

Impasto e raffinazione

Calabretti Cosimo
(*Fedrigoni*)

Relazione finale
2° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1992



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

Impasto e raffinazione

1. Introduzione

2. Impasto e raffinazione

3. Ritentivi

4. Azione della raffinazione

4.1. Effetti primari

4.1.1. Fibrillazione interna

4.1.2. Fibrillazione esterna

4.1.3. Formazione di parti fini

4.1.4. Acconciamento delle fibre

4.2. Effetti secondari

4.2.1. Resistenza al flusso

4.2.2. Resistenza al drenaggio

4.2.3. Resistenza del foglio umido

4.2.4. Tensioni di essicamento

4.3. Effetti della raffinazione sulle caratteristiche della carta

5. Fattori che influiscono sulla raffinazione

6. Effetti della raffinazione

7. Raffinatori

7.1. Raffinatori olandesi

7.2. Conico Jordan

7.3. Conico Refiner

7.4. Conico Morden

7.5. Raffinatori a dischi

7.6. Vantaggi e svantaggi

7.7. Lame ed alveoli

7.8. Depastigliatori

8. Controllo della raffinazione

9. Conclusioni

1. Introduzione

Ogni tipo di carta richiede determinate qualità di cellulosa ed ogni cellulosa per essere impiegata ha bisogno di un trattamento meccanico appropriato.

La prima operazione necessaria per trasformare la fibra cellulosica o la pasta legno in carta è quella di sottoporla ad un trattamento meccanico in presenza d'acqua per mezzo di raffinatori capaci di modificarne parzialmente la struttura e renderla idonea a formare un foglio di carta avente le caratteristiche desiderate.

2. Impasto e raffinazione

Generalmente la carta non è costituita da una sola essenza legnosa, ma da più tipi di fibre, e spesso anche di pasta legno e carta di recupero.

S'aggiungono poi eventuali collanti, coloranti, additivi chimici, etc.

L'impasto è costituito da:

1. Cellulosa pura, pasta legno, carta di recupero
2. Collanti (amido, resina)
3. Reattivi chimici: allume
4. Agenti di ritenzione
5. Coloranti e cariche

3. Ritentivi

Sono dei polimeri che aumentano la ritenzione, cioè fanno sì che le fibre o parti di fibra e cariche vengano agglomerate e non passino sotto la tela con le acque.

Si ha resa più elevata e acqua più pulita.

Operazioni sull'impasto:

1. Miscelazioni
2. Trattamenti meccanici: raffinazione
3. Eventuali trattamenti chimici

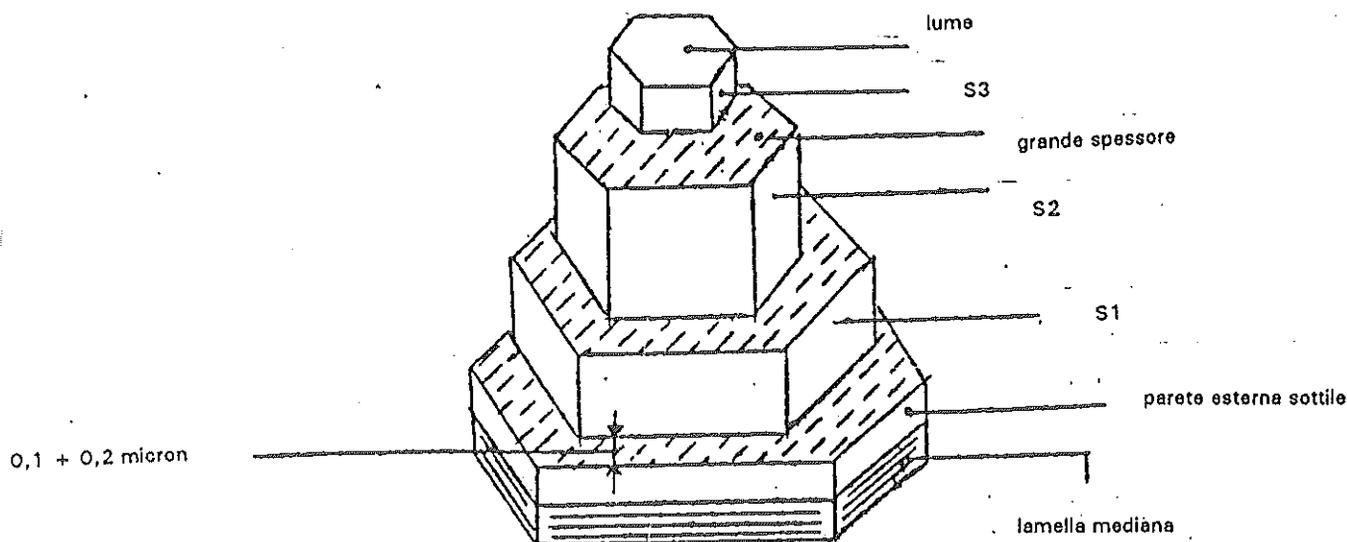
Oggi una carta ha valore se ha i requisiti idonei per l'uso a cui è destinata e non tanto per il tipo di fibra che la costituisce, o se ottenuta in macchina in tondo o in piano, o se patinata in macchina o fuori macchina.

Ad esempio per carte da stampa è indispensabile l'opacità, il grado di bianco elevato, l'assenza di spolvero (messa in libertà di fibre o di cariche o di particelle che sporcano i rulli da stampa), poi se le cariche sono il 5% o il 15% ha poca importanza.

In sintesi si deve cercare di esaltare le caratteristiche necessarie per l'uso con la massima economicità.

La raffinazione è un trattamento meccanico che si effettua sulle materie fibrose in sospensione acquosa per mezzo di raffinatori, aventi lo scopo di modificare talune proprietà fisiche delle materie fibrose per conferire loro le caratteristiche necessarie per la fabbricazione di una carta che possieda determinati requisiti.

Per poter dare una spiegazione di quanto avviene nelle macchine raffinatrici è necessario anzitutto ricordare brevemente la morfologia delle fibre vegetali.



Tutte le fibre di qualsiasi origine vegetale sono costituite nello stesso modo, cioè constano schematicamente di una parete primaria e di una secondaria, suddivisa in tre strati (S1;S2;S3), che racchiudono il lume.

La parete più esterna o primaria è molto sottile (0,5 micron) ed è costituita da poche fibril-

le in una grande massa di lignina, emicellulose e sostanze pectiche.

Le fibrille cellulosiche sono intrecciate nel senso longitudinale della parete esterna.

La parete secondaria si suddivide in uno strato esterno S1, in uno strato mediano S2 e in uno strato interno S3.

Le fibrille sono intrecciate in vario modo nei tre strati, lo spessore maggiore è dello strato S2 che è il più ricco di fibrille.

La lignina e le emicellulose diminuiscono procedendo verso il lume.

Le fibre sono assai più lunghe che larghe, in genere il rapporto lunghezza spessore è maggiore di cento; esse sono costituite da filamenti disposti nel senso della lunghezza; tali filamenti sono dati da catene di glucosio avvolte da catene di emicellulose.

I gruppi ossidrilici OH tengono uniti tra loro i vari filamenti con legami H particolarmente nelle zone cristalline.

L'operazione della raffinazione deve dunque avere lo scopo di sviluppare al massimo le proprietà plastiche e feltranti delle fibre, le deve cioè tendere e deve aumentare la superficie delle stesse, sia liberando il maggior numero possibile di fibrille (specialmente quelle contenute nella membrana o parete secondaria che costituisce la parte essenziale della fibra) sia facilitando, con accorgimenti adatti, il rigonfiamento di quella parete e la formazione di fibre interne, esterne e formazioni di parti fini.

La consistenza della carta dipenderà essenzialmente dalla plasticità delle fibre e dalla filtrazione delle stesse, plasticità e filtrazione derivano: la prima dal potere di ritenzione e la seconda dal numero delle fibrille elicoidali parzialmente liberate che cercano di avvinghiarsi e di unire così fibra con fibra.

È stato osservato nel corso di numerosissime sperimentazioni che lo schiacciamento, il piegamento o lo sfregamento delle fibre provocano lo sfaldamento della parete primaria nei punti indeboliti da tali operazioni.

Sotto l'azione dell'acqua, il noto processo di defibrillazione (rigonfiamento delle fibre con liberazione di un capo delle fibrille elicoidali) si verifica facilmente.

Si cerca dunque di far compiere tale lavoro ad apparecchi speciali (raffinatori); in realtà le macchine dette raffinatrici non raffinano da se stesse le paste ma bensì preparano ed agevolano la raffinazione propriamente detta che viene compiuta da un agente raffinatore, in pratica l'acqua, la quale avrebbe un'efficacia quasi nulla se le fibre non fossero state preventivamente preparate meccanicamente.

Il principio di funzionamento, comune a tutte le macchine raffinatrici, è sempre lo stesso, ma oggi si sa che lo scopo da conseguire è il seguente:

1. schiacciare moderatamente le fibre
2. obbligarle a sfregarsi le une con le altre; queste due operazioni hanno lo scopo di rompere la parete primaria, di liberare la seconda e di provocare, sotto l'azione dell'acqua, il rigonfiamento e la liberazione del maggior numero di fibrille.
3. esse non devono tagliare le fibre.

L'esame delle variazioni di tenacità della carta, in dipendenza dei trattamenti subiti dalla cellulosa prima e dopo la formazione del foglio, ha messo in evidenza talune analogie fra il meccanismo di deformazione e rottura della carta e quello delle fibre cellulosiche.

Viene in tal modo avvalorata l'ipotesi che le forze di attrazione, esercitandosi fra le fibre nel foglio, siano della stessa natura di quelle che collegano fra loro le micelle cellulosiche nelle singole o che la differenza fra i due fenomeni sia solo quantitativa.

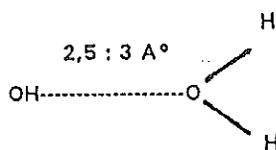
Sulla base di queste esperienze si è indotti a supporre che il fenomeno essenziale

dell'ingrassamento della pasta per carta sia da ricercarsi nell'attivazione superficiale delle fibre e cioè in una parziale dissoluzione delle macromolecole che si trovano sugli strati superficiali di esse.

I tratti di macromolecole distaccati dalle fibre sporgono nell'acqua e costituiscono un sistema di tentacoli, i quali, nella formazione e nell'essiccamento del foglio, vengono a contatto con analoghi elementi, appartenenti a fibre adiacenti, e si saldano ad essi per mezzo di legami H.

La cellulosa avente un elevato numero di gruppi ossidrilici OH (3 per ogni unità glucosolica) dovrebbe impartire al polimero un'elevata solubilità in acqua, essendo l'OH un gruppo polare. L'insolubilità è giustificata dal fatto che gli OH cellulosici, particolarmente quelli delle zone cristalline sono impegnati tra loro in legami H.

Essi si generano quando un H di un OH viene a trovarsi a debita distanza (2,5: 3 Å) da un O di un'altra molecola.



L'H dell'OH, tendenzialmente positivo essendo la sua nuvola elettronica spostata sull'O più elettronegativo, è attratto dall'O della molecola vicina.

Nel caso delle cellulose le zone cristalline (50 + 60% del totale) sono praticamente irraggiungibili dall'acqua, mentre nelle zone amorfe o in quelle parzialmente cristalline in cui i legami H sono pochi, l'acqua può penetrare, aprire i legami H interponendosi con uno o più strati facendo da cerniera tra le fibre interessate.

Nell'essiccamento del foglio molte di queste molecole d'acqua legate con la cellulosa vengono eliminate e gli OH cellulosici, avvicinandosi, formano legami H.

4. Azione della raffinazione

4.1. Effetti primari

4.1.1. Fibrillazione interna

Si intende l'allentamento di legami che tengono unite le fibrille e le fibre tra loro, ossia lo snervamento della loro struttura; sotto l'azione meccanica in ambiente acquoso le fibre subiscono flessioni e schiacciamenti mentre l'acqua può interpersi nelle zone non cristalline mediante legami H in uno o più strati tra gli OH di catene diverse.

Ciò comporta allontanamento e separazione delle microfibrille e degli strati lamellari, determinando un rigonfiamento della fibra e permettendo all'acqua di penetrare facilmente.

Questo fenomeno si manifesta con la perdita di rigidità da parte della fibra che diviene flessibile e plastica.

I legami H interessati sono soltanto quelli con bassa cristallinità poiché la percentuale di cristallinità resta costante dopo la raffinazione.

Nonostante ciò aumenta altamente la forza con cui l'acqua è trattenuta e conseguentemente diminuisce la scolantezza.

4.1.2. Fibrillazione esterna

È data dalla formazione sulla parete fibrosa di veli, filamenti attaccati ad essa per la base.

Questa specie di tentacoli è dovuta all'azione meccanica delle lame e allo sfregamento delle fibre tra loro.

Le parti soggette a distaccarsi e ad aprirsi sono soprattutto quelle della parete primaria e quelle dello strato esterno S1 della parete secondaria e in parte dello strato S2.

4.1.3. Formazione di parti fini

Consiste nel distacco dalle fibre delle membrane dei filamenti che si erano generati nella fibrillazione esterna; questo fenomeno si verifica con il progredire delle azioni meccaniche sulla fibra e tra le fibre stesse.

Si ha cioè un insieme di frammenti fibrosi che sono i principali responsabili della diminuzione di scolantezza, tale fattore è misurato da un aumento di °SR che pertanto è solo una misura indiretta del grado di raffinazione e non esprime i vari fenomeni che si verificano nel processo di raffinazione.

4.1.4. Accorciamento delle fibre

È dato dall'azione di taglio da parte delle lame del raffinatore, che in genere sono nocive tranne che per la speratura della carta.

Le azioni di taglio dipendono dal tipo e dal materiale delle lame, dalle condizioni operative e dalla velocità di scorrimento che si ha tra le lame.

4.2. Effetti secondari

1. Sul sistema acqua-fibra:

- Resistenza al flusso
- Resistenza al drenaggio
- Resistenza del foglio umido

2. Sul sistema carta:

- Tensioni di essiccamento

4.2.1. Resistenza al flusso

Possiamo chiamarla anche viscosità; la raffinazione accorciando le fibre e rendendole più flessibili abbassa la viscosità, ma con la fibrillazione interna ed esterna ne determina un aumento, nel complesso la sospensione può assumere valori diversi di viscosità a seconda del tipo di raffinazione.

4.2.2. Resistenza al drenaggio

La raffinazione aumentando determina una diminuzione della resistenza al drenaggio in quanto la presenza di parti fini di fibre causano una diminuzione di scolantezza.

4.2.3. Resistenza del foglio umido

Aumenta con la raffinazione fino ad un certo valore, la maggior tenacità del foglio umido, cioè la resistenza delle fibre a scivolare sotto tensione è dovuta all'attrito tra le fibre stesse e all'effetto Campbell, secondo il quale le fibre bagnate sono tenute insieme dalla tensione superficiale che si crea con l'acqua nei capillari.

Questa tensione capillare aumenta con il rigonfiamento e con la formazione di parti fini, a meno che non sia predominante l'azione di taglio, la tenacità del foglio aumenta con la raffinazione.

4.2.4. Tensioni di essiccamento

Aumentano con la raffinazione a causa delle tensioni superficiali, della fibrillazione interna e della formazione di parti fini.

La plasticità che le fibre acquistano in seguito alla fibrillazione interna, permette loro di adagiarsi le une sulle altre con la massima superficie di contatto, assumendo una struttura nastroforme e permettendo la formazione di un elevato numero di ponti H.

La forza di legame tra le fibre non è influenzata dalla raffinazione, mentre lo è la superficie nella quale si stabiliscono i legami interfibra; ciò è dovuto al fatto che le fibre, con l'allentamento della loro struttura, assumono nell'essiccamento un aspetto nastroforme permettendo la formazione di un elevato numero di ponti H.

La forza di legame tra le fibre non è influenzata dalla raffinazione, mentre lo è la superficie nella quale si stabiliscono i legami interfibra; ciò è dovuto al fatto che le fibre, con l'allentamento della loro struttura, assumono nell'essiccamento un aspetto nastroforme conformabile

con quello delle fibre vicine.

La raffinazione migliora la sfera per cui il foglio assume valori di resistenza più omogenei su tutta la superficie.

4.3. Effetti della raffinazione sulle caratteristiche della carta

1. Densità apparente
2. Tenacità
3. Allungamento
4. Energia di rottura
5. Lacerazione
6. Resistenza alla piegatura
7. Opacità
8. Stabilità dimensionale

Il foglio ottenuto da fibre non raffinate si presenta con proprietà meccaniche scadenti, soffici, con superficie molto aperta e irregolare e con spera che lascia a desiderare.

La raffinazione migliora nel contesto fibroso le proprietà meccaniche: lunghezza di rottura, resistenza allo scoppio; diminuisce la porosità, cioè da una struttura più serrata alle fibre, aumenta l'incarto, migliora la spera, la ritenzione delle cariche, la resa dei coloranti e dei coloranti.

Naturalmente la raffinazione deve essere effettuata e condotta in funzione all'impiego a cui è destinata la carta; infatti un abbassamento di opacità non è desiderato in una carta da stampa che verrà accresciuta con l'impiego delle cariche, oppure una struttura serrata non è adatta per carte da filtro o carte assorbenti.

La raffinazione spesso distrugge più o meno la struttura delle fibre, abbassa la stabilità della carta e il suo spessore, da ciò deriva che la raffinazione deve essere ben controllata per non superare il punto desiderato, si dice infatti che è meglio raffinare un po' meno che troppo.

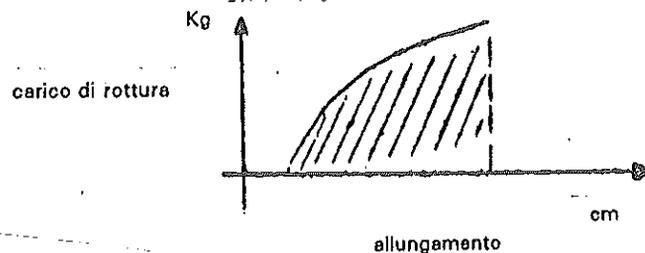
La formazione di parti fini e la conformabilità delle fibre tra loro, sotto pressione, fanno sì che gli spazi interfibra siano sempre in minor numero, per cui il foglio acquista una compattezza e quindi una densità apparente più elevata.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche della carta, la raffinazione aumenta la resistenza a trazione, soprattutto per la fibrillazione interna che porta un aumento dell'area di legame.

La tenacità è influenzata anche dalla fibrillazione esterna.

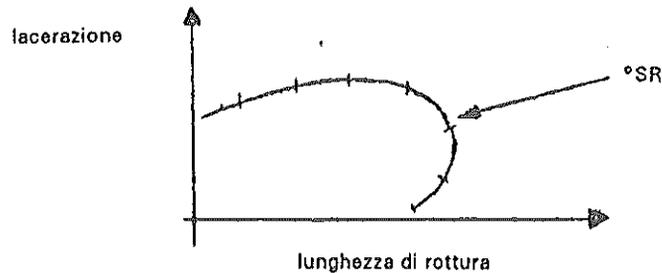
Con l'aumentare della raffinazione l'allungamento cresce, tale fenomeno è dovuto probabilmente alla formazione di parti fini; le azioni di taglio delle lame del raffinatore sulle fibre determinano però una diminuzione dell'allungamento.

Per l'energia di rottura valgono le stesse considerazioni fatte per l'allungamento, l'energia di rottura sarebbe la superficie sottesa alla curva.



La resistenza alla lacerazione aumenta nelle prime fasi della raffinazione, poichè le fibre tendono a sfilarsi più difficilmente dal contesto fibroso, poi però, diventando il foglio sempre più compatto, la superficie su cui si ha la sollecitazione si stringe e quindi la resistenza diventa minore.

La fibrillazione esterna dovrebbe migliorare la resistenza alla lacerazione, ma gli effetti della fibrillazione interna, della formazione di parti fini e delle azioni di taglio determinano nel complesso un abbassamento di tale valore.



La resistenza alla piegatura è favorita dalla raffinazione, la formazione di parti fini e quindi

l'omogeneità del foglio sembrano determinanti; importanti sono pure la fibrillazione esterna ed interna che creano superfici di legami.

L'opacità con l'aumentare della raffinazione diminuisce, tale fenomeno è dato dalla quantità di superfici rifrattive e di particelle che diffondono la luce all'interno, quindi la raffinazione con l'adattamento delle fibre e la diminuzione delle superfici otticamente rifrattive, rende il foglio più compatto e meno opaco.

Nella pasta legno, aumentando le parti fini, in genere l'opacità cresce; infatti le fibre sono rigide e lignificate per cui non sono conformabili tra loro.

La stabilità dimensionale è la stabilità del foglio sotto diversi contenuti di umidità.

La raffinazione rende il foglio instabile poiché gli aumenti o le diminuzioni di volume si trasmettono su tutte le fibre allorché sono in un contesto compatto.

In carte soffici, quindi poco raffinate, le singole fibre espandendosi vanno a rimpicciolire gli spazi vuoti senza trasmettere la loro variazione al foglio.

La lignina impedisce un rigonfiamento della fibra, per cui la sensibilità della carta con forti quantità di lignina è limitata, mentre l'effetto contrario si ha se è elevato il numero di emicellulose.

Fibre nastrofornite e plastiche (cioè con lume ampio e pareti sottili) influiscono negativamente sulla stabilità dimensionale in senso opposto a quelle rigide con pareti spesse e lumi sottili.

5. Fattori che influiscono sulla raffinazione

1. Tipo di pasta
2. Costituenti chimici delle fibre
3. Raffinazione delle fibre pre-essiccate
4. Temperatura
5. Presenza di elettroliti
6. pH

Le paste non sono tutte ugualmente raffinabili, ad esempio le latifoglie tendono a raffinarsi più facilmente delle conifere, quelle a solfato sono più dure alla raffinazione di quelle di bisolfito.

Secondo alcune teorie nelle paste al solfato la lignina è distribuita uniformemente in tutta la parete fibrosa e così pure le emicellulose, mentre in quelle a bisolfito la lignina è più ricca all'esterno e così è anche la distribuzione delle emicellulose che inoltre sono state parzialmente idrolizzate dall'ambiente acido.

In queste ultime paste l'acqua può penetrare più facilmente che nelle prime in cui le emicellulose non sono idrolizzate e si trovano in posizioni più inaccessibili.

Secondo studi moderni la difficile raffinabilità delle paste al solfato (misurata con indice di scolantezza) è da attribuire principalmente alla forte coesione fra i vari strati della parete fibrosa impartita dall'ambiente alcalino.

L'assenza di lignina nelle fibre rende la raffinazione più facile poichè si è eliminata una specie di guaina rigida che avvolge le fibre, è da tener presente che la lignina residua è stata modificata dai reattivi chimici nella fase di cottura.

Fibre con elevato contenuto di emicellulose sono in genere ben raffinabili; tale prerogativa è dovuta al fatto che le emicellulose, essendo distribuite soprattutto nelle zone non cristalline, possono assorbire acqua facilmente.

Grandi quantità di emicellulose indicano che nei processi di cottura non si sono verificati fenomeni di risistemazione con ricristallizzazione e conseguente aumento delle coesioni delle microfibrille dovute all'estrazione delle emicellulose stesse.

Qualora le fibre siano state pre-essiccate, presentano una certa difficoltà alla bagnabilità, poichè nella fase di essiccamento si sono avute risistemazioni tra le microfibrille con formazione di nuovi legami.

Gran parte dell'energia spesa nel processo di raffinazione si trasforma in calore, per cui si assiste ad un innalzamento di temperatura, la quale favorisce l'ingrassamento delle fibre e quindi la velocità del processo.

Gli elettroliti specie ad elevato numero di cariche come Al^{+++} , sfavoriscono la raffinazione e aumentano la scolantezza.

Il pH sembra agire sulla rigonfiabilità delle fibre, il pH più soddisfacente è 8 mentre pH acidi

sfavoriscono la raffinazione.

5.1. Raffinazione di paste singole o in miscela

Spesso è necessario impiegare più tipi di paste per ottenere una carta dalle caratteristiche richieste.

La raffinazione in questi casi si può effettuare in miscela o separatamente.

La raffinazione separata ha il vantaggio d'impiego della potenza utile e del carico specifico tipico di ogni pasta, lo sfruttamento al massimo delle caratteristiche di ogni pasta, dovendo condurre la raffinazione fino al punto strettamente necessario.

La condotta della raffinazione si presenta più precisa, si hanno carte più soffici, più opache e più stabili, si ha la possibilità di correggere i difetti di una carta che proviene da un tipo di pasta non ben raffinato.

Lo svantaggio di tale raffinazione è il forte investimento per la necessita di installare più catene di raffinazione, e realizzabile in cartiere con elevata produzione.

La raffinazione in miscela ha il vantaggio di costi più bassi, ed è più adatta per cartiere piccole e medie.

Ha lo svantaggio di ottenere risultati spesso di compromesso tra le fibre più o meno raffinate, per cui si hanno fibre più raffinate ed altre meno, ciò può creare nella fase di essiccazione dei punti in tensione che rendono la superficie crespata; il grado di raffinazione è misurabile approssimativamente in °SR.

Per quanto riguarda l'impiego delle cariche in teoria non dovrebbero essere introdotte prima della raffinazione, poichè con il loro peso specifico influiscono sul raffinatore facendogli consumare inutilmente energia; inoltre i °SR non hanno più nessun significato.

6. Effetti della raffinazione sulla parte umida e sulla seccheria

Sulla parte umida la raffinazione comporta: un minor drenaggio della sospensione fibrosa attraverso la tela che si riscontra con un avanzamento della linea d'acqua, linea che suddivide la tela in due parti; una prima, iniziando dalla cassa di afflusso, lucida, e una seconda opaca iniziando dalle casse aspiranti.

Nelle casse aspiranti si ha un vuoto più spinto, per la presenza di molta acqua si ha difficile drenaggio sulla sezione presse, di conseguenza si ha un basso grado di secco all'entrata in seccheria con un maggior consumo d'energia (vapore).

I vantaggi della raffinazione sulla parte umida sono: una migliore ripartizione delle fibre, specialmente se sono corte, una migliore ritenzione di parti fini e di cariche.

Sulla seccheria si ha un maggior consumo di vapore, ritiro del foglio nel senso trasverso, si possono avere delle cresse sulla carta per la presenza di fibre più raffinate ed altre meno e un grado di secco irregolare nel senso trasversale all'uscita della seccheria.

7. Raffinatori

Le macchine raffinatrici sono state per molto tempo le olandesi, sostituite dai raffinatori conici (a piccolo angolo, poi a grande angolo) poi recentemente dai raffinatori a dischi.

Tutti gli apparecchi hanno una superficie fissa (statore) realizzata con lame a forma parallelepipeda di fronte alla quale ruota un'altra superficie (rotore) costituita in maniera analoga.

La sospensione passa attraverso le due superfici subendo continuamente forti pressioni e depressioni che facilitano la fibrillazione esterna e spingono l'acqua nelle zone più inaccessibili.

Sull'impasto influiscono la frequenza delle pulsazioni e la natura delle lame (tipo di materiale e forma). La profondità delle lame deve essere tale da assicurare la circolazione della sospensione fibrosa che è data dalla differenza di pressione tra l'entrata, l'uscita e l'effetto pompa del rotore.

Parametri:

1. La sospensione fibrosa deve scorrere preferibilmente in senso perpendicolare alle lame per avere più idratazione e bassa azione di taglio.

2. Velocità del rotore rispetto a quella dello statore

- Velocità bassa (10,5 m/sec) determina l'accorciamento preferenziale delle fibre.
- Velocità media (17 m/sec) determina idratazione con riduzione dell'effetto di taglio.
- Velocità elevata (22 m/sec) apre gli ammassi fibrosi come nei depastigliatori e determina azioni di taglio.

3. Natura delle lame

- Anche se il motivo non è ben conosciuto, si sa che il materiale delle lame ha un ruolo molto importante.

L'idratazione è più spiccata con lame di lava soprattutto la Volvic, poi con quelle di bronzo e infine con quelle di acciaio inossidabile.

È da notare che le lame metalliche rese porose non danno lo stesso effetto delle lame di lava anche se la superficie è analoga.

4. Geometria delle lame

Larghezza, profondità, distanza, lame larghe favoriscono l'idratazione e la fibrillazione esterna, formazioni di parti fini e non azioni di taglio, mentre quelle sottili tendono ad accorciare le fibre. Alveoli più profondi consumano più energia a causa delle turbolenze.

- L'angolo tra le lame fisse e quelle del rotore influisce sull'omogeneità del lavoro.

Si preferisce un angolo di 35° anche se il consumo di energia specifica è maggiore rispetto ad angoli più piccoli.

- L'intraferro, cioè lo spazio tra le lame fisse e quelle mobili deve essere controllato perché un intraferro grande garantisce una buona circolazione ma è basso il lavoro sulla pasta mentre un intraferro troppo basso accorcia la fibra e determina un forte consumo di energia (al limite il rotore si blocca).

- La pressione cresce in senso inverso al valore dell'intraferro.

- Concentrazione: se è troppo bassa (2:3%) è grande l'effetto di taglio.

La fibrillazione interna, esterna e la formazione di parti fini che provengono non da azione di taglio, ma da filamenti, veli o membrane che si staccano dalla fibra aumentano

con la concentrazione.

In genere si lavora con concentrazione del 4:6%.

Concentrazioni molto elevate (20:40%) comportano elevatissimi consumi di energia e problemi di circolazione.

7.1. Raffinatore olandese

I raffinatori olandesi sono costituiti da una vasca ovale, divisa da una parete intermedia, che separa due canali, di cui uno più largo in cui si trova il meccanismo di raffinazione, formato da un cilindro raffinatori e da uno sottostante detto platina.

Dal canale più stretto la pasta ritorna al cilindro, così da costituire un ciclo chiuso di lavoro, il cilindro (rotore) porta sulla periferia un certo numero di lame tra le quali sono compresi i cosiddetti alveoli che favoriscono il trasporto e la lavorazione della pasta, si possono avere larghezze e diametri da 1000 a 1800 mm.

I cilindri essendo spostabili in senso verticale, si possono portare a contatto più o meno con la platina sottostante, la velocità periferica di questi cilindri si aggira sui 10 m/sec.

La raffinazione consiste nel far passare tra cilindro e platina la pasta ad una densità variabile dal 2 all'8% ed a una determinata pressione specifica di lavoro.

La pasta entra nelle celle e viene sollevata dal cilindro, nella sua rotazione essa viene scaricata oltre il salto, costituito dalla sommità del fondo della vasca, che nel canale di lavoro si solleva gradualmente fino a raggiungere la massima altezza oltre il cilindro raffinatori.

La pasta nel canale di ritorno si muove per gravità, spinta anche dalla pasta che sopraggiunge, in questo caso le paste che hanno diluizione maggiore scorrono più facilmente delle paste più dense.

Il cilindro del raffinatori olandese ha un diametro di 1300 mm, sullo stesso vi sono disposte 82 lame mentre sulla platina si è arrivati al numero di 30, compie 150 g/min.

La velocità di circolazione della pasta è di 10 m/sec. la pasta grassa richiede una pressione di lavoro di circa 10 Kg/cm² mentre la magra 12:18 Kg/cm², per pasta grassa si intende quando lascia scolare difficilmente l'acqua di diluizione, quindi è ben raffinata, la carta che da essa si ottiene è rigida, molto sostenuta, resistente e tanto più trasparente quanto più alto è il grado di grassezza cioè di °SR (pergamini, carte per sigarette, carte da lettera).

Per pasta magra invece si intende il contrario, cioè lascia scolare facilmente la propria acqua di diluizione; la carta con essa fabbricata è morbida, poco incartata e non molto resistente alle azioni meccaniche, questo tipo di lavorazione si ottiene con pressione relativamente forte del cilindro sulla platina, con lame taglienti, con concentrazione bassa.

Queste paste magre sono richieste per carte assorbenti e anche per quasi tutte le carte da stampa.

Continuando la descrizione dei raffinatori olandesi, per la regolazione della pressione specifica i cilindri raffinatori dispongono di un bilancere con leve e pesi ottenendo così variazioni di pressione.

Le vasche dei raffinatori una volta erano in ghisa, oggi le vasche sono in cemento, con pareti interne molto lisce o con rivestimenti di piastrelle in ceramica.

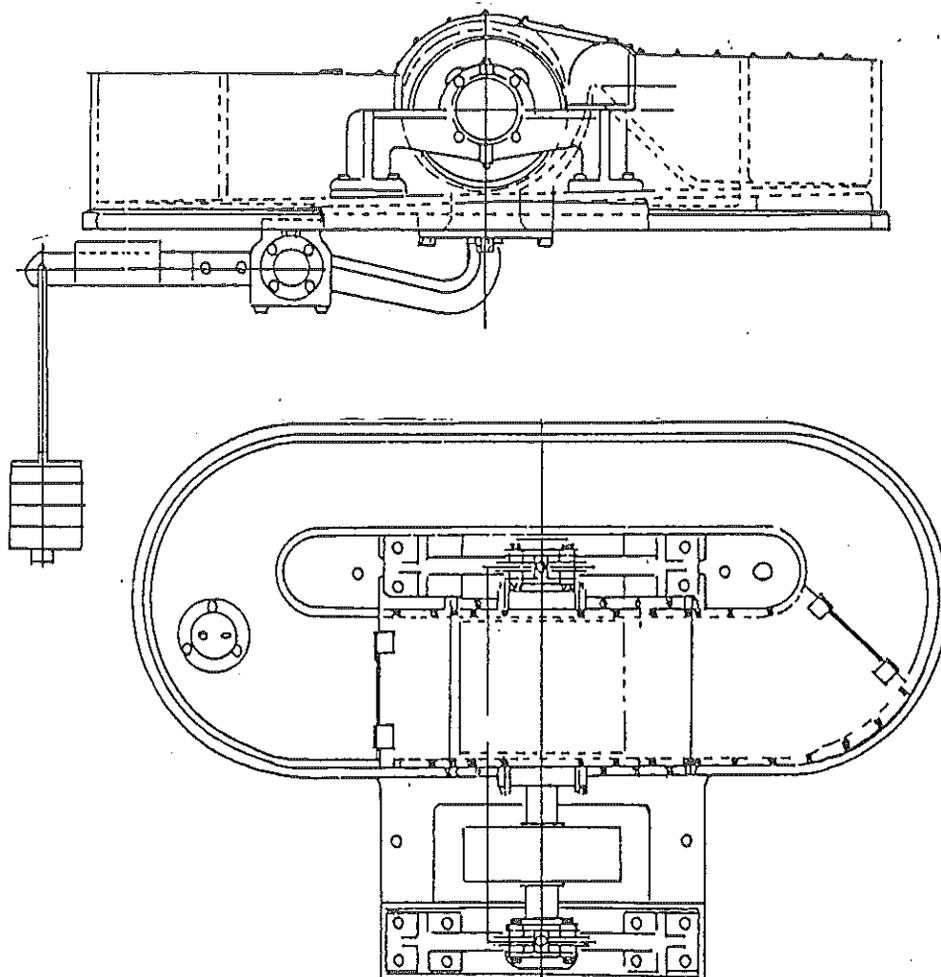
I raffinatori olandesi hanno una capacità variabile da 200 a 800 Kg di fibra secca, che a seconda della diluizione dell'impasto può variare da 4000 a 16000 litri di sospensione fibrosa.

Oggi l'impiego dei raffinatori olandesi è limitato solo per alcune cartiere che producono carte per impasti ad elevati °SR, come il pergamini e le carte da sigaretta; il motivo è che la

produzione industriale della carta ha assunto aspetti di produzione in continuo, con macchine raffinatrici veloci, a produttività elevata e regolazione automatica, per cui i raffinatori olandesi sono stati sostituiti

dall'impiego dei raffinatori conici e più recentemente dai raffinatori a dischi.

schema del raffinatore olandese



7.2. Raffinatore conico Jordan

Il principio sul quale lavora è simile a quello del raffinatore olandese, ma il passaggio della pasta è continuo, cioè non ricicla.

Le sue lame sono in genere dello stesso spessore sia per lo statore che per il rotore, variando lo spostamento assiale del rotore sullo statore avremo una variazione di spinta e quindi un controllo della severità di raffinazione.

La regolazione del raffinatore conico avviene mediante la lettura di un amperometro.

L'apparecchio è dotato di un sistema automatico di controllo del carico, il rotore viene spostato assialmente secondo il set point voluto.

Per garantire un buon controllo alla macchina è applicato un rilevatore trasmettitore di pressione che toglie corrente al motore se non c'è arrivo dell'impasto; infatti in questo caso il raffinatore si danneggerebbe per grippaggio delle lame.

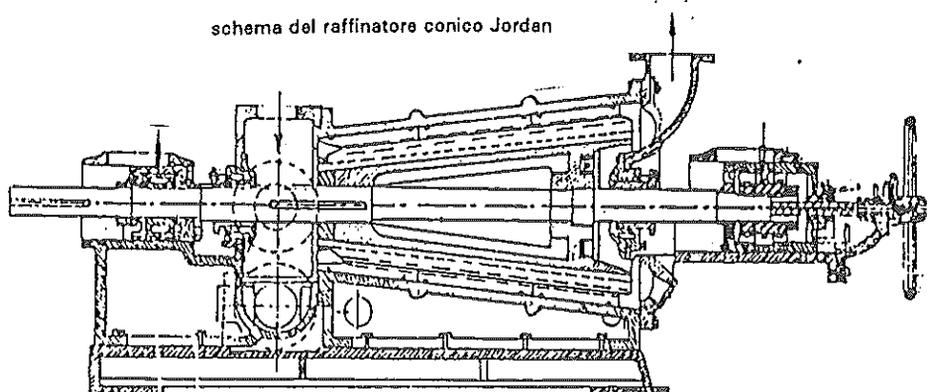
Il Jordan è un raffinatore che viene montato anche in testa di macchina come raffinatore di controllo, quindi compie prevalentemente azioni di taglio, ha poche lame diritte con grande superficie fatte di acciaio, basso numero di giri e bassa concentrazione.

Questo tipo di raffinatore ha una grande superficie di lavoro, una regolazione dell'intraferro più precisa (cioè la distanza tra rotore e statore), viene chiamato a piccolo angolo perchè permette di essere alimentato dalla base minore dello statore per avere l'effetto di pompa per azione centrifuga verso la base maggiore.

Queste caratteristiche però determinavano un flusso della sospensione pressochè parallelo a quello delle lame, per cui si ha un'elevata azione di taglio, una minor idratazione della fibra e un consumo di energia consistente.

La velocità del rotore va da 750 a 1200 g/min, il consumo d'energia va da 0,1 a 0,2 Kwh/K di pasta raffinata.

schema del raffinatore conico Jordan



7.3. Raffinatore conico Refiner

Il Refiner si differenzia dal Jordan, dal quale in sostanza però deriva, per le dimensioni notevolmente ridotte e per l'effetto sostanzialmente diverso che esso produce sulle fibre a causa principalmente della velocità a cui ruota, circa tre volte superiore a quella del Jordan.

Il Refiner compie un lavoro di sfibrillamento e conseguentemente di ingrassamento o idratazione assolutamente prevalente su quello di taglio e accorciamento delle fibre; questo fatto può sorprendere dal momento che si è sempre considerata nei raffinatori olandesi e in quelli Jordan l'azione di taglio come proporzionale alla velocità, e questo è stato uno dei motivi che scongiurarono ai costruttori europei l'adozione di velocità più elevate per il Jordan.

Una spiegazione di questo sta nella constatazione che l'azione di sfibrillamento ovvero di separazione longitudinale della fibra vegetale in fibrille elementari è particolarmente legata all'effetto della forza centrifuga che spinge violentemente la pasta contro lo statore del Refiner provocando movimenti vorticosi negli spazi vuoti compresi tra le lame.

Quest'azione della forza centrifuga, proporzionale al quadrato della velocità, predomina e sovrasta completamente l'azione di taglio che oltre ad essere in funzione della velocità, è disturbata dai moti vorticosi della pasta, inoltre l'efficacia della forza centrifuga sullo sfibril-

lamento permette di ridurre il serraggio fra le lame fisse rotanti ed anche per questo l'effetto di taglio diminuisce.

Quindi sarebbe logico attendersi una tendenza da parte dei costruttori ad applicare velocità sempre maggiori in relazione al fatto che, per ragioni economiche si va cercando d'impiegare sempre più materie prime a fibra corta nella lavorazione delle quali il taglio e l'accorciamento delle fibre, per alcuni tipi di carta sono indesiderati; in realtà si è giunti ad impiegare velocità di 1800 g/min, ma la tendenza odierna di tutti i costruttori è quella di preferire la velocità di 1200 g/min, perchè consente una buona produzione qualitativa e quantitativa senza notevoli complicazioni meccaniche.

Teoricamente sarebbe opportuno l'impiego di motori a velocità variabile per adattare questa di volta in volta al genere di fibre da lavorare ed alla carta da produrre, ma in realtà si è preferito agire su altre variabili per evitare l'adozione di un sistema troppo costoso e pur di non introdurre troppe complicazioni nella regolazione.

Infatti si può influire sull'ingrassamento della pasta variandone la concentrazione entro valori dal 2 al 5%, l'effetto di questa variazione è in tutto analogo a quello che si verifica nei raffinatori olandesi, nei quali l'aumento di concentrazione favorisce l'ingrassamento.

La ragione è facilmente spiegata dal fatto che la maggior densità facilita l'incontro e lo sfregamento delle fibre tra di loro favorendone lo sfibrillamento.

Anche un effetto di strozzamento prodotto con una valvola all'uscita del Refiner può influire sulla lavorazione, in quanto tale strozzamento riduce il passo dell'elica tronco-conica percorsa dalla pasta nel Refiner, aumenta la permanenza della pasta dentro di questo e ne modifica il passaggio tra le lame.

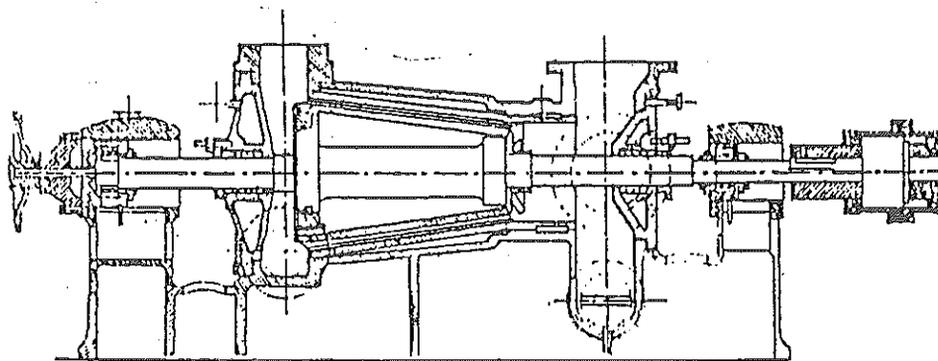
La concentrazione all'entrata e la regolazione all'uscita sono quindi variabili su cui si può agire quando si ha un Refiner determinato, questo deve essere però preventivamente scelto con lame o guarnizioni del rotore e dello statore adatte per il genere di pasta da lavorare.

La tendenza attuale è quella di impiegare un grande numero di lame piuttosto sottili, con lo scopo di aumentare la superficie di lavoro, ma soprattutto il numero degli alveoli fra le lame che ha importanza nello sfibrillamento favorendo il moto turbinoso.

Quasi sempre nei casi di forte produzione i Refiner ad alta velocità sono posti in serie con i Jordan, sia per la maggior potenza di questi sia per il fatto che al raffinatore ad alta velocità è affidato il compito dello sfibrillamento e conseguente ingrassamento, ed al Jordan più particolarmente la funzione eventuale di accorciamento ed equalizzazione delle fibre.

Alcune teorie non danno grande importanza al grado di ingrassamento determinato con apparecchi del tipo Schopper-Riegler, infatti questi non permettono di determinare le vere caratteristiche fisiche della pasta e non dicono affatto se la pasta è tagliata, sfibrillata o accorciata.

schema del raffinatore conico Refiner



7.4. Raffinatore conico Morden

A parte la loro combinazione in serie od in parallelo i raffinatori Morden possono essere installati in modo da consentire una ricircolazione totale oppure parziale della pasta.

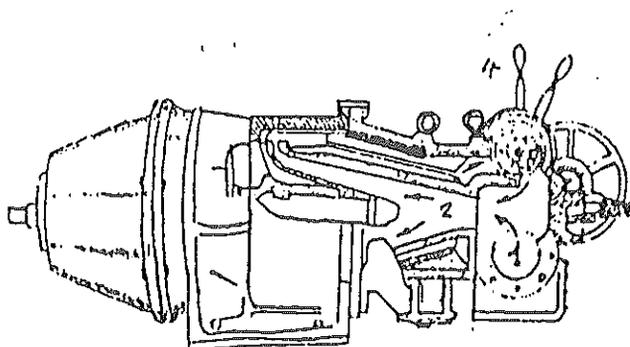
Un nuovo tipo di raffinatore conico lo "stock maker morden" consente la ricircolazione della pasta nell'interno dell'apparecchio.

Questo tipo si distingue inoltre dagli altri per il fatto che la pasta entra a pressione e percorre lo spazio fra le lame in senso inverso rispetto al Jordan, vale a dire l'impasto viene introdotto dalla base maggiore e viene pompato verso la base minore, questo sistema consente una idratazione migliore e un'azione di taglio meno spiccata, però i consumi di energia restano sempre elevati.

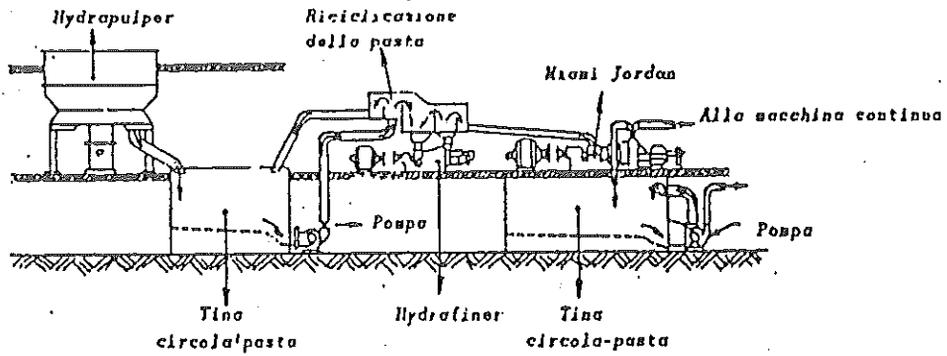
Sovente il raffinatore lavora a ciclo chiuso su tine cosiddette di circolazione, e la lavorazione in questo caso è in un certo senso discontinua, la tendenza attuale è però quella di mettere in serie un certo numero di Refiner al Jordan in modo da lavorare la pasta in un solo passaggio.

Sono pure impiegati sistemi misti nei quali è prevista una prima fase a circolazione e una seconda fase continua, naturalmente anche in questo caso tutto il processo è regolato e comandato automaticamente.

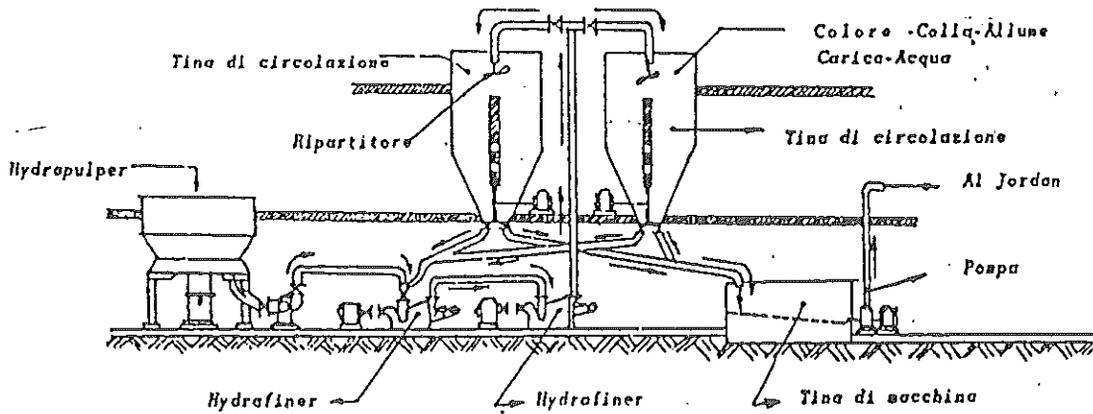
schema del raffinatore conico Morden



IMPIANTO PER LA LAVORAZIONE CONTINUA SISTEMA
HYDRAFINER JORDAN



IMPIANTO RAFFINAZIONE SISTEMA TINE DI CIRCOLAZIONE



7.5. Raffinatori a dischi

I risultati delle prove effettuate su larga scala industriale dimostrano che le differenze tra i raffinatori a dischi e quelli conici sono così significative che il raffinatore conico è ormai passato alla storia.

Il raffinatore a dischi ha sostituito tutti i tipi di raffinatore fin ora usati, la sua superficie di lamatura è notevole, e pertanto si può impartire una potenza altissima a macchine di dimensioni contenute.

E' un raffinatore molto compatto, adatto per grandissima produzione. Poiché è una macchina che può montare diversi tipi di lame come forma, come spessore e profondità, è ovvio che la si può usare per tagliare o idratare in qualsiasi punto dell'impianto.

Vi sono raffinatori a disco semplice e a doppio disco, nel raffinatore classico le piastre possono essere una o entrambe mobili, nel raffinatore a doppio disco l'alimentazione può essere al centro della prima piastra e l'uscita al centro della terza, ci possono essere anche due alimentazioni e un'uscita unica.

Il carico sui dischi si regola muovendo assialmente la piastra rotante, le distanze tollerate sono al di sotto del millimetro, possono essere dell'ordine dei vari micron.

Il raffinatore a dischi può essere anche usato in testa di macchina basta cambiare le lame e il numero di giri per dare una raffinazione blanda.

Con questi raffinatori si riesce a produrre fino a 500 t/h di pasta raffinata con potenza fino a circa 6000 Kw; sono macchine molto costose.

Nel raffinatore a dischi è possibile variare lo spessore delle barre e contemporaneamente anche il numero delle stesse in un vasto campo di combinazioni, in quanto la superficie di contatto non dipende solamente dallo spessore delle barre; tale superficie non è adeguata a spiegare la capacità di raffinazione dei raffinatori moderni, né a paragonarli con quelli conici.

Parlando esclusivamente dei raffinatori a dischi non sembra che l'area di contatto possa caratterizzare completamente il processo di raffinazione. Si è visto ad esempio che nel caso di regolarità di spessori (costanza tra barre e cavi) l'area, per uno stesso raffinatore è costante (pur con una geometria nettamente diversa); ma questo non porta a risultati di raffinazione costante.

Si è osservato che l'intensità di raffinazione varia abbastanza con il modulo delle solcature.

Questo perché i fenomeni che interessano la raffinazione si sviluppano soprattutto sulla superficie di taglio della barra.

La minima intensità di raffinazione si ha quindi con la massima area istantanea di contatto, cioè quanto maggiore è il numero delle barre.

Questo ci fa anche pensare che l'intensità di raffinazione non sarà omogenea lungo tutta la piastra, bensì sarà inferiore verso la periferia dove il numero delle barre è maggiore.

La caratteristica peculiare di un raffinatore a dischi è quella di promuovere, per uno stesso livello di scolantezza, un più pronunciato sviluppo della resistenza alla trazione senza ridurre l'indice di lacerazione.

Ciò è determinato dalla possibilità di limitare l'intensità di raffinazione aumentando il numero di contatti nell'unità di tempo.

Tale aumento può essere spinto ben oltre il valore massimo ottenibile con un raffinatore conico delle stesse dimensioni, equipaggiato con lamatura caratterizzata dallo stesso modulo, a causa delle ben note limitazioni costruttive.

Viceversa fissata l'intensità massima di raffinazione per un impasto di caratteristiche ade-

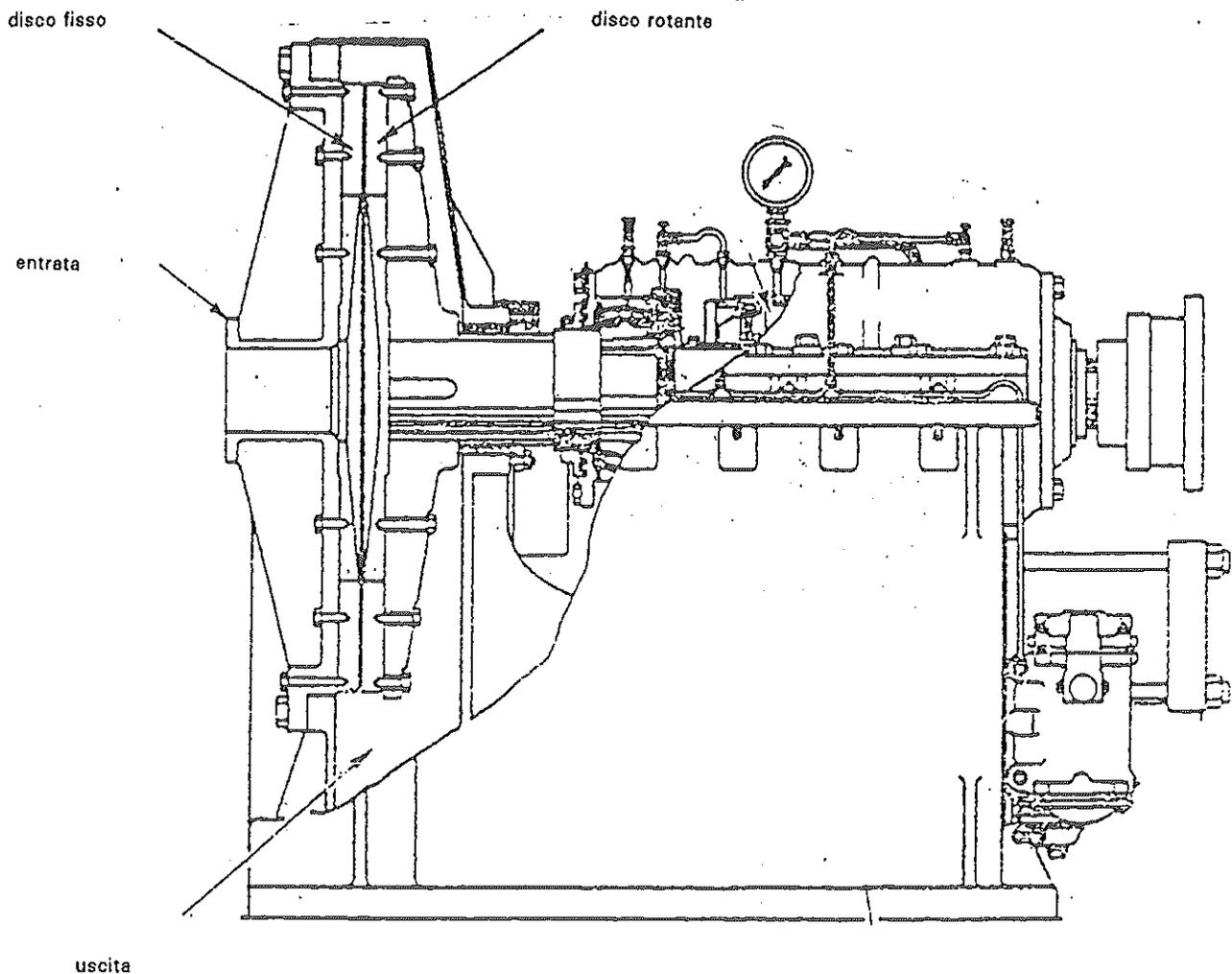
guate, la potenza applicabile per unità di produzione risulta più alta per il raffinatore a dischi; nella particolare configurazione che può essere assunta dalle piastre del raffinatore va ricercata la causa prima della maggiore efficienza di questa macchina.

Come già osservato dalle ricerche, le conifere e le latifoglie presentano andamenti assai diversi dalle caratteristiche di resistenza in funzione della scolantezza, la conifera tende a sviluppare le sue proprietà più velocemente della latifoglia.

Si possono quindi dare degli accorgimenti per il trattamento dei diversi tipi di fibre:

1. per le conifere (che richiedono un'azione di raffinazione più intensa) è necessario un modulo di solcatura caratterizzato da un numero relativamente basso di contatti e basse velocità di rotazione;
2. per le latifoglie (che richiedono un'azione di raffinazione meno intensa) è necessario scegliere un modulo di solcatura caratterizzato da un numero elevato di contatti ad alta velocità di rotazione;
3. per la raffinazione di controllo (dove è richiesta un'azione di taglio e quindi una raffinazione intensa) è necessario scegliere dischi aperti con poche barre (anche larghe) molto intervallate.

schema del raffinatore a dischi



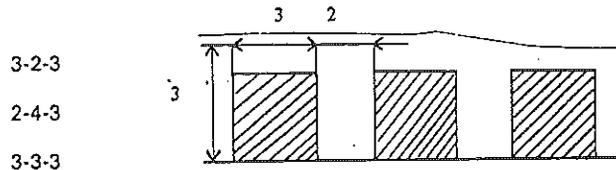
7.6. Vantaggi dei raffinatori a dischi rispetto quelli conici

Il volume degli alveoli è più piccolo per cui sono minori le perdite di carico dovute a turbolenza, da ciò) deriva una maggiore resistenza del foglio.

Si possono ottenere fibre con caratteristiche uguali a quelle con °SR maggiore, per cui si ha un maggior drenaggio sulla tela.

7.7. Lame ed alveoli

Vi sono molti profili ma oggi si utilizzano soprattutto tre tipi:



La prima cifra indica la larghezza delle lame, la seconda cifra indica la larghezza degli alveoli e la terza indica la profondità degli alveoli. L'unità è 1/16 di pollice ossia 1,59 mm. Impiego dei tre tipi di profili:

- 3-2-3 favorisce l'ingrassamento (le lame sono molto vicine)
- 2-4-3 favorisce il taglio (poche lame e sottili)
- 3-3-3 è un compromesso fra i due tipi di profilo ed è quello più utilizzato.

Una profondità troppo elevata può portare ad una eterogeneità della raffinazione e soprattutto ad un maggior consumo di energia, le lame in genere sono in acciaio.

7.8. Depastigliatori

I depastigliatori sono costituiti da due dischi di cui uno fisso (statore) e uno mobile (rotore); la pasta passa per azione centrifuga sviluppata dal rotore che gira ad alta velocità 3000 g/min, attraverso le aperture di un gran numero di denti disposti in più file circolari.

Lo scopo del depastigliatore è quello di disintegrare fino alla defibrillazione elementare la formazione di grumi o pasticche formatesi nell'impasto.

La sospensione fibrosa contenente le pastiglie entra al centro del depastigliatore e va tra la prima corona dei denti del rotore, accelerata e proiettata contro i denti della prima corona dello statore.

All'uscita delle fenditure dello statore la sospensione fibrosa è nuovamente trascinata dalla seconda corona del rotore, accelerata nuovamente e proiettata contro la corona seguente dello statore.

Questo processo si ripete in ognuna delle tre corone dello statore e rotore finché la pasta riesce ad attraversare l'ultima corona dello statore ed esce radialmente dal depastigliatore.

L'effetto del depastigliatore si esplica perché la pasta, dopo il suo arrivo, si divide in differenti correnti e poi colpisce a grandissima velocità i denti dello statore.

Tali correnti della pasta provocano energiche azioni meccaniche che permettono l'apertura e la messa in libertà delle fibre.

L'effetto di disintegrazione è causato anche dalle forti azioni idrodinamiche create dalla grande velocità del rotore, dalla piccola distanza tra i denti e dalle grandi variazioni di velocità.

8. Controllo della raffinazione

Fra gli apparecchi proposti per determinare il grado di lavorazione di una pasta, uno molto diffuso è quello del professor Riegler, realizzato dalla casa Schopper.

La prova di raffinazione si effettua diluendo due grammi di pasta al secco assoluto in 1000 cm³ di acqua a 20 °C e versando quindi la pasta su uno staccio.

L'acqua che passa attraverso questo staccio, viene raccolta in un imbuto con due aperture, una più grande ed una più piccola poste una sopra l'altra e di grandezza tale che, attraverso una delle due passi la prima acqua che ha una velocità maggiore di 1/4 di litro al minuto, mentre dalla minore passi l'acqua che ha una velocità minore.

Le due acque vengono raccolte in due cilindri di vetro, la lettura si fa solo su quello in cui va l'acqua che ha grande velocità e che porta la scala da 0 a 100 °SR, con lo 0 in alto dove si legge direttamente il °SR.

L'apparecchio è costituito da uno stativo che si può opportunamente disporre verticale, il basamento porta un tubo verticale, cui è fissata una camera a forma di imbuto con le due aperture in basso, alle quali sono collegati due tubetti.

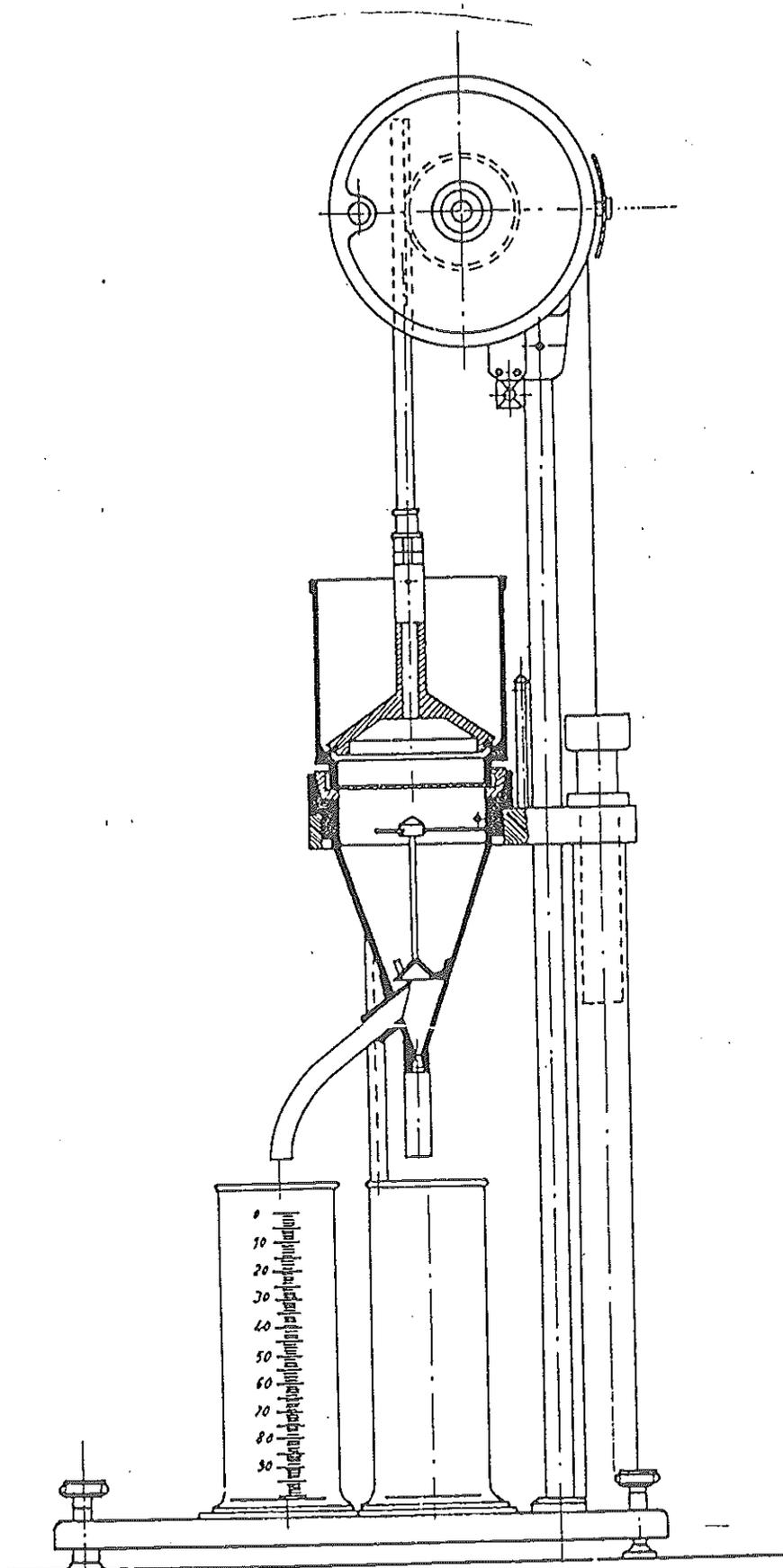
Sopra la camera tronco conica prosegue quella cilindrica di caricamento della sospensione fibra acqua sul cui fondo si trova lo staccio a maglie fini, in questa camera si mette un coperchio conico munito di una guarnizione a perfetta tenuta che separa la camera di caricamento dal sottostante imbuto di raccolta dell'acqua.

In questo modo è possibile caricare l'apparecchio ed eseguire la prova al momento voluto. Per sollevare il cono di chiusura e fare quindi la prova, al cono è collegata un'asta dentata, che ingrana una ruota dentata solidale con una puleggia, su cui si avvolge una corda al cui estremo è fissato il contrappeso.

Quando il cono è abbassato vi è un fermo in modo che la puleggia non possa girare tirata dal contrappeso.

Se facendo una carica di 1000 cm³ di acqua, 960 vanno dalla parte delle acque rapide e 40 vanno dalla parte delle acque lente, l'apparecchio deve essere perfettamente equilibrato e in ordine, soprattutto lo staccio e i canaletti dell'acqua.

Non conoscendo la densità della pasta di cui si vuol conoscere il grado di raffinazione, si preleva dal raffinatore un pugno di pasta e la si sprema fortemente, la pasta in questo stato ha un secco assoluto del 30%, si pesano 6 grammi di questa pasta, corrispondenti a 2 grammi al secco assoluto, si diluiscono a 1000 cm³ si agita, si mette nella camera di caricamento e si effettua la prova.



Raffinometro Schopper-Riegler - schema.

9. Conclusione

Nonostante i numerosi studi e le teorie emesse fin ora, non è stata ancora raggiunta una precisa conoscenza dei fenomeni che si verificano durante la lavorazione meccanica della cellulosa e dei legami che tengono unite le fibre nel foglio di carta. Le misure delle lavorazioni delle paste tramite l'apparecchio Schopper-Riegler e la classificazione per lunghezza non permettono di determinare le vere caratteristiche fisiche della pasta, e non ci dicono con certezza il comportamento che l'impasto avrà in macchina e quali saranno le caratteristiche del prodotto finito.

Il raffinatore e la raffinazione rimangono però l'unica possibilità al cartaio di dare caratteristiche particolari all'impasto producendo una gamma di incrementi diverse pur partendo dalle stesse materie prime.