

La seccheria: struttura e conduzione

Pozza Stefano
(*Fedrigoni*)

Relazione finale
6° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1998/99



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

Indice

1. Introduzione	pag.	1
2. Vapore e condensa	pag.	2
2.1 Vaporizzazione		
2.2 Condensazione		
3. La produzione del vapore	pag.	4
3.1 I generatori di vapore		
3.2 Elementi caratteristici del generatore di vapore		
3.3 Brevi cenni sulle centrali termoelettriche		
3.4 Brevi cenni sugli impianti di cogenerazione		
4. Studio di una seccheria	pag.	8
4.1 L'essiccamento		
4.2 Il processo di essiccamento nel foglio di carta		
4.3 La trasmissione del calore		
4.4 Potenzialità e fabbisogno termico		
4.5 Problematiche legate ad una cattiva distribuzione di temperatura		
5. Analisi della seccheria	pag.	15
5.1 I cilindri essiccatori		
5.1.1 Analisi di un cilindro essiccatore		
5.1.2 Problematiche legate al cilindro essiccatore		
5.1.3 La funzione del giunto rotante in un cilindro essiccatore		
5.1.4 Lo scarico e il recupero della condensa		
5.1.5 Le barre di turbolenza		
5.2 Breve trattazione sulle tele essiccatrici		
5.3 I pockets		
5.3.1 Evoluzione nella ventilazione del pocket		
5.3.2 Moderna ventilazione del pocket		
6. Tipologie di seccherie	pag.	25
6.1 Impianto con scaricatore di condensa		
6.2 Impianto a cascata		
6.3 Impianto con termocompressore		
7. Cappe di aspirazione, fumane e ventilazione delle seccherie tradizionali	pag.	30
7.1 Cappa aperta		
7.2 Cappa chiusa coibentata con recuperatori di calore dalle fumane		
8. Conclusioni	pag.	33

1. Introduzione

La produzione del vapore nelle cartiere rappresenta una parte cospicua nella voce spese. Per tale ragione, con l'impiego di cappe completamente chiuse e coibentate e con l'uso di recuperatori di calore, si è cercato di sfruttare al meglio, senza sprechi, la quantità di vapore inviata dal generatore alla macchina continua. Talvolta i "normali" impianti di produzione del vapore sono stati sostituiti da impianti di cogenerazione, nei quali viene ottimizzata la produzione di calore ed energia.

All'interno della macchina continua la seccheria ha il compito importantissimo di asciugare il foglio, cioè disidratarlo quasi completamente, non alterando le proprietà meccaniche e d'aspetto.

Mentre nella zona presse l'acqua viene allontanata dal nastro fibroso per azione meccanica, e quindi economica (il nastro viene "spremuta"), nella seccheria l'azione di evaporazione è assicurata dallo scambio termico tra i cilindri essiccatori e la carta. Questo scambio termico potrebbe sembrare a prima vista molto semplice. Se ciò può essere vero per continue lente e con formato ridotto, nelle continue veloci e con formato largo la realizzazione e la conduzione di una seccheria presenta problematiche non indifferenti.

Si dovrà suddividere al meglio i cilindri essiccatori in gruppi termici per permettere lo scarico delle condense, stando però attenti a seguire una certa curva d'essiccamento della carta (ha l'aspetto di una parabola) e in gruppi motorizzati per una questione di tiri e ritiri.

Non va dimenticato il fatto che il nastro fibroso una volta giunto all'arrotolatore ha un contenuto d'acqua inferiore al 5% e il restante costituito da fibre, ceneri, colle ecc.. In cassa d'afflusso, invece, le fibre rappresentano una percentuale inferiore all'1% rispetto alla massa della soluzione acquosa; quindi in un breve intervallo di spazio e di tempo, partendo da un composto acquoso, attraverso un'azione di disidratazione, arriviamo ad un nastro di carta che, nonostante ci si stia avvicinando al terzo millennio, rappresenta tuttora un bene indispensabile.

2. Vapore e condensa

2.1 Vaporizzazione

Il passaggio di un liquido allo stato di vapore viene definito *vaporizzazione*. Quando tale fenomeno avviene spontaneamente e si verifica solamente sulla superficie libera del liquido, siamo in presenza di un fenomeno di *evaporazione*. Se invece il passaggio dallo stato liquido allo stato aeriforme non avviene spontaneamente ma occorre somministrare calore, saremo in presenza di un fenomeno chiamato *ebollizione*.

Come negli altri cambiamenti di stato, anche durante l'ebollizione se la pressione viene mantenuta costante la temperatura rimane invariata; il calore fornito durante l'ebollizione serve quindi per trasformare il liquido in vapore e non per aumentare la temperatura. Tale temperatura viene definita *temperatura di ebollizione*; varia da sostanza a sostanza e per una stessa sostanza dalla pressione.

Si possono così enunciare le due seguenti proprietà sull'ebollizione:

- *durante l'ebollizione a pressione costante la temperatura non varia;*
- *ogni liquido ha una propria temperatura di ebollizione che varia al variare della pressione.*

Il vapore finché si trova in presenza del liquido che l'ha prodotto viene definito *vapore saturo*. Si dice *secco* se non ha in sospensione particelle d'acqua, *umido* se ne ha. La massa del vapore saturo secco contenuto nell'unità di massa del vapore saturo umido totale (vapore+acqua) si chiama *titolo del vapore*.

Durante l'ebollizione bisogna continuare a fornire calore che serve esclusivamente per produrre il cambiamento di stato e che si definisce pertanto *calore di vaporizzazione*. Più precisamente, il calore di vaporizzazione di una sostanza è la quantità di calore necessaria per vaporizzare la massa unitaria di liquido quando questo si trova alla temperatura di ebollizione. Quando tutto il liquido si è trasformato in vapore, continuando a fornire calore, il vapore comincia ad aumentare la propria temperatura; in tali condizioni prende il nome di *vapore surriscaldato*. È evidente che, per il vapore surriscaldato, non c'è una corrispondenza tra temperatura e pressione, potendo assumere, per una determinata pressione, temperature superiori a quella di ebollizione. Inoltre, a parità di pressione, il vapore surriscaldato possiede un volume, oltre che una temperatura, superiore a quello del vapore saturo.

Viene definita *entalpia o contenuto termico del vapore* la quantità di calore necessaria per portare a pressione costante l'unità di massa del liquido (1Kg) dalla temperatura di riferimento (0°C) alle condizioni di vapore saturo umido, vapore saturo secco o vapore surriscaldato.

Nel primo caso l'entalpia del vapore saturo umido è la somma dell'entalpia del liquido saturo più la parte di calore di vaporizzazione corrispondente alla quantità di vapore prodotto indicato dal titolo.

Nel secondo caso è la somma dell'entalpia del liquido saturo più il calore di vaporizzazione.

Nel terzo caso è la somma dell'entalpia del liquido saturo più il calore di vaporizzazione più il calore di surriscaldamento.

2.2 Condensazione

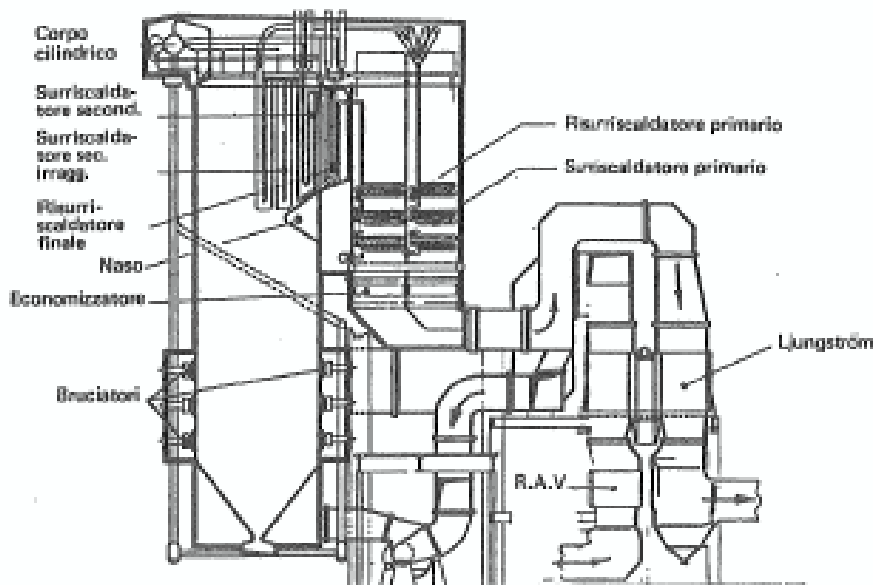
Se a del vapore d'acqua saturo secco si sottrae calore, a pressione costante, il vapore comincerà a trasformarsi in liquido e la temperatura resterà costante finché tutto il vapore non si sarà trasformato in liquido.

La temperatura di condensazione è uguale a quella di ebollizione se la pressione è la stessa; inoltre il calore che la massa unitaria di vapore saturo restituisce nella condensazione, *calore di condensazione*, è uguale a quello necessario per la vaporizzazione, *calore di vaporizzazione*, alla stessa pressione.

3. La produzione del vapore

3.1 I generatori di vapore

Si definisce *generatore di vapore* (vedi figura) un insieme di organi che servono a produrre calore e a trasferirlo al fluido che deve essere riscaldato e vaporizzato. Va precisato subito, che la *caldaia* rappresenta la parte del generatore di vapore in cui avviene la trasformazione del fluido (passaggio di stato) da liquido a vapore; è quindi una parte del generatore. Il vapore, negli impianti di notevole potenza, serve ancora per ottenere energia meccanica, soprattutto per la ulteriore generazione di energia elettrica. Negli impianti di piccole e medie dimensioni, il vapore d'acqua è però soltanto un valido veicolo del calore necessario nei processi industriali.



— Schema tipico di un generatore di vapore di grande potenza.

Il generatore di vapore è costituito dai seguenti elementi:

- *Corpo cilindrico*: costituisce la caldaia propriamente detta ed è un recipiente metallico, generalmente in acciaio, riempito d'acqua fino a un certo livello (camera d'acqua); nella sua parte più alta si raccoglie il vapore (camera di vapore).
- *Surriscaldatore e Risurriscaldatore*: sono apparecchiature di scambio, costituite da fasci di tubi facenti capo a dei collettori, e sono destinate a surriscaldare il vapore, trasformandolo da vapore saturo in vapore surriscaldato.

- *Economizzatore*: il circuito acqua-vapore ha inizio dall'economizzatore. Trova collocazione nella parte finale del condotto verticale dei fumi ed utilizza parte del calore posseduto dai fumi per riscaldare l'acqua di alimentazione della caldaia, migliorando così il rendimento dell'impianto.
- *Naso*: è una particolare conformazione che posseggono alcuni tubi all'interno della camera di combustione.
- *Bruciatori*: sono collocati su una parete della caldaia, a partire da circa 1/3 della sua altezza. È la zona più calda della camera di combustione.
- *R.A.V. (Riscaldatore a Vapore)*: viene inserito a monte del circuito aria al fine di evitare condensazioni acide nella parte terminale dei preriscaldatori d'aria, dovute ad una temperatura dei fumi troppo bassa.

3.2 Elementi caratteristici del generatore di vapore

È utile precisare alcune definizioni che sono strettamente connesse e variabili ai generatori di vapore in generale:

- *Producibilità o potenza*: è la quantità di vapore prodotta in un'ora. Si misura in Kg/h. È ovviamente necessario precisare lo stato fisico del vapore (pressione e temperatura). In tal caso, noto il contenuto termico del Kg di vapore prodotto, può essere convenientemente espressa in una unità di potenza W o Kcal/h.
- *Producibilità specifica o potenza specifica*: è il rapporto tra i chilogrammi di vapore prodotti in un'ora e la superficie di riscaldamento. Rappresenta i chilogrammi di vapore che si ottengono in un'ora per ogni metro quadrato di superficie riscaldata; si misura in Kg/mq h.
- *Pressione di bollo*: è la pressione effettiva massima alla quale il generatore può funzionare regolarmente. L'unità di misura è il bar o il Kg f/mq (ate). Il valore della pressione di bollo è rilevabile dal libretto matricolare dell'apparecchio e dall'apposito bollo esistente al centro della targa.
- *Pressione d'esercizio*: è la pressione, inferiore o al limite uguale a quella di bollo alla quale in pratica viene fatto funzionare il generatore.
- *Superficie di riscaldamento*: è l'area della superficie lambita da un lato dai fumi e dall'altro dall'acqua; si misura dalla parte esposta ai fumi.
- *Carico termico volumetrico della camera di combustione*: è il rapporto fra la quantità di calore sviluppata dalla combustione nell'unità di tempo ed il volume della camera di combustione. Si misura in W/mc o Kcal/mc h.
- *Carico termico superficiale della camera di combustione*: è il rapporto fra la quantità di calore sviluppata nella camera di combustione nell'unità di tempo e la superficie di riscaldamento della camera di combustione; si misura in W/mq o Kcal/mq h.
- *Rendimento del generatore*: è il rapporto tra il calore trasmesso al fluido e il calore sviluppato dalla combustione.

- *Indice di vaporizzazione*: è il rapporto tra la massa di vapore prodotto e la massa di combustibile bruciato nello stesso tempo. Rappresenta i chilogrammi di vapore che si ottengono dalla combustione di un chilogrammo di combustibile. Si misura in Kg vap/Kg comb.

N.B.: la pressione viene misurata in vari sistemi; nel Sistema Internazionale viene espressa in *Pascal (Newton a mq)*. Viene usato il suo multiplo centomila volte più grande denominato *bar* ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$).

Nel *Sistema Tecnico* la pressione si misura in *kilogrammiforza al metro quadrato (Kg f/mq)*. È però più usato il *kilogrammoforza al centimetro quadrato* detto anche *atmosfera tecnica (at)* che ha un valore molto prossimo al valore della pressione atmosferica al livello del mare (*atm*).

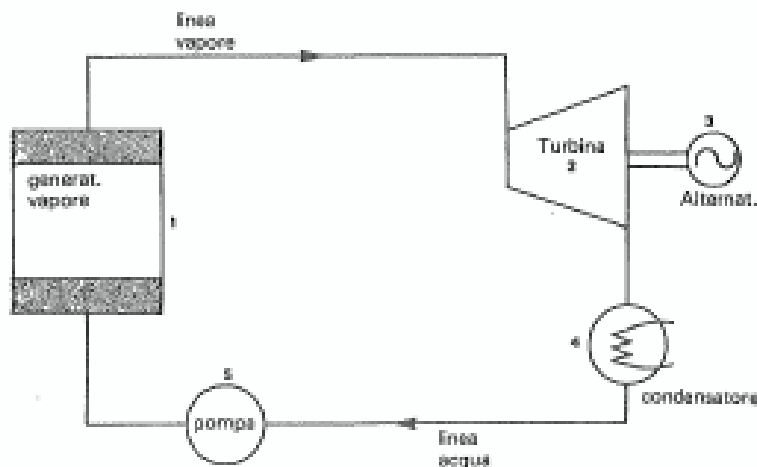
La pressione misurata a partire da una pressione nulla (vuoto assoluto) è espressa in *atmosfera tecniche (at)* e viene indicata con il simbolo *ata*, mentre se viene misurata con una pressione eccedente la pressione atmosferica è espressa in *atmosfera tecniche* e si indica con il simbolo *ate*.

$$1 \text{ atm} = 1.033 \text{ at} = 1.033 \text{ Kg f/cm}^2 = 10330 \text{ Kg f/m}^2 = 1.013 \text{ bar}$$

3.3 Brevi cenni sulle centrali termoelettriche

Sono impianti che servono a trasformare il calore, con opportuni sistemi, in energia elettrica. I principali componenti di una centrale termoelettrica, con riferimento alla *figura* sono:

Schema di funzionamento di un impianto termoelettrico



1. il generatore di vapore; 2. la turbina; 3. l'alternatore; 4. il condensatore; 5. la pompa dell'acqua di alimento

Nel *generatore di vapore*, o caldaia, l'energia chimica si trasforma, mediante il processo definito combustione, in calore che, trasmesso all'acqua, ne provoca la trasformazione in vapore. I prodotti volatili della combustione vengono scaricati nell'atmosfera attraverso i camini; quelli solidi (ceneri) sono separati dai fumi mediante opportuni impianti e convogliati verso discariche.

Il vapore prodotto viene inviato alla *turbina* dove la sua energia viene trasformata in energia meccanica. In uscita dalla turbina, il vapore viene condensato in uno scambiatore di calore (*condensatore*) che impiega a tale scopo grandi quantità di acqua di mare, di fiume o di lago; il condensato viene aspirato da alcune pompe e, dopo vari processi intermedi, inviato nuovamente in caldaia. La turbina è accoppiata all'*alternatore*, dove l'energia meccanica si trasforma in energia elettrica.

3.4 Brevi cenni sugli impianti di cogenerazione

Negli ultimi anni, questi impianti hanno avuto una forte diffusione sul territorio italiano. Questo fatto ha permesso a ogni sito, sia esso civile o industriale una gestione autonoma dei propri fabbisogni energetici. Nell'ambito civile non dobbiamo dimenticare molti comuni italiani mentre in quello industriale inseriamo le cartiere che abbisognano per i propri processi produttivi di una grande quantità di calore ed energia.

Per cogenerazione s'intende la produzione combinata di elettricità e calore; un generico ciclo termodinamico, destinato a convertire calore in elettricità (o lavoro meccanico), deve necessariamente scaricare una parte del calore introdotto nel ciclo.

Ogni sistema ha un proprio rendimento R_o che è dato dal rapporto tra l'*Energia Prodotta* e l'*Energia Fornita*. Analizzando le tecnologie impiegabili per la realizzazione concreta dei cicli termodinamici, si nota come il rendimento per la produzione di calore utile sia maggiore di quello per la produzione di energia elettrica utile (92% contro 45% se l'energia fornita è pari in entrambi i casi al 100%). L'energia termica è peraltro una forma di energia ampiamente richiesta sia in campo industriale che civile, da cui la possibilità di utilizzare lo scarto di un ciclo di potenza come calore utile per riscaldamento o per processi industriali. Si ottiene così una sostanziale riduzione, a parità di servizio reso all'utenza termica, dei consumi di energia primaria.

Il concetto di cogenerazione risulta però vincolato alle seguenti condizioni:

- *Compatibilità* tra le caratteristiche del calore reso disponibile dal ciclo di potenza e quello richiesto dall'utenza;
- *Favorevole ubicazione* del ciclo di potenza rispetto alle utenze di calore, causa il costo e le difficoltà tecniche connesse al trasporto ed allo stoccaggio di calore;
- *Contemporaneità delle richieste* di calore ed elettricità.

4. Studio di una seccheria

4.1 L'essiccamento

Il contenuto d'acqua ed umidità ancora presente in eccesso nel foglio di carta, dopo che questo ha già attraversato la zona presse, deve essere eliminato dalla seccheria. Essa ha il compito di far evaporare l'acqua contenuta nella sospensione acquosa costituente il foglio già formato e contenuta nelle sue fibre, senza che il prodotto soffra danni irreversibili.

L'acqua evapora dalla carta solo se sopra la superficie da evaporare è presente aria con minore contenuto d'umidità e minore tensione di vapore che nella superficie stessa di evaporazione.

*Portata oraria $W = ((45.6 * F * C * (P2 - P1)) / B$
acqua evaporata (in litri/ora)*

Dove:

F: superficie di evaporazione in metri quadrati;

C: 0.71 coefficiente per aria che si sposta moderatamente sulla superficie in evaporazione;

P2: tensione del vapore nella superficie in evaporazione;

P1: tensione del vapore dell'aria che lambisce la superficie in evaporazione;

B: pressione barometrica ambiente, in mm di colonna di mercurio.

Da questa formula si può capire che il raggiungimento dell'evaporazione massima possibile nella carta si ottiene con una *grande superficie e bassa pressione di vapore nell'aria*. L'azione essiccante degli apparecchi essiccatori, a parità di superficie di essiccante, migliora in presenza d'aria più secca possibile sopra la superficie del foglio e, dall'altro lato, di una bassa pressione barometrica ambiente o, meglio ancora del vuoto.

Il processo d'evaporazione, all'interno del contesto fibroso può essere diviso in due zone: “*zona a tasso costante*” e “*zona a tasso di ricaduta*”.

Nella prima zona, l'evaporazione avviene più rapidamente in quanto si sviluppa sulla superficie delle fibre e nei capillari larghi. Quando invece l'asciugamento del foglio giunge al punto dove l'umidità libera è concentrata nei capillari piccoli, il tasso d'evaporazione comincia a cadere ed allora saremo nella seconda zona. Alla fine, ad una umidità del 9% circa, diventa necessario rompere i legami chimici in ordine all'evaporazione dell'acqua.

4.2 Il processo d'essiccamento nel foglio di carta

Le temperature superficiali di una seccheria policilindrica aperta vengono regolate progressivamente da 60°C a 130°C a partire dall'ingresso della seccheria. La temperatura dell'acqua contenuta nella carta, grazie al contatto tra il foglio e il mantello dei cilindri aumenta finché l'acqua raggiunge la fase di vapore e comincia a trasferirsi al lato toccato dalla tela essiccatrice. Lungo strada, una parte delle bollicine di vapore, prima che abbiano raggiunto la superficie della carta, si condensano, sicché la linea frontale della fase di vapore si avvicina nuovamente al lato carta a contatto con i cilindri. Nel processo d'essiccamento, si accorciano i legami ad idrogeno tra fibra e fibra e quindi queste ultime si accostano le une alle altre. La tensione superficiale addensa la carta tanto più quanto più grassa è stata la raffinazione dell'impasto. Inoltre, quando l'acqua libera, alloggiata tra le fibre, inizia ad evaporare, ha inizio il processo di ritiro diametrale delle fibre (pari a circa il 10%).

Contemporaneamente le fibre si torcono e si arrotolano ritraendosi quasi dalla superficie della carta, causando un aumento di densità del foglio. Con il reciproco avvicinamento delle fibre, intervengono in aggiunta le forze di attrazione atomiche (Forze di Van Der Waals) che provocano il ritiro del foglio in larghezza. Per avere un'idea dell'entità del ritiro del nastro di carta, si tenga presente che esso in direzione longitudinale va dall'1 al 6% circa. Per quanto riguarda invece il ritiro trasversale, esso sarà maggiore per carte impermeabili e si aggira sul 12%, mentre per carte da scrivere scende al 6% e per quelle da giornali al 3%. Con carte magre, una certa quantità d'aria può penetrare nella pasta e ridurre così l'effetto del processo di ritiro. Avremo così un ritiro del 2.5% mentre per i cartoncini si aggira intorno al 1.6%. Il ritiro delle singole fibre influisce sulla lunghezza di rottura e sulle caratteristiche di allungamento della carta.

4.3 La trasmissione del calore

Il processo d'essiccamento, in un foglio di carta o cartone, avviene per *trasmissione del calore* dovuto al contatto tra foglio di carta e cilindro essiccatore. In regime stazionario, la densità del flusso termico Q che attraversa un metro quadrato di mantello di un cilindro essiccatore può essere calcolata, in via semplificata, con la seguente formula:

$$Q = 1/(1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + S/\lambda)$$

Dove:

T_{vs} : temperatura di saturazione del vapore in °C;

T_c : temperatura del foglio di carta durante il processo di essiccamento sul cilindro in °C;

alfa1: indice di trasmissione termica tra vapore e mantello del cilindro;
alfa2: indice di trasmissione termica tra superficie del mantello e foglio di carta;
S: spessore del mantello del cilindro in metri;
lambda: indice di conduzione termica nel mantello. La ghisa ha una conduttività di circa 45 kcal/mq/°C/h.

La densità del flusso termico specifico Q viene espressa in Kcal/mq h. La temperatura di saturazione del vapore può essere ricavata dalla seguente formula:

$$T_{vs} = ca. 100^{\circ} C * (P_v/P_o)^n$$

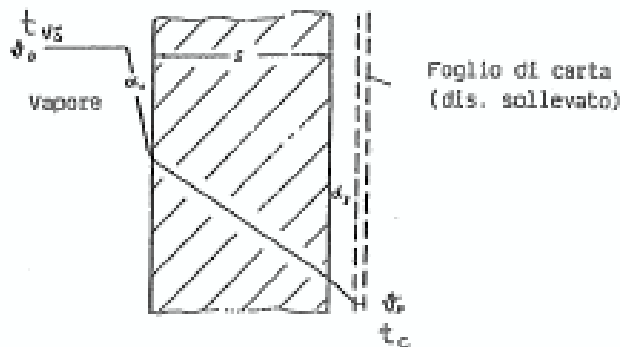
Dove:

P_v : pressione relativa del vapore in bar;

P_o : 1 bar;

n : 0.253.

Il flusso termico Q , che viene a generarsi all'interno di un cilindro essiccatore, prima di venire a contatto con il nastro di carta, trova una serie di resistenze dovute ai differenti indici di trasmissione del calore di materiali diversi. (vedi figura)



Diagr. 1: Profilo di temperatura con flusso termico staz.

A) *Indice di trasmissione termica dal vapore alla superficie del mantello alfa1*; è influenzato dal coefficiente di propagazione laminare che può essere molto elevato. È espresso in calorie/ora/mq/°C e per vapore in condensazione ha un valore medio di 10000 cal/ora/mq/°C. Quanto più è grande il coefficiente tanto più è bassa la resistenza. Si può capire quindi come lo spessore di condensa all'interno del cilindro essiccatore sia influenzante sulla resistenza al passaggio del calore. La parte del cilindro inoltre, essendo costituita in ghisa offre un'ulteriore barriera.

$$Alfa1 = 3500 \text{Kcal/mq}^{\circ}\text{C/h}$$

$$Alfa1(\text{per monolucido}) = 2800 \text{Kcal/mq}^{\circ}\text{C/h}$$

B) *Indice di trasmissione termica dal cilindro alla carta alfa2*; varia in funzione dell'umidità della carta a contatto con il cilindro da 330 a 490 Kcal/mq°C h. Bisogna inoltre ricordare la resistenza che provoca l'aria fra la carta e il cilindro essiccatore. L'aria ha una conducibilità termica che a 100°C è pari a 0.0264 cal/ora metro °C.

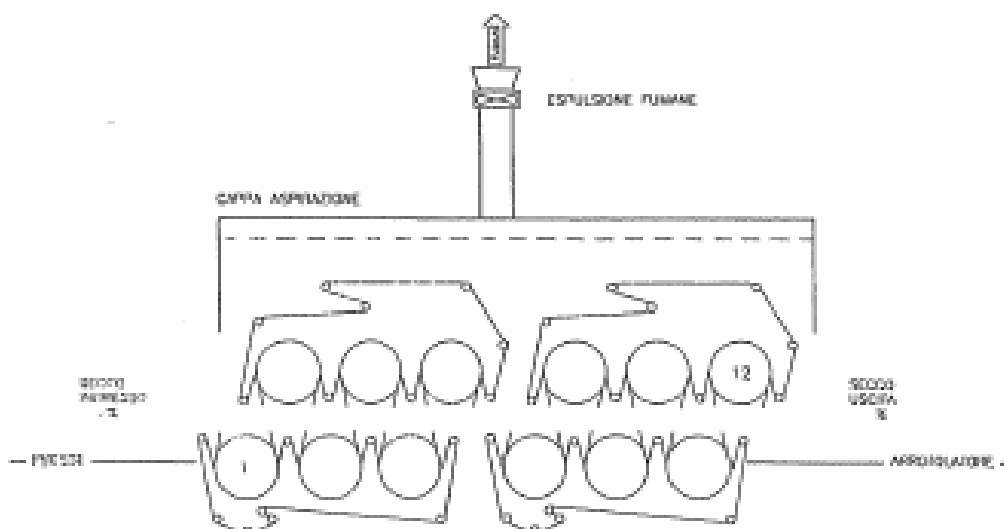
C) *Indice d'irraggiamento termico nell'aria dal mantello e dal feltro*; il calore trasmesso dipende dalla velocità dell'aria w
 $alfa2 (aria) = 5.3 + 3.6 * w$ Kcal/mq, °C, h per w inf 5m/sec

Il flusso termico dal mantello del cilindro essiccatore al feltro può stimarsi intorno alle 200 Kcal/ mq, h.

4.4 Potenzialità e fabbisogno termico

La produzione oraria P di una seccheria (*figura*) è influenzata da una serie di fattori quali:

- Grado di secco assoluto all'ingresso $S_{ingr.}$ (in %) e da quello finale $S_{usc.}$ (in %) del foglio all'uscita della seccheria;
- Grammatura del foglio secco in gr/mq;
- Velocità della macchina continua in m/min;
- Formato del nastro di carta;
- Numero di essiccatori;
- Superficie della seccheria;
- Produzione;
- Vapore;
- Chilogrammi d'acqua per chilogrammo di carta;
- Tipo di cappa.



Vi sono inoltre una serie di caratteristiche intrinseche della carta che influenzano la produzione oraria della seccheria e sono:

- *grado di raffinazione dell'impasto in Schopper-Riegler*: un impasto più raffinato, a causa del maggior numero di legami idrogeno, cederà con più fatica l'acqua in quanto essa è stata inglobata nel tessuto fibroso;
- *la composizione dell'impasto* (tipo di fibra, contenuto di ceneri, presenza di additivi ecc...);
- *la resistenza al calore delle fibre vegetali e dei prodotti chimici aggiunti*.

Si avranno così le seguenti relazioni:

A) *Quantità d'acqua evaporata*: è data dalla differenza tra il grado di secco assoluto (in %) finale e quello in ingresso (in %) rispetto al grado di secco assoluto (in %) in ingresso; $w = (Secco\ fin - Secco\ ingr.) / Secco\ ingr.$

B) *Totale acqua evaporata per produzione oraria di carta P*: è data dal prodotto tra la produzione oraria di carta e la quantità d'acqua evaporata;
 $W = P * w$;

C) *Produzione specifica teorica giornaliera di una seccheria per metro quadrato di superficie essiccante F*: è data dal rapporto tra la produzione giornaliera e la superficie essiccante. $K\ spec = (24 * P) / F$

Indica la quantità di carta essiccata nelle 24 ore per metro quadrato di superficie essiccante totale. L'efficienza essiccante è inoltre influenzata da: tipo e condizione dei feltri o delle tele, ruvidità superficiale della carta e della superficie degli essiccatori, insufflamento d'aria secca in seccheria, ventilazione e impiego di cappa (chiusa o aperta);

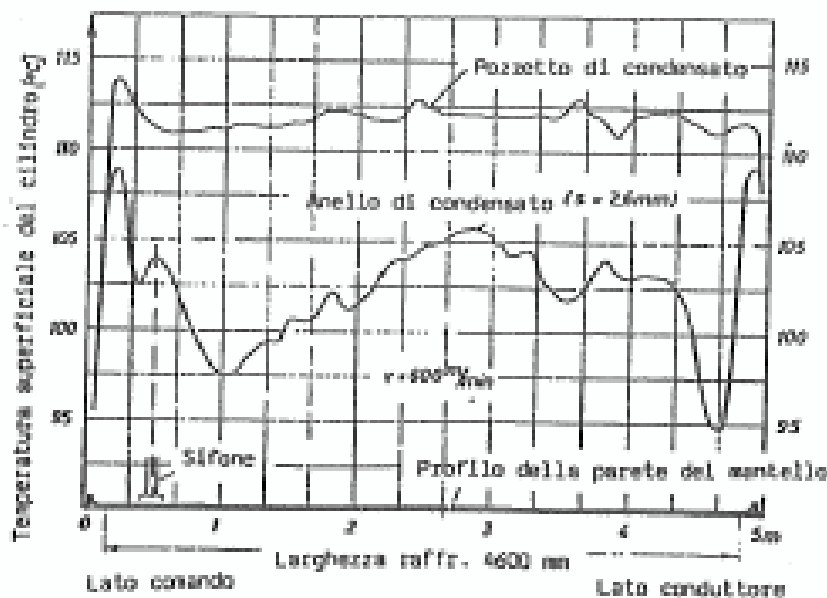
D) *Evaporato specifico essiccatore*: rappresenta il rapporto tra i chilogrammi d'acqua evaporati e la superficie della seccheria;

E) *Consumo vapore*: bisogna moltiplicare i chilogrammi d'acqua evaporati per dei coefficienti. Nel caso di cappe chiuse coibentate con recuperatore di calore il coefficiente è pari a 1.4 mentre nelle cappe aperte coibentate senza recuperatore di calore il coefficiente è pari a 1.7.

Per quanto riguarda il fabbisogno termico per l'essiccamento, si è visto in precedenza come il flusso termico specifico Q di vapore saturo dipenda dalla temperatura del vapore saturo stesso, dal film d'acqua formato dalle condense all'interno del mantello, dalle resistenze termiche (spessore delle pareti e indice di conducibilità), dalla temperatura della carta e la capacità di quest'ultima di assorbire vapore. È veramente difficile determinare l'indice di trasmissione termica α_2 dalla superficie esterna del mantello alla carta. Inoltre, la quantità di condensa all'interno del cilindro essiccatore determina il *profilo di temperatura trasversale* alla direzione di marcia della macchina.

A basse velocità si forma all'interno del cilindro un pozzetto del condensato, mentre alle velocità più elevate il condensato forma un anello liquido. Nel dia-

gramma, che mostra il profilo di temperatura in seccheria, si possono notare dei picchi all'estremità del cilindro essiccatore nelle quali la condensa sarà in forma di anello liquido. Per aumentare la turbolenza del flusso termico si possono utilizzare spoiler bars (barre di turbolenza) e getti di vapore, che rendono possibile il raggiungimento dei profili di temperatura superficiali propri dei cilindri con pozzetto di condensato.



La quantità teorica di calore necessaria per l'essiccamento di K_p di carta comprende:

- il calore necessario per far evaporare l'acqua dalla carta;
- il calore necessario per riscaldare la pasta al secco contenuta nel foglio;
- il calore necessario per riscaldare l'acqua residua contenuta nel foglio.

Bisogna considerare inoltre il rendimento termico di una seccheria, tenuto conto delle perdite per irraggiamento e delle condizioni dell'aria e della temperatura dell'ambiente (rendimento termico variabile dal 75% all'85%). Il consumo medio di vapore saturo per essiccare 1 Kg di carta, può variare da 6.5 a 7.5 (carta da condensatori) a 2.4-3 (carta per scrivere) a 2.2-3.7 (cartone). Gli impianti di recupero del calore fanno risparmiare oltre il 10% di vapore. Anche la pressione di vapore nei cilindri influenza ovviamente la velocità d'essiccamento del foglio: con paste magre (carta tissue-igienico-sanitarie) si può aumentare la produzione del 50% elevando la pressione del vapore da 2.5 a 9 bar.

4.5 Problematiche legate ad una cattiva distribuzione di temperatura

È necessario che il nastro di carta venga riscaldato gradualmente in seccheria e non che passi dalla temperatura ambiente, generalmente di 18-20°C, a temperature piuttosto elevate. Temperature eccessive all'inizio della seccheria possono portare a *spelature e spolverio* (slegamento del contesto fibroso con facile perdita di fibre o di materiali di carica). Possono essere veramente dannose per certi tipi di carta: ad esempio nel pergamino si ha un notevole ritiro tanto da dover suddividere la seccheria in molti gruppi comandati. Le temperature eccessive provocano anche un surriscaldamento localizzato che può causare *bolle e arricciamenti* del foglio con conseguente perdita di qualità e finitura superficiale. La tendenza che ha la carta ad arricciarsi non è causata solamente dall'azione di asciugamento ma anche dal doppio viso e dall'orientamento delle fibre. Un altro problema è rappresentato dalla formazione di *grinze* che si vengono a creare nel momento in cui il profilo di grammatura trasversale non è costante. Venendo a contatto con i cilindri essiccatori, le zone a differente contenuto d'umidità provocano un disuguale carico di pressione. Migliore è l'uniformità della grammatura e dell'umidità in senso trasversale, minore è la probabilità che si formino grinze. Eccessivi sbalzi di temperatura sulle carte collate possono anche far *diminuire o annullare la collatura*. Disidratare troppo la carta significa pure indebolire le sue caratteristiche meccaniche, renderla vitrea e fragile in modo irreversibile. Si avrà una buona regolazione, quando la curva delle temperature dei vari cilindri assume l'aspetto di una parabola.

5. Analisi della seccheria

Nei seguenti capitoli verranno descritti i principali componenti di una normale seccheria e per ognuno di essi verranno prese in considerazione le caratteristiche primarie.

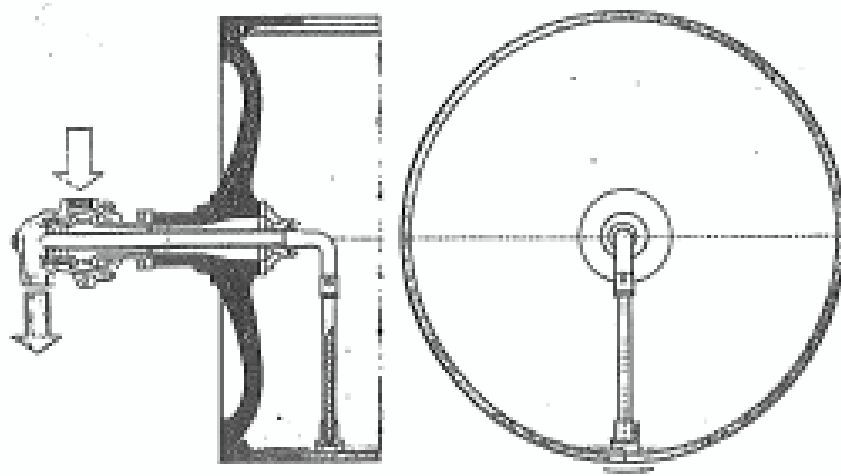
5.1 I cilindri essiccatori

Il cilindro essiccatore è l'elemento base per l'essiccamento della carta. All'interno di una macchina continua, la seccheria è la parte più voluminosa perché può essere costituita da 80, 90 o anche 100 di questi cilindri, generalmente disposti su due file tra loro sfalsate. Il nastro di carta, in questo modo, viene in contatto alternativamente con le sue superfici con i cilindri riscaldati.

L'azionamento dei cilindri deve inoltre tenere presente il ritiro della carta durante l'essiccamento; da ciò deriva la necessità di azionare insieme gruppi di cilindri vicini.

5.1.1 Analisi di un cilindro essiccatore

L'essiccatore convenzionale in *figura* è costituito essenzialmente da *tre parti*: *due testate*, che hanno una conformazione bombata per attenuare meglio la pressione all'interno del cilindro essiccatore ed *un mantello* dallo spessore variabile tra 20 e 30 millimetri.



Quest'ultimo è costruito in un unico pezzo in ghisa e viene generalmente tornito su ambo le facce e rettificato sulla faccia esterna. È importante che non vi siano pori sulla sua superficie. Talvolta viene rivestito in cromo duro o teflon. Il teflon rappresenta un'ottima soluzione per ricoprire il mantello dei primi cilindri essiccatori. È un materiale che facilita il distacco del nastro di carta dai primi cilindri essiccatori però è molto usurabile, proprio per questo, viene trattato con il carburo tungsteno prendendo il nome di Carboteflon. Il rivestimento in teflon è particolarmente valido nelle macchine continue che producono grammature fini (30-80 grammi/mq) ed offre i seguenti vantaggi: eliminazione del "picking" e la possibilità di lavorare con temperature un po' più alte nei primi cilindri essiccatori. Tornando alle parti costituenti il cilindro essiccatore, troviamo che le testate sono dotate di perni cavi che assolvono al doppio compito di portare il cilindro e anche di servire di passaggio per l'arrivo del vapore e per asportare le condense. Il vapore, venendo a contatto col mantello, cede il suo calore alla carta e successivamente condensa.

Dal punto di vista meccanico gli essiccatori hanno un diametro variabile da 1.25m a 2m, mentre nel caso della carta tissue si arriva fino a 5m con valore medio di circa 3.6m. Le pressioni di lavoro dei cilindri essiccatori sono molto variabili a seconda del prodotto che si realizza. Si parla di 3.5 bar quando si devono produrre carte bianche e di 5 bar quando si ha a che fare con fluting, carte da imballo, cartoni multistrato. Non è detto comunque che la pressione d'esercizio sia uguale alla pressione di bollo, che corrisponde alla pressione massima alla quale il cilindro può funzionare. Se si immettono delle pressioni superiori alla pressione di bollo, entrano in funzione le valvole di sicurezza. I cilindri, ai fini della sicurezza, sono in grado di sopportare dieci volte la pressione di bollo. Per ottenere il bollo dato dall'ISPELS si manda in pressione il cilindro fino a quando questo cede e se la pressione raggiunta non supera dieci volte quella di bollo, non viene data l'omologazione.

Lo spessore della parete dei cilindri può essere calcolato con la seguente formula:

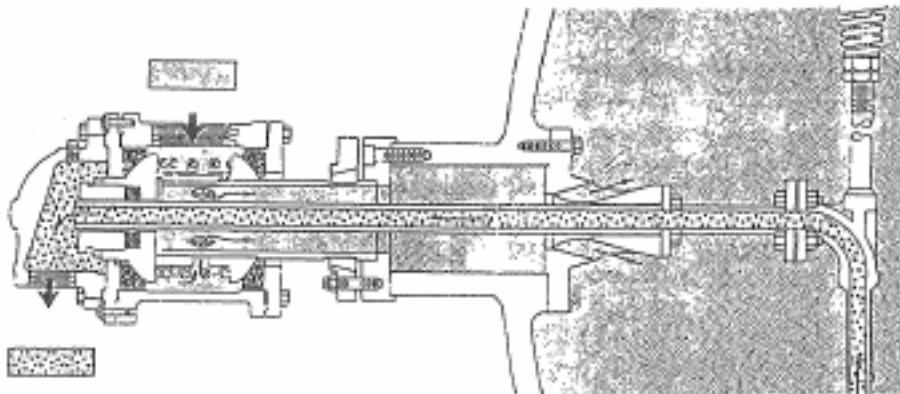
$$S \text{ (in mm)} = (r * p) / k$$

dove S è lo spessore della parete da determinare espressa in millimetri, r il raggio del cilindro espresso in millimetri, p la pressione massima consentita in Kg/cmq e K carico massimo consentito in Kg/cmq. La pressione normale per i calcoli è di 5Kg/cmq ed il carico ammissibile si aggira sui 200Kg/cmq. Se anche i calcoli danno uno spessore del mantello inferiore ai 20 millimetri tuttavia non si scende mai al di sotto di questo valore. Su una delle due testate del cilindro essiccatore è presente un "tappo" di dimensioni standard che viene aperto nel momento in cui devono essere fatte delle ispezioni visive o no all'interno del cilindro stesso.

5.1.2 Problematiche legate al cilindro essiccatore

La formazione di condensa e le irregolarità della superficie del mantello, sono due delle problematiche più importanti in un cilindro essiccatore. Su macchine relativamente veloci, con velocità superiori ai 300 m/min, la condensa crea un sottilissimo film sulla parete del mantello, ponendo una forte resistenza alla trasmissione del calore e diminuendo la resa termica del cilindro. Su macchine meno veloci, la condensa può formare pozze d'acqua che andranno a influenzare l'omogenea irradiazione del flusso termico. Un altro fattore che impedisce il perfetto contatto tra la carta e il cilindro è rappresentato dalla presenza di fori e scalfature; queste ultime possono essere provocate dalle raschie.

5.1.3 La funzione del giunto rotante in un cilindro essiccatore



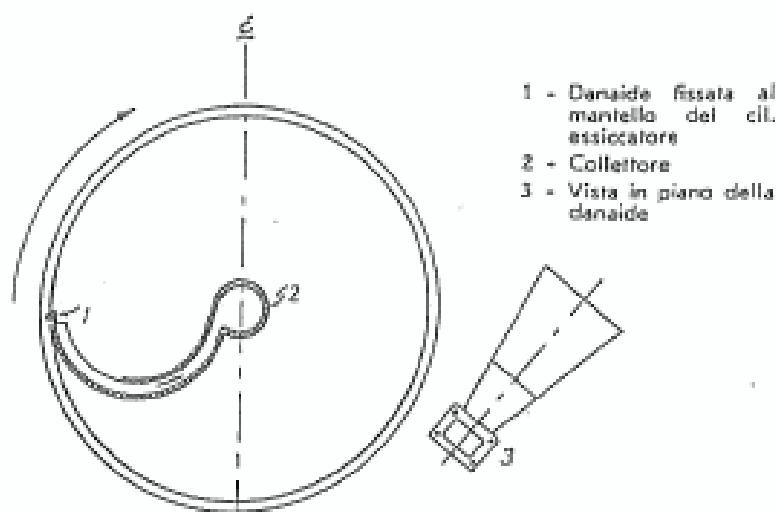
Il giunto rotante (vedi *figura*) si trova su tutti i cilindri essiccatori solitamente sul lato trasmissione. Al suo interno, è diviso in due canali, separati da carboni di tenuta (grafite). In uno viene immesso il flusso di vapore, nell'altro viene estratta la condensa. I giunti possono essere *autoportanti* quando vengono applicati al perno senza altri elementi di fissaggio alla macchina, *supportati* quando vengono fissati alla struttura meccanica della macchina.

5.1.4 Lo scarico e il recupero della condensa

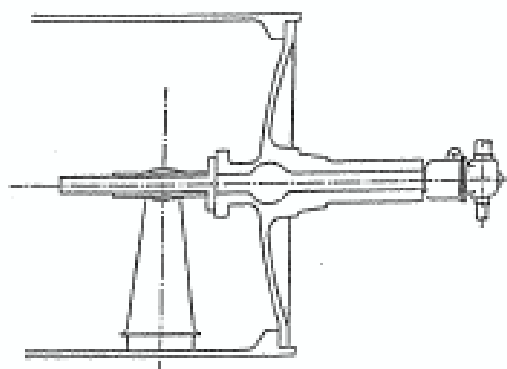
Il maggior problema per i costruttori di cilindri essiccatori è rappresentato dall'estrazione della condensa che, in macchine con velocità inferiori ai 200 m/min, viene a raccogliersi nella parte inferiore del cilindro fino a formare una *pozza di condensa*.

Un primo metodo di estrazione, *figura* pag. 21, della condensa fu quello di costruire all'interno del cilindro essiccatore una specie di pescante a forma di cucchiaino (*danaide*). Ad ogni giro del cilindro asportava una parte di condensa e, facendola scorrere all'interno del tubo di passaggio, la scaricava poi all'esterno del tubo del vapore fino alla flangia d'uscita. Successivamente la *danaide* fu sostituita da un piccolo tubo fisso (*sifone*) che estraeva la condensa e attraverso un condotto, all'interno del giunto, veniva scaricata all'esterno. Il vapore entrava dall'esterno del giunto e la sua diffusione avveniva più vicino alla testata. Mentre la *danaide* porta via la condensa meccanicamente, il *sifone* per poter funzionare ha bisogno di una differenza di pressione tra l'ingresso e l'uscita del giunto, differenza che è compito dell'impianto vapore assicurare. Questo tipo di estrattore ha però lo svantaggio di estrarre anche il vapore se il tubo non si trova completamente immerso nella condensa. Aumentando la velocità di rotazione oltre i 200m/min, la pozza di condensa tende a salire perché viene trascinata dal mantello del cilindro verso il senso di rotazione. Il tubo *sifone* deve essere inclinato in maniera tale che, nelle condizioni di lavoro della macchina, si trovi all'interno della pozza stessa. Questo tipo di estrattore è adatto per macchine che non superano i 150-200m/min, quindi macchine per la produzione di carta e cartoncino. Per velocità superiori ai 600m/min esiste un *sifone fisso* che ha la pescante molto vicina al mantello del cilindro essiccatore e grazie alla forza centrifuga dell'anello liquido riesce a trascinare la condensa nel tubo per poi scaricarla. Per macchine continue con formati larghi e velocità molto alte, è possibile installare nei cilindri essiccatori due *sifoni fissi*. Abbiamo visto come, per velocità superiori ai 250-300m/min, la condensa vada a investire la parete interna del cilindro formando un *anello liquido*. Ebbene, un'altra soluzione adottata per eliminare la condensa è rappresentata dall'impiego di un *sifone rotante*. Fisicamente fissato al cilindro essiccatore e posto a metà del mantello, ha il compito di mantenere fisso lo spessore dell'anello liquido ad una misura ideale inferiore ai 2.5 mm. Il buon funzionamento del *sifone rotante* è legato alla formazione dell'anello liquido e quindi con velocità superiori ai 250-300m/min. Il *sifone* non è meccanicamente in grado di estrarre la condensa. Per ottenere la fluidificazione della condensa, occorre che ci sia una *pressione differenziale* (*pressione entrata*-*pressione uscita*) perché l'essiccatore funziona come una pompa. Grazie al 20% di vapore che non condensa all'interno dell'essiccatore, ho l'estrazione della condensa stessa che si presenta però come un liquido bifase (80% condensa, 20% vapore saturo). Sarà quindi necessario l'impiego di uno scaricatore di condensa che scarica appunto la condensa ma non il vapore.

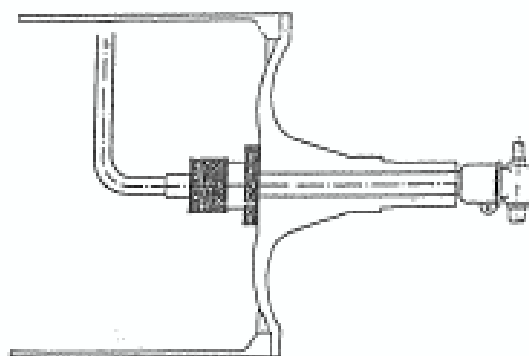
La presenza di vapore non condensato nel cilindro essiccatore, ci permette di lavorare con un D_p di pressione di 0.3-0.5 bar. La percentuale di vapore attraversante aumenta comunque con il crescere della velocità e cambia a seconda del tipo di carta prodotta.



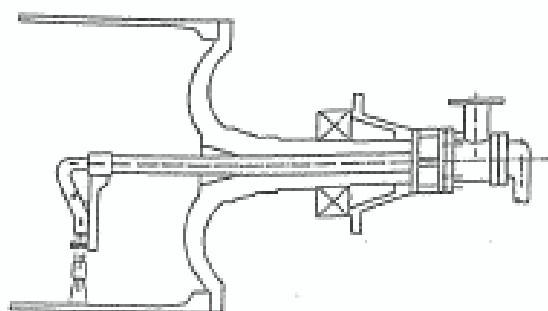
Schema estrazione acqua, tipo « Danaide »



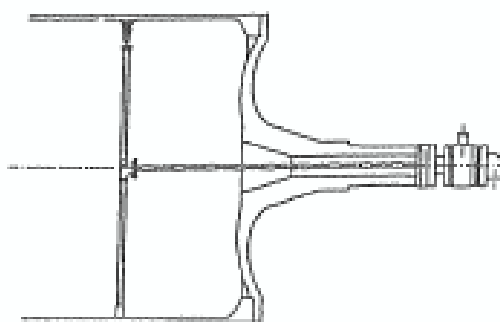
sifone a lazza rotante.



sifone fisso con supporto interno.

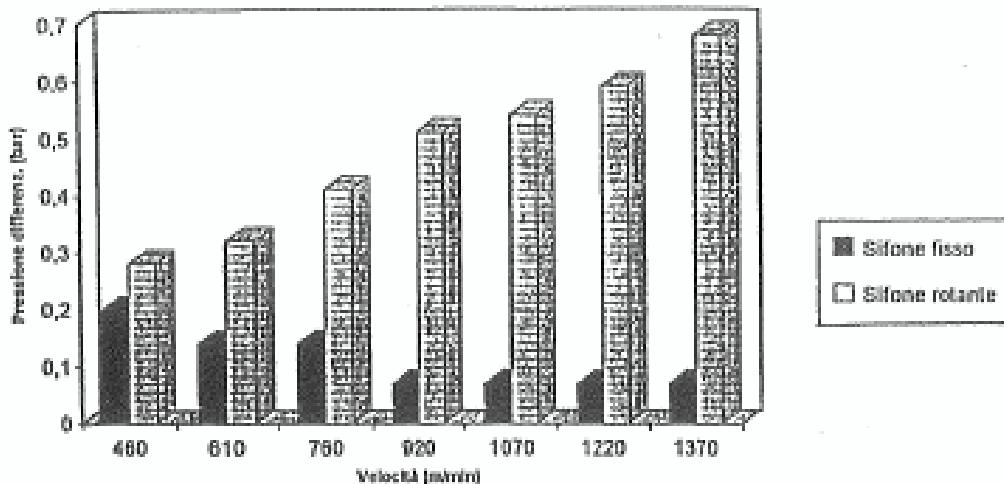


sifone fisso per alte velocità.



sifone rotante convenzionale.

Per una carta leggera, che ha una buona capacità di evaporazione dell'acqua contenuta nelle sue fibre, la quantità di condensa sarà maggiore in quanto maggiore è lo scambio termico. Nel seguente grafico vengono messi a confronto i D_p necessari per estrarre la condensa nel caso dei sifoni fissi e dei sifoni rotanti al variare della velocità.



5.1.5 Le barre di turbolenza

Il condensato all'interno del cilindro essiccatore rotante è affetto da due forze: la *forza centrifuga* e la *forza di gravità*. La forza centrifuga, per formare l'anello liquido, deve sconfiggere la forza di gravità, mentre quest'ultima agisce sul condensato stratificato decellerandone il flusso. È la differenza tra la velocità di rotazione delle barre di turbolenza e quella del condensato che crea la rimozione di quest'ultimo e la turbolenza risultante. Come l'integrità statica del condensato stratificato viene disgregata, così diminuisce la sua resistenza al calore. Dipendendo dalle variabili, le barre di turbolenza sono capaci di migliorare l'aliquota essiccante.

Permettono inoltre i seguenti vantaggi:

- *conservazione dell'energia / riduzione dei costi energetici;*
- *essiccamento più veloce / velocità della macchina alta;*
- *minor pressione vapore;*
- *corretto profilo d'umidità / aumento della qualità produttiva.*

5.2 Breve trattazione sulle tele essiccatrici

Gli elementi di vestizione della seccheria, hanno subito nel corso degli anni un grande processo evolutivo. Grazie allo sviluppo del settore petrolchimico, si è pas-

sati dalle fibre naturali di lana e cotone, che intrecciandosi andavano a formare i feltri essiccatori, alle fibre sintetiche (poliestere-poliammide) delle tele essiccatrici.

L'evoluzione dei materiali costruttivi ha comportato notevoli vantaggi:

- maggiore permeabilità e quindi facilità di allontanamento del vapore;
- maggiore durata;
- aumento di produzione della seccheria;
- facilità di sostituzione degli arredi;
- maggiore stabilità dimensionale.

Le tele essiccatrici hanno il compito di contribuire all'asciugamento del foglio, mantenendolo il più possibile aderente alla superficie dei cilindri riscaldati per sfruttare al massimo il rendimento termico. Hanno diversi valori di permeabilità, espressa in CFM (piede cubo d'aria per piede quadrato di superficie al minuto) e trovano una propria corrispondenza per ciascuna posizione della seccheria.

PRESSE

POPE

Porosità medio

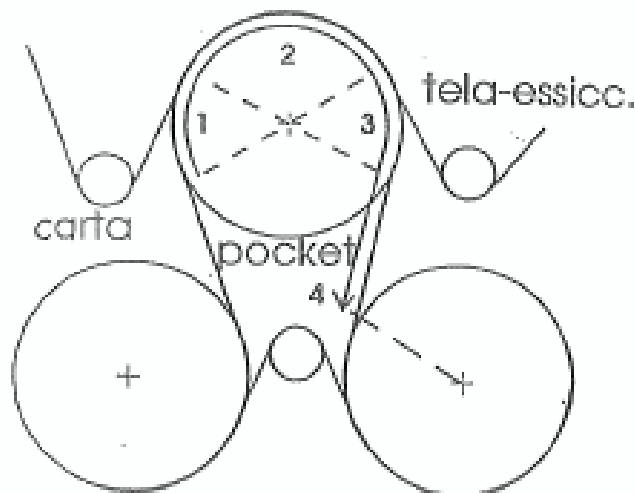
bassa stabile

bassa

Di solito nelle seccherie di macchine continue veloci (900m/min) le tele essiccatrici hanno una porosità variabile dai 100 ai 300 CFM. Per *permeabilità* s'intende la quantità d'aria che passa attraverso l'unità di superficie nell'unità di tempo, mentre la *porosità* indica il rapporto tra l'area aperta e l'area chiusa.

Inoltre, ogni tipo di tela ha un suo ben preciso comportamento aerodinamico legato al valore di permeabilità e rugosità superficiale.

Il processo d'asciugamento può essere diviso in 4 fasi principali. (*figura 8*)

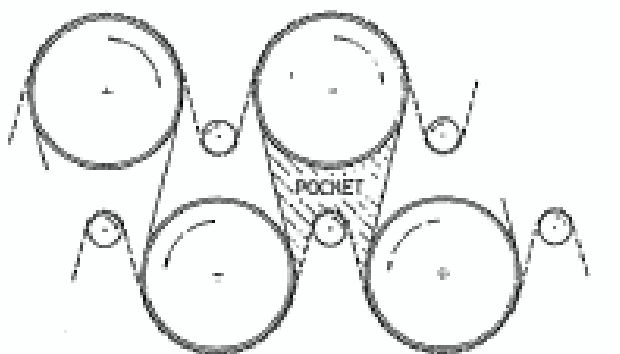


1° fase il foglio entra in contatto col cilindro e la sua temperatura sale velocemente;

- 2[°]fase la tela essiccatrice comprime il foglio sul cilindro essiccatore e aumenta ulteriormente la temperatura della carta;
- 3[°]fase il foglio comincia a staccarsi dal cilindro essiccatore e si ha la prima eliminazione del vapore;
- 4[°]fase il foglio passa dal cilindro essiccatore superiore a quello inferiore. Nel lasso di tempo, avviene uno scambio di calore in quanto diminuisce la temperatura della carta.

Queste quattro fasi si ripetono in continuazione, ma il trasferimento di calore e l'allontanamento dell'umidità residua man mano che si prosegue, diventa sempre più difficile.

5.3 I pockets



- Rappresentazione di una sacca (pocket)

Con il termine “pocket” o “sacca” vedi *figura* s'intende quella porzione di seccheria delimitata lateralmente dal foglio di carta, superiormente e inferiormente dal cilindro essiccatore e dal rullo di guida abbracciato da una tela essiccatrice. In questa sacca si verifica un accumulo d'aria umida che influisce negativamente sul processo d'asciugamento del foglio.

È quindi estremamente importante, mediante soffiaggio d'aria calda:

- ventilare la sacca (le tele essiccatrici provocano entro un certo limite una ventilazione automatica delle sacche);
- condizionare la tela essiccatrice;
- migliorare il profilo del foglio.

Per la ventilazione delle sacche sono stati sviluppati appropriati dispositivi di soffiaggio.

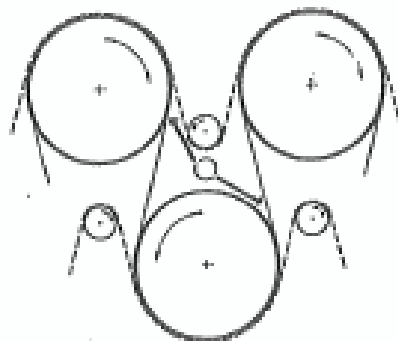
5.3.1 Evoluzione nella ventilazione del pocket

A) *Soffiaggio laterale*: nel caso di soffiaggio da ambedue i lati si verificava però l'inconveniente di un maggior asciugamento dei bordi rispetto al centro del

foglio e l'impossibilità del contemporaneo condizionamento delle tele essiccatrici;

B) *Raschie soffianti*: soffiano aria calda sull'intera larghezza dei cilindri essiccatori, diminuendo il contenuto d'umidità della sacca stessa. Trovandosi però nella sacca, vedi *figura*, una rottura del foglio può provocarne l'intasamento e pregiudicarne così il regolare funzionamento. L'aria calda soffiata con questo sistema può inoltre provocare correnti anomale e condurre, nel caso di alta velocità di soffiaggio, a sbandieramenti o pieghe del foglio. Inoltre non è adatta per ottenere un'efficace correzione del profilo del foglio e non serve per il condizionamento delle tele essiccatrici;

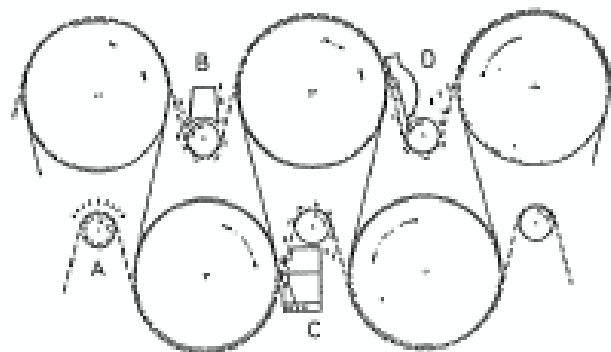
C) *Impiego delle tele essiccatrici e loro condizionamento*: le tele essiccatrici, grazie alla loro porosità, hanno la caratteristica di favorire il flusso d'aria nella sacca, ma anche di aumentare, agendo come una pompa, la circolazione d'aria umida intorno al rullo guida feltro. Nella sacca si viene così a creare una turbolenza. La tela essiccatrice inoltre, mediante soffiaggio d'aria calda dovrà liberarsi dell'umidità presente nelle sue maglie.



Raschia soffiante

5.3.2 Moderna ventilazione del pocket

La *figura* mostra la circolazione d'aria calda-umida nella sacca intorno a un rullo guida feltro.



Sistemi di ventilazione delle sacche

Questo fenomeno viene provocato dall'effetto pompante di una tela essiccatrice porosa. Per via della rotazione del rullo guidafeltro si forma un vuoto al punto A, sicché l'aria trascinata dalla tela e una parte dell'aria umida della sacca, viene pompata attraverso la tela e ruota così in misura più o meno grande intorno al rullo guidafeltro. Si è rilevato indispensabile costruire dispositivi di soffiaggio in maniera tale da rendere possibile la regolazione, sull'intera larghezza dell'aria calda da soffiare intentendo così correggere il profilo del foglio. In pratica, si cerca quindi di soffiare aria calda nelle sacche al centro della continua, soffiando invece poco o nulla sui bordi per ottenere un profilo costante. Nella *figura* vengono illustrati schematicamente quattro sistemi diversi di circolazione dell'aria calda di soffiaggio.

A) *rulli soffianti*; la distribuzione dell'aria soffiata e quindi la correzione del profilo d'umidità del foglio è data dalla possibilità, sempre presente in rulli soffianti di moderna costruzione, di regolare il soffiaggio sull'intera larghezza. L'aria calda soffiante nella sacca, attraverso la tela essiccatrice, ha una temperatura di circa 90-150°C per un volume di 5mc d'aria al minuto per metro di larghezza;

B) *cassette soffianti*; montate esternamente ai rulli guidafeltro impiegano, indipendentemente dalla velocità della continua, una quantità d'aria di circa 5-10 mc/min per metro di larghezza. Solo la velocità d'uscita dell'aria, che viene modificata grazie a una variazione della larghezza della fessura della cassetta, cambia a seconda del peso della carta da produrre, per esempio c.a. 10m/sec per carte da c.a. 50 gr/mq e c.a. 20m/sec per carte da c.a. 250 gr/mq.

Anche la *cassetta C* viene situata il più vicino possibile al rullo guidafeltro ed è suddivisa in due zone separate, di cui una è regolabile, mentre la zona vicina al rullo guidafeltro serve unicamente per il condizionamento della tela essiccatrice. Compito della zona regolabile è quindi solo ed esclusivamente di correggere il profilo. La temperatura impiegata è di circa 140°C.

Anche la *cassetta soffiante D* è regolabile. La quantità d'aria rimane costante, 5-10 mc/min per metro di larghezza e la temperatura dell'aria soffiata è di circa 100-130°C. Nel caso di continue ad alte velocità non è necessario aumentare la quantità o la velocità dell'aria soffiata, perché questa viene pompata nelle sacche per via dell'effetto pompante della tela essiccatrice. È invece molto importante che l'aria, sia sul lato comando che sul lato servizio, possa affluire liberamente sostenuta anche con soffi dal basso alla cappa. Solo con cappe completamente chiuse, e cioè anche nello scantinato, è possibile un'effettiva aspirazione mediante i ventilatori. Se l'afflusso dell'aria è troppo alto per via di una cappa non completamente chiusa, si verifica allora un ristagno nella parte superiore della stessa. L'aria ristagnante si arricchisce troppo di umidità e ciò influisce negativamente sull'auspicato allontanamento dell'aria calda-umida.

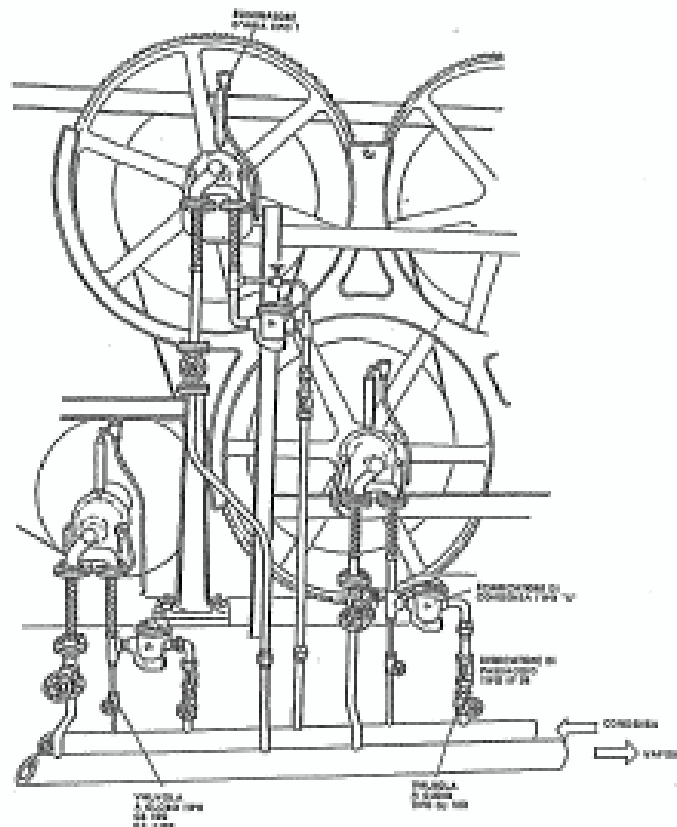
6. Tipologie di seccherie

In questo capitolo verrà trattata la questione relativa ai sistemi di impianto vapore con le relative tecnologie impiantistiche.

6.1 Impianto con scaricatore di condensa

Nei vecchi sistemi l'immissione del vapore avveniva attraverso il giunto rotante e la danaide pescava la condensa e il vapore per poi trasferirli all'esterno, sempre tramite il giunto rotante, allo scaricatore di condense.

Questi (vedi *figura*) aveva il compito importantissimo di impedire il passaggio del vapore che la danaide raccoglieva nella parte superiore del cilindro essiccatore e favorire invece quello della condensa che una volta recuperata veniva raccolta e inviata ad un contenitore atmosferico. Se si volevano effettuare delle regolazioni, bisognava agire su delle valvole d'immissione del vapore collegate a dei regolatori di pressione che misuravano la pressione interna. Il sistema con scaricatore di condensa è però impensabile per sifoni fissi e sifoni rotanti in quanto impedirebbe il passaggio del vapore attraversante necessario per il funzionamento dei due tipi di estrattori sopra citati.



6.2 Impianto a cascata

Con la crescita della velocità e con la formazione dell'anello liquido, si è passati dalla danaide ai sifoni fissi o rotanti che per il loro funzionamento necessitano di un certo differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita del cilindro essiccatore. Questa evoluzione ha portato ad uno sviluppo degli impianti di estrazione della condensa che possono essere definiti con recupero del vapore attraversante.

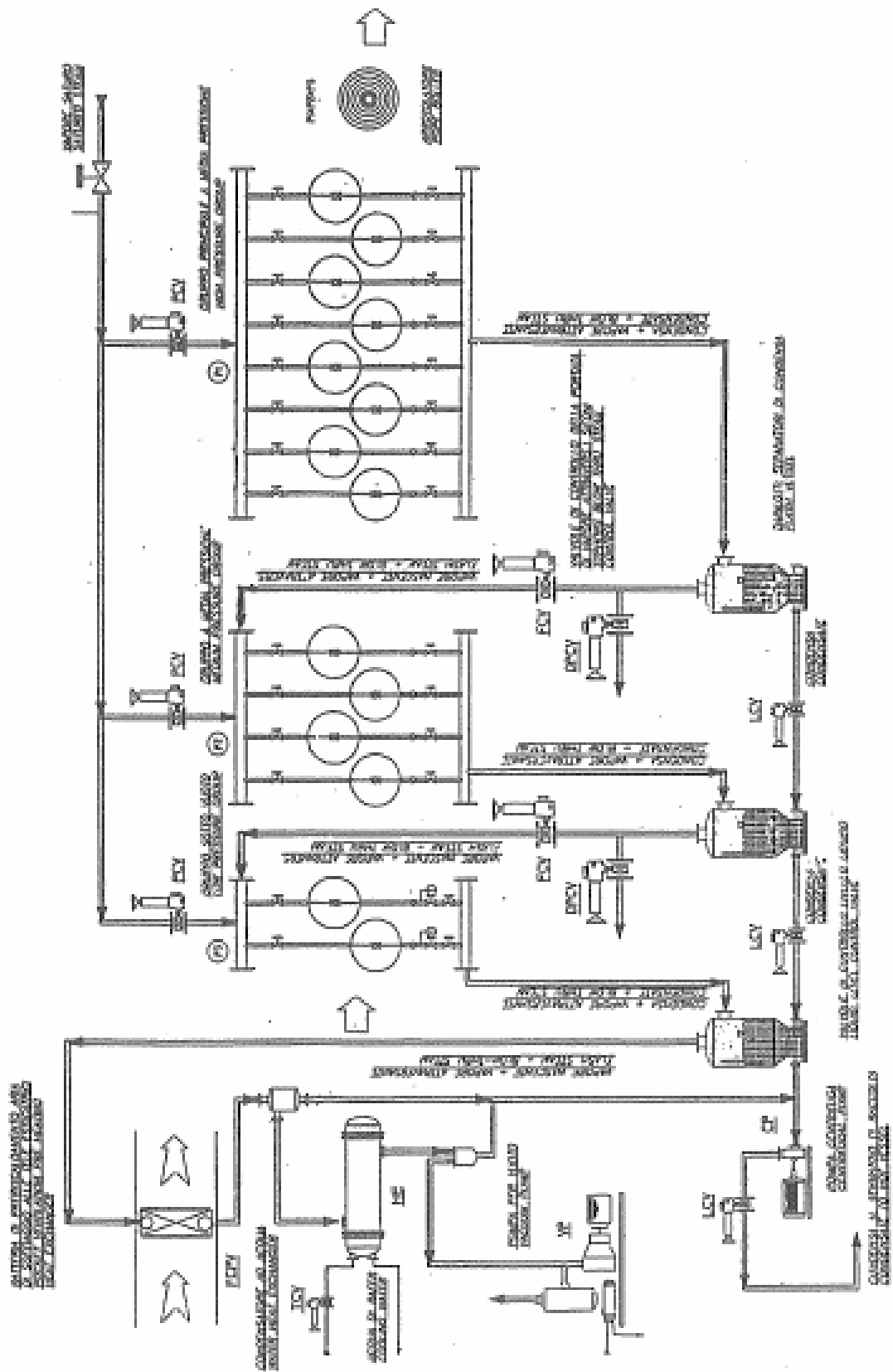
L'impianto a cascata (figura pag.32) permette di recuperare tutto il vapore attraversante utilizzato nel drenaggio dei cilindri ed il vapore nascente dalle condense. Per vapore nascente s'intende quel vapore che si viene a creare nei barilotti di condensa nel momento in cui entrano in contatto condense con temperature diverse.

I barilotti separatori di condensa si trovano di solito nel sottomacchina. *L'impianto è suddiviso in tre gruppi costituito da 2,4,8 cilindri essiccatori, ciascuno dei quali è alimentato con pressioni diverse P1,P2,P3. Si cerca, per quanto possibile, di unire i gruppi termici ai gruppi meccanici. Il gruppo finale è quello ad alta pressione, il gruppo centrale a media pressione, ed il primo gruppo a bassa pressione.*

In tutti gli impianti, vi è una linea di distribuzione del vapore saturo che viene dalla caldaia. Nello schema si può notare come il flusso di vapore saturo, alimentante i vari gruppi P1, P2, P3, sia regolato, per ciascun gruppo, da una valvola di controllo PCV comandata da un regolatore di pressione all'interno di un computer o di un pannello di controllo. Questa valvola imposta la pressione che si vuole ottenere sul collettore di pressione dei cilindri. Da questo collettore partono le linee di alimentazione, ulteriormente regolate da altre valvole dei singoli cilindri. Il liquido bifase (condensa+vapore) che si viene a creare all'interno di ciascun cilindro essiccatore, viene raccolto e inviato a un barilotto separatore di condensa. In questo raccoglitore avviene una divisione fisica tra il vapore attraversante, che si raccoglie nella parte superiore e la condensa che si deposita nella parte inferiore.

La condensa viene inviata ad un secondo barilotto, mentre il vapore attraversante e il vapore nascente vengono inviati al gruppo a media pressione P2. Nel tubo di mandata dei due vapori, sono posizionate due valvole; la prima DPCV serve a variare la pressione del serbatoio fino ad arrivare al valore di pressione differenziale, mentre la seconda serve a controllare il flusso dei vapori.

Il gruppo P2 deve avere una pressione minore del gruppo P1 perché l'impianto funzioni correttamente. *Deve esistere cioè un D_p , che in condizioni d'esercizio della seccheria, deve essere mantenuto costante.* È questa differenza di pressione che mi permette di estrarre la condensa dal gruppo principale, e varia a seconda del tipo di sifone e macchina impiegata. Se il D_p fosse nullo i cilindri si riempirebbero di condensa.



Anche il gruppo P2 è collegato alla linea di distribuzione del vapore saturo ed anche qui esiste una valvola PCV che mi regola il Dp e di conseguenza mi fornisce il vapore. Di solito questa valvola è parzialmente aperta perché la maggior parte del vapore di alimentazione proviene dal barilotto separatore di condensa. Anche dal gruppo P2, gruppo a media pressione, viene estratta la condensa che una volta raccolta, viene inviata ad un ulteriore barilotto dove è presente una pressione inferiore a quella del primo barilotto. Anche qui, tra ingresso e uscita del gruppo P2 deve esistere un Dp di pressione per permettere lo scarico della condensa degli essiccatori. Il vapore (nascente più attraversante) presente nel 2° barilotto viene inviato ad un Gruppo P3 (Bassa Pressione).

Nel gruppo P3 si ripetono i discorsi fatti per gli altri gruppi. Il barilotto del gruppo P3 ingloba inoltre le condense degli altri due barilotti. I vapori che si vengono a creare vengono inviati ad una batteria di preriscaldamento dell'aria di soffiaggio delle tele essiccatrici. Nel caso in cui tutto il vapore venga condensato, quello residuo viene inviato ad un condensatore ad acqua. Questo è collegato ad una pompa del vuoto, che permette di estrarre l'aria e i gas incondensabili che si formano. L'aria, che circola assieme alla condensa, si forma nel momento in cui dobbiamo operare con cilindri che hanno temperature prossime ai 100°C e con il vuoto (è facile che s'infiltri dell'aria). L'ultimo barilotto è collegato ad una pompa centrifuga a portata variabile, che serve per mantenere costante il livello di condensa all'interno del barilotto. La condensa aspirata viene inviata ad un serbatoio di raccolta delle condense.

Risulta molto difficile gestire le differenze di pressione e quindi di temperatura tra un gruppo e l'altro all'interno della seccheria. Bisogna tenere costante un certo tipo di pressione altrimenti i cilindri essiccatori allagherebbero, e dall'altro lato bisogna rispettare una certa curva d'essiccamento variabile a seconda del tipo di carta prodotta.

6.3 Impianto con termocompressore

È un impianto (*figura pag.35*) che *permette*, come il precedente, *il recupero del vapore attraversante*. Rispetto all'impianto a cascata, questo *ha bisogno di una linea ad alta pressione per alimentare il termocompressore*; si può notare, inoltre, una diversa configurazione dei gruppi cilindri.

Il gruppo principale, ad alta pressione, è alimentato dalla linea del vapore saturo proveniente dalla caldaia. Tra la linea del vapore saturo e il collettore dei cilindri essiccatori è presente una valvola PCV che serve a regolare la pressione d'esercizio del gruppo. La condensa e il vapore attraversante del primo gruppo, vengono inviati ad un primo barilotto separatore di condensa. Il vapore nascente e il vapore attraversante del primo barilotto invece di alimentare un altro gruppo di cilindri, a pressione minore, vengono inviati ad un termocompressore. Questi

aspira il vapore dal barilotto per poi ricomprimerlo alla pressione d'esercizio dei cilindri e reimmetterlo nel collettore di alimentazione.

Il termocompressore lavora come un tubo venturi; il vapore che serve per alimentarlo, arrivando ad alta velocità e pressione, crea una depressione che permette di aspirare il vapore attraversante ed espellerlo alla pressione desiderata.

Nella *figura* compare oltre al gruppo principale, costituito di 12 cilindri, un gruppo secondario costituito da 2 cilindri essiccatori, ciascuno alimentato da una linea del vapore saturo. Questi possono lavorare ad una temperatura e ad una pressione inferiore a quella del gruppo principale, regolando opportunamente le due valvole PCV di regolazione dei cilindri. *Il vantaggio* che offre questo tipo di impianto è *che i gruppi non devono essere più necessariamente a pressione decrescente ed inoltre non c'è più la necessità di creare una curva d'essiccamento. Come svantaggi*, questo impianto, a differenza dell'impianto a cascata, *ha bisogno di una linea di distribuzione del vapore ad alta pressione.*

7. Cappe di aspirazione, fumane e ventilazione delle seccherie tradizionali

Fino a una trentina di anni fa, le seccherie delle macchine continue non erano provviste di un impianto di aspirazione delle fumane (vapore acqueo che si libera dall'evaporazione dell'acqua presente nella carta).

Successivamente, con l'aumentare della produzione delle macchine continue, si è prospettato il problema dell'evacuazione dell'acqua evaporata nella seccheria che non poteva più essere assorbita da una normale ventilazione del locale macchina. Pertanto, le seccherie sono state dotate di una cappa d'aspirazione con convogliamento all'esterno del vapore miscelato ad aria proveniente dal locale.

Inizialmente queste cappe non avevano alcuna coibentazione. Per evitare condensazioni all'interno della cappa, la quantità d'aria aspirata per ogni kg d'acqua evaporata era piuttosto alta (circa 45-50 kg d'aria secca per kg d'acqua). Per impianti di maggiori dimensioni, sempre al fine di contenere le portate dell'aria da aspirare, le cappe aperte sono state provviste di coibentazione inizialmente solo sul tetto e successivamente anche sulle pareti laterali, soprattutto per contenere l'irraggiamento della seccheria (30-35 kg d'aria secca per kg d'acqua).

Questa soluzione ha permesso di poter sfruttare il calore contenuto nelle fumane per riscaldare l'aria da reintegrare nell'ambiente con una conseguente economia d'esercizio (consumo di vapore inferiore). Solo recentemente, circa 15 anni, con le sempre maggiori potenzialità delle macchine continue, si è ricorsi alle *cappe completamente chiuse e coibentate* che hanno permesso di contenere ulteriormente le quantità d'aria in gioco (7-10 kg d'aria secca per kg d'acqua).

L'elemento indicativo quindi per distinguere i vari tipi di cappe sopra elencati è rappresentato dalla loro capacità di evacuazione dell'acqua in funzione della quantità d'aria aspirata. Questo viene meglio rappresentato da una grandezza detta *punto di rugiada* che rappresenta la temperatura alla quale la miscela aria-acqua della fumana inizia a condensare. Quanto più l'aria è calda, tanto più può contenere acqua senza condensare. Questo punto è legato strettamente alla quantità d'acqua contenuta in ogni kg d'aria secca.

Riferendoci alle *cappe aperte* possiamo dividerle in:

- non coibentate con $Dt = 36$
- coibentate con $Dt = 40,43$

Riferendoci alle *cappe chiuse* possiamo dividerle in:

- convenzionali con $Dt = 54$
- alto con $Dt = 58$
- altissimo con $Dt = 62$

Una cappa aperta ricopre l'intera seccheria, gli estrattori assiali delle fumane immettono direttamente in atmosfera. L'impianto è completato generalmente da un sistema di soffiaggio d'aria calda alle tele essiccatrici.

7.2 Cappa chiusa coibentata con recuperatori di calore dalle fumane

Questo tipo di impianto é il più moderno e il più valido energeticamente. È la migliore soluzione per la ottimizzazione dei consumi di vapore e il risanamento ambientale. La seccheria della macchina continua viene integralmente racchiusa (vedi *figura*) da una cappa coibentata con materiale isolante ad elevato spessore ed elevata densità.

Le pannellature laterali e del tetto sono normalmente costruite in lamiera d'alluminio per evitare ruggine e ridurre i pesi.

Il lato conduttore della cappa è dotato di porte coibentate sollevabili automaticamente normalmente fino all'altezza di circa 2 m con finestre di ispezione.

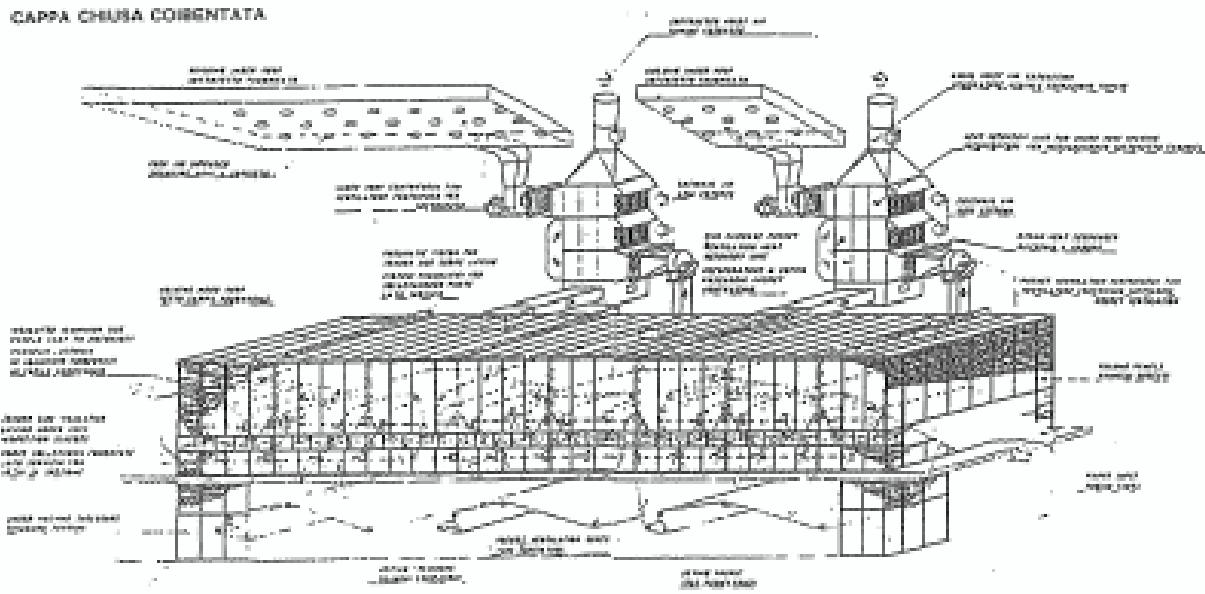
Il lato trasmissione è dotato di porte scorrevoli coibentate di altezza tale da assicurare una facile manutenzione della parte meccanica.

Le fumane estratte sono caratterizzate da un elevato contenuto termico e da una portata notevolmente ridotta rispetto ad una corrispondente cappa aperta.

È quindi economicamente molto vantaggioso installare recuperatori di calore dalle fumane estratte per:

- preriscaldare fino a 50-60°C l'aria di soffiaggio alle tele essiccatrici;
- preriscaldare fino a 30-40°C l'aria per il riscaldamento della sala macchine;
- produrre, con il calore residuo delle fumane, acqua calda ad uso tecnologico.

CAPPA CHIUSA COIBENTATA



8. Conclusioni

Negli ultimi anni, intorno alla seccheria, che rappresenta il cuore della macchina continua, sono stati intrapresi numerosi sforzi e studi per cercare di migliorare il processo d'essiccamento. Nelle carte leggere, sono stati mantenuti i cilindri essiccatori superiori, mentre quelli inferiori sono stati sostituiti da cilindri, più piccoli, aspiranti. In qualche cartiera, si sta sperimentando l'uso di casse vapore al posto dei cilindri essiccatori, mentre questi ultimi hanno solamente la funzione di trascinare le tele essiccatrici.

Nella mia breve esperienza in ambito cartario, spero di essere stato sufficientemente chiaro e completo nella trattazione dell'argomento affrontato.

Concludendo, ringrazio le Cartiere Fedrigoni che mi hanno dato l'opportunità di partecipare a questo corso annuale di tecnologia per tecnici cartari.

Bibliografia

- “La conduzione dei generatori di vapore”
(*P. Andreini e F. Pierini - Hoepli*)
 - Relazione tenuta dall’ing. Ignazio Marchioro in occasione del corso di tecnologia per tecnici cartari 1998/1999 presso la SIC di Verona
 - AA.VV. “Manuale del conduttore di continua per carta”
(*Aticelca*)
 - AA.VV. “Ciclo di conferenze agli studenti dell’I.T.I. a Fabriano”
(*Ente Nazionale per la cellulosa e per la carta*)
 - Relazione tenuta dall’ing. Stefano Marocchio (O.V.E.R.) in occasione del corso di tecnologia per tecnici cartari 1998/1999 presso la SIC di Verona
 - Relazione tenuta dall’ing. Riccardo Spinelli (Lario Energy) in occasione del corso di tecnologia per tecnici cartari 1998/1999 presso la SIC di Verona
 - Relazione tenuta dall’ing. Roberto Fabbri (STC – Colenco) in occasione del corso di tecnologia per tecnici cartari 1998/1999 presso la SIC di Verona
 - Relazione tenuta dal prof. Paolo Zaninelli (SGC – San Zeno) in occasione del corso di tecnologia per tecnici cartari 1998/1999 presso la SIC di Verona
 - AA.VV. “Handbook for Pulp and Pulper Technologists”
(*Joint Textbook Committee of the Paper Industry*)
 - AA.VV. “L’industria della carta – Parte 2”
-