

Misure on-line in macchina continua

Casari Alberto
(garda)

Relazione finale
2° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1992



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

Misure “on-line” sulla macchina continua

1. Introduzione.

2. Misure “on-line” e “off-line”.

3. Sistema di misura e controllo Accuray.

- 3.1. La stazione operatore
- 3.2. Il computer
- 3.3. Il ponte di scansione
- 3.4. I sensori
 - Grammatatura
 - Umidità
 - Ceneri
 - Speratura e formazione
 - Grado di bianco
 - Opacità
 - Spessore

4. Controlli in senso longitudinale e trasversale.

- 4.1. Controlli trasversali
 - Profilo di grammatura
 - Profilo di spessore
 - Profilo di umidità
- 4.2. Controlli longitudinali
 - Grammatatura e umidità
 - Opacità
 - Ceneri
 - Grado di bianco
 - Speratura e formazione

5. Sequenza di operazioni in un cambio di grammatura.

6. Regolazione della cassa d'afflusso.

7. Rapporto generale dello stato del sistema.

- 7.1. Sezione controlli
- 7.2. Sezione profili e tendenze
- 7.3. Sezione produzione

8. Evoluzione del sistema accuray e prospettive.

1. Introduzione

La prima esigenza cui deve obbedire un manufatto industriale è che le sue caratteristiche rispondano ai requisiti posti dalle condizioni d'impiego stesso o meglio soddisfino il cliente.

Il produttore deve pertanto disporre di mezzi necessari per stabilire che il prodotto finito possieda i requisiti voluti e questi mezzi devono fornire informazioni sicure e tempestive.

La carta certamente non sfugge a questa esigenza per cui al momento della fabbricazione e immediatamente dopo, deve essere sottoposta a controlli e prove per accertare l'idoneità all'uso a cui è destinata.

L'insieme di tutte queste operazioni è detto controllo di qualità.

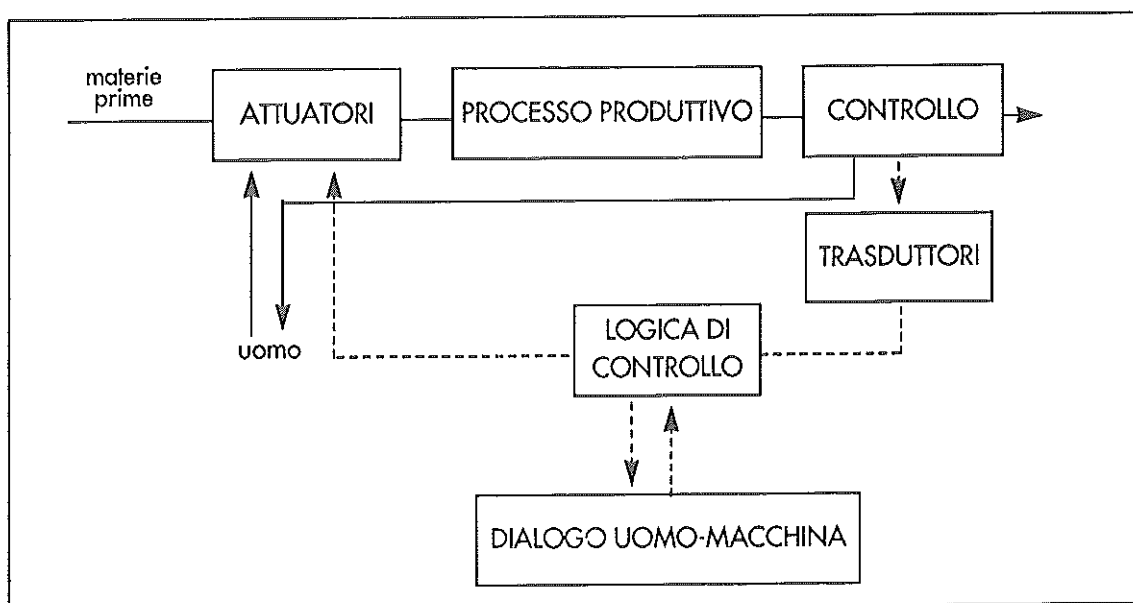
La fabbricazione della carta è un processo continuo e tale deve essere il controllo di qualità, se si vuole che le informazioni ottenute siano utilizzate al più presto dal personale di fabbricazione, per stabilire se la carta prodotta possieda o meno le caratteristiche richieste e intervenendo di conseguenza.

Questo non era possibile fino a qualche tempo fa, quando le analisi dovevano essere fatte direttamente su campioni, che evidentemente potevano essere presi solo al momento del cambio rotolo.

Ciò costituiva un inconveniente grave poiché intercorreva troppo tempo fra prelievo e regolazione per avere un prodotto uniforme nel tempo.

I dati ottenuti potevano essere utilizzati solo per valutare la qualità della carta prodotta.

Rappresentazione di un sistema automatico/manuale.



Questo è un tipico modello di sistema ad anello aperto dove abbiamo come *input*, le materie prime, il processo produttivo, e come *output* il prodotto finito cioè la carta. Abbiamo poi l'intervento manuale, (rappresenta nel nostro caso il feed back, ossia la reazione) che agisce sulla regolazione degli attuatori.

La buona qualità della carta era principalmente dovuta all'esperienza e all'abilità del cartaiolo.

La produzione della carta, col tempo, è diventata via via un processo sempre più complesso e di dimensioni più ampie. La direzione di tutto questo è stata possibile grazie all'utilizzo delle nuove tecnologie, quali l'elettronica e l'informatica, che sostituendosi in parte all'uomo, (nella reazione del sistema raffigurato) ha reso più efficiente l'intero ciclo produttivo.

Il progresso e la ricerca sono stati, e lo saranno sempre più, i mezzi per arrivare ad una migliore qualità dei prodotti con prezzi sempre più competitivi.

Le nuove conoscenze hanno raggiunto perfezioni tali da permettere di effettuare misure attendibili dirette e indirette o meglio *controlli* in linea e fuori linea sulle principali variabili di processo.

2. Misure "on-line" e "off-line"

Il progresso scientifico degli ultimi decenni in tutte le scienze ed in particolare il progresso della strumentazione elettronica hanno messo sul mercato nuovi sistemi, nuove apparecchiature, nuovi mezzi di ricerca che oltre a facilitare il lavoro di laboratorio consentono di controllare i principali parametri della carta in tempo reale.

Essi permettono appunto il rilevamento delle principali caratteristiche fisiche, meccaniche e ottiche della carta durante la produzione e un quasi istantaneo intervento con controlli automatici per correggere il più possibile tali caratteristiche.

Le apparecchiature sopra menzionate sono prodotte da numerose case costruttrici fra le quali ne emergono due che si contendono il 90% dell'intero mercato mondiale, Mesurex e ABB.

Qui verrà analizzato il sistema Accuray dell'ABB per il semplice fatto di avere più ampia disponibilità di documentazione.

3. Sistema di misura e controllo Accuray

Il sistema Accuray è un sistema di misura e controllo automatico nel processo produttivo della carta. Esso è costituito da diversi sensori che rilevano le caratteristiche del foglio e da attuatori, che gestiti da un microprocessore agiscono in completa o quasi autonomia.

L'operatore comunque può avere in ogni momento informazioni sul processo e sul controllo tramite l'uso della stazione operatore.

Il sistema può essere strutturato in varie configurazioni poiché dispone di numerose opzioni hardware. Si possono per esempio avere più ponti di scansione situati in diverse posizioni della macchina e per questo con diversi tipi di sensori, stazioni operatore aggiuntive con monitor e stampante per stampare i rapporti del sistema.

Il sistema si può suddividere in tre blocchi essenziali:

1. Stazione operatore
2. L'elaboratore
3. Ponte di scansione

3.1. La stazione operatore

È una stazione interattiva che permette all'operatore di comunicare con il processo di controllo.

È costituita da un video e una tastiera con cui si può avere una visione generale di importanti parametri di controlli e delle misure ed un facile accesso ad informazioni più dettagliate.

Specificatamente questi rapporti forniscono informazioni sulla produzione, controlli, profili, tendenze (trend) e medie.

Sullo stesso quadro compare il valore richiesto o di target e lo stato degli attuatori (set point) quindi si realizza un confronto continuo e vengono poste in evidenza tutte le variazioni in tempi brevissimi.

Esso permette anche l'accesso ai dati del sistema che possono essere modificati. Per mezzo della tastiera si possono introdurre nuove variabili, si impostano i valori di target, si possono disporre in manuale o in automatico le regolazioni chiuse di processo affidate al calcolatore.

3.2. L'elaboratore

Rappresenta il cuore dell'intero sistema di misura e controllo. Questo sistema elettronico possiede una notevole potenza, richiesta per gestire i sempre più complessi compiti nelle macchine continue. Il microprocessore elabora i segnali provenienti dal ponte di scansione confrontandoli con i dati di produzione richiesti (target). Viene così generato un segnale di errore (differenza fra target e segnale rilevato) che agendo su degli opportuni attuatori riporta le caratteristiche del foglio in produzione entro le tolleranze impostate.

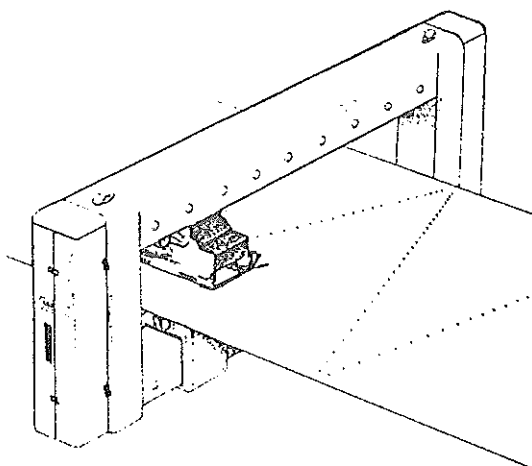
Il software applicativo, tiene poi conto dei tempi che intercorrono fra l'azionamento del attuatore e l'effetto originato da tale azionamento.

Notiamo che l'andamento nel tempo di un controllo assume una certa oscillazione che è tanto minore quanto è più breve il tempo sopracitato. Per questo motivo vengono impiegati più ponti nella stessa macchina continua oltre a quello posto all'avvolgitore.

3.3. Il ponte di scansione

È il meccanismo che fa da supporto ai sensori situati su una doppia piastra, una opposta all'altra; nel mezzo viene fatto passare il foglio in produzione.

Ponte di scansione.



I sensori si spostano su tutta l'altezza di macchina compiendo l'attraversata del foglio, avremo così il profilo da un'estremità all'altra.

Siccome durante l'attraversata la carta continua a correre, in realtà il profilo che si ottiene non è trasversale ma obliquo e quindi non è possibile separare le variazioni trasversali da quelle longitudinali.

Il ponte di scansione cattura dettagliate informazioni sulla produzione, lavora sotto la gestione del sistema Accuray, dando una alta risoluzione del profilo del foglio prodotto.

In tempo reale vengono mandati tutti i dati raccolti dai sensori all'elaboratore e visualizzati sul video, così da permettere una istantanea raffigurazione della qualità della carta.

Nel nuovo modello realizzato dall'ABB "*Smart platform 1200*" parte integrante del sistema Accuray 1190, la velocità di scansione è di 333 mm al secondo con una risoluzione di 600 misurazioni per scansione grazie all'adozione di un nuovo microprocessore a 32 bit .

3.4. I sensori

La qualità dei sensori e la loro precisione determina senz'altro la qualità e l'efficienza dell'intero sistema di controllo dei principali parametri on-line . Il sensore o trasduttore genera una grandezza elettrica funzione di una grandezza fisica come umidità, spessore, grammatura ecc. .

Di seguito saranno descritti i sensori di cui è composto il sistema *Accuray 1180*. Prima però verrà data una spiegazione della grandezza in esame.

GRAMMATURA

Dal punto di vista commerciale il peso della carta è probabilmente la caratteristica più importante, poiché essa è venduta generalmente a peso essendo però usata a fogli, ne deriva che l'utilizzatore ha tutto l'interesse ad usare la carta più leggera possibile. Pertanto il cliente specifica sempre nei suoi ordini il peso nominale della carta che egli è disposto ad accettare. Queste ultime condizioni in particolare, hanno portato l'imprenditore che produce carta ad utilizzare mezzi che gli consentissero di controllare con una sempre maggiore accuratezza la carta e quindi di poter riprodurre le stesse condizioni con maggiore efficienza.

Il sensore di grammatura, misura la massa secca per unità d'area della carta. Questo valore viene poi sommato alla quantità di acqua o umidità assoluta del foglio, ottenendo così il valore di grammatura cioè la massa totale per unità d'area (vedi profili allegati).

La determinazione della grammatura del foglio viene effettuata mediante l'impiego di isotopi radioattivi. Ai fini della misura viene utilizzata l'emissione di sostanze radioattive quali Krypton, Stronzio e Promezio.

I raggi beta emessi attraversano in parte il foglio, mentre un'altra parte viene assorbita dalla carta. La parte che attraversa il foglio viene raccolta in una camera di ionizzazione dove si genera una corrente elettrica proporzionale alla grammatura del foglio in esame.

Le sostanze radioattive si distinguono per i range di grammatura misurabili. Il Promezio ad esempio è utilizzato nella produzione di carta tissue o comunque per basse grammature, dove il sensore addetto alla misurazione della grammatura deve essere esente da rumore, visto la sensibilità richiesta. Range di misurazione: 5-180 gr/mq.

La sostanza più utilizzata è il Krypton, le cui caratteristiche permettono la misurazione della grammatura per carte da 8-1050 gr/mq, presentando però caratteristiche più

lineari per valori superiori ai 30 gr/mq. Per alte grammature infine è utilizzato lo Stronzio le cui misurazioni possono arrivare fino ai 4900 gr/mq. La carta che passa attraverso la testa di misurazione possiede una certa temperatura, che può influenzare la corretta rilevazione. Per rendere più affidabile la misurazione viene insufflata dell'aria calda a temperatura costante controllata anch'essa da sensori di temperatura.

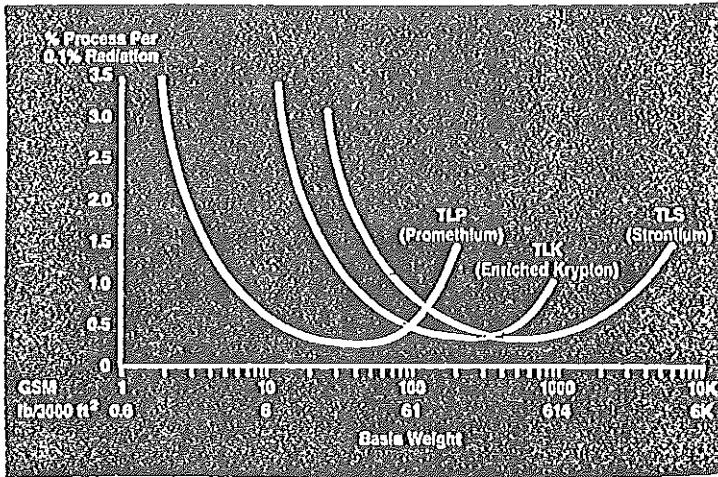
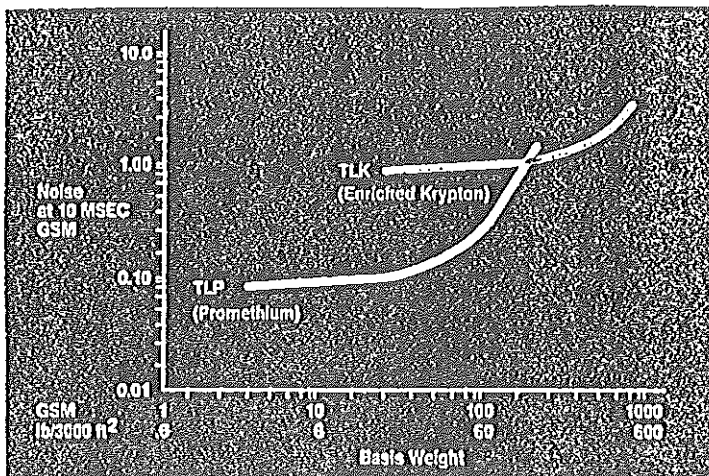


Grafico della sensibilità offerta dai 3 tipi di sensori.
 TLP=Promezio
 TLK=Kripton
 TLS=Stronzio



La sensibilità ai disturbi è minimizzata con il Promezio. Per questo trova applicazione nelle carte con bassa grammatura.

UMIDITÀ

Si può dire che la carta nasce dall'acqua. In tutte le fasi della fabbricazione sono presenti grandi quantità di acqua ed è questa che condiziona i vari processi tecnologici attraverso i quali passa la produzione delle materie fibrose prima e della carta poi.

L'acqua scompare dal ciclo solo nell'ultima fase della fabbricazione, quando ormai il prodotto è finito. Scompare, ma non del tutto, perché la carta è un materiale igroscopico e contiene, sotto forma di umidità, una certa quantità d'acqua, che in condizioni ambientali normali è compreso fra il 5-10 %.

Oltre ad essere molto importante per la vendita al cliente, il contenuto di umidità residua esercita una notevole influenza sulle proprietà meccaniche-fisiche della carta e quindi delle sue applicazioni.

È molto importante per esempio ottenere un profilo uniforme, per avere stabilità dimensionale, evitare imbarcamento, blistering, variazioni di grammatura ecc.

Per misurare l'umidità della carta l'Accuray impiega due principali gruppi di sensori che si differenziano per l'utilizzo di differenti sorgenti:

1. Infrarosso
2. Microonde

Per la misura di umidità ad infrarosso abbiamo due metodi:

1. Trasmissione
2. Riflessione

Sensore all'infrarosso a trasmissione. La misura di umidità a trasmissione consiste in un fascio di luce infrarossa che attraversa la carta e viene inviata al rilevatore che misura l'energia della luce infrarossa non assorbita dall'umidità. Data la struttura a cavità speculare del sensore, esso misura direttamente la percentuale di umidità nel foglio senza che la misurazione sia influenzata dalla grammatura (per grammature inferiori a 350 gr/mq) e quindi senza la necessità di fornire questo input.

Sensore all'infrarosso a riflessione. Questo sensore è simile a quello a trasmissione con la differenza che la sorgente e il rilevatore sono montati sullo stesso lato della carta. Il rilevatore misura la quantità di luce riflessa di ritorno che non è stata assorbita dall'umidità dalla carta. Questi tipi di sensori sono esclusivamente utilizzati nella produzione di carte con grammature inferiori a 150 gr/mq o per scopi particolari. Il sistema infatti usa questo sensore per determinare l'umidità presente sulla superficie per fogli di grossa grammatura, oppure è usato per la misurazione dell'umidità nei ponti di scansione in cui il rilievo deve essere effettuato da un solo lato del foglio.

Sensore a microonde. Esso è a contatto con la carta e tramite le microonde misura l'umidità della carta. La sorgente irradia le microonde verso un campo di frequenza all'interno della camera di risonanza. Ad un definito contenuto di umidità, si ha una risonanza che viene percepita dal rilevatore.

Il sistema elabora i dati forniti dal sensore e tramite algoritmi, che definiscono una certa relazione fra frequenza di risonanza e umidità, ne definisce il contenuto in percen-

tuale rispetto alla totale grammatura della carta.

CENERI

La carta di solito contiene sostanze minerali, che dopo la combustione completa della carta a temperature sufficientemente alte rimangono come residuo, sotto forma di ceneri.

Le sostanze minerali della carta possono provenire dalle materie fibrose cellulosiche le quali contengono in genere non più del 1 % di ceneri. Altre sostanze minerali possono derivare da sali aggiunti durante la fabbricazione della carta come il solfato di alluminio.

Se però il contenuto di ceneri di carta è superiore al 2 %, esso è quasi sempre dovuto a materiali di carica o pigmenti per patina. Il contenuto di ceneri di una carta è di solito considerato una misura della quantità di carica presente nella stessa. Tale misurazione è ottenuta in laboratorio con l'utilizzo di una muffola alla temperatura di 430-450 °C. Bisogna tenere presente che le materie di carica si modificano durante l'incenerimento e subiscono una perdita di peso. Nella rilevazione "on-line" con l'utilizzo di sensori a raggi x abbiamo una misura diretta della percentuale di ceneri.

Riduzione di peso nell'incenerimento:

Biossido di titanio = rimane costante

Talco = rimane costante fino a 500 °C a 800 °C perde il 5% del peso (H₂O)

Caolino = perde dal 5-10% del peso in acqua di composizione

Se si considera che la valutazione del contenuto di carica non deve essere molto precisa $\pm 0,5\%$ del peso totale e che la perdita alla calcinazione di alcune fra le cariche più comuni, come caolino e talco, è compensata dalle ceneri degli altri componenti della carta si può supporre, effettivamente che il contenuto di ceneri sia rappresentativo del contenuto di carica. Come abbiamo detto i materiali di carica sono caolino, carbonato di calcio, talco, biossido di titanio oltre ai quali esistono altri composti chimici usati nella produzione della carta che danno origine a ceneri come ossido di alluminio, solfato di alluminio.

La quantità di ceneri contenuta nella carta è un importante parametro poiché caratterizza l'opacità ma soprattutto è importante per il costo totale della carta. Infatti il costo delle cariche minerali, (a parte il TiO₂) è molto inferiore al prezzo della fibra. Il sensore di ceneri misura direttamente il contenuto percentuale di ceneri rispetto all'intero peso del foglio poiché la carica è costituita da ceneri più acqua di composizione invisibile al sensore. Questa misurazione dipende dalla grammatura e dall'umidità e deve perciò essere compensata da esse.

Tipi di sensori. Ci sono differenti tipi di sensori che si possono usare. Alcuni di essi sono sensibili a due fra i tre tipi di sostanze di cariche, (caolino, talco, carbonato di calcio) mentre un altro sensore è sensibile a tutti e tre i tipi di cariche. Questo è importante nei casi dove si fa uso di differenti ricette che utilizzano più varietà di cariche.

La misurazione consiste in una sorgente che emette attraverso la carta raggi x a

bassa energia diretti verso il rilevatore. Questi raggi sono poco sensibili all'acqua e alle fibre, sono invece molto sensibili alle ceneri. La quantità di raggi x che raggiunge il rilevatore dipende dal contenuto di ceneri nella carta.

Il sensore converte la variazione di raggi emessi e raggi raccolti dal rilevatore, in un segnale elettrico, che viene poi amplificato e trasmesso al sistema.

SPERATURA O FORMAZIONE

Si dice speratura o formazione l'aspetto che la carta presenta in trasparenza. Infatti osservandola contro luce può apparire a grana unita, cioè fine, o a grana più grossa oppure nuvolosa. Si ha una carta con una brutta spera, o mal sperata, quando essa si presenta a chiazze non uniformi e punti più ombreggiati si alternano in modo irregolare con le schiarite. Invece una bella spera si dice quella di una carta a grana fine, cioè molto regolare e uniforme.

Ciò indica che l'impasto è stato ben lavorato e che vi è stata anche una certa azione di taglio; il tutto si riassume in una regolare distribuzione delle fibre sulla tavola di fabbricazione assieme ad un corretto dosaggio di ritentivi. L'occhio esperto del cartaiolo riesce, guardando la carta in trasparenza, a ricostruirne la storia; la speratura è per questo il primo elemento di giudizio. Anche per la valutazione del grado di speratura vi sono apparecchi in grado di rilevare questa caratteristica "ottica" della carta. Essi si basano sulla differente permeabilità alla luce di piccole aree consecutive.

Questa caratteristica che fino a qualche tempo fa poteva essere valutata esclusivamente dall'occhio esperto del cartaiolo, viene ora valutata da un sensore che posto in linea, fornisce continuamente il profilo; va comunque detto che rimane per molti aspetti insostituibile l'esperienza del cartaiolo.

Il sensore misura la speratura con due misurazioni di densità ottica. Innanzitutto viene misurata la trasmissione di luce visibile attraverso una piccola area circolare di 1 mm di diametro. La successiva misurazione di densità ottica viene eseguita sull'area circostante la precedente per un diametro di 30 mm. Il computer elabora i dati acquisiti facendo la differenza delle due densità misurate ottenendo in tempo reale il profilo della speratura o formazione.

GRADO DI BIANCO

Il grado di bianco non è che un caso particolare anche se di grande interesse dell'analisi del colore. La sua valutazione è fatta spesso con gli stessi apparecchi che servono per l'analisi del colore. Anche ammettendo che la misura con apparecchi sia la più esatta, non si deve dimenticare che la sensibilità della cellula fotoelettrica sia alquanto diversa da quella del occhio umano. In particolare si verifica che una tinta bianca tendente al giallo, dia una sensazione di bianco inferiore rispetto ad una carta tendente all'azzurro, quando, le stesse analizzate con un sensore mostrano lo stesso grado di bianco. Per carte nuanzate, cioè con tendenza all'azzurro la determinazione strumentale di indice riflettometrico è comunque più simile alla valutazione dell'occhio umano.

Il grado di bianco è definito come l'indice riflettometrico della carta irraggiata da una luce blu e precisamente da una luce di una lampadina a filamento incandescente fil-

trata attraverso un filtro *Tappi* avente una lunghezza d'onda di 457 nanometri.

L'analisi del grado di bianco è fatto di solito attraverso misura di indice riflettometrico del blu, esso è il rapporto fra la riflessione dalla superficie in esame e quella del diffusore perfetto.

I riflettometri a filtri sono costituiti da:

- sorgente di luce bianca, che può essere una lampada ad incandescenza oppure una lampada allo Xeno;

- un filtro costituito da una piccola lastra di vetro o altro materiale trasparente che colpito da una sorgente di luce, assorbe tutte le lunghezze d'onda, meno una, quella caratteristica del filtro in verità (la quantità di luce trasmessa presenta un massimo nella zona centrale della banda, mentre decresce tanto più quanto ci allontaniamo dal centro fino ad annullarsi);

- un fotoelemento sensibile alla lunghezza d'onda in esame, capace di convertire l'intensità del raggio riflesso in corrente elettrica.

La definizione così data si riferisce ad una misura di indice riflettometrico su una pila infinita di fogli, ossia su un foglio che non si lasci attraversare da luce. La misurazione in linea invece è ovviamente effettuata su un singolo foglio, è quindi necessario compensare tale misurazione con un rilievo della luce che attraversa il foglio.

Negli ultimissimi sensori adottati dal sistema *Accuray 1190*, il grado di bianco come la misurazione del colore è ottenuta da un sofisticato circuito optoelettronico.

Il raggio riflesso viene convogliato e trasmesso attraverso una fibra ottica su un sistema di lenti e attraverso un prisma rendendo possibile la scomposizione della luce nello spettro dei colori dell'iride. I raggi opportunamente separati vengono rilevati da una serie di fototransistor, (trasduttori di intensità luminosa) i quali forniscono un segnale elettrico. Quest'ultimo viene elaborato dal microprocessore, che fornisce i profili della condizione di colore secondo il sistema di misurazione del colore CIE L^* a^* b^* .

L^* = luminosità a^* = rosso/verde b^* = giallo/blu

OPACITÀ

Quando un fascio di raggi luminosi colpisce un foglio di carta, una parte della luce è riflessa, una parte è assorbita e una parte è trasmessa dall'altro lato del foglio. La quantità di luce trasmessa può essere poca o molta, rispetto alla quantità di luce incidente. Pertanto l'opacità della carta è la proprietà che questa ha di non lasciarsi attraversare dalla luce.

Per la determinazione dell'opacità, conforme al metodo TAPPI T 425, viene eseguito un confronto di contrasto fra un fondo nero e un fondo bianco visti attraverso il foglio di carta in esame. (opacità di contrasto)

La sorgente luminosa dell'apparecchio è una lampadina ad alogeni con bulbo di quarzo, avente la temperatura di colore compresa fra 2400 e 2800 °K. La luce è concentrata in un collimatore a due lenti, che illumina un'apertura di prova avente il diametro di circa 15 mm. La luce dalla lampadina giunge all'apertura di prova attraverso un tubo d'integrazione e colpisce la provetta con un angolo di incidenza di 20°. La luce diffusa dalla provetta è raccolta da una cellula fotoelettrica collocata nel tubo d'integrazione e

la cui corrente è mandata al microprocessore per la ulteriore elaborazione.

Davanti alla fotocellula vi è un filtro colorimetrico Y, che conferisce alla fotocellula una sensibilità corrispondente alla curva di visibilità, con l'illuminante A. Il fondo nero e il fondo bianco sono montati su un braccio oscillante, alla due estremità di un cilindro metallico che può essere ruotato attorno ad un asse trasversale, in modo da porre l'uno o l'altro fondo davanti all'apertura di prova. Il fondo nero è costituito da un pozzetto rivestito internamente di velluto nero, avente riflettanza minore dello 0,5%. Il fondo bianco è costituito da un blocco cilindrico di carbonato di magnesio.

SPESSORE

Lo spessore della carta è la distanza fra le due facce che delimitano il foglio di carta. In realtà queste due facce non sono piane in quanto anche le carte più lisce presentano una certa rugosità. Perciò nella misurazione, le due superfici che vengono a contatto con il foglio, poggiano sui punti più alti della faccia e quindi la distanza dipende dalla pressione che grava sulle superfici, cioè dall'area e dalla forza con cui vengono premute l'una all'altra.

L'uniformità e la costanza dello spessore significa un prodotto di alta qualità essenziale nel campo della stampa, cartotecnica, moduli continui ecc.

Dalla parte dello stampatore un buon profilo di spessore e conseguentemente della superficie permettono di evitare:

- difetti dimensionali e di planarità (ondulazioni, pieghe, ecc..).
- migliore registro.
- più uniforme ricezione del inchiostro.
- migliore lavorabilità, macchinabilità.

Lo spessore è quindi una caratteristica indubbiamente determinante nella produzione di carte speciali indirizzate alla clientela, anche la più esigente.

Servizio e qualità per il cliente, ottenibili con i sistemi di controllo ed autoregolazione computerizzati.

Grazie al sensore per il rilievo dello spessore "Contacting caliper" si è arrivati a produrre carte con tolleranze fino a +/- 1,5 micron, in direzione macchina e in senso trasversale. Il sensore opera sul principio di uno sci autosostenuto dall'aria trascinata dal foglio di carta in movimento.

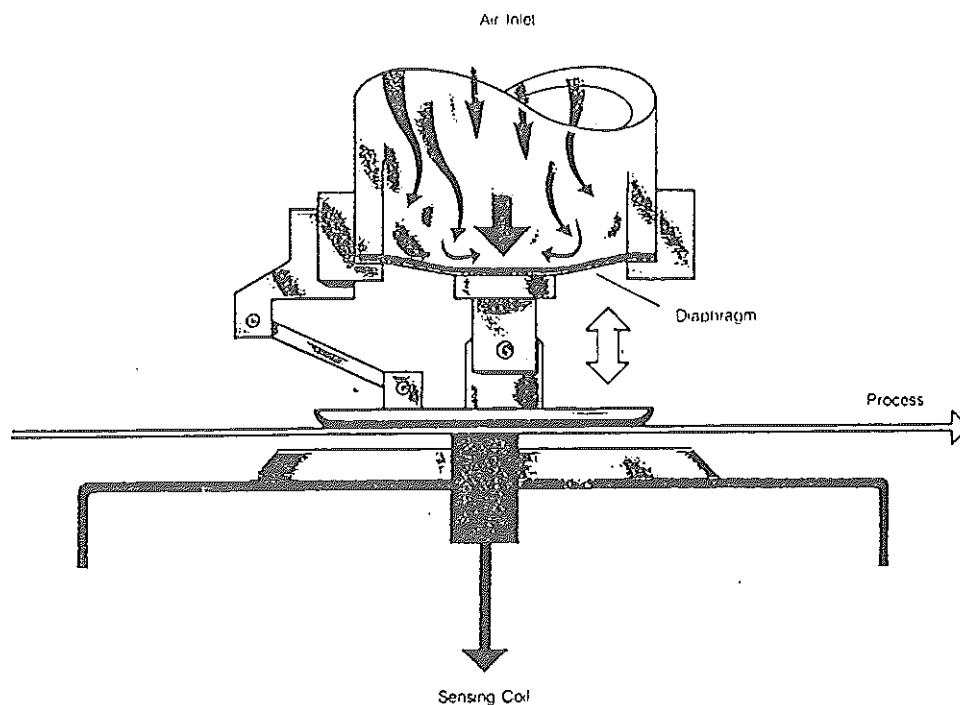
Range di misurazione 20- 1500 micron

Consumo di aria 13 mc/h

Pressione esercitata dal cuscino d'aria 280 KPa

Il sensore di spessore a contatto, utilizza il principio della variazione della riluttanza magnetica tra lo sci/pattino di contatto e la parte inferiore del sensore costituito da un disco ceramico, che è l'appoggio del foglio.

Sistema di misura dello spessore a contatto:
dettaglio del pattino e del sistema di supporto



Nella parte superiore della figura è evidenziato il disegno del pattino visto frontalmente, con le due lamine laterali di contatto/appoggio sul foglio da misurare e che sfruttano l'effetto "catamarano" senza provocare marcature al foglio stesso. Nella parte inferiore della figura è presentato il sensore visto lateralmente, dove si può notare il sistema di leverismo del pattino che si adatta a tutte le eventuali imperfezioni della superficie del foglio, quali fori, grumi, rigature e crespature, senza provocare rotture in macchina. Grazie al contatto del pattino sul foglio ed alla sua elevata sensibilità di misura, possono essere visualizzati sul monitor della stazione operatore i profili di spessore con alta precisione. Lo sci è leggerissimo, e la sua larghezza di soli 17 mm permette di eseguire le misure su zone di dimensioni ridotte con conseguente elevata definizione. La parte inferiore del sensore è costituita da un disco di appoggio in materiale ceramico lavorato a specchio, e di un eventuale sistema di aspirazione per garantire il contatto del foglio sul piatto di riferimento.

4. Controlli in senso longitudinale e trasversale

È possibile per la quasi totalità dei parametri sopra descritti avere una regolazione automatica, cioè un intervento automatico dell'apparecchiatura sugli organi di comando della macchina continua, tale da correggere l'irregolarità nel più breve tempo possibile.

Gli stessi però possono essere convertiti in controlli manuali con una semplice operazione alla tastiera di comando. Bisogna innanzitutto distinguere fra controlli longitudinali, in senso macchina, e controlli trasversali il profilo del foglio.

4.1. Controlli trasversali

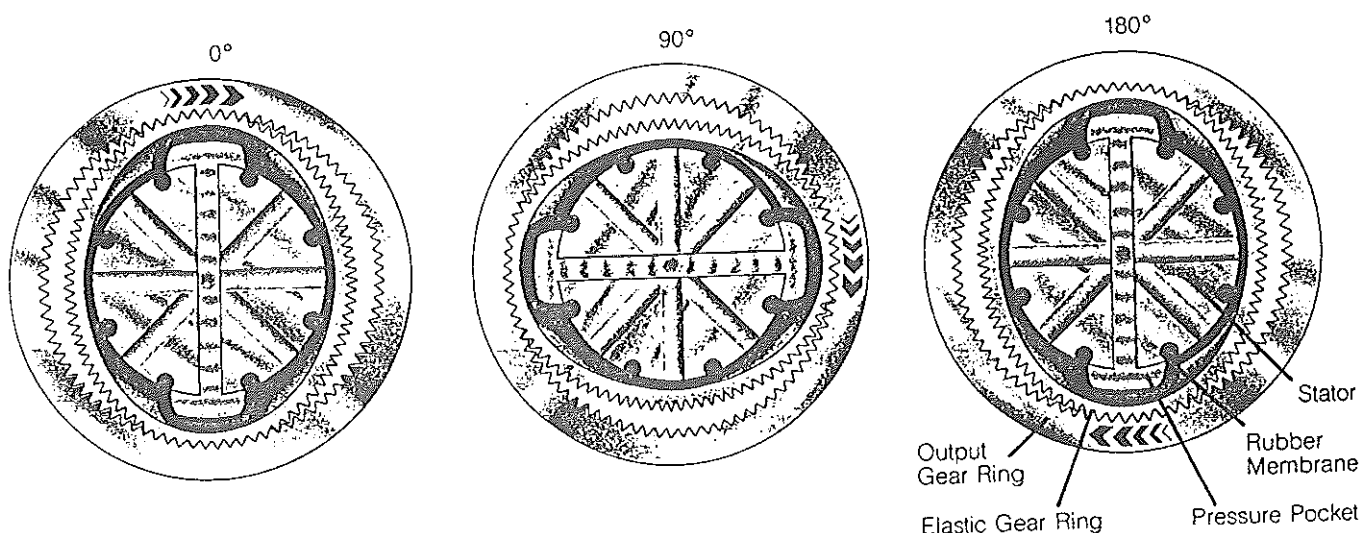
Sono essenzialmente, sistemi automatici (ad anello chiuso) che tendono ad uniformare il profilo del foglio con adeguati attuatori:

- profilo di grammatura
- profilo di spessore
- profilo di umidità

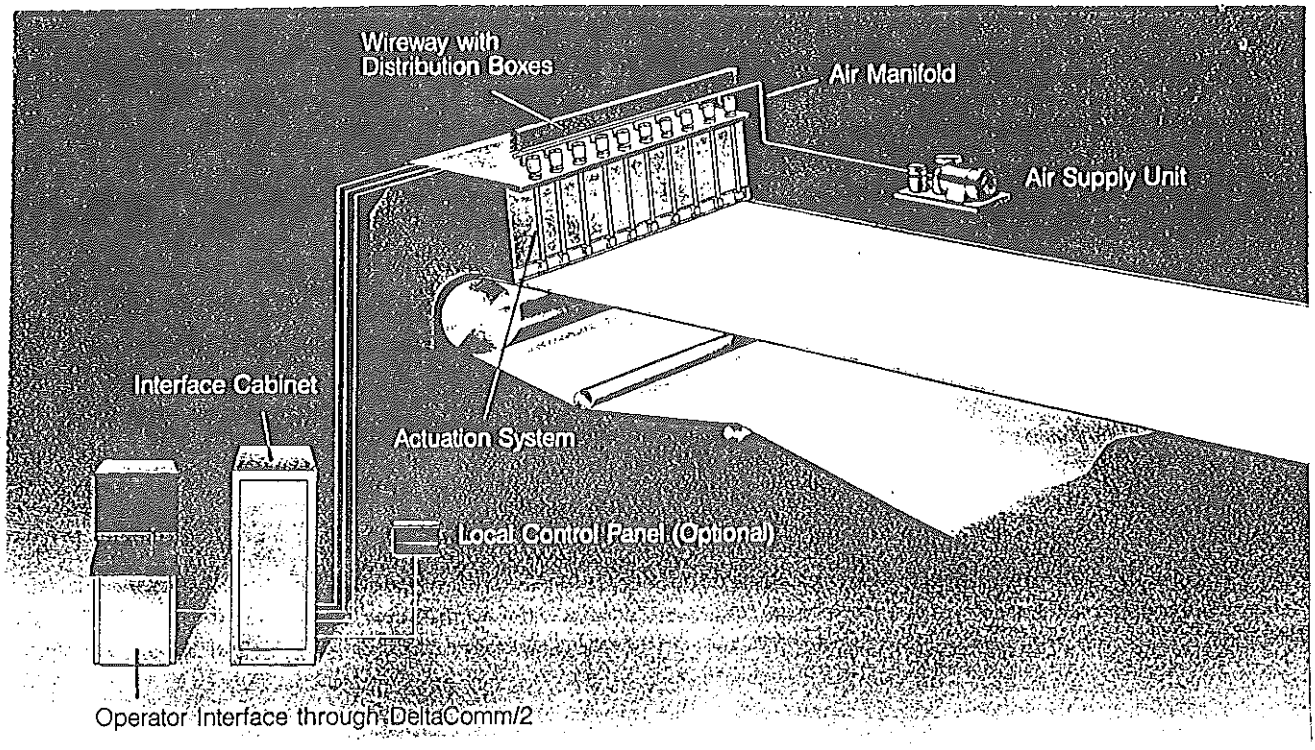
Per il controllo del *profilo della grammatura* si interviene sul labbro superiore della cassa d'afflusso. Il labbro superiore è suddiviso in numerosi settori di varie dimensioni che possono essere aperti più o meno indipendentemente gli uni dagli altri.

Fino a non molto tempo fa l'operazione era eseguita dall'operatore tramite volantini manuali. Con l'introduzione dei sistemi automatici, la regolazione è affidata a motori elettrici passo passo molto precisi, ulteriormente superati dagli attuatori messi a punto dall'ABB, i "linear stepper".

Particolarità del linear stepper



Applicazione del linear stepper all'interno del sistema Accuray

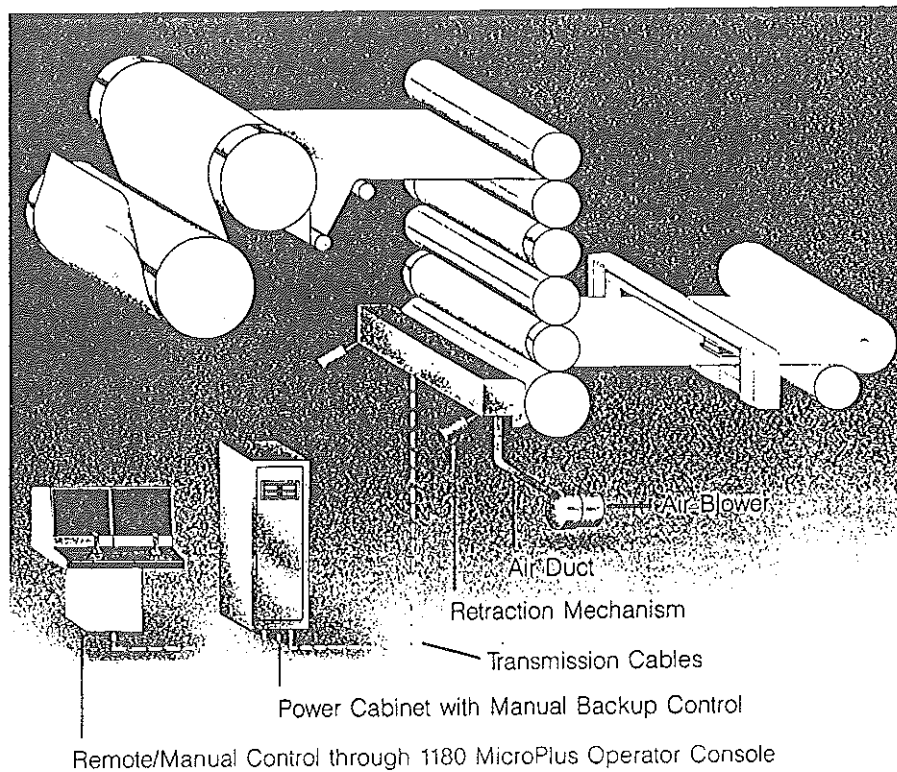
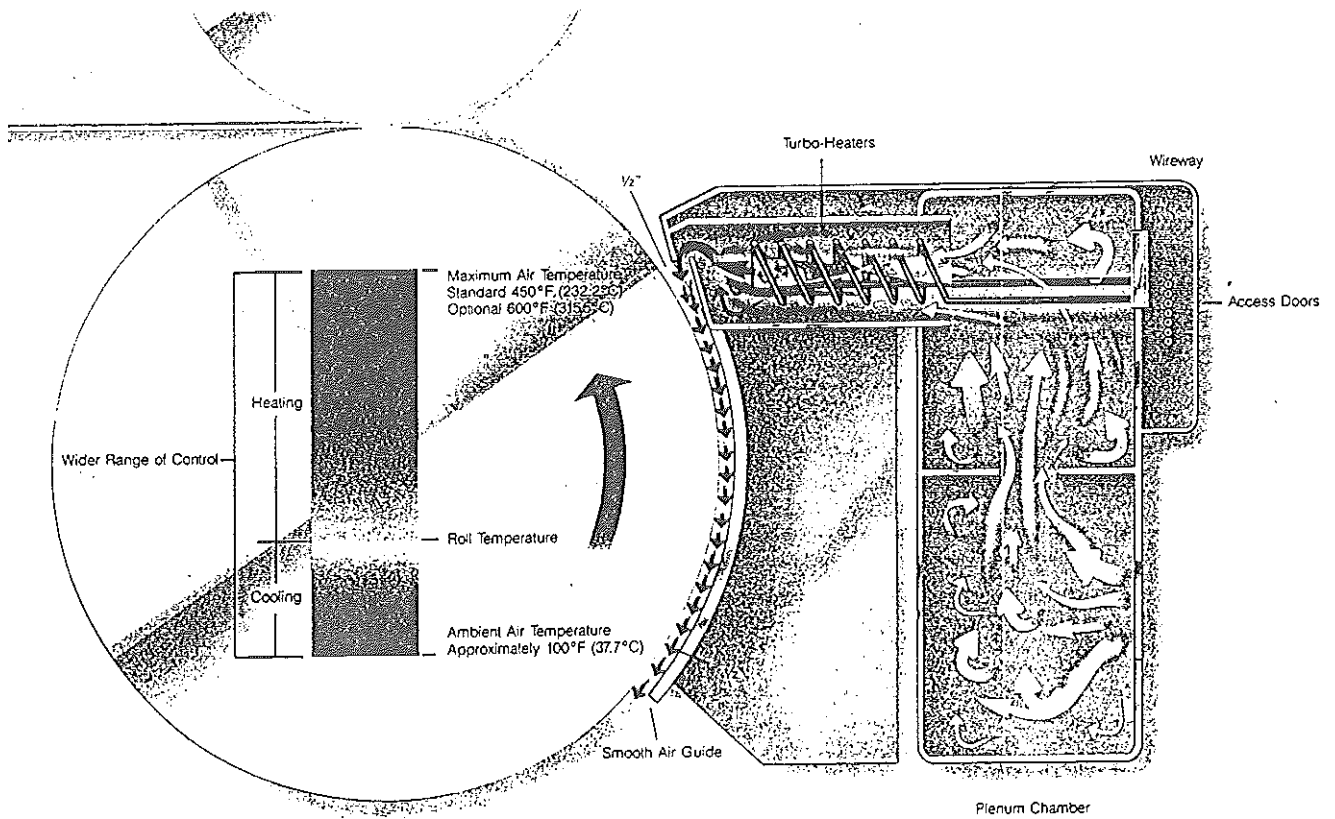


Questi attuatori elettropneumatici operano con due ingranaggi armonici che consentono un movimento lineare allo stelo che realizza lo spostamento del labbro. Il funzionamento è mostrato nella figura a pagina 14, dove un impulso elettrico aziona la corrispondente elettrovalvola la quale libera l'aria di alimentazione del condotto relativo. La pressione dell'aria forza l'ingranaggio interno elastico di 160 denti nei corrispondenti denti (162) dell'ingranaggio esterno ottenendo una rotazione di due denti per giro. La trasformazione del movimento rotatorio in movimento traslatorio, è ottenuta dal meccanismo di accoppiamento tra una vite senza fine e il Linear Stepper.

Questo nuovo attuatore usa il segnale di eccitazione proveniente dal sistema Accuray. Esso è ottenuto confrontando il valore rilevato dal sensore di grammatura, con il *set point*, cioè il valore indicato dal trasduttore di posizione e tenendo conto della posizione dello *silice* precedente.

Il risultato è una continua ottimizzazione della grammatura.

Il miglioramento del profilo di grammatura così ottenuto, ha consentito di migliorare il *profilo dello spessore* particolarmente nei picchi in partenza sulla cassa d'afflusso e di poter intervenire più dolcemente nelle correzioni da eseguire alla liscia.



Il principio operativo è costituito da getti d'aria in settori di 102 mm, che vengono regolati in temperatura da un valore di caldo di 232 °C ad un valore di freddo quale quello ambientale (20 °C).

I getti d'aria al valore di temperatura controllato vengono convogliati sulla superficie del cilindro della liscia su cui è installato il "Thermo-Profiler". Questi getti sono inviati in senso opposto a quello di rotazione del cilindro e sono guidati, dalla struttura del Thermo-Profiler, sul 25% della superficie indipendentemente del diametro del cilindro.

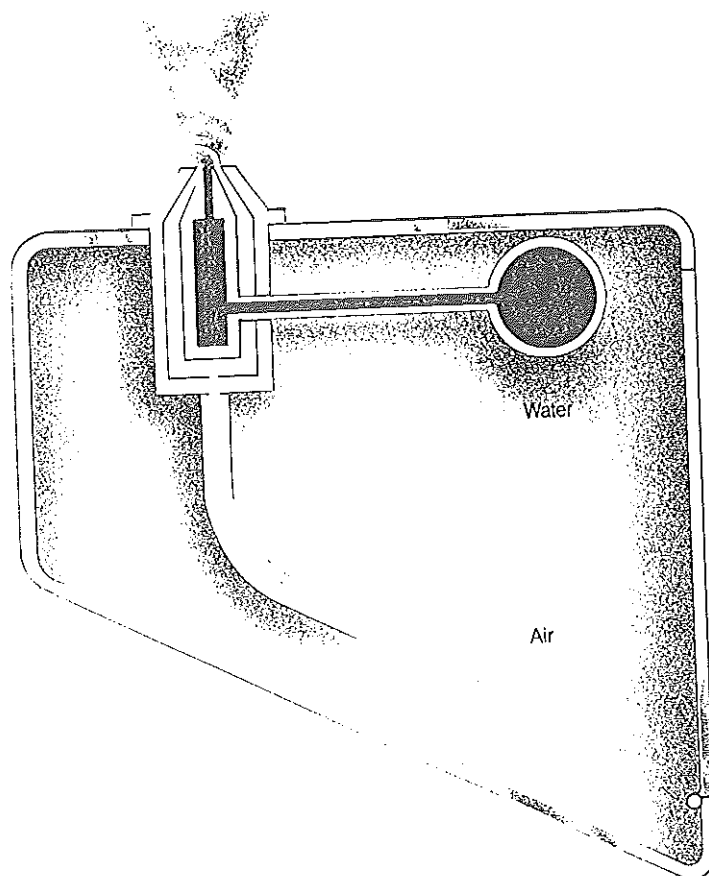
L'effetto dell'aria calda o fredda è una conseguente dilatazione o contrazione del diametro nel settore corrispondente del cilindro, e quindi un conseguente schiacciamento del foglio su settori di 102 mm.

Ultimo fra gli attuatori destinati alla regolazione del profilo è "Air Water" e "Water Sprays" per il profilo di umidità.

Essi sono due diversi tipi di trasduttori, che per uniformare *il profilo di umidità*, distendono dove la concentrazione è minore, un velo di acqua.

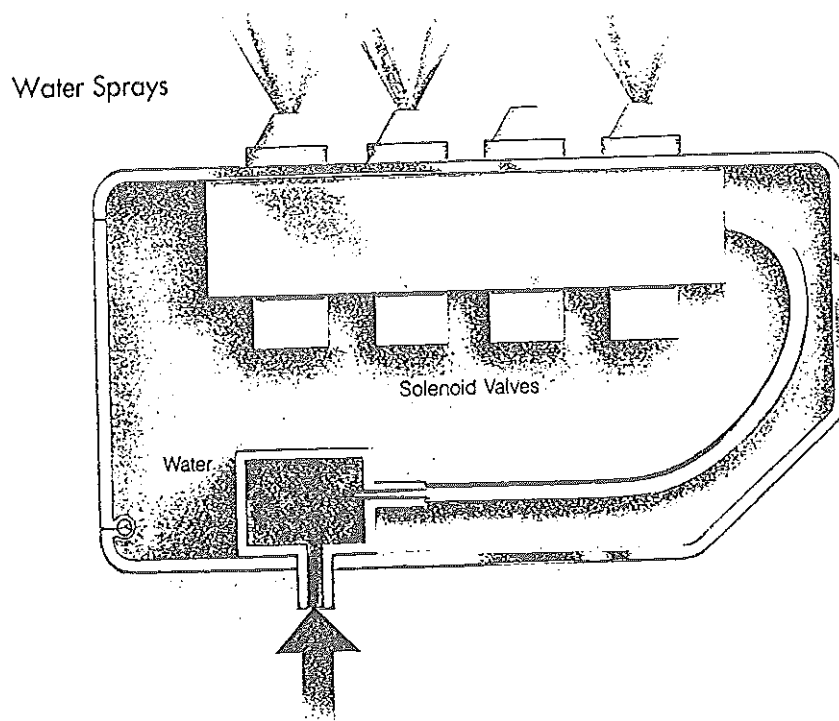
Il "Air Water" consiste in un spruzzo bilanciato di una miscela aria-acqua. In base alla quantità di aria che si invia, si ha una maggiore quantità di acqua aspirata, che uscendo dall'ugello viene nebulizzata in piccolissime goccioline.

Air Water



Il "Water Sprays" è formato da una matrice di ugelli, quattro per ogni settore, tutti

collegati ad un condotto di acqua in pressione. Tramite delle elettrovalvole si aprono o meno questi spruzzi in base alla quantità di acqua da depositare sul foglio.



4.2. Controlli longitudinali

I controlli longitudinali sono regolazioni automatiche o manuali che, sempre sotto il controllo del sistema Accuray, danno la possibilità di ottenere un prodotto finito il più possibile uniforme lungo la sua lunghezza e riproducibile a distanza di tempo.

GRAMMATURA E UMIDITÀ

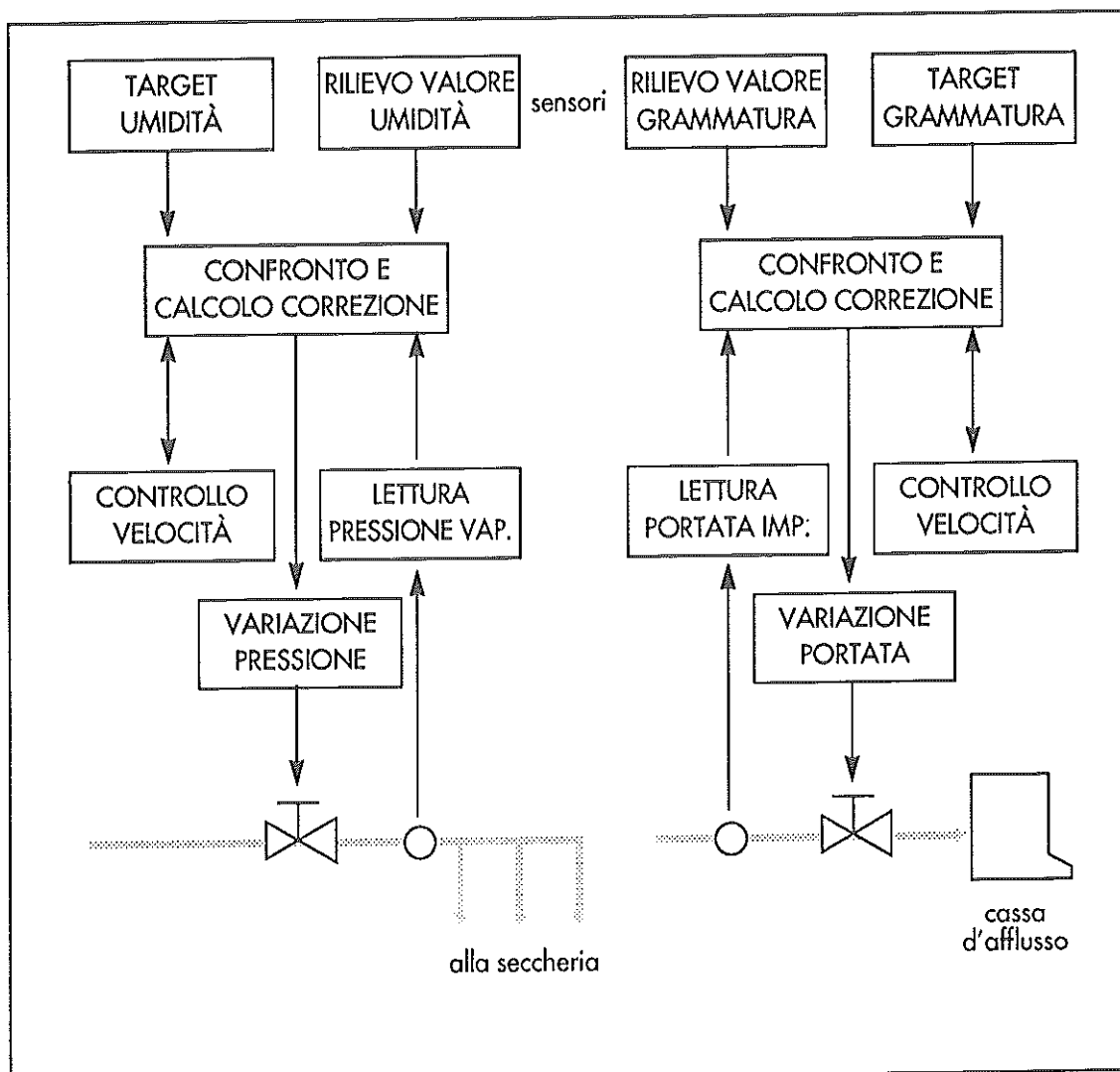
I controlli di grammatura e di umidità permettono di definire la grammatura secca e totale. L'andamento di questi due parametri influenza direttamente l'andamento dello spessore.

Il controllo di grammatura e di umidità permette di mantenere queste due variabili ad un prefissato valore (detto di "target") entro determinate tolleranze; utilizzando la differenza tra il dato misurato e il target, per determinare l'azione di controllo (nuovo "set point" dell'attuatore).

La regolazione dell'umidità è realizzata mediante azione sulla valvola che controlla l'entrata del vapore prefissando la pressione che deve essere mantenuta nel gruppo di cilindri essicatori; la regolazione del vapore in seccheria va eseguita rispettando i differenziali di pressione stabiliti all'interno dei gruppi e fra i gruppi. Tutto questo si ottiene agendo contemporaneamente sulla valvola che controlla il vuoto esistente nell'ultimo gruppo di cilindri essicatori ottenendo automaticamente la regolazione in cascata di tutta la seccheria. Ad ogni valore di pressione del vapore, corrisponde un determinato regime di asciugamento.

La conduzione della macchina continua viene regolata alla massima produttività, che dipende nella maggioranza dei casi dalla potenzialità di asciugamento della seccheria. Il vapore viene quindi mantenuto quasi al limite della pressione, perciò se abbiamo una variazione di umidità troppo elevata, si provvede a diminuire la velocità della continua.

Flow-Chart della regolazione di grammatura e umidità.



Il controllo della grammatura secca dipende essenzialmente dalla pasta all'uscita dello "SLICE" (apertura del labbro) e della velocità della macchina continua. È evidente che se per una certa velocità della continua abbiamo una certa grammatura, diminuendo la velocità a parità di portata e concentrazione della pasta all'uscita dello slice, otterremo una grammatura maggiore e viceversa, aumentando la velocità, la grammatura diminuirà.

La prima operazione da eseguire al fine di variare la grammatura è aumentare la densità, agendo sulla valvola di grammatura. Così facendo si viene a modificare la portata proveniente dal vaschino a livello costante, il quale è munito di regolazione di densità mantenuta ad un valore costante di 3-3,5%. Dal vaschino a livello costante, attraverso la valvola di grammatura, l'impasto arriva all'ingresso della FAN-PUMP, con un battente costante.

Otterremo così un impasto in cassa d'afflusso con maggiore densità.

Oltre ai precedenti parametri, quali: grammatura, umidità e spessore, vi sono tutte quelle grandezze che definiscono la qualità del rotolo e le condizioni operative della macchina.

Nella regolazione in senso macchina di questi parametri, gli attuatori agiscono sul parametro a cui è destinato, ma per forza di cose si vengono ad influenzare anche le altre, per esempio regolando l'apertura della valvola di grammatura si vengono a modificare oltre alla grammatura anche l'umidità, lo spessore e così anche per la valvola del vapore, che fa variare oltre all'umidità anche spessore e grammatura.

Ciò significa che ogni parametro è strettamente legato agli altri, in modo che la regolazione deve avvenire in modo continuo su tutte le grandezze.

Nella produzione della carta ci sono tutt'ora regolazioni difficilmente automatizzabili e, qui entra in scena la figura dell'assistente di produzione, che con la sua esperienza sa intervenire sulla correzione di: opacità, ceneri, grado di bianco e speratura.

OPACITÀ

Ovviamente questa grandezza è tanto più alta quanto maggiore è la grammatura. A parità di grammatura l'opacità dipende essenzialmente dalla struttura e dal colore della carta. L'assorbimento della luce dipende dal colore dei componenti dell'impasto e quanto più il colore è intenso, tanto maggiore è l'assorbimento.

La diffusione della luce nel foglio dipende dalle caratteristiche strutturali e più precisamente dai punti di contatto ottico fra le particelle (fibre, particelle di carica) e dal loro indice di rifrazione. Pertanto tutti i fattori che fanno diminuire i punti di contatto ottico, ossia che aumentano la probabilità che i raggi vengano riflessi verso la superficie illuminata, aumentano l'opacità. La pasta legno, impasti poco raffinati e materiali di carica, hanno un forte potere opacizzante.

CENERI

Come già detto in precedenza il produttore di carta cerca di avere una percentuale di ceneri più alta possibile, dato che le sostanze di carica costano meno della materia fibrosa.

Anche la percentuale di ceneri nella carta ha ovviamente un limite imposto dalla diminuzione delle resistenze meccaniche.

Il cartaio aumenta o diminuisce l'aggiunta di carica o fogliacci fino ad arrivare alla percentuale di "Target" che dipende molto dal tipo di carta prodotta.

GRADO DI BIANCO

Per migliorare il grado di bianco di una carta si può intervenire in diversi modi.

1. Utilizzo di sostanze di carica:

- Carbonato di calcio;
- Caolino;
- Talco;

- Biossido di titanio.

Molto importante nel caso delle cariche è il pigmento TiO_2 , dalle elevate tecniche offerte, offre un forte potere imbiancante. E' usato principalmente in piccole quantità per correzioni di questo tipo, non trova però largo utilizzo per l'elevato costo.

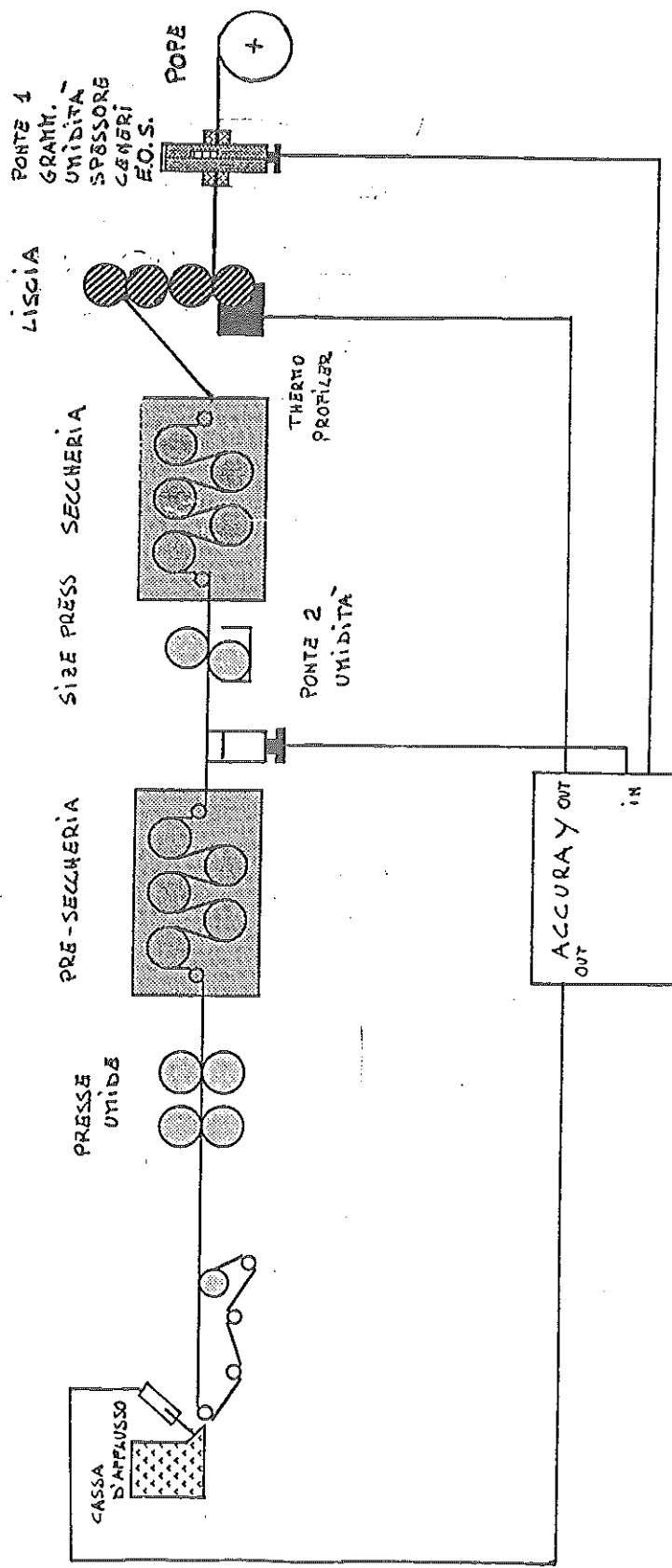
2. Utilizzo di paste fibrose bianchite rispetto a quelle gregge.
3. Nuanzatura: ossia aggiunta all'impasto di una piccola quantità di coloranti blu-violetti, che mascherano in parte il colore giallo delle materie fibrose.
4. Molto più efficace è il trattamento dell'impasto con candeggiante ottico, la cui azione è di assorbire raggi ultravioletti e di rifletterli come radiazione blu nel visibile. In questo modo si ha un notevole miglioramento del grado di bianco.

SPERATURA O FORMAZIONE

La causa principale che influenza l'ottenimento di una carta con una buona speratura è l'impatto tra l'impasto e la tela di formazione.

Tra le varie cause abbiamo: la posizione del labbro inferiore sopra il cilindro capotela; il rapporto fra l'altezza del labbro superiore rispetto alla sporgenza di quello inferiore. Queste caratterizzano l'inclinazione del getto che deve impattarsi esattamente sul primo listello del Forming Board (tavola di formazione). Sicuramente però il parametro più importante è il cosiddetto rapporto tra la velocità del getto e la velocità della macchina continua.

In definitiva, la formazione della carta dipende da innumerevoli parametri la maggior parte dei quali è concatenata con la buona conduzione della cassa d'afflusso.



Schema globale della macchina continua con ponti di misura alla size press (umidità), ed al pope (grammatura, umidità, spessore, ceneri), completo di controlli trasversali di grammatura e spessore con ABB-Accuray, Linear Stepper e Thermo-Profiler.

5. Sequenza di operazioni in un cambio di grammatura

Il parametro più importante che riguarda la macchina continua è la grammatura, in quanto da essa dipendono la velocità della macchina continua e del getto, la densità dell'impasto, la pressione di vapore in seccheria, la condizione di lavoro nelle presse umide e molte altre.

Se ipotizziamo un cambio di produzione ad una grammatura superiore alla precedente dovremo innanzitutto aprire la valvola di grammatura.

Dopo un certo tempo avremo un avanzamento della linea d'acqua dato che l'impasto da drenare è in maggiore quantità. Per un ottimale formazione e rendimento produttivo della macchina continua, la linea d'acqua si deve trovare sempre fra la prima e la seconda cassa aspirante, il che garantisce l'ingresso nelle presse, e in seguito in seccheria, con concentrazioni ottimali. Si dovrà fare in modo di riportare nella posizione precedente la linea d'acqua e questo è possibile solo diminuendo la velocità della macchina, per dar più tempo all'acqua di drenare attraverso la tela.

Per piccole correzioni di grammatura e quindi spostamenti della linea d'acqua, potremo intervenire aumentando, se possibile, la pressione del vapore e perciò il potere essiccante della seccheria. L'abbassamento di velocità comporta l'automatica correzione della cassa d'afflusso per mantenere costante il rapporto velocità getto/tela. Il sistema interviene sul labbro superiore, aumentando la portata dello slice.

Contemporaneamente la riduzione della velocità della *fun pump* consente di ottenere una minore portata di impasto in cassa d'afflusso con una conseguente maggiore densità. Il tutto porta ad un abbassamento del battente che si traduce in una riduzione della velocità.

Nel caso opposto, ipotizzando una diminuzione della grammatura, avremo la seguente sequenza di operazioni:

- chiusura valvola di grammatura per avere pasta più diluita (retrocede linea d'acqua);
- aumento della velocità tela che comporta aumento velocità getto;
- chiusura labbro superiore;
- aumento giri fun-pump, che da luogo ad una maggiore portata e un maggiore battente in cassa d'afflusso (velocità getto più alta).

Queste operazioni possono essere eseguite interamente dal sistema di misurazione e controllo utilizzando un programma molto sofisticato.

Tale programma esegue un *cambio coordinato di velocità* cioè provvede ad un cambio omogeneo della velocità della macchina continua contemporaneamente alla regolazione della portata impasto, pressione vapore e cassa d'afflusso.

Il sistema determina in quale successione devono essere variati i vari *set point* degli attuatori.

6. Regolazione della cassa d'afflusso

La funzione della cassa d'afflusso è di alimentare la tavola piana della continua con un impasto diluito intorno al 0,6 - 1% in maniera omogenea sia di velocità che di pressione dell'impasto che va sulla tela per tutta la larghezza della tavola piana. La regolazione di tale apparecchiatura viene garantita agendo su dei particolari volantini collegati con viti micrometriche che si trovano sul labbro della cassa. Questo metodo insieme al controllo della velocità della macchina continua e del battente della cassa d'afflusso permette di regolare automaticamente o manualmente il rapporto di velocità tra getto e tela (condizioni di rush e di drag). Rush si ha quando il getto è maggiore della velocità della tela cioè il getto spinge la tela; mentre drag quando la tela ha una velocità maggiore del getto, ossia il getto è trascinato dalla tela.

Questo importante elemento di regolazione permette di modificare alcune caratteristiche della carta, infatti consente di distribuire le fibre in modo da ottenere un orientamento preferenziale, nel caso del drag, in senso macchina e quindi ottenere maggiori resistenze meccaniche in questo senso.

Un altro importante parametro per regolare la distribuzione della sospensione fibrosa sulla tela è la concentrazione della pasta all'uscita dello slice, che è indicativamente data dalla lontananza della linea d'acqua.

La concentrazione influenza la velocità di drenaggio e di conseguenza la formazione. Alla linea d'acqua la superficie della carta cambia improvvisamente d'aspetto poiché perde l'acqua e da lucida appare opaca.

La posizione della linea d'acqua è relativa alla velocità della tela, dalle condizioni di drenaggio della tela e dagli organi drenanti (Foils, vacuum foils, casse aspiranti) e, come già detto, dalla concentrazione della pasta.

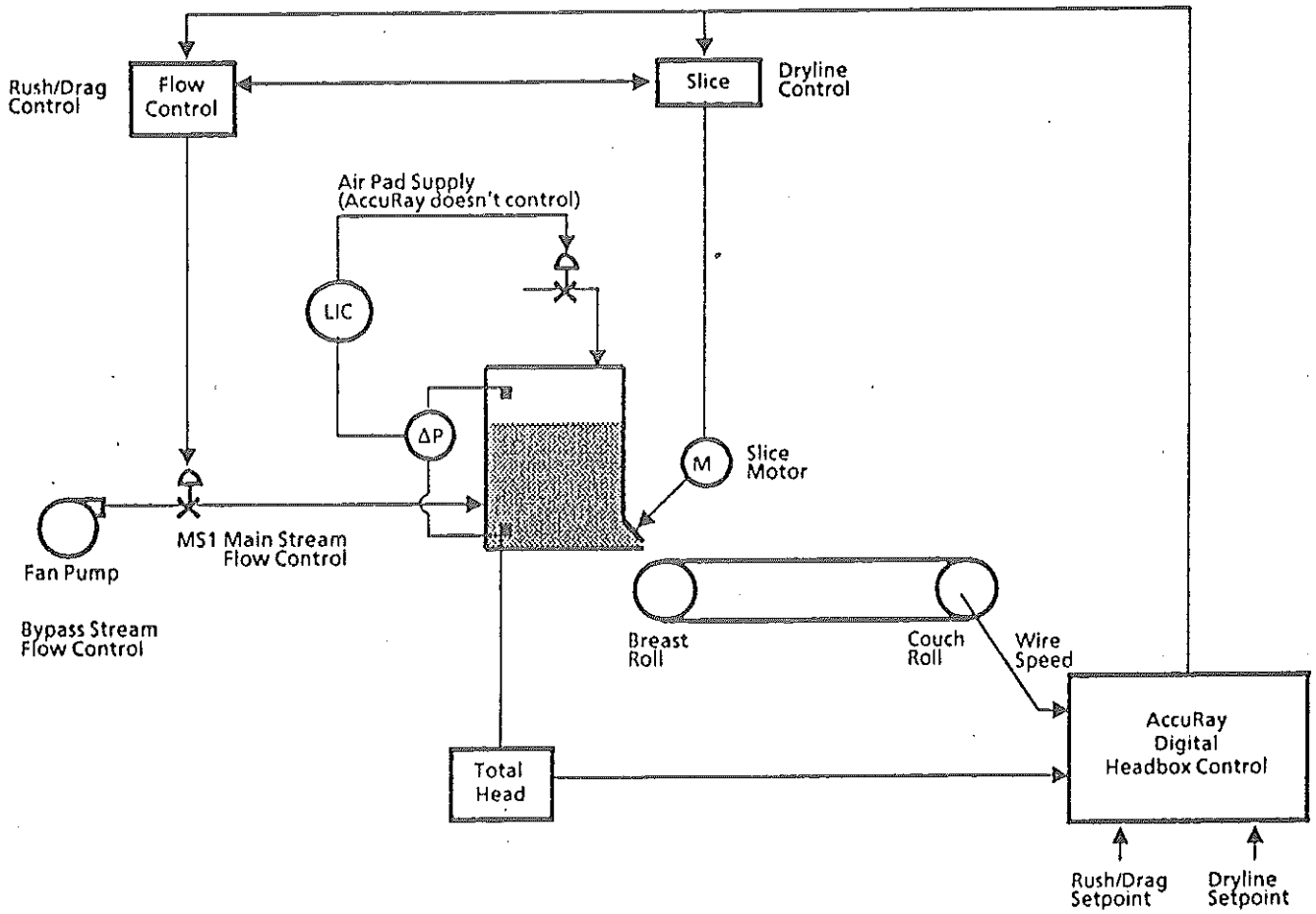
Essa provvede a visualizzare la durata della sospensione delle fibre.

Le grandezze variabili e le funzioni dei rispettivi attuatori nella conduzione della cassa d'afflusso sono le seguenti:

1. aggiustamento dell'apertura dello slice; volantini con vite micrometrica che agiscono sui settori del labbro superiore;
2. regolazione del flusso del liquido alla cassa d'afflusso; valvola di grammatura per regolazione della quantità di pasta secca, velocità fan-pump per regolazione della portata e concentrazione;
3. regolazione della pressione del cuscino d'aria nella cassa d'afflusso e quindi del battente; valvola dell'aria compressa per variare il battente.

Tutte queste operazioni sono eseguite in funzione del livello dell'impasto.

Schema della regolazione della cassa d'afflusso.



7. Rapporto dello stato generale del sistema

Il sistema *Accuray 1180* come detto in precedenza da la possibilità all'operatore di avere una visione generale di importanti parametri di misura e controllo ed un facile accesso a informazioni più specifiche.

Tramite la tastiera l'operatore può richiedere informazioni di diversa natura e, a seconda della necessità, modificare alcuni dati.

Il sistema può fornire informazioni riguardanti tre diverse sezioni che vengono così definite:

1. sezioni controlli;
2. profili e trend;
- 3.- sezione produzione.

7.1. Sezione controlli

Questa sezione fornisce lo stato dei controlli configurati nel sistema. In questa sezione compare il nome del controllo, l'obiettivo ossia il target presente, il nuovo target, il set point dell'attuatore, l'indicatore del cambio manuale, lo stato del loop di controllo.

7.2. Sezione profili e tendenze

Questa sezione fornisce una combinazione di elementi delle pagine profili composti e trend, rende visibili tre variabili nella stessa pagina video.

Per ogni misura possiamo avere il profilo, che rappresenta una composizione delle misure effettuate durante le scansioni trasversali ed aggiornato al termine di ogni scansione. Tale composizione viene calcolata dal sistema come una media pesata delle ultime scansioni assegnando il peso più alto alle misure effettuate durante l'ultima scansione.

In testa alla pagina troviamo il tipo di fabbricazione che identifica il tipo di carta prodotto e su quale macchina è prodotto, poi notiamo il numero di rotolo. A fianco di ogni profilo abbiamo il nome della variabile, la media di tutti i valori componenti la curva, la scala di lettura. Leggiamo poi un valore denominato 2 sigma, esso rappresenta la dispersione dei valori cioè quantifica di quanto i valori misurati si scostano dal valore target tenendo conto dell'ampiezza dello scostamento e del numero di misurazioni eseguite. Il profilo ha una variazione rispetto al grafico delle medie, in quanto possiede anche delle linee che rappresentano i limiti superiore e inferiore del fuori specifica, non modificabili e determinabili attraverso la scala verticale del profilo. Questo limite è sempre specificato come una simmetrica deviazione rispetto alla media della scansione.

I trend possono essere forniti in due diverse raffigurazioni, sottoforma di trend numerico (tabella di valori) oppure trend grafico. Questa pagina video mostra i valori medi di tre variabili calcolati durante le ultime 60 scansioni. Il valore dell'ultima scan-

sione viene aggiornato a sinistra sul video, mentre a destra scompare quello più vecchio. I trend sono rappresentati come un grafico corrispondente alla misura selezionata, con deviazione percentuale rispetto al target.

7.3. Sezione produzione

La sezione produzione riassume in una tabella i dati relativi alla produzione (vedi pagine allegate). I seguenti dati vengono presentati per ciascun turno così come per il rotolo in corso per il giorno attuale e per ogni tipo di carta prodotto: produzione, produzione oraria, lunghezza del rotolo in produzione, velocità media, tempo di produzione, tempo perso, fermo macchina e cambio produzione.

La produzione viene incrementata ad ogni scansione durante il turno. All'inizio del nuovo turno di lavoro la successiva colonna della pagina video viene continuamente incrementata con i nuovi dati. Alla fine del terzo turno il rapporto viene completamente azzerato, ad eccezione della colonna della produzione totale del tipo di carta in corso. Tale colonna viene azzerata solo quando si cambia il tipo di carta. La prima colonna, relativa al rotolo in corso, si azzerava ogni volta che si cambia rotolo e la raccolta di dati riprende consecutivamente.

8. Evoluzione del sistema Accuray 1190 e prospettive

Analizzando il progresso compiuto dall'ABB per quanto riguarda il sistema ACCURAY 1190, notiamo innanzitutto una maggior velocità di regolazione (raggiunta con l'adozione del microprocessore 68020 della MOTOROLA funzionante a 25 MHz e con 32 bit di Bus dati) che si traduce in migliori tolleranze e una struttura orientata a facilitare sia l'utilizzo del sistema stesso sia la sua manutenzione.

Infatti il microprocessore centrale colloquia con il ponte di scansione e più precisamente con i singoli sensori, tramite processori dedicati a rilevare la situazione di lavoro, il corretto funzionamento e la calibrazione degli stessi. Pur essendo un sistema più complesso e articolato, grazie alla sua nuova organizzazione interna, consente, in caso di guasto, la segnalazione della avaria all'operatore tramite video.

L'innovativa struttura intercambiabile permette anche all'operaio non specializzato di intervenire direttamente con un conseguente vantaggio di tempo e denaro. Il futuro della misurazione e regolazione nel processo cartario è rivolto a sistemi caratterizzati da quattro punti principali.

Integrazione: ristretto numero di personale specializzato in grado di controllare l'intero sistema operativo.

Distribuzione: il sistema è articolato in parti ben definite, ognuna delle quali gestita autonomamente e tutte dipendenti dall'unità centrale.

Per esempio il microprocessore comunica con i sensori tramite una linea seriale. I sensori sono dotati di un circuito elettronico che provvede all'autocalibrazione e ad un continuo check-up.

Espandibilità: guardando sempre più al futuro, il sistema dovrà avere la possibilità di aumentare la capacità di elaborazione e memoria e di essere compatibile con le prossime prevedibili tecnologie.

Affidabilità: può essere definito abbinando produttività e qualità e con conseguente fonte di profitto.

Il tutto è rivolto verso un'integrazione dell'intero processo produttivo.