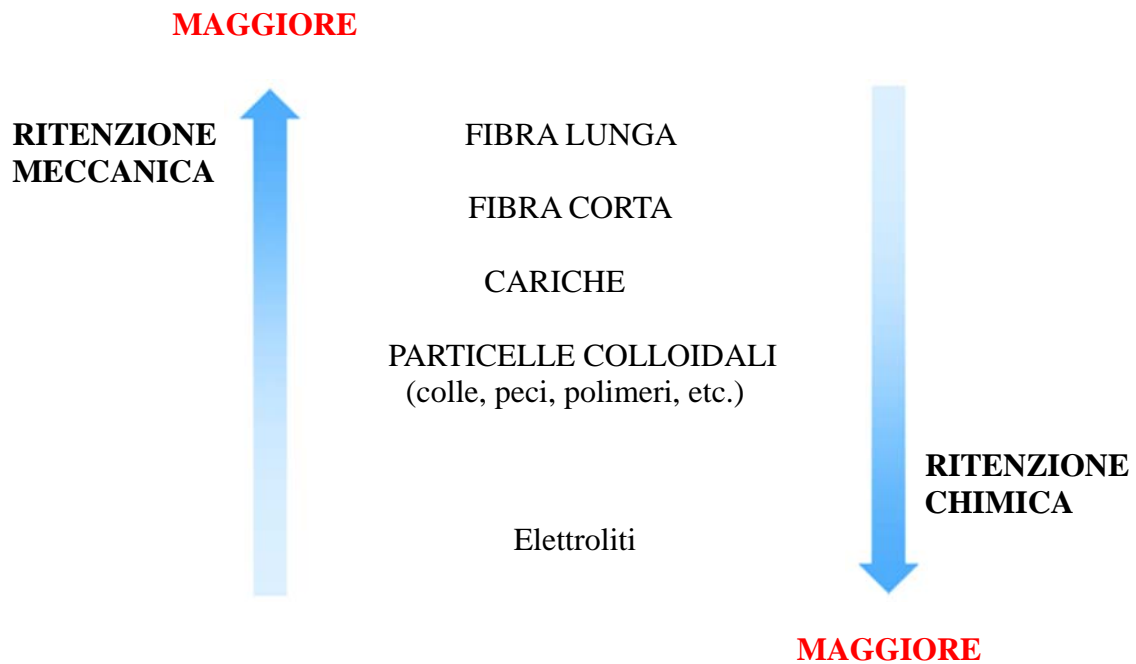
Per misurare la situazione di anionicità o cationicità in cui si trova il ciclo si effettuano delle analisi chimiche:

- conducibilità;
- pH;
- domanda cationica;
- potenziale Z.

Le suddette vengono approfondite nel paragrafo "Analisi Chimiche".

La ritenzione può essere divisa in due programmi differenti tra loro a seconda delle dimensioni delle particelle sulla quale va ad agire.

- **La ritenzione Meccanica**
- **La ritenzione Chimica**



I due sistemi, l'uno combinato all'altro, devono dare un risultato ottimale di modo da ritenere più materiale solido possibile e far sì che meno materiale colloidale venga ricircolato nel sistema, trovando un equilibrio ideale tra meccanica e chimica.

4. RITENZIONE MECCANICA

Per ritenzione meccanica s'intende un processo che ha come scopo quello di trattenere sulla tela di formazione la maggior parte dei componenti dell'impasto (fibre e fini) intervenendo sulle scelte tecniche e sulle regolazioni meccaniche nella zona di formazione.

Gran parte delle caratteristiche della carta dipendono dalla formazione meccanica del foglio, quali:

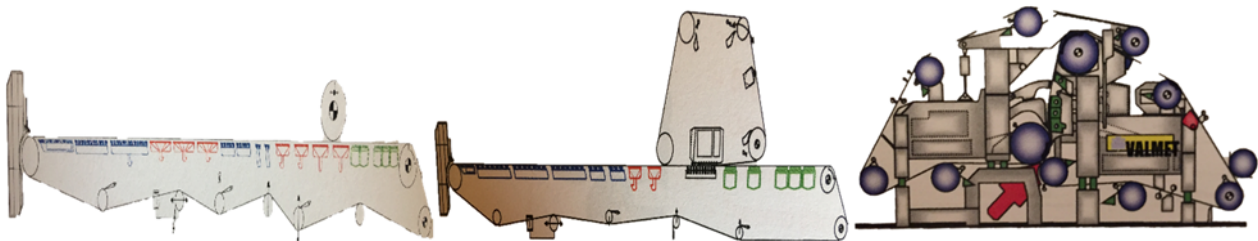
- distribuzione degli elementi fini sul foglio;
- la speratura (conseguenza della non uniforme distribuzione delle fibre nel foglio);
- il doppio viso (le due superfici che delimitano il foglio di carta "facce").

4.1 METODI DI RITENZIONE MECCANICA

Quando l'impasto viene gettato nella zona di formazione i primi effetti che influenzano una buona "filtrazione meccanica" sono la tipologia di fibre utilizzate (fibra lunga, fibra corta, CTMP) ed il grado di raffinazione a cui è stata sottoposta la fibra stessa.

Fondamentale è la misura della fibra dopo la raffinazione per capire come si comporta il feltro fibroso una volta che è nella zona di formazione, infatti un feltro fibroso più chiuso, indice di una presenza maggiore di fini, incrementa la capacità di "filtrazione meccanica" aumentando la ritenzione ma diminuendo la velocità di drenaggio.

Le variabili della ritenzione, fatta a livello meccanico, sono le regolazioni degli organi che compongono il former.



Foudrinier

Hybrid Former

Gap Former

4.2 LA ZONA DI FORMAZIONE

La zona di formazione è composta da:

- cassa d'afflusso;
- tela di formazione;
- zona del vuoto forzato;
- cilindro ballerino o telino formatore;
- cilindro aspirante.

4.2.1 Cassa d'afflusso

La cassa d'afflusso è un componente fondamentale della macchina continua perché ha il compito di ricevere l'impasto fibroso dalle tine di macchina e di immetterlo nella maniera più uniforme possibile nella zona di formazione, dove avverranno le successive lavorazioni di rimozione dell'acqua e della formazione del foglio di carta. La formazione del foglio, come si è visto, si compie e si decide nella prima parte della zona di formazione.

La cassa di afflusso ha diversi compiti tra i quali:

- distribuire l'impasto in modo continuo e uniforme sull'intero formato della macchina;
- mantenere costanti le velocità dei flussi in uscita;
- evitare la formazione di fiocchi di fibra;
- deaerare la sospensione fibrosa;
- conferire al getto una determinata velocità che assieme alla velocità della tela determinerà il disporsi delle fibre.

L'orientamento delle fibre dipende dalla velocità relativa del getto in rapporto a quello della tela e più precisamente se:

- velocità del getto < velocità tela \longrightarrow carta orientata longitudinalmente;
- velocità del getto = velocità tela \longrightarrow nessuno orientamento specifico, carta quadrata.

Garantire che il getto della sospensione fibrosa affluisca al punto giusto e con la corretta angolazione, ha dei benefici sulla formazione e sul drenaggio.

Infatti un angolo elevato è indice di:

- scarsa ritenzione;
- ritardo del drenaggio.

Un angolo del getto più scarso invece, può portare:

- elevata ritenzione;
- scarsa deareaazione;
- buon drenaggio.

Possiamo quindi concludere che il rapporto velocità getto/tela (Drag o Bias) e l'angolo del getto sono importanti, per una buona formazione del foglio, come la consistenza in cassa di afflusso.

4.2.2 Tela di formazione

La tela di formazione è responsabile della determinazione di importanti caratteristiche come la speratura, le proprietà meccaniche, la disposizione di fini e cariche. Questa viene prodotta intrecciando più fili nei due sensi di tessitura chiamati Trama e Ordito. La funzione principale è quella di fornire all'impasto, quando questo viene gettato su di essa, un supporto che si comporti da setaccio, trattenendo le fibre e il materiale di carica e lasciandosi attraversare dall'acqua.

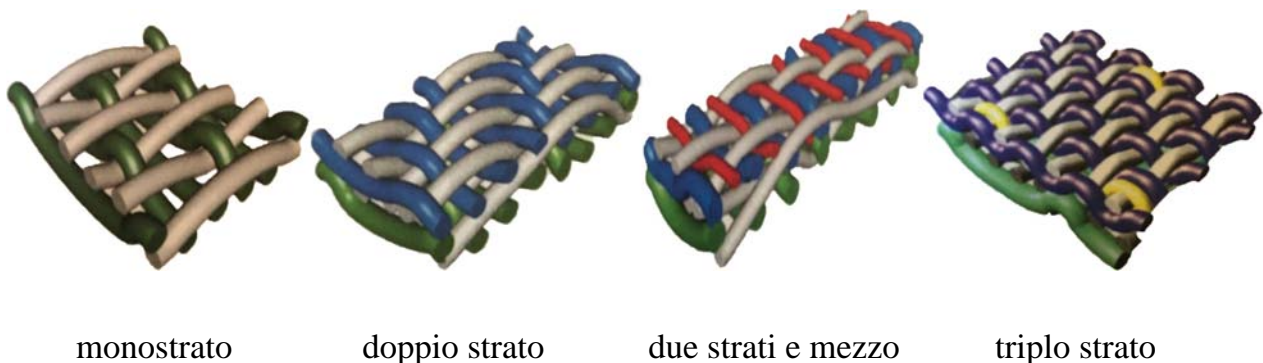
Uno dei fattori che influisce e differenzia una tela dall'altra è il disegno, infatti esso incide sulla permeabilità della tela, ossia la resistenza offerta all'attraversamento dell'acqua, come anche sull'indice di supporto fibre, cioè la superficie di supporto effettivamente offerta.

Il numero di fili e i relativi diametri sono anch'essi responsabili del drenaggio e delle caratteristiche di supporto della tela.

Le caratteristiche fondamentali che determinano il comportamento di una tela, sono dunque:

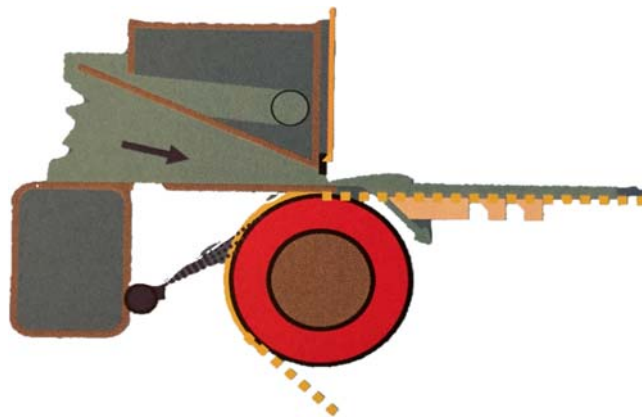
- il disegno;
- la permeabilità all'aria;
- volume di vuoto;
- l'indice di drenaggio;
- l'indice di supporto.

Lo sviluppo e l'applicazione di nuovi tipi di formatori, con l'aumento della velocità, l'esigenza di chiudere i cicli e la necessità di ridurre i costi per l'impasto (diventando di conseguenza sempre più poveri), hanno spinto le aziende produttrici di tele a sviluppare tessuti a doppio strato, doppio strato e mezzo, triplo strato di modo da aumentare il drenaggio e diminuire il più possibile la perdita di materiale.



4.2.3 Zona del vuoto forzato

- Forming board: sostiene la tela nella zona più critica ed ha come compito quello di rendere meno violento il drenaggio e di permettere che il primo assestamento del contesto fibroso avvenga in modo non troppo turbolento. Il forming board è costituito da listelli in materiale sintetico o in ceramica, aventi uno smusso rivolto verso la cassa d'afflusso su cui scorre la tela. Il forming board, più di tutti gli altri elementi drenanti, deve essere perfettamente allineato con la tela, per garantire il massimo controllo del drenaggio iniziale, che può risultare una fase critica.



- Foils: sono elementi del sottotela a rivestimento ceramico o plastico aventi una duplice funzione: sostenere la tela di formazione e aumentare la velocità di drenaggio dell'acqua. La tela, dopo il primo contatto con lo spigolo d'entrata, tende a staccarsi dalla superficie del listello e crea una zona di depressione che può essere graduata scegliendo l'angolo più adatto. L'angolo scelto aumenta man mano con il procedere del drenaggio.



- Vacufoils: è un particolare insieme di foils racchiusi in una cassetta. Lo scarico confluendo in una gamba barometrica innesca un fenomeno di aspirazione che forza il drenaggio dell'acqua.

- Casse aspiranti: costituite da una cassa chiusa con un coperchio piano formato da robusti listelli o da piastre forate rivestite di materiale sintetico o ceramico. Ciascuna cassa è

collegata, mediante un tubo di scarico, ad un impianto di aspirazione opportunamente regolato a basso vuoto, per cui si viene a determinare una differenza di pressione tra le due facce del feltro fibroso. È la parte della tavola piana che si trova in prossimità del labbro della cassa d'afflusso.

4.2.4 Ballerino o Telino formatore

Il ballerino è un grande cilindro che dona alla carta una buona formazione in zona di drenaggio dell'acqua, inoltre favorisce anch'esso un contributo al drenaggio dell'acqua. Esistono anche ballerini detti 'formatori', che donano alla carta un effetto marcato o filigranato; affinché il ballerino doni alla carta l'effetto di marcatura la consistenza o la percentuale di acqua presente nella carta, quando passa sotto il ballerino, dev'essere sufficientemente bassa di modo che il disegno del ballerino si imprima sulla carta. È preferibile utilizzare il ballerino a basse velocità, infatti più la velocità aumenta peggio sarà il risultato.

Il telino formatore ha il compito di donare una formazione migliore al foglio di carta, a velocità elevate, grazie ad un cassetto aspirante posto a metà di esso. Come nel ballerino, la trama del telino dona la marcatura alla carta e tutto si basa su come la trama della tela è stata filata.

4.2.5 Cilindro Aspirante

Al termine della tavola piana si trova il cilindro aspirante. La sua funzione consiste nel togliere ulteriormente acqua alla carta in modo che, seppur non ancora del tutto asciugata, possa essere successivamente staccata dalla tela di formazione e (grazie al feltro pick-up) trasferita alla sezione presse. Il cilindro aspirante è l'organo motore che traina la tela di formazione. È costituito da un mantello in bronzo o acciaio forato attraverso al quale avviene l'aspirazione dell'acqua dalla carta. L'interno del cilindro è suddiviso in tre casse aspiranti collegate all'impianto del vuoto (provocato solo nella zona dove il cilindro tocca la tela) per ottimizzare al massimo la capacità di rimozione dell'acqua.

Altri fattori che influenzano la ritenzione meccanica sono:

4.2.6 Grammatatura

Uno dei fattori che incide maggiormente sulla ritenzione è la grammatatura.

Se si ha una grammatatura elevata, ossia molta pasta va ad accumularsi nella tela di formazione, la ritenzione è favorita, infatti, grazie al maggior numero di fibre che vanno ad intrecciarsi tra loro, la possibilità di perdita di materiale fibroso è fortemente ridotta.

Il meccanismo si inverte se la grammatura della carta è fina, infatti quando si producono carte sottili ci sono minori fibre che vanno ad intrecciarsi fra loro e quindi la ritenzione di fini e cariche è penalizzata; si può tuttavia contrastare questo fenomeno sfruttando una trama più fitta delle tele di formazione.

4.2.7 Velocità

La velocità della macchina continua influenza notevolmente la ritenzione meccanica sulla tavola piana.

L'aumento della velocità comporta un rapido passaggio dell'impasto sulla tavola piana perciò, per mantenere una qualità della carta pari alle velocità ridotte, bisognerà asportare un maggiore volume d'acqua in un'unità di tempo ridotta rispetto a prima. Per soddisfare questa condizione è necessario aumentare l'effetto drenante di tutti gli elementi della tavola piana, che comporta però una maggiore asportazione di fini e cariche dalla superficie del foglio, con conseguenti problemi di doppio viso e rischi di rotture in zona di pressatura. Per cercare di risolvere questo problema si è inizialmente cercato di migliorare il più possibile l'efficienza degli elementi drenanti e in seguito, adottando un efficiente programma di ritenzione chimica, che appunto favorisce il drenaggio dell'acqua e riduce la perdita di materiale fibroso e non.

4.3 I BENEFICI DELLA RITENZIONE MECCANICA

Per concludere, è necessario evidenziare che la ritenzione meccanica è la parte maggiormente influente nella formazione del foglio e dipende direttamente dall'efficienza della rimozione dell'acqua. Questa ottimizzazione non è semplice, l'impasto raggiunge la cassa d'afflusso ad una consistenza dello 0,8% e l'obiettivo è quello di uscire dalla zona del vuoto forzato con una consistenza più alta possibile, intorno 18-20%. Più alta è la consistenza in uscita dalla zona del vuoto forzato, maggiore sarà il risparmio nell'asciugamento in seccheria e la pressione esercitata in zona di pressatura con un conseguente aumento della velocità. In aggiunta a questo aspetto deve però unirsi alla buona qualità del foglio di carta che comprende formazione e qualità meccaniche.

5. RITENZIONE CHIMICA

Il continuo aumento della velocità e la necessità di utilizzare impasti sempre più economici cercando di ottenere le massime qualità meccaniche della carta, hanno spinto le cartiere ad adottare un programma di ritenzione con l'obiettivo di formare legami prima che l'impasto venga gettato sulla tela e cominci il drenaggio, grazie all'ausilio della chimica.

Le particelle, come fini, cariche e additivi, determinano le caratteristiche meccaniche e ottiche del foglio di carta. Non riuscendo a ritenere una grande quantità di queste nel foglio di carta (dato che si perdono nelle acque del sottotela) si ha una diminuzione della qualità della carta e un inevitabile carico organico e inorganico disperso nelle acque di scarico. È possibile tuttavia, adottare un buon programma di ritenzione chimica migliorando così questo processo. La ritenzione chimica favorisce il drenaggio, cioè la velocità con cui la fibra si separa dall'acqua. L'aumento di questo è determinante per:

- incremento della produzione;
- apertura del labbro, grazie a questo beneficio infatti si possono aumentare di gran lunga le proprietà di formazione della carta in quanto l'impasto arriva più diluito in cassa d'afflusso e le fibre si posizionano meglio nella tela.

5.1 ANALISI CHIMICHE

Per ottimizzare il sistema di ritenzione bisogna conoscere lo stato del sistema ossia le condizioni del ciclo della cartiera.

Il ciclo delle acque di cartiera contiene svariate sostanze chimiche che richiederebbero l'impiego di metodi molto sofisticati per conoscere precisamente da cosa sono composte. Pertanto si preferisce utilizzare metodiche più semplici che, pur senza fornire risultati accurati, permettono di quantificare le varie famiglie di composti presenti.

Le principali analisi consistono nella:

- misura del pH, per la determinazione dell'acidità;
- misura della conducibilità, per la determinazione della frazione inorganica;
- misura del COD, per la determinazione della frazione organica totale;
- misura della domanda cationica, per determinare la frazione colloidale;
- misura del potenziale Z, per determinare il potenziale superficiale delle fibre.

5.1.1 pH

Il pH misura la concentrazione degli ioni H^+ in un liquido acquoso. Questa misurazione ha una notevole importanza in tutte le fasi del processo produttivo della carta. Nelle tubazioni infatti, un pH acido favorisce la corrosione ma come altro fondamentale aspetto ha una particolare influenza sulla ritenzione.

L'impasto, singolarmente, presenta, in presenza di:

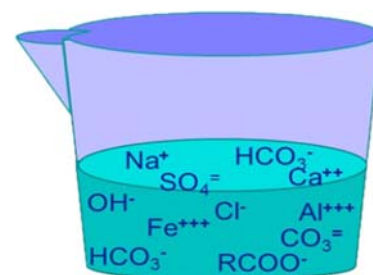
- pH acido (favorito dal processo di sbiancamento della cellulosa) \longrightarrow potenziale $Z=0$;
- pH neutro (7-7,5) \longrightarrow potenziale Z negativo;
- pH basico (>8) \longrightarrow potenziale Z ancora più negativo.

Questo è dovuto agli ioni H^+ e OH^- che interferiscono con la fibra. L'adsorbimento degli ioni positivi sulla superficie della cellulosa è condizionata dal pH: a pH acidi l'adsorbimento sarà minore a causa dell'addizione dello ione H^+ ai gruppi carbossilici. Infatti a pH inferiori a 7 il gruppo carbossilico non si dissocia, poiché, rendendo libero un protone, questo impedisce al catione del ritentivo di legarsi. La fibra sarà dunque più elettronegativa a valori di pH spostati verso la neutralità.

In conclusione, per un buon risultato di ritenzione, avere un pH prevalentemente neutro, o spostato leggermente verso il basico, favorisce l'agglomerazione delle fibre.

5.1.2 Conducibilità

La conducibilità dà una misura della concentrazione totale degli elettroliti (sali) in un liquido acquoso. Un ciclo troppo carico di sali varia la configurazione di polimeri e amido, e di conseguenza la loro reattività. Per la misurazione si utilizza uno strumento formato da una coppia di elettrodi che nell'insieme creano una cella di conduttimetrica.



5.1.3 COD

La misura del COD è un utile indicatore per determinare la totalità delle sostanze organiche presenti nel ciclo delle acque di una cartiera. Tutto il COD introdotto nel sistema esce o con la carta prodotta oppure con le acque di scarico. Il COD viene determinato tramite una reazione chimica a base di cromo (forte ossidante) ad elevata temperatura.

5.1.4 Domanda Cationica

La misura della domanda cationica è una determinazione effettuata sulla frazione colloidale ed è la quantità di agente cationizzante necessaria per neutralizzare la carica anionica del sistema e quindi nel raggiungimento del punto isoelettrico.

Le sostanze colloidali e ad alto peso molecolare sono circondate da una “nuvola” di ioni con carica opposta, dette attrazioni di London o Van der Waals.

Lo strumento utilizzato è un misuratore automatico il quale genera una differenza di potenziale facendo cambiare carica ai colloidi presenti dentro al liquido e riportando il risultato della misura nel display dello strumento in millivolt. I colloidi verranno titolati grazie all’ausilio di un liquido cationico fino all’arrivo del punto isoelettrico; il risultato sarà poi la quantità del liquido cationico inserita per titolare il campione.

La domanda cationica permette di aggirare il rischio di sovradosaggio di cationizzante che non permette il legame tra le fibre, in caso questo accada l’unico rimedio è “scaricare” il ciclo con tempi molto lunghi per ripristinare le condizioni ottimali.

E’ utile, infine, soffermarsi sul fatto che la domanda cationica è influenzata dalla conducibilità. Se questa è elevata indica un elevato numero di sali nel ciclo delle acque e, formando ioni salini che si legano facilmente al cationizzante, rende necessario un utilizzo maggiore di quest’ultimo per neutralizzare i sali presenti.



5.1.5 Potenziale Z

Il potenziale Z può essere identificato come la carica elettrica superficiale che possiede una particella solida dispersa in un liquido, la quale crea fenomeni di adsorbimento con ioni positivi o negativi presenti nel mezzo disperdente. Il potenziale Z crea attorno alla particella un movimento di ioni attirando verso di sé cariche con segno opposto e respingendo ioni di segno uguale, creando così un doppio strato elettrico attorno ad essa. Quest’ultimo, quando viene applicata una differenza di pressione, dà origine ad una differenza di potenziale causata dalla separazione degli ioni che circondano la particella stessa. Questa differenza di potenziale è misurabile e viene chiamata Potenziale Z.

La fibra presenta anch’essa una carica superficiale, solitamente negativa, derivante dalla raffinazione cioè dall’apertura delle fibrille presenti in essa. La carica superficiale delle fibre è misurabile e determina la sua capacità di adsorbire agenti cationici, anionici o senza carica a seconda del potenziale Z misurato. In sostanza, il potenziale Z è lo strumento che permette di capire quanti “siti attivi” siano presenti sulla fibra.

Il potenziale Z nelle fibre è variabile a seconda di:

- tipo di fibra;
- raffinazione;
- pH;
- conducibilità dell'acqua.

Il risultato del potenziale Z permette di capire in che situazione si trova l'impasto e come si può comportare quando verrà utilizzato, così facendo è possibile intervenire a livello chimico e risolvere gli eventuali problemi in modo da avere sempre le migliori condizioni per la creazione del foglio.

5.2 I VARI PRODOTTI PER LA RITENZIONE

La ritenzione chimica ha origine con l'utilizzo di prodotti ancora non completamente conosciuti ma il cui scopo era supportare la formazione del foglio.

I primi prodotti "storici" utilizzati nelle cartiere furono sali inorganici di allume e policloruro.

5.2.1 Solfato di alluminio

Il solfato di alluminio è il reagente coagulante più "storico".

L'allume lavora in un range di pH che va dal 4 – 5 ed è ottimo per la produzione della carta. L'allume ha un'azione neutralizzante nei confronti dei centri attivi della fibra, perciò è molto utile per evitare che quest'ultima reagisca con altri composti che potrebbero limitare la formazione del composto fibroso.

Il solfato di alluminio disciolto in acqua forma con il carbonato di calcio un composto che ritiene con molta efficacia le particelle fini e le cariche minerali, questo aspetto è molto utile però non si può eccedere con il dosaggio dell'allume perché può creare depositi ed occupare nella fibra tutti i siti attivi neutralizzandoli con conseguenza di avere poco spazio libero per i legami interfibra.

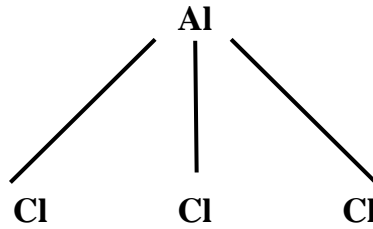
5.2.2 Policloruro di alluminio

L'allume viene talvolta sostituito da un altro agente chimico il policloruro di alluminio.

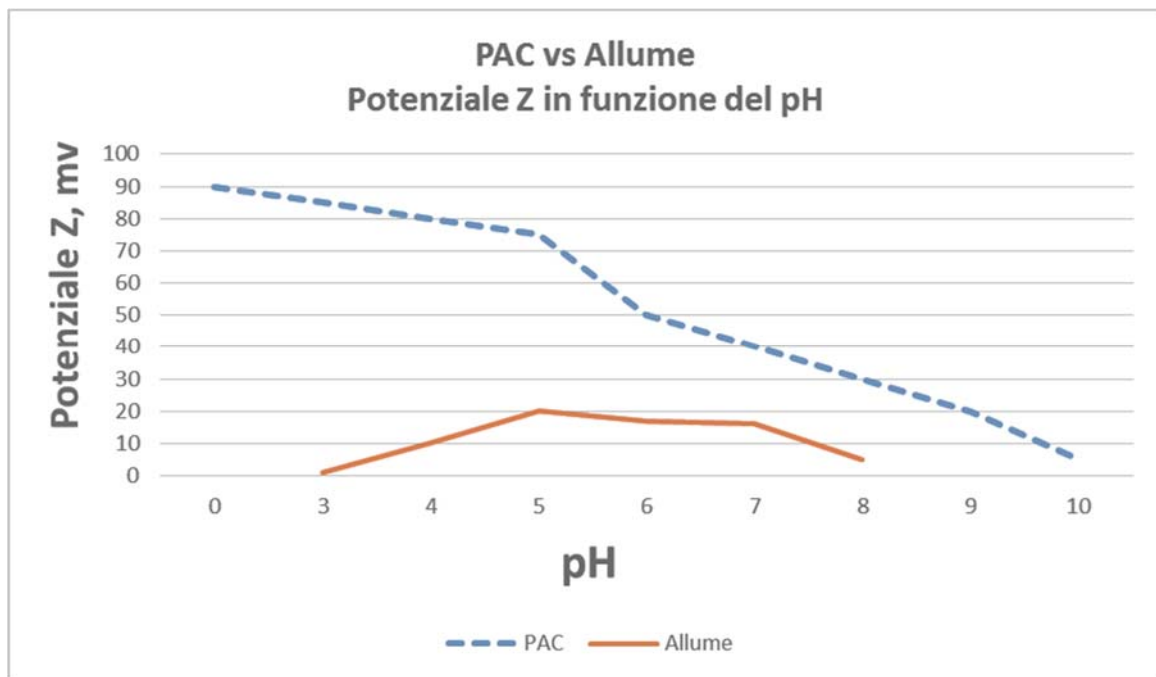
Il policloruro di alluminio è un polielettrolita inorganico ad elevata concentrazione di alluminio (18% peso) molto utile nella produzione perché crea meno depositi e se ne utilizza in quantità ridotte perché ha elevate capacità di coagulazione, può essere usato anche come

singolo prodotto per la ritenzione.

Il PAC è molto corrosivo perciò si deve prestare molta attenzione al dosaggio se non si vuole incorrere nel fenomeno della corrosione.

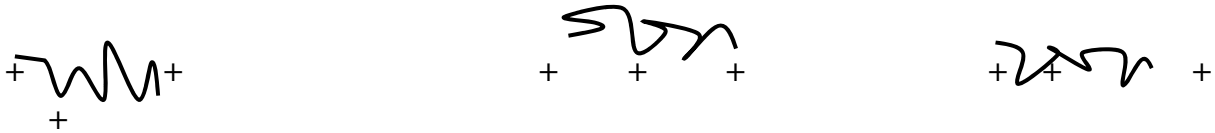


-formula di struttura del PAC AlCl_3 -



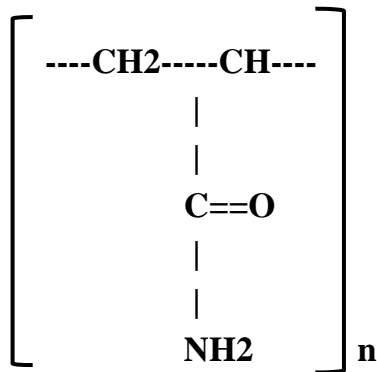
5.2.3 Primi polimeri a basso peso molecolare

I primi polimeri utilizzati, denominati di “prima generazione”, erano a basso peso molecolare e la quantità di siti attivi (densità di carica) non era abbastanza alta da permettere una buona ritenzione, con la conseguenza del necessario utilizzo di un’ingente quantità di questi in modo da ottenere dei risultati accettabili.



Con il passare degli anni, in seguito all’aumento della velocità e alla continua ricerca della combinazione ottimale per unire le proprietà meccaniche con l’aumento della percentuale di fini e ceneri presenti nell’impasto, si è cominciato a notare l’esigenza di creare dei sistemi di ritenzione più complessi.

L’evoluzione dei polimeri, nel mondo della carta, ha avuto un punto di svolta con l’utilizzo delle poliacrilammidi.



I monomeri di acrilamide sono legati tra loro e il polimero formatosi può avere catene che vanno da 3000 a 36000 monomeri uniti.

La poliacrilammide (anionica e/o cationica) è ancora oggi un validissimo ritentivo usato nelle cartiere. Il polimero, introdotto all’interno del processo produttivo di macchine che non superano i 500 m/min, può essere utilizzato indipendentemente e avere ottimi risultati.

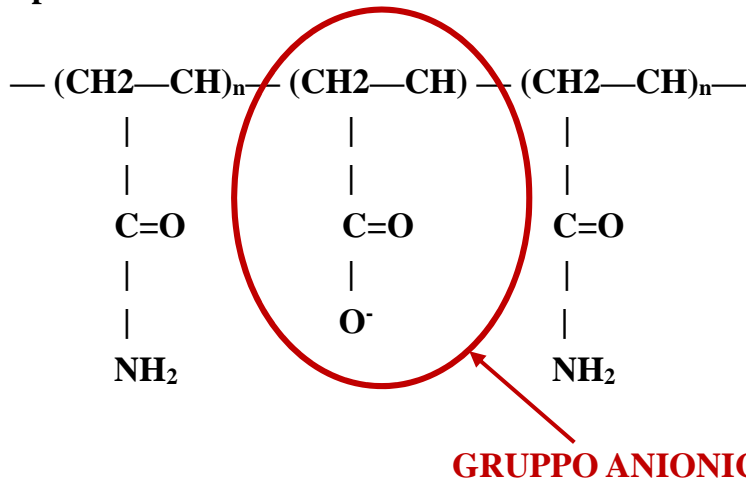
Quando la velocità non era elevata come oggi, erano diffusi i sistemi di ritenzione “semplici”.

Tra questi possiamo considerare:

- poliacrilammide (anionica e/o cationica);
- polietilenossido.

La prima categoria può a sua volta, suddividersi in due grandi famiglie:

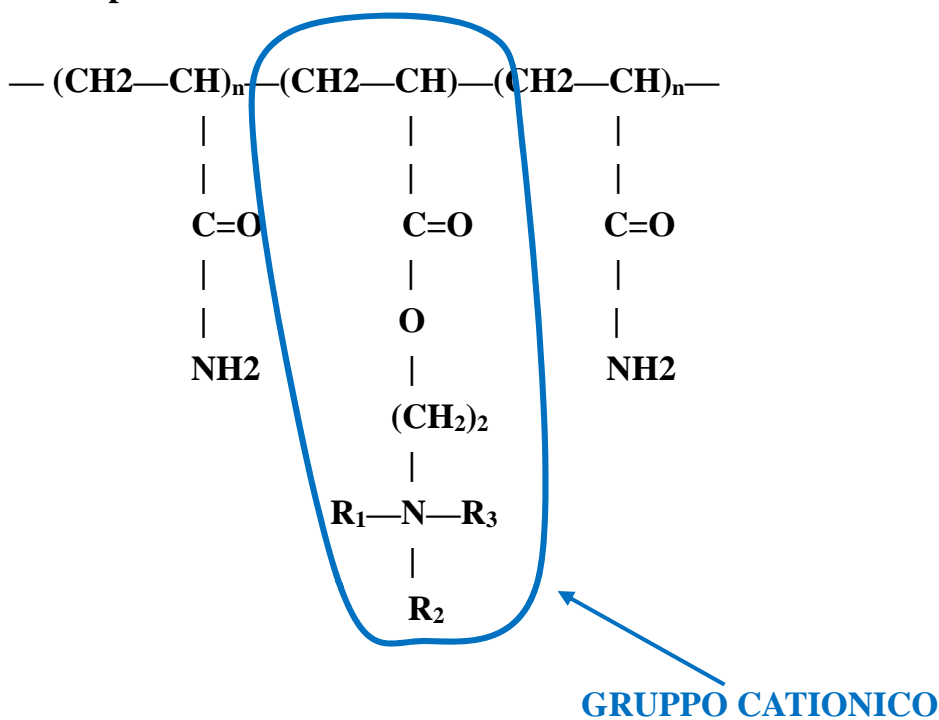
5.2.4 Le poliacrilammidi anioniche:



-Polimeri anionici - Poliacrilammidi (PAA-), Alto PM, Debole anionicità-

La poliacrilammide anionica, presenta una vasta gamma di peso molecolare da 16-25 milioni, con una densità di carica anionica che varia da 10-60%, dovuta ai gruppi polari sulla catena molecolare che contiene.

5.2.5 Le poliacrilammide cationica:



-Polimeri cationici - Poliacrilammidi (PAA+), Alto PM, Debole cationicità-

La catena molecolare della poliacrilammide cationica contiene una determinata quantità di gruppi di polarità che può:

1. assorbire l'acqua delle particelle solide sospese;
2. fare il ponte fra le particelle per formare grandi agglomerati in modo da sospendere la velocità di sedimentazione delle particelle;
3. accelerare il tasso di flocculazione.

5.2.6 Il polietilenossido

Polimero che era stato utilizzato da solo per le sue capacità drenanti, ora però è stato sostituito da composti più efficaci. Ha un basso peso molecolare, a catena corta con una buona presenza di siti attivi.



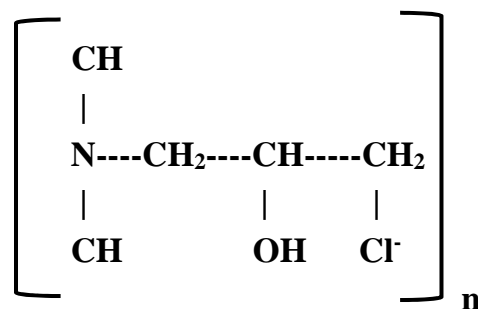
Nuove innovazioni nelle macchine per la produzione della carta con conseguente aumento della velocità e lo sviluppo di controlli di qualità sempre più rigidi hanno favorito l'uso di prodotti chimici innovativi per aumentare il drenaggio, con conseguente ottimizzazione della formazione della carta.

Questi prodotti, chiamati "drenanti" o "cationizzanti", hanno avuto un grandissimo utilizzo negli anni 90' e sono:

- Poliammina (PA);
- Poliamidoammine (PAA);
- Polietilenimmina (PEI).

I polimeri di questa categoria hanno basso peso molecolare (inferiore a 10'000 g/mol) ed un'alta densità di carica, il prodotto può essere costoso ma aumenta l'efficienza di macchina.

5.2.7 Poliammina



I monomeri di ammina si legano tra loro formando un polimero che può avere catene che possiedono da 300 a 700 monomeri. L'azoto che lega i carboni è un azoto quaternario e la molecola che si forma avrà una disposizione nello spazio lineare. Attualmente la poliammina è utilizzata come fissativo per fini e ceneri.

Per neutralizzare la carica vengono utilizzati degli inquinanti anionici ad alto peso molecolare, i cui scopi sono:

- ridurre i depositi;
- migliorare il drenaggio;
- aumentare la ritenzione se miscelati con amido in massa;
- elevata affinità per le sostanze colloidali;

I sistemi sopradescritti combinano l'utilizzo di un singolo e unico prodotto per la ritenzione chimica nelle macchine continue. Questo sistema anche detto "semplice" e veniva utilizzato per macchine a basse velocità che producevano carta ad elevata grammatura.

5.2.8 Amido

Uno dei sistemi "antichi" usato e sfruttato ancora oggi per la ritenzione chimica è l'utilizzo dell'amido cationico in massa. È un sistema molto efficace perché permette di ridurre i costi e di donare alla carta forti resistenze. L'amido è un polimero naturale ottenuto da patata, mais e tapioca e possiede un peso molecolare inferiore ai normali polimeri utilizzati per la ritenzione.

L'amido è formato da granelli insolubili in acqua fredda che a contatto con l'acqua calda invece si gonfiano. Questo processo è detto "cottura dell'amido" al quale segue l'aggiunta degli enzimi che rompono i legami dell'amido creando delle catene più piccole con elevato potere di carica.

L'amido cationico è preparato dall'amido nativo al quale vengono aggiunti dei gruppi di azoto quaternario grazie ad un processo di esterificazione. Tale sostituzione tuttavia non è facilmente controllabile perciò possono esistere degli amidi più o meno cationici. Il peso molecolare e il contenuto di amilopectina (molecola dell'amido ramificata a differenza di quella di amilosio che è ciclica) determinano le prestazioni dell'amido, maggiore è l'amilopectina maggiori saranno le prestazioni flocculanti dell'amido.

Le proprietà dell'amido aggiunto nell'impasto sono note infatti grazie alle sue proprietà leganti permette di aumentare le caratteristiche meccaniche della carta:

- rigidità;
- scoppio;
- delaminazione.

Crea benefici anche sul fissaggio di ceneri e colore sia se viene applicato come singolo ritentivo che se viene usato nel sistema complesso con l'ausilio di microparticelle anioniche come la silice colloidale (se viene adottato questo sistema viene aggiunto in pasta densa di modo da fissare più materiale possibile).

Uno dei rischi del utilizzo del amido è che se non fissato molto bene alla fibra si rischia un aumento del COD in ingresso alle acque del depuratore. Per questi motivi l'amido si utilizza quando si richiede un considerevole aumento delle proprietà meccaniche.

Il continuo aumento della velocità di produzione ha spinto le cartiere ad investire sempre di più nella chimica del processo produttivo e nei conseguenti sistemi di ritenzione, così facendo si sono sviluppati dei Sistemi complessi che combinano due o più prodotti per venire incontro alle esigenze della cartiera.

Dual System:

Coagulante + Polimero Anionico

Polimero Anionico + Polimero Cationico

Amido Cationico + Soluzione di Silice

Polimero Cationico + Bentonite

Polimero Cationico + Soluzione di Silice

I sistemi complessi si possono evolvere con l'aggiunta di:

- coagulanti, come il PAC o l'allume;
- cationizzanti, con l'aggiunta di poliammina o polietilenimina.

I cationizzanti aiutano a mantenere la conformazione del polimero "attiva" cioè crea dei siti attivi sulla fibra di modo che il polimero si ancori ma non assuma una struttura piatta.

5.3 MECCANISMI PER UNA CORRETTA COAGULAZIONE

La coagulazione è un fenomeno chimico che riduce, neutralizza o inverte le repulsioni elettrostatiche tra le particelle più piccole disciolte nell'impasto.

Attraverso l'utilizzo di un coagulante (allume o PAC) si può intervenire a livello chimico per trattenere sulla tela di formazione fini, cariche e colloidali che andrebbero perse nelle acque di scarico. Il coagulante funge da legante che unisce queste particelle per formare un "fiocco" più grande che ha più possibilità di venire legato alla fibra e quindi di essere ritenuto sulla carta.

La fibra, i fini e i colloidali sono generalmente di carica negativa perciò, aggiungendo dei siti cationici ad alta carica, possiamo far sì che si uniscano per attrazione elettrostatica.

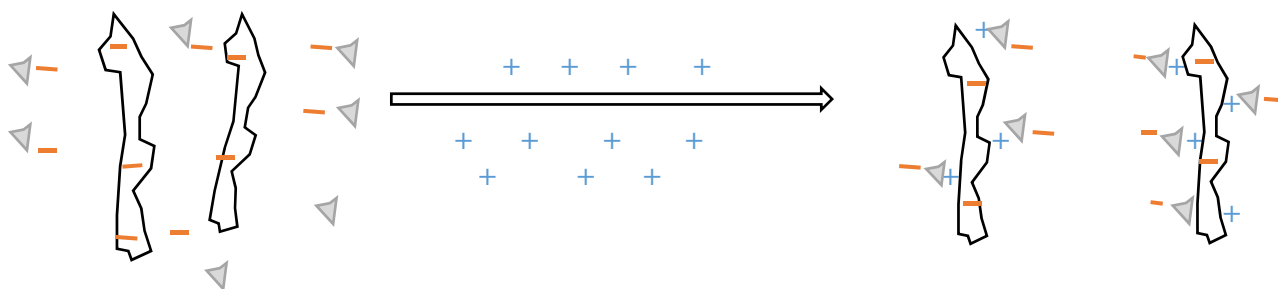
Si può quindi riscontrare che il coagulante non crea dei veri e propri legami chimici, ma annulla o inverte solamente la carica superficiale della particella con cui viene a contatto così da agglomerare le particelle più piccole ritenute meccanicamente dalla fibra.

Il coagulante svolge 2 meccanismi:

- neutralizzazione di carica;
- adesioni a Patch.

5.3.1 Neutralizzazione di carica

Le fibre e cariche sono caricate negativamente e quindi, tra queste, c'è una repulsione predominante. Con l'aggiunta di allume o PAC si diminuisce il doppio strato elettrico, si neutralizzano le cariche e le fibre, e i fini possono avvicinarsi. L'attrazione ora è la predominante.



5.3.2 Adesione patch

Le fibre adsorbono il coagulante sulla superficie riducendo le forze di repulsione fra le componenti anioniche del sistema e facendo tendere il potenziale Z allo zero. Questo processo facilita l'attrazione elettrostatica che forma dei fiocchi tra le particelle in sospensione.

La coagulazione viene applicata individualmente dove non si vuole la flocculazione, in genere sulle grammature basse come nel Tissue e nella carta giornale.

Nelle carte invece, dove non è sufficiente solo la coagulazione (grammature e velocità elevate), per dare dei fiocchi con dimensioni sufficientemente grandi da essere ritenuti sulla tela è indispensabile aggiungere insieme al coagulante anche un flocculante.

5.4 MECCANISMI DI UNA CORRETTA FLOCCULAZIONE

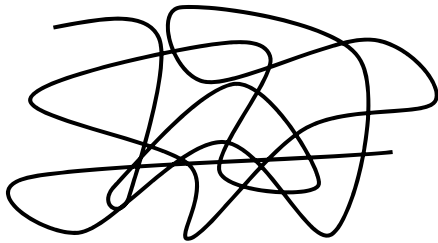
Al singolo coagulante, nelle cartiere dove la formazione del fiocco non è sufficiente per agglomerare fibra, fini e cariche e le grammature sono elevate, si è unito il flocculante ossia un polimero di origine organica o sintetica in grado di formare fiocchi più grandi.

L'aggiunta del flocculante segue quella del coagulante, quest'ultimo ha la funzione di annullare le cariche superficiali della frazione colloidale e delle fibre così da permettere al flocculante di creare dei siti attivi cationici nella fibra o cariche presenti nell'impasto affinché si aggregino per attrazione elettrostatica o legami ad idrogeno.

La posizione dove viene inserito il flocculante è strettamente significativa, infatti se il flocculante è collocato molto prima del cestello pre-cassa d'afflusso il rischio è che ne perda l'efficacia a causa di forze di taglio come le turbolenze che indeboliscono il fiocco formatosi troppo presto. Contrariamente se il flocculante viene posto troppo avanti (per esempio dopo lo screen della cassa d'afflusso), il fiocco non ha tempo sufficiente per formarsi e c'è il rischio di avere minore ritenzione e spolveri in macchina.

I fattori che legano tutti i polimeri descritti precedentemente sono molto importanti e determinano la bontà del polimero:

1. Peso molecolare

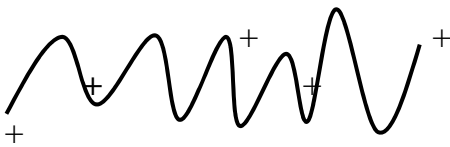


“Alto” Peso molecolare

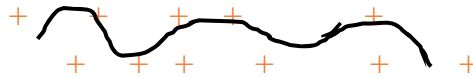


“Basso” Peso molecolare

2. Densità di carica

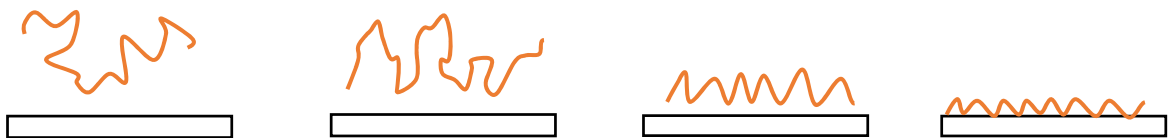


“bassa” densità di carica



“alta” densità di carica

3. Configurazione nel tempo



Tempo

5.4.1 Polimero Singolo

Il polimero singolo solitamente è usato per le macchine che non superano i 500 m/min ed ad elevata grammatura.

Si utilizza un polimero ad alto peso molecolare ed a bassa concentrazione di carica superficiale.

L'interazione che avviene tra polimero e fibra è di tipo Flocculazione a Ponte:



La flocculazione a ponte sfrutta la lunghezza della catena polimerica per legare la fibra che intrappola cariche e materiale colloidale tra i legami formatosi tra loro.

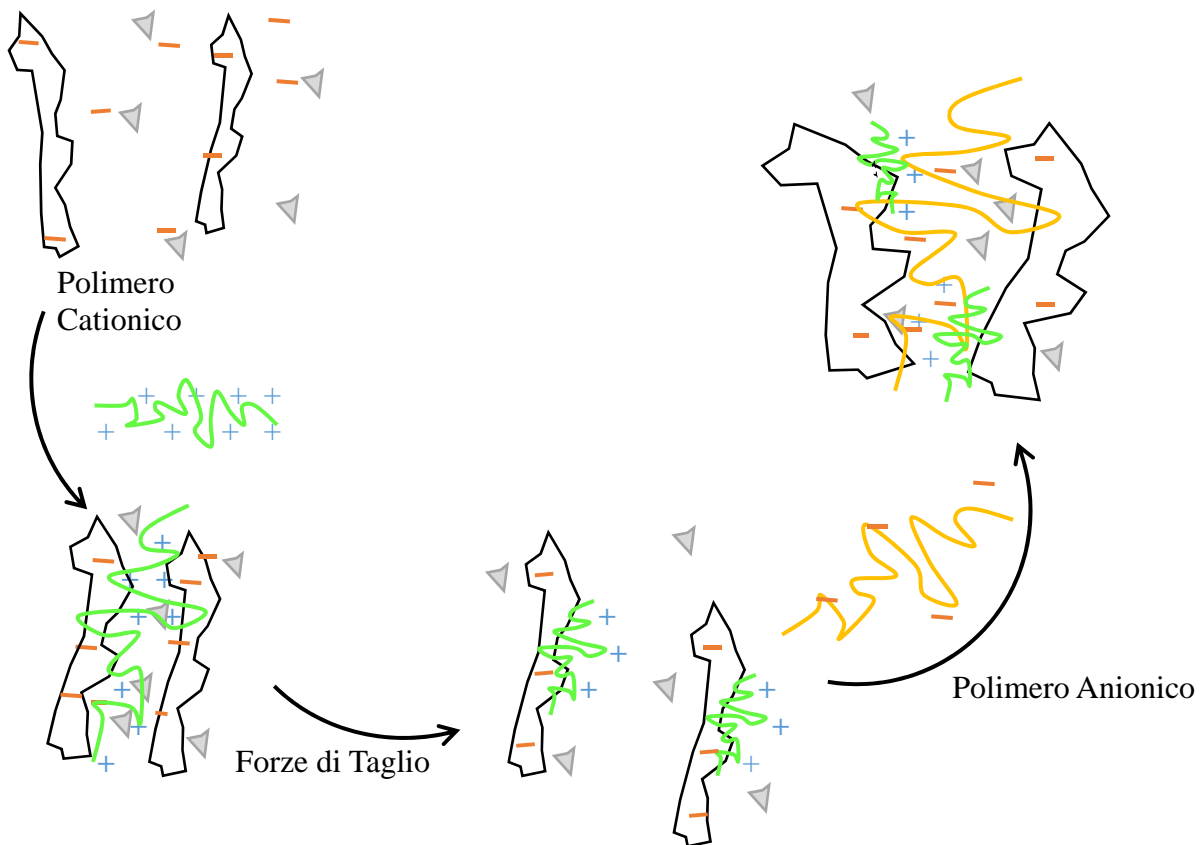
- Polimero Cationico e Polimero Anionico

L'utilizzo dei polimeri cationico e anionico crea una ritenzione molto elevata e fiocchi molto resistenti sebbene il drenaggio diminuisca.

I polimeri utilizzati sono:

- polimero cationico ad alta carica e basso peso molecolare;
- polimero anionico a bassa carica e alto peso molecolare.

La modalità con cui viene applicato questo sistema è quella di far flocculare con il polimero cationico la fibra e gli altri componenti anionici dell'impasto prima del cestello. In questo modo si formano dei fiocchi che poi andranno rotti, spezzati e tagliati dallo screen di pre-macchina liberando così i siti attivi cationici lasciati dal polimero legato alla fibra. In seguito si aggiunge il polimero anionico che crea legami con quest'ultimi per formare fiocchi molto resistenti.



- Sistema microparticellare

Uno dei sistemi attualmente utilizzati nel mondo cartario per la ritenzione chimica è l'utilizzo di una combinazione tra:

- coagulante;
- flocculante;
- microparticelle in soluzione colloidale.

La combinazione di questi tre ritentivi fornisce una ritenzione ed un drenaggio difficili da sostituire. Questo sistema è stato ottimizzato negli anni a fronte della continua richiesta di unire una buona formazione, con l'elevata presenza di ceneri presenti dell'impasto.

Come visto precedentemente, un coagulante come il PAC aiuta a neutralizzare le cariche superficiali degli elementi di cui è composto l'impasto e aiuta a ridurre la frazione colloidale. Dopo questo passaggio viene aggiunto il flocculante, solitamente un polimero cationico (amido o polimeri sintetici), ad alto peso molecolare e buona densità di carica, che da ottime prestazioni sui valori di ritenzioni ceneri e fini.

Vengono aggiunti poi, dopo lo screen, le microparticelle che si legano e formano dei microflocchi con i siti attivi creati dal polimero. Questi, aiutano il drenaggio e migliorano la formazione della carta. Come microparticelle vengono usate la bentonite o la silice colloidale che hanno entrambe una carica anionica che ne consente l'ancoraggio ai siti attivi del polimero, legati alla fibra e rotti dalle forze di taglio.

-Silice colloidale

La soluzione di silice è una dispersione acquosa di silice colloidale (SiO_2) stabilizzata da gruppi idrossidi (OH^-) e contenenti lo ione sodio (Na^+) come catione.

La silice si divide in tre famiglie:

- struttura bassa, con grandezza che si aggira intorno ai 5-6 nm, le particelle di questo gruppo non sono modificate e hanno una superficie di contatto bassa;
- struttura media, con grandezza che si aggira intorno ai 2-3 nm, le particelle hanno superficie elevata e buone prestazioni con amido cationico;
- struttura molto alta, le particelle hanno una superficie molto grande e si ottengono elevate forze di legame con il polimero cationico.

La significativa differenza tra un sistema microparticellare e un sistema con doppio polimero è che la creazione di microflocchi, a differenza della riflocculazione, è nettamente più semplice dal punto di vista delle tempistiche di formazione, della formazione stessa e del drenaggio.

Il drenaggio aumenta grazie al fatto che la microfloculazione lascia più spazio tra le fibre e questo aiuta anche la porosità e di conseguenza favorisce l'evaporazione dell'acqua in fase di asciugatura.

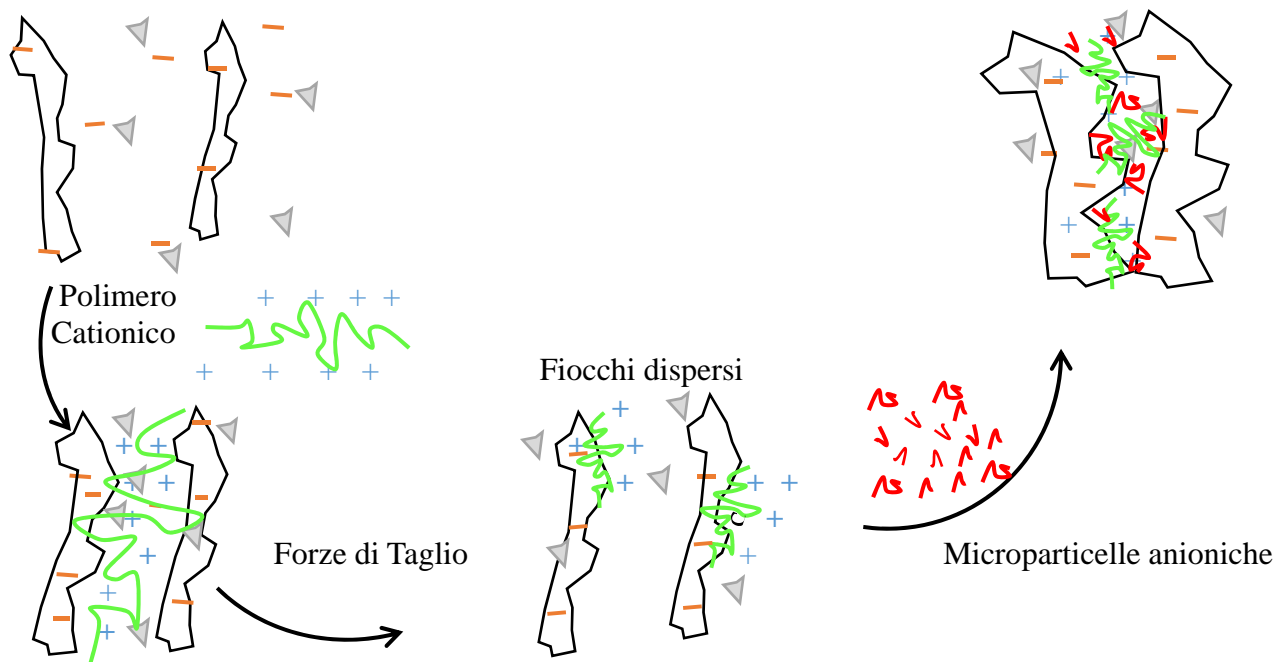
- Bentonite

La bentonite è un'argilla composta essenzialmente da argilla montmorillonite.

La struttura della bentonite è lamellare con una grande superficie di contatto. La bentonite ha un'elevata capacità di assorbire polimeri ed altri composti dispersi oltre che di diminuire il COD favorendo la precipitazione e trattenendo nella carta il materiale colloidale.

La bentonite può essere usata in due differenti modi:

1. prima del polimero, ha un effetto di pulizia dell'impasto, il polimero si lega alle particelle disperse;
2. dopo il polimero, che aggiunto prima dello screen crea fiocchi grandi che vengono rotti dalle forze di taglio, successivamente la bentonite li coagula per formare dei piccoli fiocchi che aiutano il drenaggio e la formazione.



6. ESPERIENZE

Una esperienza che dimostra il miglior effetto/risultato sui tempi di drenaggio avvenuta grazie al cambio del sistema di ritenzione dalla combinazione di polimero cationico, polimero anionico e poliammina a polimero cationico, bentonite e poliammina è la seguente:

Macchina: Gap former

Velocità: 1100-1450 m/min

Produzione: 300.000 tonnellate/anno

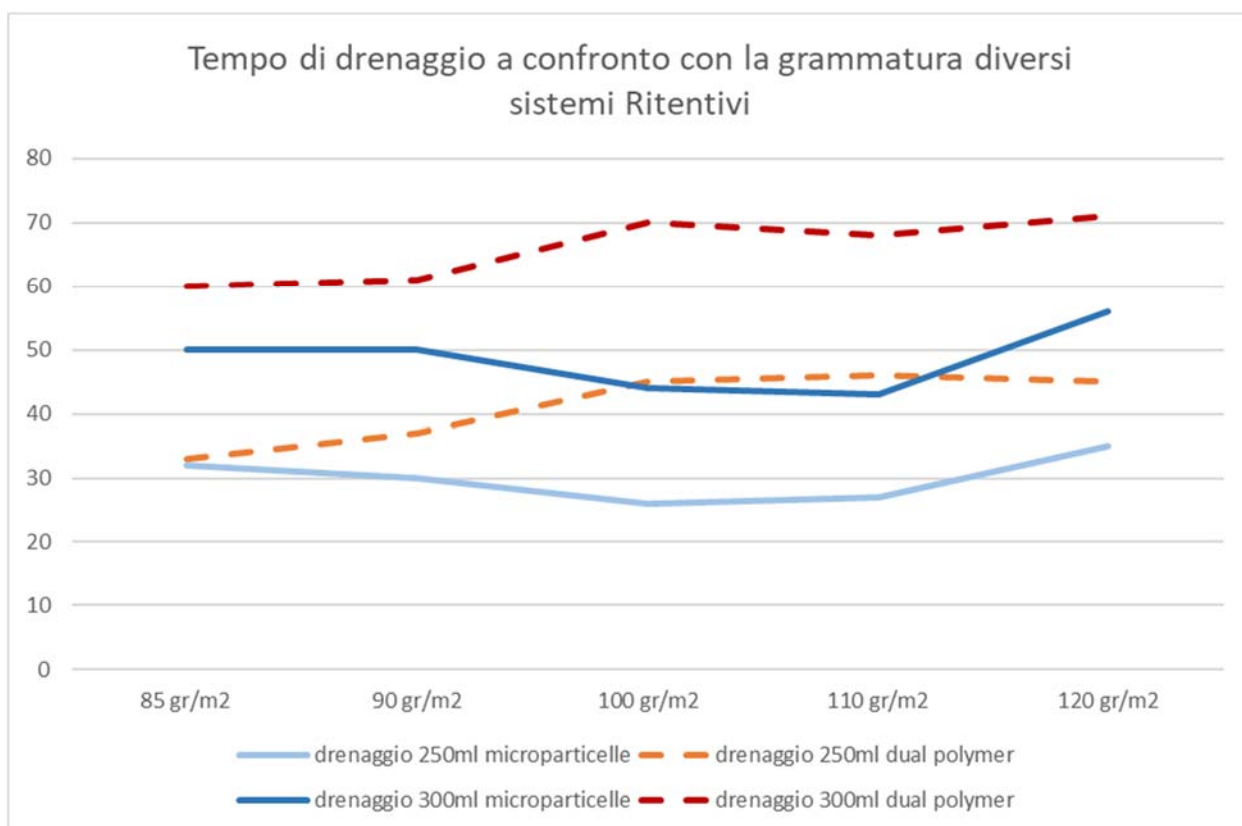
Tipi di carta: fluting e testliner

Impasto: Macero italiano

Sistema di ritenzione:

- Prima della prova: la combinazione tra polimero cationico, polimero anionico e poliammina;
- Prova con: la combinazione tra polimero cationico, bentonite e poliammina

Durante il corso della prova si è potuto notare le differenze ed i benefici che ha portato l'utilizzo della bentonite.



Il grafico rivela come il sistema ritentivo microparticellare, con l'utilizzo della bentonite, ha aumentato notevolmente il drenaggio, grazie ai piccoli fiocchi che forma in fase di ricostruzione degli agglomerati, favorendo così la velocità con la quale l'acqua se ne va dalla fibra.

7. NUOVI POLIMERI: I POLIMERI ANFOTERI

I nuovi polimeri anfoteri sono una realtà sempre più presente nel mondo dei ritentivi per le carte prodotte sia da fibra vergine che da imballaggio.

Questi infatti, presentano una grande efficacia nel ridurre la frazione colloidale, migliorare il drenaggio e donare benefici alla formazione del foglio di carta.

Gli anfoteri sono una poliacrilammide in polvere altamente sinergica con il sistema di ritenzione microparticellare, che sono stati provati su:

- macchine per carta Kraft (anche a pH acido);
- cartone per scatole pieghevoli;
- carte patinate.

I produttori di imballaggi, carta e cartone hanno sempre più la necessità di aumentare il valore del prodotto finito; la maggiore efficacia della macchina continua e l'utilizzo in modo conveniente in termini di costo delle materie prime possono far aumentare la qualità della carta prodotta.

Però gli impasti sempre più scadenti e la necessità di lavorare con un ciclo sempre più chiuso, portano a non raggiungere gli standard qualitativi desiderati. Con l'utilizzo dei polimeri anfoteri, si consegue a questa esigenza grazie alla sua capacità di ridurre gli agenti contaminanti nel ciclo di macchina.

A causa della natura anfotera del polimero è necessario seguire delle procedure particolari nella preparazione, ossia:

- valutare la qualità dell'acqua di dissoluzione;
- aggiungere una soluzione tampone acida in caso di durezza/alcalinità elevata dell'acqua al fine di mantener un pH tra il 3,5 ed il 4;
- lasciar trascorrere un tempo sufficiente per la dissoluzione.

Il polimero anfotero è un polimero molto efficace perché si adatta alle condizioni del ciclo di macchina ossia riesce a reagire sia con i contaminati acidi che con quelli basici, infatti uno dei suoi particolari benefici è quello di ridurre la frazione colloidale.

Vantaggi principali:

Aumento del drenaggio e disidratazione nella zona presse;

Miglioramento della produttività;

Risparmio di vapore;

Aumento ritenzione totale;
Riduzione dosaggio prodotti di ritenzione in uso;
Aumento della ritenzione colloidale;
Miglioramento del fissaggio degli stickies;
Aumento della ritenzione di fini e cariche;
Miglioramento dell'efficienza di collatura;
Mantenimento della formazione;
Riduce il dosaggio del polimero per ritenzione ad alto peso molecolare migliorando la formazione.

Punti di applicazione

Il polimero anfotero può essere impiegato in tre differenti punti:

- tina di pre macchina o miscelazione;
- prima dello screen di macchina;
- dopo lo screen di macchina.

Questo polimero ha il vantaggio di essere un grande assorbente a livello di colloidali e sticking, quindi può essere posizionato a seconda di dove si vuole avere maggiore pulizia.

Se si vuole una pulizia elevata il polimero va posizionato in tina di pre macchina, per una pulizia intermedia invece, con elevati livelli di formazione, si utilizza il polimero prima degli screen.

Si può inoltre migliorare la formazione in combinazione con un sistema microparticellare a base di bentonite, aggiunta in tina di preparazione impasto, ottenendo dei benefici sia a livello di pulizia dell'impasto stesso che a livello di formazione del foglio di carta.

Casi studio 1

Macchina: Fourdrinier

Velocità: 500 m/min

Produzione: 195.000 tonnellate/anno

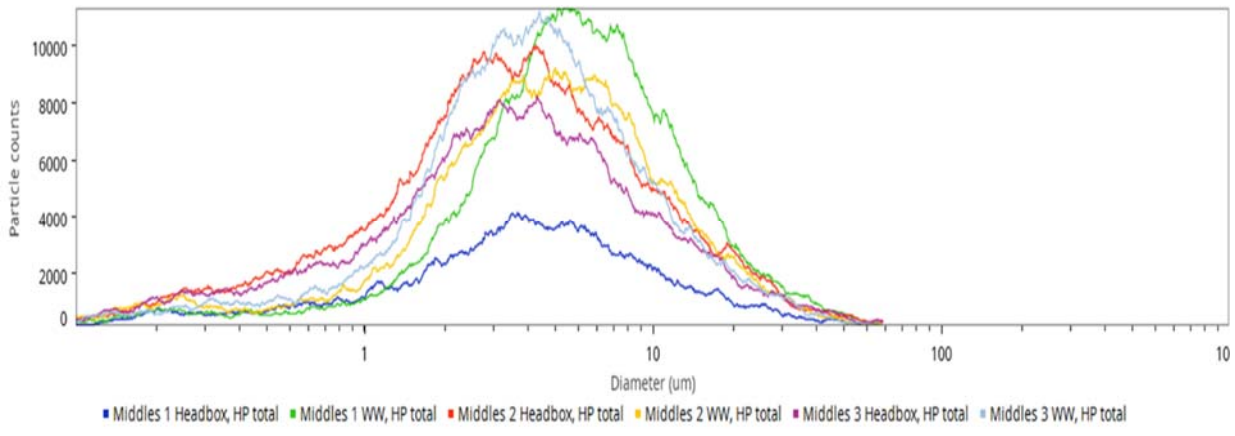
Tipi di carta: FBB (cartone per scatola pieghevole) da 200 fino a 350 gr/m²

Impasto: Kraft e RMP (pasta meccanica da raffinatore)

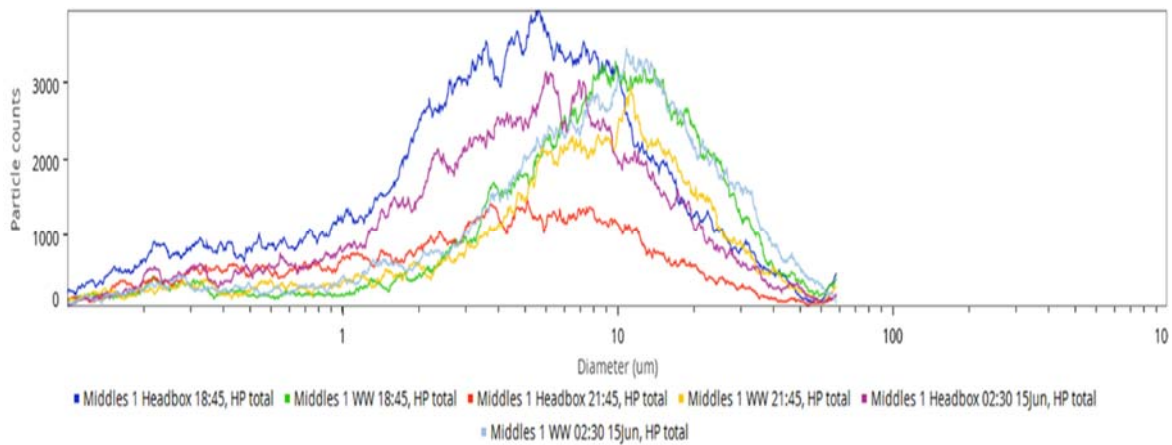
Sistema di ritenzione:

- prima: polimero cationico singolo;
- sostituito da: polimero anfotero singolo.

Il primo grafico mostra il test della frazione colloidale presente nel ciclo, nei diversi punti della macchina continua, il numero di materiale idrofobico e peci ha una media di 10.000 particelle/ml.



Il secondo grafico mostra il test della frazione colloidale presente nel ciclo dopo l'uso del polimero anfotero in combinazione con silice colloidale, il numero di materiale idrofobico e peci, con una media di 3.000 particelle/ml.



In seguito all'utilizzo, uno dei vantaggi più evidenti nell'arco di tre mesi è stato la diminuzione delle rotture da 10 rotture a 4 rotture di media, a parità di tempo e carta prodotta.

Caso di studio 2

Tipo di carta: White Top Liner,

Grammatura: 125-200 g/m²

Impasto: top cellulosa bianchita, retro greggia e fogliacci

Macchina: 2 Fourdrinier,

Velocità: 885 m/min, patinatura in linea

Sostanze chimiche:

- ritenzione: Polimero Cationico pre screen, silice post screen;
- resistenza: Amido cationico.

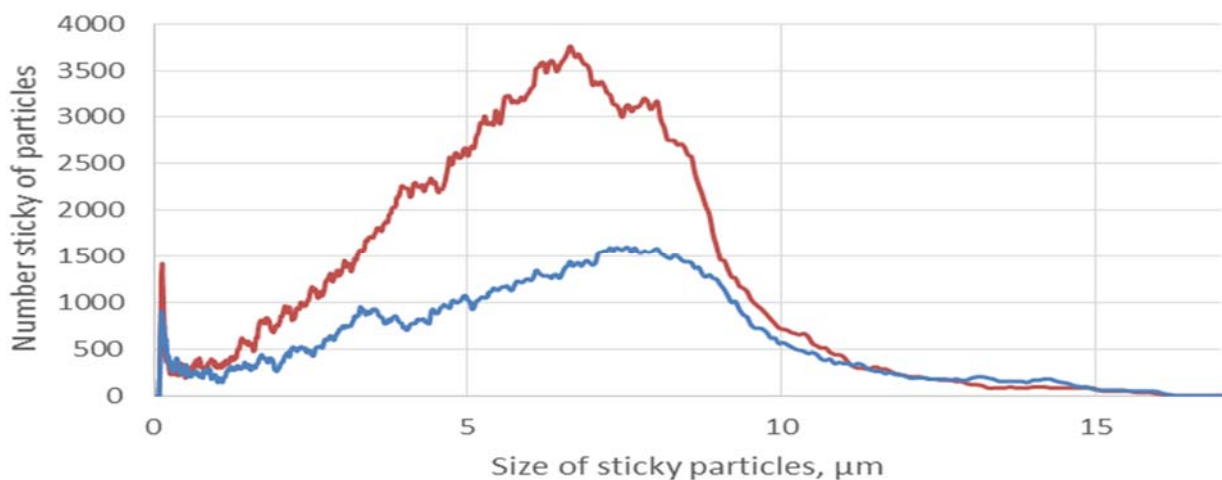
Obiettivo:

- migliorare la macchinabilità;
- aumentare la ritenzione colloidale e ridurre i difetti (macchie) sul cartone prodotto.

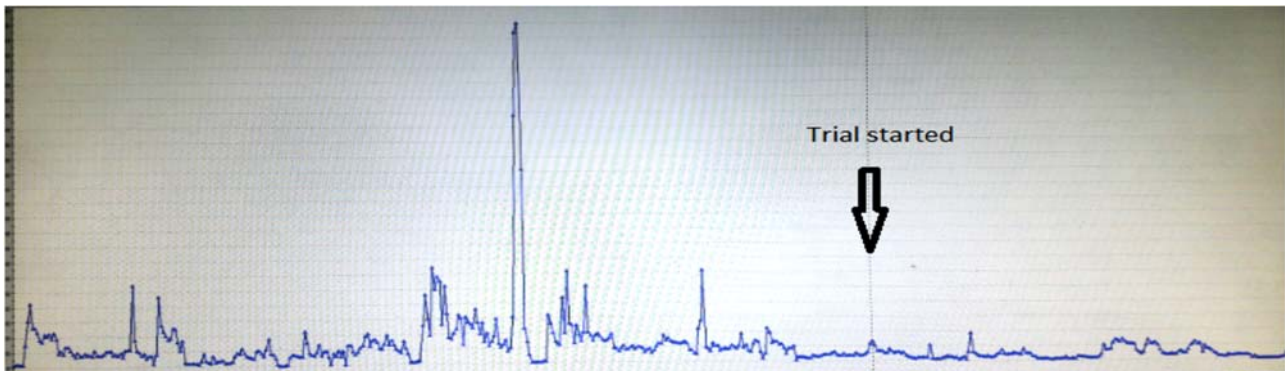
Soluzioni:

- polimero anfotero in tina di miscela retro;
- sostituzione del polimero cationico con polimero anfotero nel sistema ritentivo;
- riduzione di macchie bianche e materiale colloidale;
- aumento della ritenzione delle ceneri dell'8% (strato di retro).

Il grafico mostra il numero di particelle colloidali messe in relazione con la loro dimensione, nella tina di macchina back, nell'arco della prova del polimero anfotero (linea blu) a confronto con l'utilizzo del vecchio sistema di ritenzione (linea rossa) il quale non tratteneva un elevato numero di particelle.



La foto mostra la presenza di macchie bianche, sul lato inferiore, a nell'arco di tempo di 3 mesi dall'inizio della prova sulla stessa carta prodotta.



Caso studio 3

Macchina: Hybrid former

Velocità: 800 m/min

Produzione: 195.000 tonnellate/anno

Tipi di carta: Patinato doppio strato

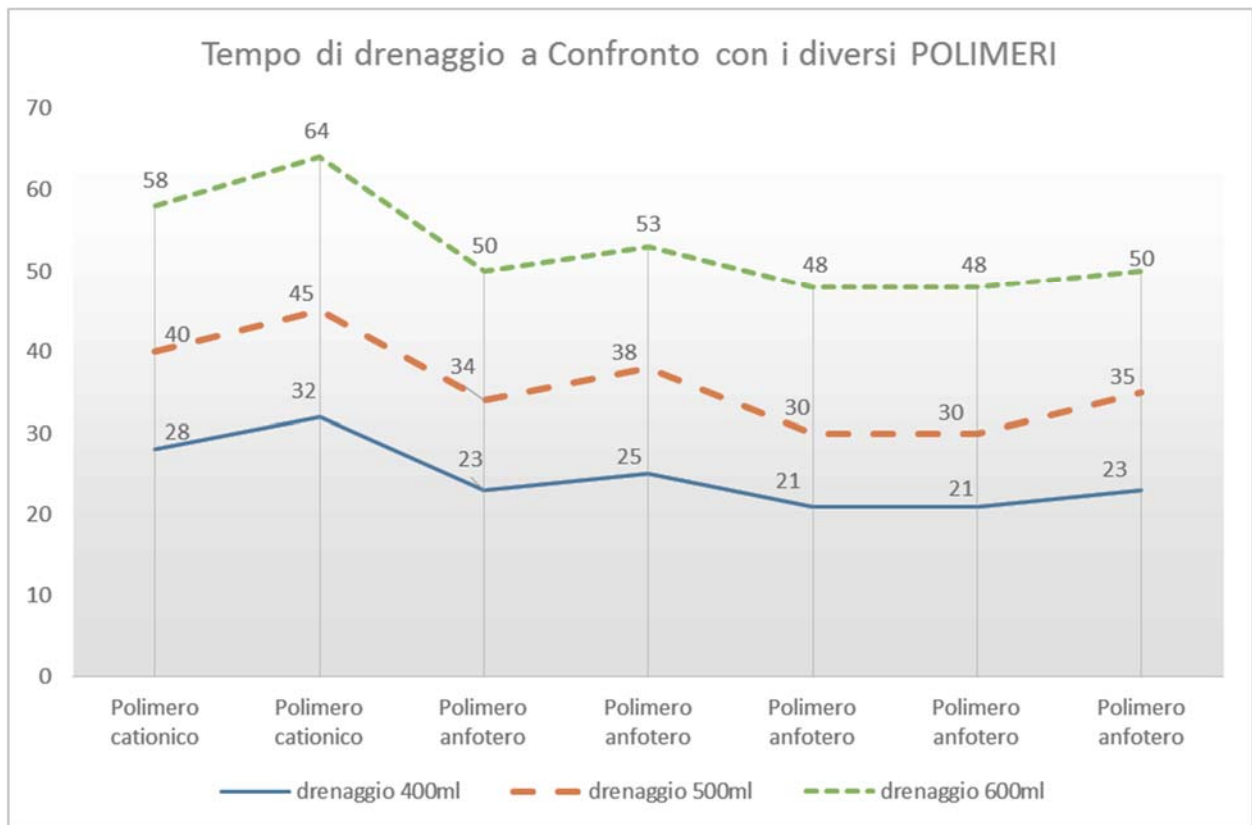
Grammatura (Supporto): 60 – 80 gr/m²

Impasto: Fibra vergine, BCTMP, fogliacci patinati

Sistema di ritenzione:

- prima: polimero cationico e silice colloidale;
- sostituire il polimero cationico con il polimero anfotero.

Obiettivo: aumentare il drenaggio.



Come si può vedere dal grafico, sostituendo il polimero cationico con il polimero anfotero si è riusciti ad aumentare il drenaggio del sistema. Di conseguenza è stato possibile aprire il labbro della CA passando da 12,7mm a 13,1 mm mantenendo i litri voluti di drenaggio sul Top former.

8. CONCLUSIONI

La ritenzione è una delle fasi più importanti e delicate del processo di formazione della carta ed è influenzata da tante varianti e variabili.

L'evoluzione dei sistemi di ritenzione presentata, ha come obiettivo far notare come questi si siano modificati a seconda dei cambiamenti e delle nuove necessità che hanno interessato il ciclo di produzione delle cartiere. Si vagliano sempre più nuove strade e metodologie per migliorare il processo, che oggi vede una ragguardevole ottimizzazione ma che ha ancora molto per considerarsi concluso. I polimeri anfoteri infatti, sono una realtà che attualmente da ottimi risultati nel campo del drenaggio, nella pulizia del ciclo e nella formazione ma sono solo l'ultima scoperta di un sistema che ricerca un incessante e continuo miglioramento.

9. BIBLIOGRAFIA

- Dispense “Acquaflex” (Dott. Luca Paccagnella);
- Dispense “Albany”;
- Dispense “Cargill”;
- Dispense Prof. Francesco Gurzoni;
- Documentazione “Kemira Europe”;
- Dott. Luca Paccagnella – Intervento sull’argomento “La Ritenzione”;
- Introduzione alla fabbricazione della carta – Aticelca;