

**XI corso di tecnologia per tecnici cartari**  
*edizione 2003/2004*

# **La disinchiostrazione per flottazione**

*di Bolognesi Alberto*



**Scuola Interregionale di Tecnologia per tecnici Cartari**

via don G. Minzoni, 50 - 37138 Verona - tel. 045 8070352

# INDICE

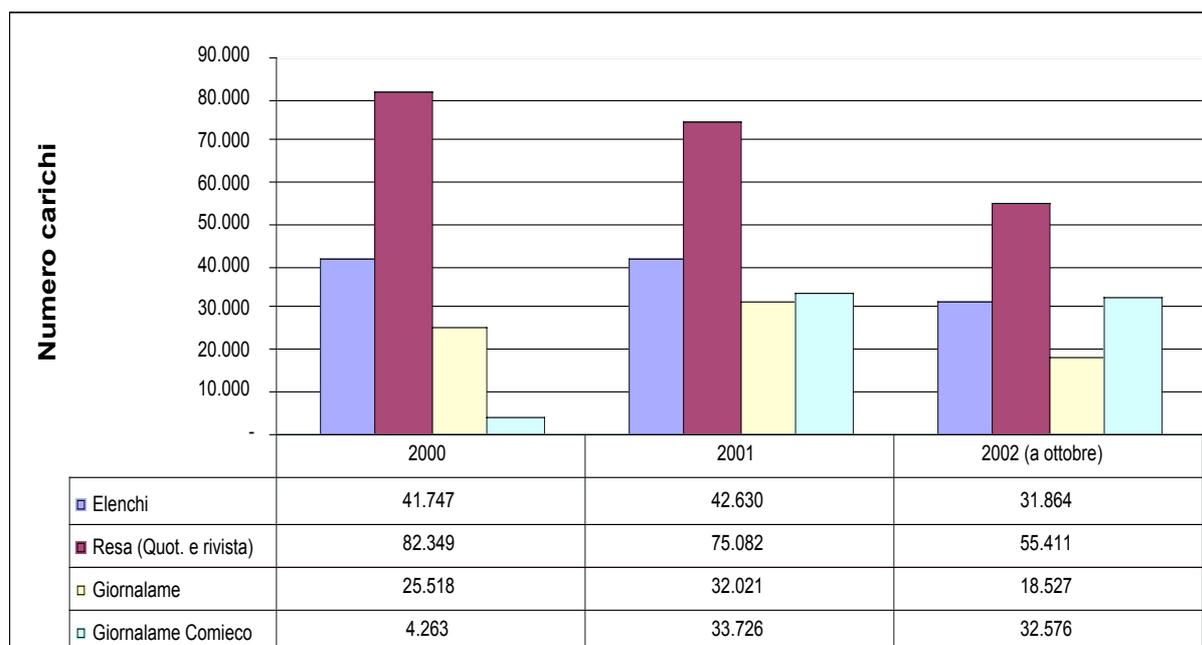
- 1. Introduzione**
  - 1.1 La patina
- 2. Approvvigionamento del macero selezionato per l'industria cartaria**
- 3. Problematica della rigenerazione**
  - 3.1 Disinquinamento delle acque del ciclo
  - 3.2 Eliminazione delle materie solide
  - 3.3 Igienicità e limiti di impiego delle paste ottenute
- 4. Spappolamento del macero, pulizia e depurazione**
- 5. Epurazione delle fibre**
- 6. Il processo di disinchiostrazione**
  - 6.1 Il lavaggio
  - 6.2 La flottazione
- 7. Celle Voith**
  - 7.1 Caratteristiche costruttive
  - 7.2 Caratteristiche di funzionamento
  - 7.3 Caratteristiche operative
- 8. Lamort-MAC cell**
  - 8.1 Formazione delle bolle d'aria
  - 8.2 Vantaggi della MAC cell
- 9. Addensamento e triturazione**
  - 9.1 L'addensamento
  - 9.2 La triturazione
- 10. Conclusioni**

# 1. INTRODUZIONE

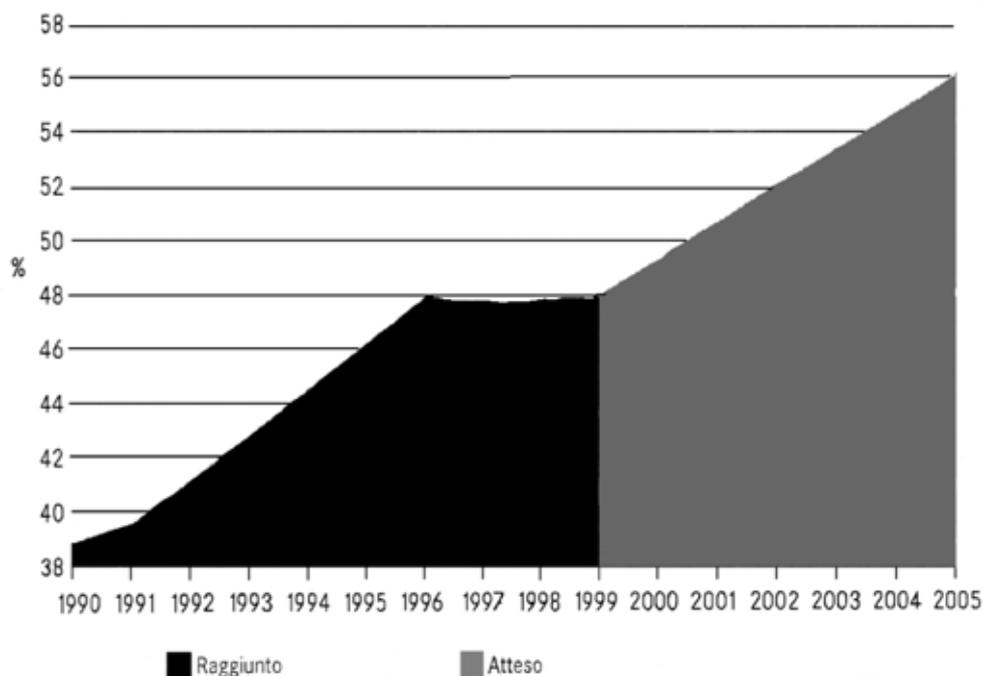
L'industria della carta nel corso degli anni, ha dovuto affrontare il gravoso problema dell'approvvigionamento delle materie prime; infatti le essenze legnose disponibili sono diventate via via, sempre più scarse e costose. Come far fronte a questa situazione? Incrementando il recupero di materie prime già utilizzate in passato, la **carta da macero**, dalla quale ricavare **fibre secondarie**, mediante la trasformazione di carte e cartoni, reimpiegabili in nuove produzioni cartarie.

Oggi questa materia prima rappresenta un elemento vitale per l'industria cartaria mondiale. Nei paesi industrializzati, sempre più sensibili a problematiche ecologiche, sono state promosse azioni di recupero capillari di carta da macero, ottenendo la possibilità di avere a disposizione sul mercato, cospicue quantità di fibre a basso costo.

Per molti anni i processi per la produzione di fibre secondarie non hanno tenuto il passo con i progressi compiuti dalle tecnologie per l'ottenimento di fibre vergini, ma la situazione è notevolmente mutata nell'ultimo ventennio; infatti il riciclo di carte e cartone in Europa è considerevolmente cresciuto durante gli anni '90. Il totale di carte e cartoni recuperati e riciclati alla fine del decennio risulta approssimativamente superiore di due terzi rispetto al valore iniziale. Ciò sta ad indicare che il tasso di riciclo a livello europeo (ossia il rapporto tra percentuale di utilizzo di carta riciclata e il consumo totale di carta) ha raggiunto il **48,7%** nel 1999, contro il **38,8%** del 1990.



Evoluzione del tasso di riciclo della carta in Europa occidentale



Materie prime:									
Carta da macero									
anni	Raccolta Appar. (1)		Import		Export		Consumo (2)		Tasso di raccolta (3)
	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	
	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	1.000 T	Var.%	%
<b>1993</b>	3.034,9	1,2	799,9	10,0	29,6	543,5	3.805,2	2,3	36,4
<b>1994</b>	3.097,1	2,1	1.069,3	33,7	36,9	24,7	4.129,5	8,5	33,5
<b>1995</b>	3.183,5	2,8	1.089,3	1,9	54,0	46,2	4.218,9	2,2	34,9
<b>1996</b>	3.317,5	4,2	1.018,6	-6,5	33,6	-37,7	4.302,5	2,0	37,3
<b>1997</b>	3.489,0	5,2	925,8	-9,1	52,8	57,0	4.362,0	1,4	35,8
<b>1998</b>	3.729,5	6,9	853,6	-7,8	41,8	-20,8	4.541,4	4,1	37,1
<b>1999</b>	4.063,9	9,0	706,2	-17,3	127,7	205,8	4.642,4	2,2	39,0
<b>2000</b>	4.543,4	11,8	741,4	5,0	217,9	70,6	5.067,0	9,1	43,1
<b>2001</b>	4.681,6	3,0	674,1	-9,1	257,7	18,3	5.098,0	0,6	43,5
<b>2002</b>	4.937,8	5,5	673,0	-0,2	416,5	61,6	5.194,3	1,9	44,9

1. Consumo – Import + Export.
2. I dati di consumo sono rilevati da ISTAT presso le cartiere.
3. Raccolta apparente di macero/consumo apparente di carte e cartoni
4. Consumo di carta da macero su produzione di carte e cartoni.

### Paste di legno per carta - (grado di secco all'aria del 90%)

anni	Produzione		Import		Export 1.000T	Consumo apparente		Exp.jProduz.		<i>Imp.jC&lt;</i>	
	1.000 T	Var.%	1.000T	Var. %		1.000T	Var.%	1.000T	Var.%	%	%
<b>1993</b>	424,5	-4,0	2.477,2	1,1	34,2	175,8	2.867,5	-0,5	8,1	86	
<b>1994</b>	460,9	8,6	2.666,0	7,6	26,7	-21,9	3.100,3	8,1	5,8	86	
<b>1995</b>	490,5	6,4	2.714,2	1,8	17,8	-33,2	3.186,9	2,8	3,6	85	
<b>1996</b>	447,2	-8,8	2.784,9	2,6	18,4	3,2	3.213,7	0,8	4,1	86	
<b>1997</b>	467,6	4,6	3.030,2	8,8	11,9	-35,2	3.485,9	8,5	2,5	86	
<b>1998</b>	462,5	-1,1	3.075,7	1,5	12,9	7,9	3.525,3	1,1	2,8	87	
<b>1999</b>	444,2	-4,0	3.118,2	1,4	15,4	20,0	3.546,9	0,6	3,5	87	
<b>2000</b>	433,5	-2,4	2.975,6	-4,6	19,2	24,5	3.389,9	-4,4	4,4	87	
<b>2001</b>	414,5	-4,4	3.095,4	4,0	21,1	9,7	3.488,8	2,9	5,1	88	
<b>2002</b>	423,3	2,1	3.230,3	4,4	17,0	-19,2	3.636,5	4,2	4,0	88	

La carta da macero, in base alla differenza qualitativa, viene suddivisa in quattro gruppi:

**GRUPPO A/Qualità inferiori:** consistente nella carta da macero mista;

**GRUPPO B/Qualità medie:** consistente di resa giornali, refili colorati misti, refili di opuscoli, libri bianchi con o senza pasta meccanica;

**GRUPPO C/Qualità superiori:** consistente di refili chiari di tipografia, refili colorati senza stampe, archivio e cartoni bianchi, ecc.;

**GRUPPO D/Qualità kraft:** consistente di prodotti fatti a base di pasta kraft (cartoni ondulati, sacchi, ritagli).

L'utilizzo della carta da macero per produrre fibre secondarie è caratterizzato da alcuni aspetti negativi, per la qualità e per i costi del prodotto cartario finale. Infatti, la carta da macero, contiene sostanze estranee che devono essere allontanate con onerosi costi operativi e di smaltimento. La qualità delle fibre secondarie, è sempre inferiore a quella delle fibre dell'impasto originario, per cui sono spesso necessari interventi aggiuntivi per ristabilire i livelli di qualità.

A causa dell'estrema eterogeneità della carta da macero la sua trasformazione in fibra secondaria è in generale assai complessa e quindi necessita di parecchie fasi il cui numero e grado di sofisticazione dipendono innanzi tutto dalla quantità e dal tipo di contaminanti presenti e poi dalla qualità della fibra secondaria che si vuole ottenere.

Le operazioni necessarie comportano la riduzione del materiale fibroso a fibre elementari, che viene realizzata mediante spapolamento in acqua, e poi i vari trattamenti di pulizia e depurazione per allontanare tutti i contaminanti non fibrosi presenti. Ciò premesso, si passerà ora all'analisi dettagliata del ciclo produttivo della carta disinchiostrata.

## 2. APPROVVIGIONAMENTO DEL MACERO SELEZIONATO PER L'INDUSTRIA CARTARIA

Le vie che i gruppi cartari hanno per procurarsi carta da macero atta ai procedimenti di disinchiostrazione sono indubbiamente molteplici. È da escludersi subito la possibilità di impiegare il macero proveniente dalla raccolta urbana per produzioni di carta destinata a processi di stampa. Quindi il macero di qualità inferiore verrà impiegato quasi esclusivamente per la produzione di ondulati, cartoni da imballo e cartoni non piegati. La fonte principale di approvvigionamento di macero per l'industria cartaria è senza dubbio data dai vari gruppi editoriali che vedono nella distribuzione alle cartiere dell'invenduto, dei refili di stampa e di confezione, un'ottima opportunità per smaltire ingenti ed ingombranti quantità di carta da buttare. La contrattualistica che disciplina gli accordi tra le cartiere ed i gruppi editoriali è estremamente eterogenea e spazia dalla semplice vendita dei rifiuti a prezzo di favore verso rapidi smaltimenti, a contratti continuativi più complessi che intrecciano prestazioni differenti.

A tal proposito può essere utile segnalare il tipo di accordo intercorrente tra le Cartiere Burgo e la Stet per la produzione di elenchi telefonici. La Stet acquista la carta speciale per gli elenchi telefonici prodotta da uno stabilimento del gruppo Burgo (Marzabotto) e si impegna a portare gli elenchi telefonici raccolti dopo una nuova distribuzione agli abbonati ad un altro stabilimento sempre del Gruppo Burgo (Mantova) dove questa carta verrà disinchiostrata ed impiegata per la fabbricazione di carta da quotidiano. Bisogna rilevare che questi accordi sono un po' una rarità in Italia. Il dialogo tra gruppi cartari e gruppi editoriali è piuttosto attivo, mentre può dirsi quasi inesistente con i comuni. Alcuni comuni in Italia si stanno muovendo verso le raccolte selezionate di più tipi di rifiuti solidi urbani, ma siamo ancora a livelli troppo bassi per le esigenze dei gruppi cartari che in Italia già dispongono di impianti di deink. Come abbiamo già avuto occasione di sottolineare, le cartiere italiane sono sovente costrette ad importare carta da macero dall'estero, ma molte di esse importano anche bancali di pasta deink evitando così di caricarsi l'onere di approntare un impianto apposito. Precisiamo che con il termine macero si intende la carta finita che, avendo già esaurito il suo (primo) ciclo vitale è praticamente destinata alla discarica di rifiuti. Con deink invece si intende un impasto ottenuto dalla carta da macero mediante un processo particolarmente articolato di disinchiostrazione.

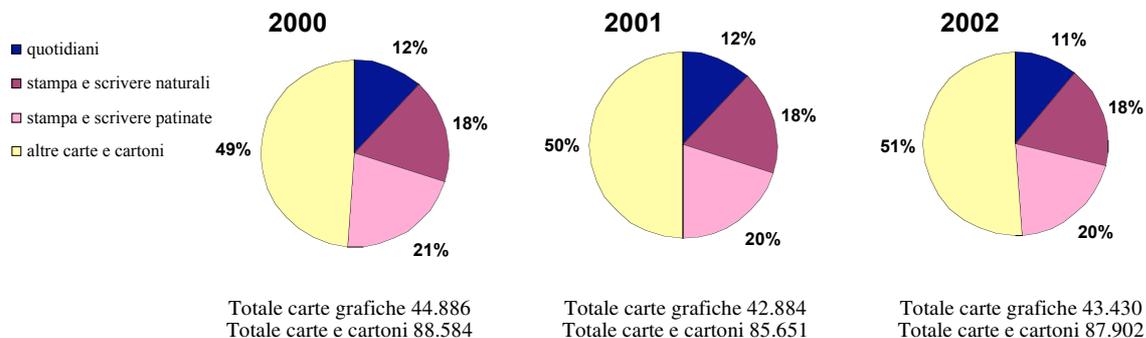
## Produzione e consumo carta-cartoni Gruppo Burgo

Europa occidentale

### Produzione carta e cartoni dal 2000 al 2002

(in migliaia di tonnellate)

Elaborati su dati CEPI e Assocarta

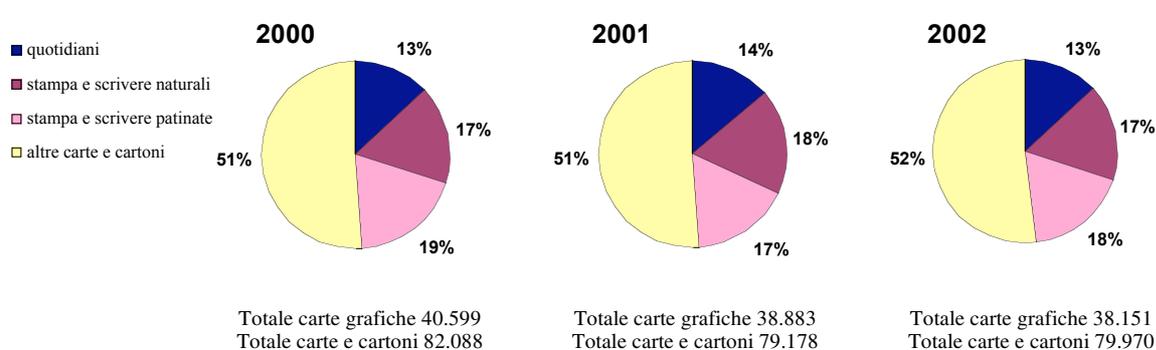


Europa occidentale

### Consumo apparente di carta e cartoni dal 2000 al 2002

(in migliaia di tonnellate)

Elaborati su dati CEPI e Assocarta



### **3. PROBLEMATICHE DELLA RIGENERAZIONE**

Ci addentriamo ora nei problemi tecnici che sorgono durante la lavorazione delle carte da macero; infatti dalla comprensione di essi, si può maggiormente capire l'importanza della raccolta differenziata per un progresso veramente duraturo.

La maggioranza delle carte siano esse destinate ad usi culturali (libri e giornali), che ad usi industriali come l'imballo, sono stampate quindi portatrici di inchiostro; vedremo che i processi di disinchiostrazione sono quelli che rivestono l'importanza maggiore. Tuttavia sono necessarie altre numerose operazioni sia nel caso della disinchiostrazione (produzione del deink) che nel caso di recupero di carte di provenienza diversa da quella stampata. Pertanto ci troviamo di fronte ad una materia prima del tutto disuniforme e fortemente inquinante. In essa troviamo materiali di cui è utile il recupero, materiali di scarso valore e materiali la cui presenza è decisamente dannosa, come ad esempio le plastiche, le colle, amidi, ecc.

È quindi facilmente intuibile che non può esistere un trattamento unico che consenta di passare dalle cartacce a pasta per carta, ma che la lavorazione andrà studiata di volta in volta in base al tipo di carta disponibile o al tipo di pasta desiderata.

Oltre ai problemi sopra accennati, la lavorazione della carta da macero comporta altri problemi di ordine generale, di cui i principali sono:

- disinquinamento delle acque del ciclo;
- eliminazione delle materie solide separate dalle cartacce;
- igienicità e limiti di impiego delle paste ottenute.

#### **3.1 DISINQUINAMENTO DELLE ACQUE DEL CICLO**

L'impianto del trattamento macero non consuma acqua, però necessita di notevoli ricambi d'acqua, utili per staccare ed allontanare buona parte dei materiali inquinanti che accompagnano le fibre cellulosiche; gli stessi sono inoltre strettamente legati al grado di pulizia che si vuole ottenere nella pasta finale.

L'acqua scartata dall'impianto di preparazione pasta contiene frazioni di fibre, cariche minerali, grassi, cere, collanti vari, che va inviata all'impianto di depurazione sia

per renderla adatta ad un suo eventuale riutilizzo, sia per poterla avviare agli scarichi nei limiti della legge Merli.

### 3.2 ELIMINAZIONE DELLE MATERIE SOLIDE

Tutti i materiali estranei separati nelle diverse fasi di epurazione, vanno eliminati distruggendoli in appositi inceneritori, dai quali si possono ricavare notevoli quantitativi di vapore o di aria calda da usare nella lavorazione del macero o in quelle successive per la trasformazione della carta.

### 3.3 IGIENICITÀ E LIMITI DI IMPIEGO DELLE PASTE OTTENUTE

Le fibre di recupero, qualsiasi sia la loro origine e specialmente quelle provenienti dai rifiuti solidi urbani, sono inquinate da svariatissime sostanze, alcune provenienti direttamente dall'impasto di partenza, altre provengono da materiali con cui le carte sono venute a contatto durante il loro utilizzo, altre infine, e solo le più eterogenee, provengono da materiali con cui le cartacce sono a contatto dopo l'uso e specialmente nella fase di raccolta.

Le paste, se stoccate umide e senza opportuni trattamenti, vengono ricoperte in tempi anche brevi, da un'imponente vegetazione fungina. Per evitare tale fenomeno che porta ad un deterioramento delle proprietà meccaniche e ad un inscurimento delle paste, si usa nei laboratori e nelle industrie, trattarle con dosi opportune di agenti chimici ad azione antibatterica ed antimuffa. Tali trattamenti risolvono in modo soddisfacente il problema della conservazione delle paste umide per un tempo limitato, lasciando però completamente aperto il problema igienico. Anche i successivi trattamenti atti a trasformare le paste in carta, non sono sufficienti a garantire un accettabile grado di sterilità nei riguardi dei comuni agenti patogeni. Le vie che la ricerca ha individuato per arrivare alla sterilizzazione del prodotto vendibile sono:

**la via chimica:** consiste nel creare, mediante l'aggiunta di opportuni reagenti chimici, condizioni ambientali che non permettano la vita degli agenti patogeni. In particolare si cerca di abbinare il trattamento di sterilizzazione con

altri trattamenti che migliorano le caratteristiche fisiche della pasta, come ad esempio, l'imbianchimento delle paste con acqua ossigenata.

**la via termica:** consiste nel riscaldare la pasta a temperatura e per tempi sufficientemente lunghi da arrivare alla completa sterilizzazione.

**la via fisica:** consiste nel sottoporre le paste all'azione di raggi di determinata intensità e lunghezza d'onda.

# SPAPPOLAMENTO DEL MACERO, PULIZIA E DEPURAZIONE

Con lo spappolamento ha inizio il procedimento di recupero delle fibre secondarie, per cui si può considerare il “cuore” del processo di riciclo del macero. Questo processo viene realizzato mediante l'utilizzo di un *pulper* ad alta densità che può essere a ciclo discontinuo, come nel caso dell'Helico pulper (batch), o continuo come nel caso del tamburo rotante (drum).

***Bacth pulper***: recipiente a forma cilindrica, di qualche metro cubo di capacità, la cui parte terminale è tronco-conica e sul fondo è sistemata un'unità rotante.

***Drum pulper***: tamburo rotante con azione di sbattimento diviso in due zone, la prima di spappolamento, la seconda di recupero fibra e scarto contaminanti.

All'interno del pulper, innanzitutto, vengono inserite balle di riviste, quotidiani, ecc., successivamente viene aggiunta acqua calda; comincia così la fase dello spappolamento della carta al fine di ottenere una sospensione omogenea di fibre in acqua. Una volta spappolato, il macero mette a nudo il materiale fibroso da cui è costituito e quindi quest'ultimo può cominciare ad essere aggredito dagli agenti chimici e fisici che dovranno staccare i contaminanti delle fibre.

I pulper esercitano anche una prima azione di pulizia, nel senso che temporaneamente provvedono all'esportazione delle sostanze estranee grossolane, spesso presenti in notevoli quantità.

Gli aspetti importanti in questa prima fase di spappolamento sono individuati nella temperatura dell'impasto, nella consistenza, nella chimica utilizzata e nel pH.

*La pulizia e la depurazione* assumono un'importanza decisiva sulla qualità della fibra secondaria prodotta.

I processi adottati per l'eliminazione della grande varietà di contaminanti presenti nel macero, sono complessi e sofisticati in dipendenza della qualità che deve caratterizzare la fibra recuperata. Per l'allontanamento dei contaminanti fisici, si fa ricorso ai consueti mezzi meccanici di depurazione della pasta, che sono invece inadeguati per provvedere all'esportazione di quelli chimici, in quanto saldamente ancorati alle fibre. Per conseguire questo risultato è indispensabile l'utilizzo di mezzi chimici. I problemi

che si presentano più comunemente sono quelli relativi alla presenza di inchiostri nella carta stampata.



*Pulper batch*



*Drum pulper*

## 5. EPURAZIONE DELLE FIBRE

Con questo processo si comincia ad operare sulle differenze fisiche, di forma, e peso tra le particelle contaminanti e le fibre.

L'epurazione elimina i contaminanti dalla fibra in virtù delle differenze esistenti sia di forma, come avviene nel caso dei CH, oppure di peso, come nel caso dei cicloni. Gli epuratori orizzontali (o CH) sfruttano la forza centrifuga e fanno passare l'impasto in un cestello che ruota ad elevata velocità e permettono l'uscita selezionata solo di quelle particelle che si adattano alla forma delle uscite del cestello, fori o lamelle che siano, mentre il resto dell'impasto viene canalizzato altrove per proseguire le fasi di epurazione. Il funzionamento dei cleaners (o cicloni), si basa invece sulle differenze di peso esistenti tra i contaminanti e le fibre. Il materiale fibroso entra anche qui a velocità elevata, agevolato dalla forma cilindrica piuttosto stretta del cleaner, forma un vero e proprio vortice che orienta, per forza centrifuga, le particelle più pesanti, ossia i contaminanti, verso le pareti. In prossimità delle pareti, per l'effetto dell'attrito, si ha un rallentamento della velocità del fluido, tale che mentre le particelle più leggere, ossia le fibre epurate, risalgono dal centro verso l'alto, questa parte dell'impasto scende invece verso il foro di scarico inferiore.

Al termine della fase di epurazione, l'impasto presenta eccellenti condizioni per il suo impiego in fabbricazione; rimane da adattare la sua densità in funzione delle condizioni di macchinabilità. La fibra può dirsi comunque già recuperata: ora è l'impasto che deve essere modificato a seconda del reparto di destinazione.

## **6. IL PROCESSO DI DISINCHIOSTRAZIONE**

Il processo di disinchiostrazione consiste appunto nel togliere l'inchiostro dalle fibre destinate all'impasto per la produzione di carta, al fine di riutilizzarlo per una nuova produzione cartaria.

La disinchiostrazione viene attuata sulla carta da macero stampata ed ha lo scopo di ottenere paste di un certo pregio in conseguenza dell'eliminazione degli inchiostri da stampa presenti in percentuali variabili da 1 a 3% in peso, nel caso dei quotidiani e da 2 a 7% nel caso di riviste e periodici.

La rimozione dell'inchiostro consiste prima nel distacco delle particelle dalle fibre e poi nella loro asportazione. L'operazione deve esser quindi effettuata in due fasi distinte: nella prima le particelle di inchiostro vengono staccate dalle fibre con l'ausilio di agenti chimici, mentre nella seconda si provvede ad allontanare le particelle di inchiostro separate ricorrendo a mezzi fisici che sono essenzialmente due:

- lavaggio
- flottazione.

### **6.1 IL LAVAGGIO**

È un procedimento fisico di separazione in cui le particelle di inchiostro, staccate dalla fibra e disperse, vengono lavate dal materiale fibroso usando macchine disidratatrici di tipo diverso. Questa tecnologia richiede che le particelle di inchiostro siano finemente disperse mediante 2 o 3 fasi di lavaggio. È inevitabile che un tale sistema operativo porti a rese piuttosto basse: infatti unitamente alle particelle di inchiostro vanno perdute anche materie di carica e parti fini fibrose.

### **6.2 LA FLOTTAZIONE**

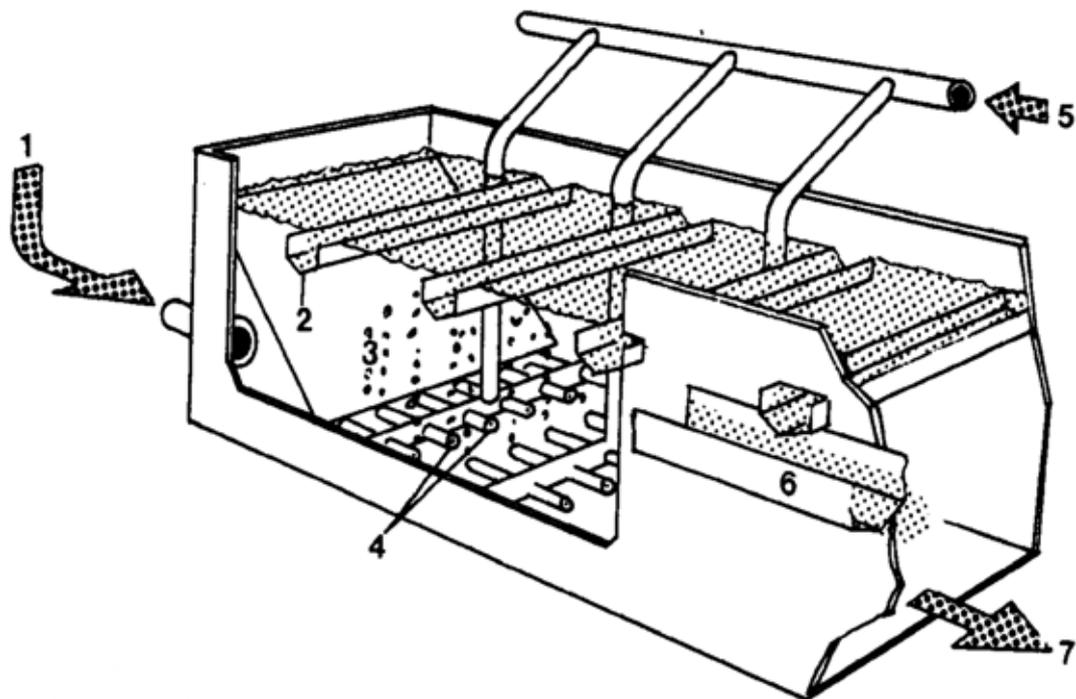
È la parte fondamentale del processo di disinchiostrazione. È in questa situazione che vengono asportati il maggior numero di contaminanti dal materiale fibroso, e dove

la fibra, già sottoposta ad un trattamento di stampa, comincia a riprendere le condizioni ideali per orientarsi verso un completo recupero. Il suddetto processo avviene appunto nelle apposite CELLE DI FLOTTAZIONE dove l'impasto giunge a bassissima densità, viene agitato e rimescolato insieme con agenti tensioattivi che portano ad una notevole formazione di schiume più leggere sia dell'acqua che delle fibre. Le principali variabili chimiche sono: le qualità dell'acqua, il valore del pH dell'impasto, gli agenti di flottazione, schiumogeni e collettori, eventuali flocculanti, controllori, soppressori ed attivatori.

La logica del procedimento consiste nel portare in superficie schiume sature di contaminanti o specifiche componenti come l'inchiostro, macchioline, stikies, prodotti chimici o cariche purché più leggere dell'acqua e della fibra. Queste schiume si portano quindi in galleggiamento e con esse trascinano in superficie le particelle di contaminanti, che per affinità chimica si attaccano alla superficie delle bolle di schiuma e una volta portate in galleggiamento vengono tolte o per aspirazione o mediante altri metodi di eliminazione fisica. Naturalmente l'inchiostro è l'obiettivo principale della flottazione selettiva negli impianti di disinchiostrazione della carta da macero. Questo si fa possibilmente con la più bassa perdita di fibre o fibra e carica. Così, la selettività relativa e varia in base alle applicazioni richieste.

Le applicazioni nella disinchiostrazione hanno sviluppato il grado di bianco e la pulizia con la rimozione d'inchiostro, macchioline e stickies. In aggiunta, la rimozione delle ceneri (ceneri-cariche) era precedentemente solo specifica per carte tissue di alta qualità e per carte da scatole multistrato pieghevole (rigidezza). Mentre ora quanto è richiesto è un certo grado di luminosità, le cariche vengono rimosse solo in parte dal riciclato.

Il sistema a flottazione, che trova vasto impiego in Europa, è considerato da molti come il migliore per disinchiostare il giornale, in quanto elimina solo l'inchiostro recuperando il massimo di fibre e parti fini. Questo significa rese molto più elevate rispetto alla disinchiostrazione per lavaggio.



**Esempio di cella per flottazione:**

1. ingresso pasta e reattivi di flottazione;
2. raccolta della schiuma;
3. bolle d'aria che raccolgono l'inchiostro e salgono in superficie a formare la schiuma;
4. distributori d'aria;
5. aria;
6. canale di raccolta dello scarto;
7. pasta disinchiestrata.

Di seguito, si possono osservare le celle di flottazione presenti nella cartiera di Mantova, che forniscono un ottimo esempio di come avvenga fisicamente la flottazione. Esse sono di due tipi e costruttori distinti:

**Celle voith**

**Celle lamort MAC CEEL**

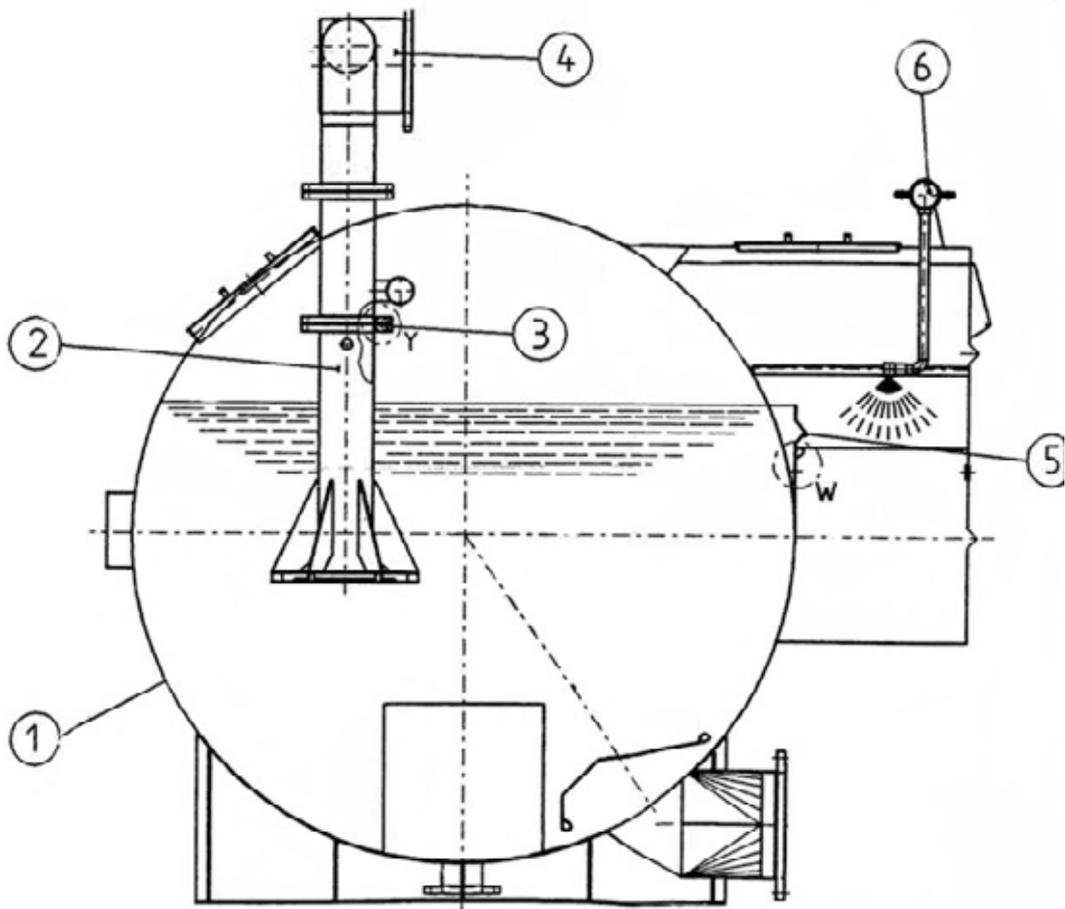
# 7. CELLE VOITH

## 7.1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

La macchina di flottazione consta di una linea primaria e di una linea secondaria. Ambedue le linee sono costituite da singole celle sistemate in serie attraverso le quali passa continuamente la sospensione fibrosa. Il numero delle celle necessarie per le due linee è subordinato al tipo di materia prima ed alla produzione.

Ogni singola cella presenta la forma di un cilindro orizzontale chiuso in cui si trova uno o più iniettori disposti verticalmente all'asse del cilindro.

Lo scarico della pasta accettata e della schiuma avviene all'interno della cella chiusa verso l'esterno. Una paratoia orientabile in altezza permette di variare lo scarico della schiuma



**Distinta delle parti componenti la cella tubolare di prima fase:**

1. Recipiente
2. Tubo di miscelazione
3. Diaframma dell'eiettore
4. Tubo distributore
5. Paratoia
6. Tubo spruzzatore per canaletto raccolta schiuma

## **7.2 CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO**

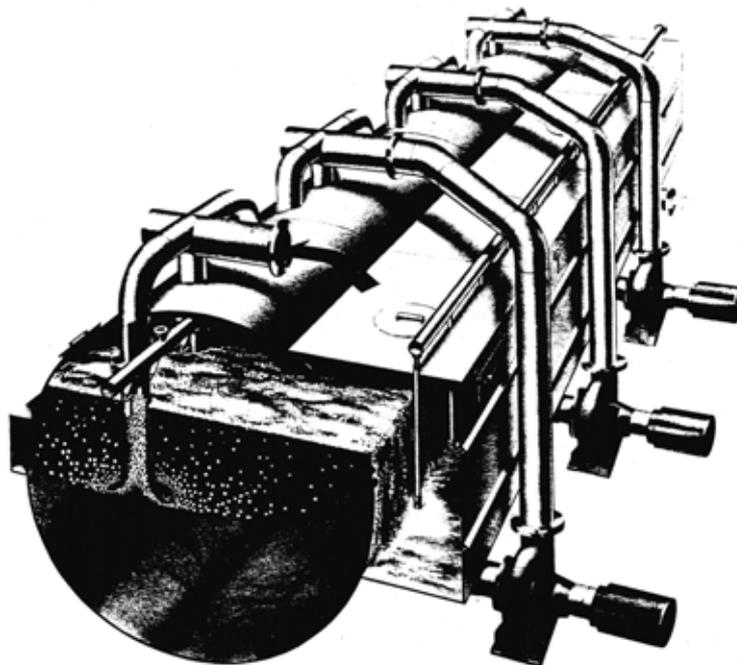
La sospensione fibrosa mescolata con gli agenti chimici (pasta grigia) è convogliata da una pompa all'iniettore. L'adduzione dell'aria avviene attraverso tubazioni separate.

L'aria è aspirata automaticamente per effetto della depressione creata nell'iniettore. Nel successivo tubo scambiatore d'impulsi, l'aria viene mescolata con la sospensione fibrosa in modo che vi sia contenuta in forma di bollicine finissime. L'estremità del tubo scambiatore d'impulsi è disegnata in modo da ottenere l'uniforme alimentazione dell'impasto in funzione della cella. Si ottengono così condizioni idrauliche immediatamente al di sotto della superficie, le quali garantiscono la netta separazione della parte accettata e della schiuma ed il costante scarico di ambedue i componenti evitando zone di acqua stagnante su tutta la larghezza della cella.

La pasta accettata, dopo la lamiera deflettrice, fluisce verso basso ed esce a metà lunghezza della cella. Lo scarico della schiuma avviene in direzione del flusso alla superficie attraverso una paratoia regolabile che si estende per tutta la larghezza della cella. La portata che tracima può essere adattata alle condizioni specifiche di funzionamento mediante la variazione dell'altezza dello spigolo di sfioro della paratoia.

La schiuma di tutte le celle primarie viene raccolta entro un canaletto chiuso che è parte componente delle celle, viene abbattuta mediante tubi spruzzatori ad ugelli ed infine inviata allo stadio secondario.

La cella secondaria presenta la stessa forma geometrica della cella primaria. In casi particolari lo scarico della schiuma è favorito da una spatola installata. La spatola immergente nello strato di schiuma si estende su tutta la superficie della cella e spinge la schiuma sopra lo spigolo di sfioro della paratoia orientabile in altezza.



Il funzionamento dell'intera macchina di flottazione può essere riassunto come segue:

la pasta grigia diluita nella cella di miscelazione viene depurata nello stadio primario ed inviata successivamente all'ulteriore lavorazione.

nello stadio secondario le fibre contenute nella schiuma dello stadio primario vengono recuperate in gran parte. La schiuma accettata dello stadio secondario viene addensata e finisce nei rifiuti.

**Il processo tecnologico può essere descritto come segue:**

Nel procedimento di disinchiostrazione per flottazione si ha un sistema di materiali fibrosi, sostanze di carica e particelle di inchiostro in soluzione acquosa, i quali devono essere separati tra loro nella cella di flottazione in modo che le sole particelle di inchiostro salgano a galla mentre le fibre e le sostanze di carica restino nella sospensione. Ciò è dovuto alle interferenze igroscopiche intercorrenti fra le particelle d'inchiostro e quelle di materiale fibroso.

Per conseguire uno svolgimento selettivo durante la rimozione delle particelle d'inchiostro per flottazione si usa un adeguato mezzo flottante che di regola viene introdotto già nello spappolatore. I mezzi flottanti contengono diversi gruppi chimici che sono idrofili oppure idrofobi. Nel processo di flottazione i gruppi idrofili fungono da "schiumante" e diminuiscono la tensione superficiale del liquido. Invece i gruppi idrofobi reagiscono con l'indurente della sospensione acquosa formando saponi flocculari di calcio. Per questo motivo parliamo anche di una "flottazione a fiocchi". Infatti questi saponi appiccicosi di calcio fungono da "collettore" a cui si attaccano i frammenti staccati di inchiostro e le bollicine d'aria insufflata, finemente disperse nella sospensione. A motivo della differenza fra la spinta verso l'alto delle particelle d'inchiostro e quelle delle fibre, lo "sporco" sale a galla nella cella di flottazione e forma qui uno strato di schiuma che viene scaricato in continuo.

### 7.3 CARATTERISTICHE OPERATIVE

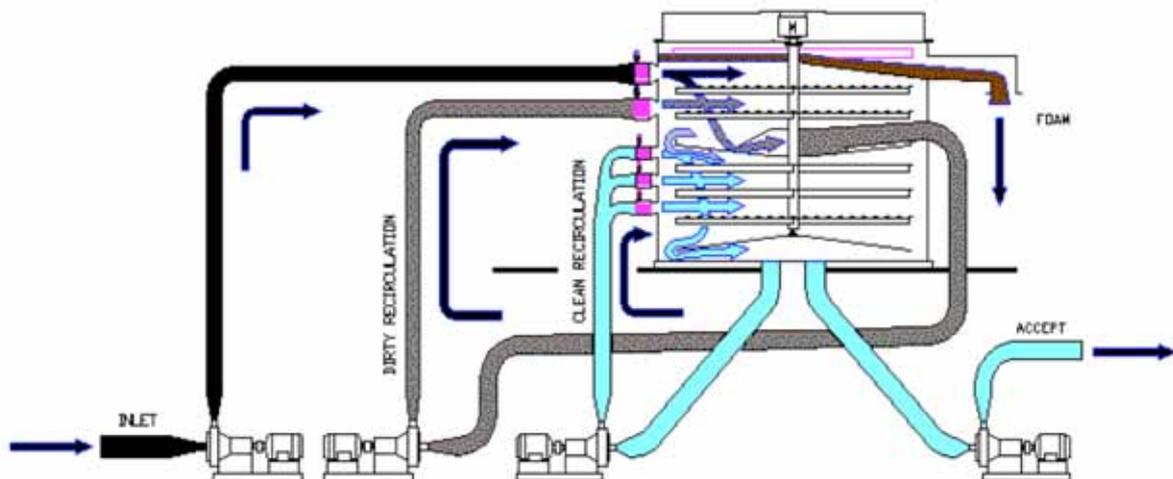
		<b>Celle primarie</b>	Celle secondarie
Capacità utile cella	m <sup>3</sup>	8,3	11
Numero iniettori	pezzi	2	4
Densità della pasta	%secco assoluto	1,0-1,3	
Fabbisogno di potenza pompa di ogni cella	kw	22,5	50
<b>Potenza del motore/pompa</b>	kw	30	75
Comando della spatola rimozione schiuma	kw		1,1
n. giri della spatola rimozione schiuma	Min-1		20

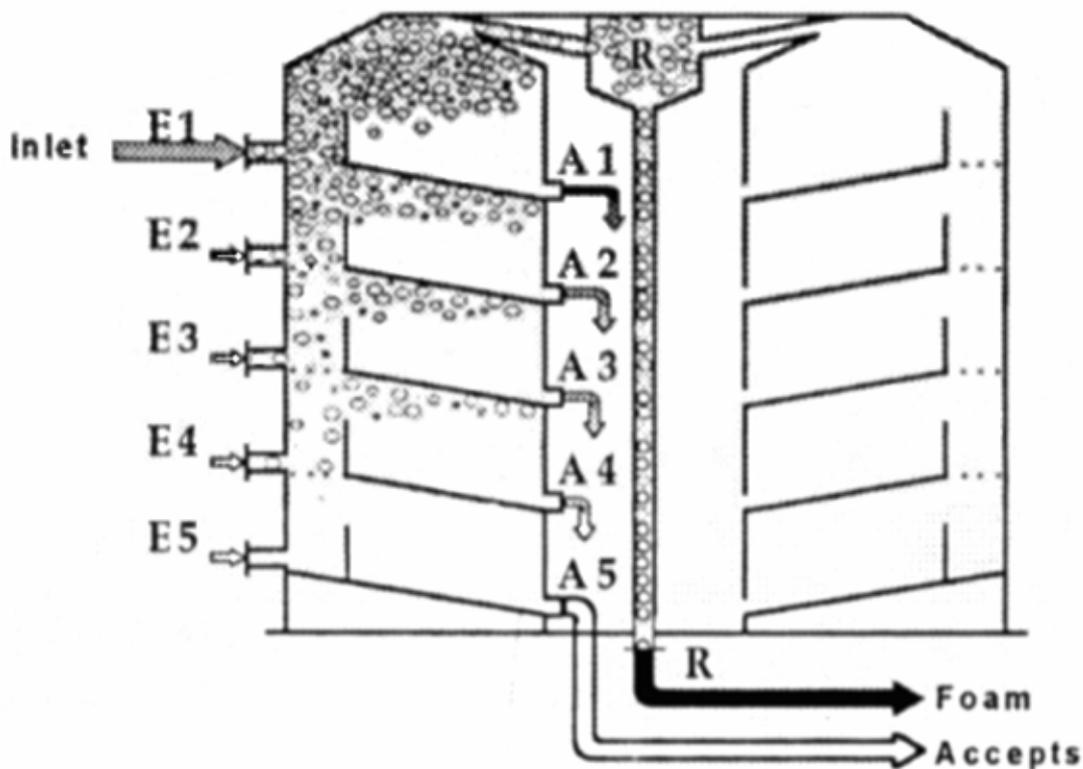
## 8. LAMORT-MAC CELL

### MAC: MULTI – AERATION – CLOSED

Una mac cell è composta da “N” celle elementari cilindriche sovrapposte e generalmente il loro numero va da 3 a 5.

La pasta areata è introdotta tangenzialmente nella cella ad ogni stadio. Il primo stadio si trova nella parte più alta della mac cell, il secondo sotto il primo e così via. In ogni stadio l’impasto areato è iniettato nella corrispondente camera di deareazione. La camera di deareazione di ogni stadio è commisurata per garantire una velocità di discesa lenta e uniforme della pasta accettata, che viene estratta dal fondo per alimentare il successivo stadio e per finire dopo l’ultimo passaggio nella Tina dell’accettato. La quantità di inchiostro estratto dall’impasto nella camera di deareazione successiva diminuisce dalla cima al fondo della cella. La pasta accettata in ogni stadio e la schiuma di inchiostro si dirigono verso il fondo della cella tramite i tubi collocati in un cilindro centrale. La camera di riattivazione di ogni stadio opera un interscambio bolle/pasta tra correnti trasversali e parallele che aumentano il numero di collisioni tra bolle e fibre. Grazie ad una leggera sovrappressione mantenuta nella cella, la schiuma viene soffiata fuori attraverso una valvola di regolazione in modo da permettere una efficiente separazione aria-liquido.



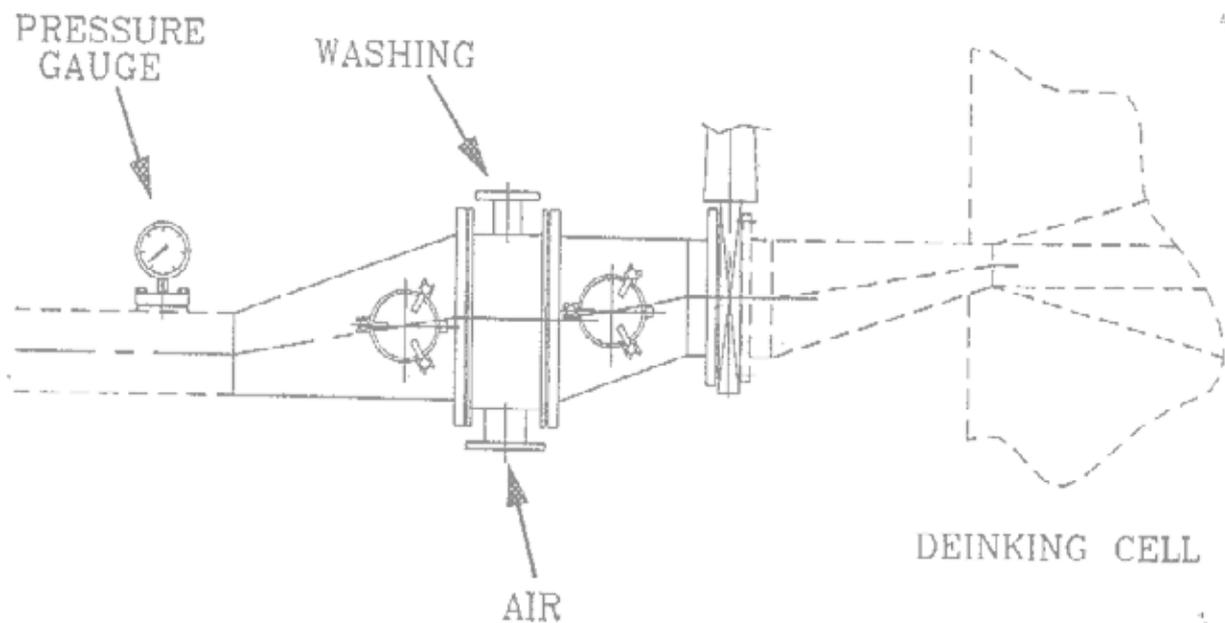


## 8.1 FORMAZIONE DELLE BOLLE D'ARIA

Gli iniettori usati con le mac cell. sono di tipo autopulenti e di ridotte dimensioni; infatti le piccole aperture consentono il passaggio completo di una sfera di diametro di 12 mm. Il numero di bolle è influenzato dalla configurazione degli iniettori e dal numero degli stadi. Gli iniettori immettono aria in un sottile strato di pasta e permettono di ottimizzare sia le bolle di taglia media che l'espansione delle dimensioni delle stesse.

La percentuale di aria e il numero di bolle deve essere sempre proporzionale per avere la stessa misura media di bolle.

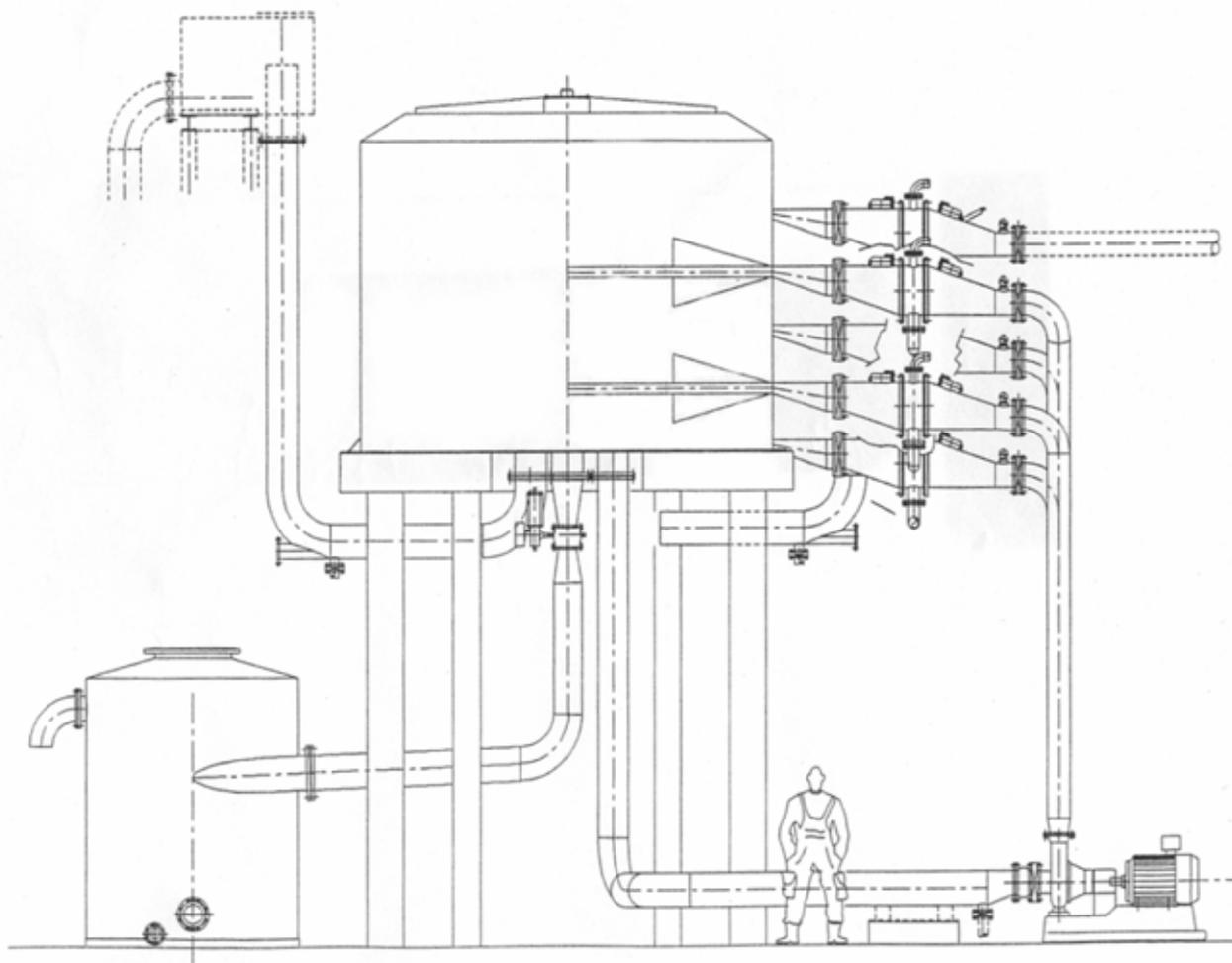
La taglia ideale delle bolle è 0,45 mm e la sua velocità di ascesa di 0,10 m/s. Gli iniettori autopulenti sono installati in canister che sono contrapposti al corpo della cella. L'iniettore prende aria per suzione a pressione atmosferica, la quale entra nella parte bassa e la sua quantità viene controllata in ogni stadio. Più piccole sono le bolle e più alto è il loro potenziale di collisione per lo stesso volume di aria.



*Canister*

## 8.2 VANTAGGI DELLA MAC CELL

Risparmio di energia ed alta affidabilità di funzionamento, dovuti ad un nuovo iniettore autopulente;  
nessun lavaggio, nessuno spruzzo in quanto non vi sono zone morte e le parti interne della cella sono bagnate costantemente;  
la cella è chiusa, quindi nessun tracimo esterno, basso rumore ed aria riciclata, bassi costi di manutenzione;  
la schiuma senza fibra, esce dalla cella al 5% di consistenza senza aria;  
il flusso e la composizione delle schiume sono regolati tramite un sistema di controllo. La qualità della pasta è regolabile.



*MAC CELL*

## **9. ADDENSAMENTO E TRITURAZIONE**

### **9.1 L'ADDENSAMENTO**

Al termine dell'epurazione, l'impasto deve essere riportato a condizioni di densità accettabili per la fabbricazione. Inoltre le sue condizioni fisiche devono essere rese quanto più omogenee possibile al fine di rendere il prodotto finito costante nel tempo. Si procede allora alla fase di addensamento, nella quale l'impasto viene fatto passare in alcuni addensatori, dove si elimina buona parte dell'acqua e si conserva quanta più fibra possibile.

Una volta terminato il trattamento, l'impasto addensato presenta però il problema degli "stickies", ovvero alcune pastiglie di impurità assai simili alle fibre, tanto da "mimetizzarsi" con esse durante le varie fasi di epurazione. Per l'eliminazione di tali impurità, si ricorre alla fase di triturazione al fine di ottenere una omogeneizzazione delle caratteristiche del prodotto finito.

### **9.2 LA TRITURAZIONE**

L'impasto in uscita dal polydisc viene indirizzato verso alcune coclee torroidali che lo amalgamano e lo spremono, distruggendo così gli stickies ed omogeneizzando tutte le caratteristiche del deink. Purtroppo si viene a perdere qualche punto del grado di bianco e qualcosa sulle resistenze meccaniche finali della carta, ma si ottiene un prodotto uniforme che garantisce un determinato risultato ai fini del prodotto cartario che si vorrà poi ottenere.

## 10. CONCLUSIONI

Certamente l'aver potuto ottenere un materiale fibroso da carta già stampata e destinata alla discarica, non deve essere altro che un punto di partenza per la costruzione di una nuova logica produttiva in ambito cartario.

Riprendendo in esame i problemi inerenti a questa trattazione, siamo a questo punto in grado di porci con occhio più tecnico, nei confronti della fibra recuperata mediante processo di disinchiostrazione.

La nuova luce sotto cui possiamo ora osservare la produzione di deink ci porta a vedere con maggior rispetto questo prodotto.

Le esigenze di una maggiore sensibilità da parte dei comuni, e dei gruppi editoriali, sono evidenti quanto lo sono i considerevoli vantaggi che deriverebbero ai produttori di carta, ai loro clienti, agli utilizzatori dei prodotti finiti.

Con queste osservazioni concludiamo questa trattazione ribadendo la personale convinzione che il deink rappresenti il futuro obbligato delle materie prime cartarie e ciò anche in considerazione dell'elevato valore tecnico del prodotto finito al termine del processo di disinchiostrazione.