

XVII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2009/2010

Influenza dei pigmenti sulle patine

di Benini Ivan



Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari

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

INDICE

1 - PRINCIPI FONDAMENTALI

- 1.1 - Scopo della patinatura
- 1.2 - Processo di patinatura
- 1.3 - Patinatura a lama
- 1.4 - Composizione delle patine
- 1.5 - I principali pigmenti in uso nelle patine

2 - PROBLEMI DI MACCHINABILITÀ (RUNNABILITY) NELLA PATINATURA A LAMA

- 2.1 - Bleeding secco (whiskering)
- 2.2 - Bleeding umido (weeping)
- 2.3 - Marcature da patinatore

3 - CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEI PIGMENTI E DELLE PATINE

- 3.1 - Fattore di forma
- 3.2 - Distribuzione particellare
- 3.3 – Frazione massica e volumetrica
- 3.4 - Superficie specifica
- 3.5 - Proprietà reologiche
- 3.6 - Ritenzione idrica

1. PRINCIPI FONDAMENTALI

1.1 SCOPO DELLA PATINATURA

L'idea di coprire la superficie di un foglio di carta con una patina contenente particelle di pigmenti naturali di dimensioni molto ridotte, al fine di ottenere una maggiore lucidità ed uniformità di stampa, un grado di bianco più elevato, brillantezza e lisciatura superiore, nasce in Italia intorno agli anni '20. I risvolti economici positivi dell'operazione sono notevoli, al punto che ai nostri giorni sono poche le cartiere che non adottano questa tecnologia.

Oltre a colmare le cavità, la patina deve coprire le fibre più sporgenti; per conseguire questi due obiettivi dell'operazione, esistono diverse tecniche di patinatura, la cui scelta dipende dal risultato finale che si vuole ottenere. Nella patinatura "a livello" viene favorito il riempimento delle cavità, mentre le zone più sporgenti vengono coperte da un film molto sottile.

Nella patinatura "a contorno", al contrario, viene depositato uno strato di patina pressoché costante sull'intera superficie del foglio.

Il principale obiettivo ricercato nella patinatura della carta è l'ottimizzazione delle proprietà superficiali del foglio, con particolare attenzione all'influenza che esse esercitano sulla qualità della stampa.

La patina tende a colmare i pori del supporto e a ridurre quindi le irregolarità superficiali, influenzando l'assorbimento dell'inchiostro da stampa. Viene in questo modo esaltata la capacità di riprodurre piccoli dettagli nelle immagini stampate: **la patinatura aumenta il valore della carta.**

I principali effetti della deposizione di un film di patina sul supporto cartaceo possono essere riassunti come segue:

- aumentano notevolmente levigatezza ed uniformità superficiali;
- diminuisce l'assorbimento dell'inchiostro;
- aumenta la resistenza superficiale e si riduce la tendenza alla formazione di polvere;
- aumenta la lucidità del foglio, soprattutto nelle zone in cui viene applicato l'inchiostro (aumenta il contrasto delle immagini stampate);
- si ha un incremento nell'opacità e luminosità della carta;
- vengono ridotte le proprietà meccaniche e la rigidità del foglio, qualora si confrontino supporti di base e carte patinate dello stesso peso.

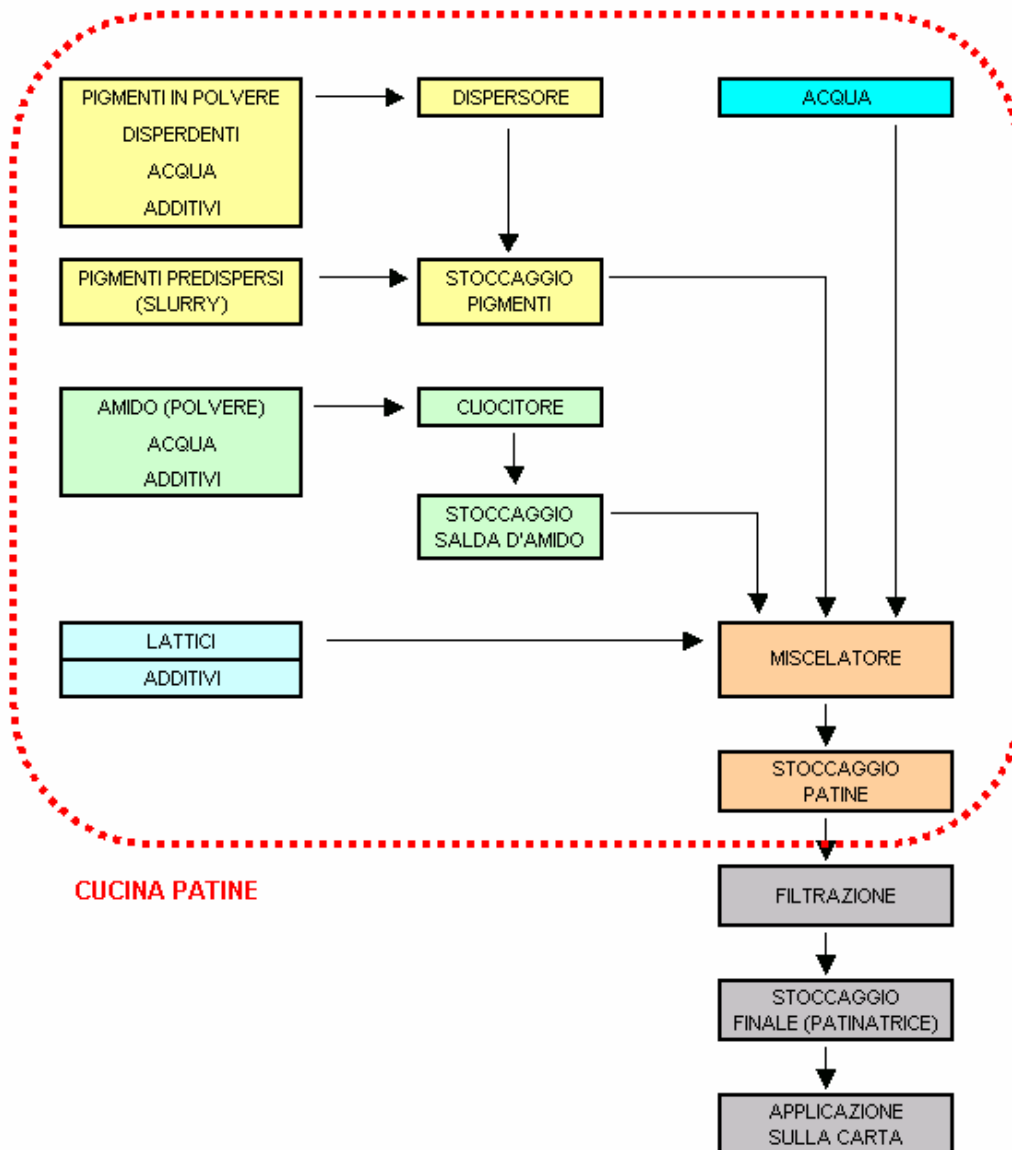
L'entità degli effetti analizzati dipende fortemente dalla formulazione e dalla tecnologia utilizzata per l'applicazione della patina nonché dalla lavorazione finale della carta patinata.

Le caratteristiche del prodotto finito dipendono comunque per l'80 % dalle proprietà del supporto fibroso di base: la patinatura tende in genere ad enfatizzare i difetti della carta, piuttosto che a nasconderli.

1.2 PROCESSO DI PATINATURA

CUCINA PATINE

La produzione della patina avviene in un apposito reparto della linea produttiva di patinatura chiamato "cucina patine", in cui gli elementi costituenti le patine vengono dosati e miscelati. La figura che segue illustra la sua collocazione nel processo produttivo:



La patina può essere prodotta seguendo un processo “batch“ oppure un processo “continuo“. Nel processo batch i vari componenti vengono immessi uno alla volta nei quantitativi desiderati in un serbatoio agitato (dispensore). Si considera ultimata la produzione della patina quando tutti i componenti sono stati miscelati per un tempo adeguato. Nel metodo continuo, molto meno diffuso del batch, i diversi componenti vengono immessi in modo continuo nel miscelatore da cui viene prelevata la patina.

AGGREGATI DI PATINATURA

Il processo di patinatura può essere scomposto in diverse fasi:

1. applicazione della patina sul supporto cartaceo;
2. livellatura della patina;
3. essiccazione della patina applicata;
4. finitura superficiale.

L'ordine delle prime due fasi può variare a seconda dell'aggregato di patinatura utilizzato; la fase di livellatura avviene prima dell'applicazione nelle “MSP“ (*Metered Size Press*). In cartiera un esempio di questo tipo di patinatura è data dal GRIC (*Gate Roll Inverted Coater*) in cui, rispetto alle comuni MSP, è previsto in aggiunta il trasferimento del film di patina pre-livellato da cilindri dosatori esterni a cilindri applicatori interni a contatto con la carta, che scorre dal basso verso l'alto.

La fase di livellatura segue, al contrario, la fase di applicazione nella comune patinatura “a lama”, descritte in dettaglio nel paragrafo seguente.

Dopo aver applicato, livellato ed asciugato lo strato di patina su entrambe le facce del foglio, la carta subisce gli ultimi processi di finitura. Per aumentare lucido e levigatezza delle superfici si ricorre al processo di calandratura, durante il quale, a fronte dell'ottimizzazione delle proprietà superficiali, lo spessore, la rigidità e l'opacità della carta patinata diminuiscono drasticamente.

1.3 PATINATURA A LAMA

SISTEMI DI APPLICAZIONE

- RULLO APPLICATORE

L'applicazione a rullo prevede la presenza di un cilindro metallico rivestito in gomma, immerso per la metà del suo diametro in una vaschetta (anche chiamata bacinella o calamaio) contenente la patina da applicare. Il rullo ruota nel senso di marcia del foglio trascinando la patina verso il nastro di carta; regolando opportunamente la distanza del rullo dalla carta e la velocità di rotazione dello stesso, si controlla il quantitativo di patina dosato, sempre in forte eccesso.

Il tempo di contatto patina-foglio prima che venga raschiato l'eccesso, ovvero la distanza tra rullo applicatore e sistema di livellatura (es. lama), è abbastanza lungo (40-60 cm); mentre la distanza tra cilindro e foglio oscilla fra 0.3 e 1.5 mm.

- APPLICAZIONE A GETTO

Sostituisce gli applicatori a tamburo, permettendo di applicare un film estremamente omogeneo ed uniforme, ottimizzando quindi la distribuzione patina. L'applicazione a spruzzo consente di raggiungere velocità di patinatura elevatissime (fino a 2000 m/min). Posizionato sotto il rullo patinatore, un getto di patina laminare fuoriesce da un labbro (o ugello) avente un'apertura di 0.6-2.0 mm, posizionato ad una distanza variabile tra i 5 e 20 mm dal supporto di carta. La velocità del getto dipende dalla portata di patina alimentata alla testa e dall'ampiezza della fessura del labbro; allo scopo di evitare che l'impatto del getto sul supporto generi spruzzi indesiderati o flussi in direzione opposta alla carta (fenomeni di *reflection* e *back-flow*), è necessario che il nastro di carta abbia una velocità superiore al getto: il rapporto v_{carta}/v_{getto} deve essere compreso tra 2 e 6. In seguito alla differenza di velocità, il getto di patina in uscita dal labbro viene stirato quando entra in contatto con il supporto. Di fondamentale importanza è il controllo dell'angolo di incidenza del getto sul nastro di carta.

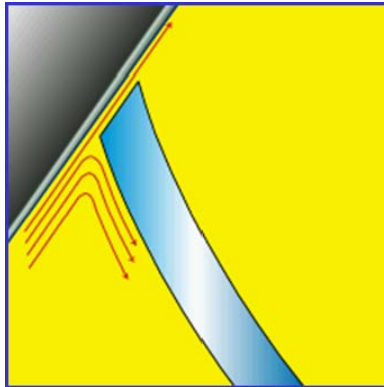
SISTEMI DI LIVELLATURA

- LIVELLATURA A BARRETTA

La livellatura a barretta è un'alternativa alla lama, in cui il film di patina viene regolato tramite un cilindro di diametro limitato, ruotante in verso opposto rispetto al rullo di supporto e quindi alla carta. In seguito alla rotazione, eventuali impurità vengono allontanate dalla carta e quindi eliminate dai filtri nel circuito di ricircolo. La struttura della superficie patinata con la barretta è differente rispetto a quella a lama, manifesta un'ottima copertura, ma presenta un caratteristico aspetto a "buccia d'arancia" soprattutto per alte quantità di patina applicate.

- LAMA RASCHIANTE (stiff-blade)

Può essere definito “assetto lama raschiante” il sistema in cui il bisello della lama e conseguente l’angolo di lavoro della trave siano compresi tra 25° e 45° . In questo caso la regolazione dell’apporto patina avviene mantenendo l’angolo della trave fisso, ed agendo sulla forza esercitata sulla lama (carico lineare) o, in alcuni sistemi (es. Combiblade PMT) sulla pretensione della balestra (lama): diminuendo la pretensione aumenterà l’apporto patina, aumentando la pretensione diminuirà l’apporto patina.



In genere, i profili trasversali di apporto patina sono tenuti sotto controllo attraverso l’azione su un listello deformabile (solitamente la distanza degli attuatori può variare da 80 a 100 mm a seconda del costruttore); per togliere un eccesso di patina localizzato si dovrà avanzare l’attuatore verso il patinatore, viceversa per aggiungere patina si dovrà allontanare l’attuatore.

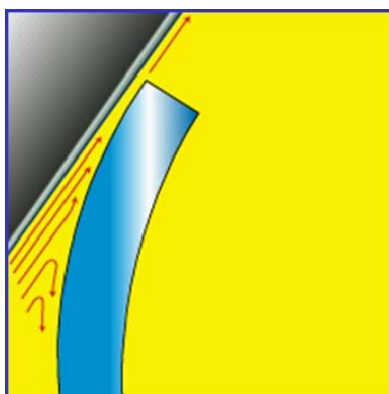
Con queste manovre si va ad aumentare o diminuire la pressione esercitata dalla lama sul supporto patinato. Questo può essere fatto manualmente agendo tramite viti di regolazione, o automaticamente mediante attuatori solidali al listello deformabile.

È evidente che i risultati ottenibili attraverso l’impiego di un sistema automatico sono nettamente superiori a quelli ottenuti tramite la correzione manuale dei profili.

- LAMA LISCIANTE (bent-blade)

La sostanziale differenza iniziale tra i due sistemi è racchiusa nell’angolo di lavoro della trave, che, nell’assetto lisciante, può variare da 16° a 23° . La lama utilizzata in lisciante non presenta in genere alcun bisello; solo negli ultimi sviluppi si è portati a realizzare sulla lama un bisello avente un angolo molto basso, 4° – 5° , al fine di garantire un adeguato avviamento, diminuendo i tempi di rodaggio della lama; occorre ricordare che con la tecnologia lisciante è quasi obbligatorio l’utilizzo di lame con riporti in ceramica o similari per garantire la voluta costanza qualitativa nel tempo.

Differenza fondamentale rispetto alla lama raschiante è rappresentata dalla superficie di contatto, che nel caso della lama lisciante è notevolmente superiore, garantendo così pressioni specifiche sulla carta molto basse.



L'apporto patina in questo assetto è regolato attraverso il movimento dell'angolo di lavoro: per aumentare l'apporto patina si riduce l'angolo, viceversa, per diminuire la patina applicata, si aumenta l'angolo di lavoro della trave.

Queste manovre modificano la superficie di contatto, con variazione della pressione specifica lineare della lama.

Per quanto riguarda la regolazione trasversale dei profili, anche in questo caso il concetto si capovolge rispetto all'assetto raschiante: per togliere un eccesso localizzato l'attuatore dovrà allontanarsi dal patinatore, in questo modo la lama riduce la superficie di contatto aumentando la pressione specifica, viceversa per aumentare l'apporto si dovrà avvicinare l'attuatore, la lama aumenta la superficie di contatto diminuendo la pressione specifica.

L'assetto lisciante permette maggiori applicazioni patina con miglior copertura della superficie.

1.4 COMPOSIZIONE DELLE PATINE

Le patine sono sistemi complessi in cui convivono diversi componenti, tra cui spiccano per importanza i pigmenti. Questi rappresentano l'80 – 90% dei solidi della patina. In una formulazione per la patinatura possono coesistere anche diversi pigmenti di varia natura ed origine. I più comuni sono caolino e carbonato di calcio, sotto forma di particelle di dimensioni inferiori ai 10 micron.

I pigmenti vengono legati tra loro ed al supporto fibroso della carta tramite i leganti, presenti di solito nella patina in quantità pari al 5 – 20 % al secco della formulazione, in funzione principalmente del tipo di stampa cui la carta è destinata: le percentuali maggiori si ritrovano nelle patine per stampa offset, le minori nelle carte per rotocalco. Oltre a svolgere la loro

funzione primaria, i leganti influenzano le proprietà reologiche della patine in misura che dipende dal loro contenuto e dalle loro caratteristiche strutturali.

Leganti comunemente utilizzati sono dispersioni acquose di polimeri sintetici, come i lattici stirene-butadiene (SB), stirene-butadiene-acrilonitrile (SB-ACN) o acrilici; in alternativa o in associazione ai quali vengono solitamente usati polimeri di origine naturale in soluzione, come l'amido, di diversa origine e variamente modificato.

Per modificare la reologia e la ritenzione idrica delle patine vengono utilizzati in aggiunta addensanti polimerici. Questi esercitano in genere un'ulteriore azione legante, e vengono quindi considerati come coleganti; possono avere origine naturale o essere completamente sintetici. Sono presenti nelle patine in percentuali molto ridotte.

Le formulazioni comprendono poi, di norma, diversi additivi aventi svariate funzioni: agenti disperdenti, lubrificanti, agenti ottici, biocidi e stabilizzatori di PH .

L'acqua costituisce un componente essenziale per le patine, in quanto permette di miscelare i vari componenti, mantenere separate le particelle prima della stesura sul supporto cartaceo e, infine, di trasportare ed applicare in modo uniforme la patina, come vedremo in seguito.

Solo successivamente all'evaporazione dell'acqua il film di patina applicato acquista le proprietà volute. La quantità d'acqua contenuta nella patina non deve essere inferiore alla percentuale minima, solitamente attorno al 30 %, necessaria a garantire le volute proprietà reologiche.

Assumendo come riferimento un contenuto di pigmenti minerali pari a 100 unità massiche, formulazioni tipiche di dispersioni per la patinatura della carta sono riportate nella seguente tabella :

		F1	F2	F3	F4
PIGMENTI	CAOLINO			30	
	CARBONATO DI CALCIO FINE		100	70	70
	CARBONATO DI CALCIO GROSSOLANO	100			
	TALCO				30
LEGANTI	LATTICE	6	8	10	6
	AMIDO	12			
ADDITIVI	CMC		0.5	1	
	ADDENSANTE ACRILICO	0.2	0.2	0.1	0.2
		PREPATINA	PATINA TOP MATT (OFFSET)	PATINA TOP GLOSS (OFFSET)	PATINA TOP (ROTOCALCO)

1.5 I PRINCIPALI PIGMENTI IN USO NELLE PATINE

I pigmenti sono il componente principale delle patine, ne determinano quindi buona parte delle proprietà.

La scelta dei pigmenti influirà notevolmente su proprietà e struttura della patina: scegliendo ad esempio un caolino delaminato grossolano, pigmento ad elevato fattore di forma, molto appiattito, si otterrà una superficie patinata opaca e compatta. Scegliendo al contrario il carbonato di calcio come pigmento principale, si conferirà alla patina una struttura porosa, con elevata luminosità superficiale ed alto grado di bianco.

Le caratteristiche di un pigmento ideale per la patinatura sono:

- elevata stabilità chimica, assenza di impurità;
- bassi livelli di solubilità in acqua, scarso adsorbimento superficiale d'acqua;
- alta riflettività a tutte le lunghezze d'onda, ovvero buona luminosità;
- dimensioni delle particelle e distribuzione granulometrica adeguate;
- buona opacità;
- scarsa domanda di leganti, buona compatibilità con gli altri componenti della patina;
- buone proprietà reologiche (buona runnability) in sospensione acquosa, alta disperdibilità;
- alta lucidità e levigatezza superficiali;
- bassa densità;
- abrasività ridotta;
- prezzo contenuto.

Sebbene non esistano pigmenti che soddisfano tutte le qualità elencate, caolino e carbonato di calcio sembrano rispondere a molti dei requisiti richiesti per le patine attualmente in uso.

Le proprietà della patina possono essere modificate variando le proprietà dei pigmenti:

- Lucidità (o “lucido”): aumenta con il fattore di forma e con la diminuzione delle dimensioni delle particelle;
- Opacità: aumenta all'aumentare dell'indice di rifrazione, riducendo le dimensioni delle particelle e riducendo l'ampiezza della banda di distribuzione particellare;
- Luminosità: cresce con il decrescere dell'assorbimento della luce (grado di bianco);
- Porosità-microporosità: aumenta al diminuire del livello di impaccamento e miscelando particelle di forma diversa, aumenta al diminuire della dimensione particellare;
- Copertura superficiale: cresce al diminuire del grado di impaccamento, miscelando diversi pigmenti e diminuendone la densità, cresce al crescere del fattore di forma;
- Viscosità: cresce riducendo il livello di impaccamento.

Caolino

Il caolino viene usato in modo diffuso come pigmento di carica (filler) e nella patinatura superficiale per la forma appiattita delle particelle, il colore bianco o quasi bianco e la facilità con cui può essere ridotto in particelle molto fini.

I giacimenti di caolino attualmente sfruttati per l'estrazione di pigmenti si trovano in Georgia (U.S.A.), in Cornovaglia (UK) ed in Brasile (sulle rive del fiume Capim). Esistono poi riserve naturali di caolino in Germania, Ucraina, Australia e Cina.

I giacimenti di caolino sono classificati come "primari" e "secondari". I caolini primari derivano da alterazioni termo-meccaniche di rocce granitiche, e si ritrovano, nelle regioni in cui si sono formati, associati alla matrice di base non trasformata.

I caolini secondari sono stati trasportati dall'acqua e depositati per sedimentazione, sono quindi più puri rispetto ai caolini primari. Per l'estrazione dei minerali primari vengono usati potenti getti d'acqua che sgretolano la matrice granitica; la sospensione ottenuta passa poi in classificatori a spirale e idro-cycloni per separare le particelle indesiderate. Seguono quindi una serie di trattamenti chimico-fisici per la raffinazione dei pigmenti grezzi.

Il caolino subisce spesso trattamenti termo-chimici di calcinazione per aumentare le proprietà ottiche; attraverso l'agglomerazione delle particelle ultra fini (<0,3 micron) si ottiene la creazione di porosità interne, con esaltazione della luminosità ed opacità del pigmento.

Dispersioni concentrate di caolino manifestano una buona ritenzione idrica: l'elevato fattore di forma, soprattutto nei caolini primari, porta infatti alla creazione di camini molto tortuosi per l'acqua che impiega così molto tempo a raggiungere le zone superficiali.

Patine contenenti alte percentuali di caolino ed adeguati quantitativi di addensanti avranno ottimi valori di ritenzione idrica.

Le caratteristiche del caolino possono essere riassunte come segue:

- alto fattore di forma
- colore bianco o quasi bianco
- grande lucidità
- buona copertura
- buona ritenzione idrica

Carbonato di calcio

Il carbonato di calcio naturale si trova come minerale calcite in molte formazioni rocciose (gesso, calcare e marmo) sotto forma di cristalli romboedrici individuali.

La macinazione del carbonato di calcio naturale può avvenire per via secca o per via umida; in genere i giacimenti di carbonato contengono meno del 4 % di impurità da rimuovere.

Attualmente più del 90% del carbonato di calcio utilizzato dell'industria cartaria viene approvvigionato sotto forma di "slurry" (dispersione acquosa) in quanto questo comporta una serie di vantaggi rilevanti :

- risparmio energetico,
- assenza di polveri,
- facilità di pompaggio,
- limitato ingombro di volume,
- applicabilità diretta.

Il carbonato di calcio naturale (GCC - *ground calcium carbonate*) mostra un ottimo comportamento reologico in virtù principalmente della forma cristallina romboedrica. Prove sperimentali indicano che l'aggiunta di GCC ad una dispersione di caolino porta ad una netta riduzione della viscosità di taglio.

L'utilizzo di GCC nella patinatura consente quindi attualmente di aumentare il livello di solidi delle patine senza dover ridurre la velocità di macchina.

L'utilizzo di carbonato di calcio precipitato (PCC – *precipitated calcium carbonate*) in assenza di lubrificanti, può invece portare a problemi di runnability (macchinabilità) per le scarse proprietà reologiche. Il PCC, ottenuto tramite una sequenza di operazioni chimico-fisiche, si presenta in genere sotto forma di cristalli aciculari di aragonite ad alto fattore di forma, con una distribuzione granulometrica piuttosto stretta. Manifesta una buona ritenzione idrica, ottima opacità ed un'elevatissima luminosità. In dispersione presenta livelli di viscosità intermedi tra il carbonato di calcio ed il caolino. La lucidità superficiale ottenibile con patine contenenti carbonato di calcio da cava e carbonato di calcio precipitato dipende fortemente dalle dimensioni delle particelle usate; tale dipendenza risulta molto più marcata dell'analoga riscontrabile per patine ad alta percentuale di caolino. I livelli di lucidità ottenibili con carbonato sono comunque limitati rispetto ai valori cui giungono patine di caolino.

Luminosità ed opacità del film sono influenzate dal materiale roccioso da cui proviene il carbonato: i livelli massimi di luminosità sono raggiunti per il carbonato di calcio provenienti dal marmo, i minimi dal gesso. In genere la luminosità del carbonato raggiunge valori molto elevati, quindi l'uso di carbonato di calcio porta a patine ad alto livello di grado di bianco.

Riassumendo, i fattori che portano ad utilizzare carbonato di calcio come pigmento sono:

- ottime proprietà reologiche,
- buona runnability,
- possibilità di aumentare il secco patina: risparmio energetico,
- domanda di legante inferiore rispetto al caolino,
- alta luminosità, con maggiore efficienza degli agenti ottici,
- buone qualità di stampa.
-

Inoltre tra tutti i pigmenti disponibili sul mercato, il carbonato di calcio mostra attualmente il miglior rapporto tra performance e prezzo.

ALTRI PIGMENTI

Biossido di titanio

Il biossido di titanio è il pigmento più costoso utilizzato in patinatura, per questo motivo trova un utilizzo molto limitato. Si tratta di un pigmento sintetico ottenuto da un lungo processo di lavorazione di materie prime pregiate, trattate chimicamente (processo al “solfato” o al “cloruro”). Presenta un indice di rifrazione molto alto: in virtù di questa proprietà viene utilizzato assieme agli altri minerali in percentuale compresa tra il 5 e il 10% con lo scopo di raggiungere livelli di bianco, luminosità ed opacità altrimenti impossibili da raggiungere con l'utilizzo di altri pigmenti.

Talco

Pigmento al elevatissimo fattore di forma, trova largo impiego soprattutto nella carta destinata a processi di stampa rotocalcografici, dove si ricerca una copertura superficiale ed una opacità ottimali con applicazioni patina limitate. A causa della scarsissima affinità con l'acqua e dell'elevato fattore di forma, dispersioni e patine contenenti talco presentano una limitata stabilità meccanica e proprietà reologiche decisamente scadenti che ne limitano l'utilizzo ad applicazioni di nicchia.

Gesso

Il gesso, ottenuto per macinazione, ha forma e distribuzione granulometrica simile al carbonato di calcio naturale. Trova quindi applicazioni simili in special modo nella carta patinata per stampa offset. Il gesso ha basso peso specifico, elevata brillantezza ed una buona stampabilità; inoltre esalta l'effetto degli imbiancanti ottici impiegati. Trova impiego piuttosto limitato a causa dell'elevata solubilità in acqua, se confrontato con altri pigmenti usati nell'industria cartaria.

2. PROBLEMI DI MACCHINABILITÀ (*RUNNABILITY*) NELLA PATINATURA A LAMA

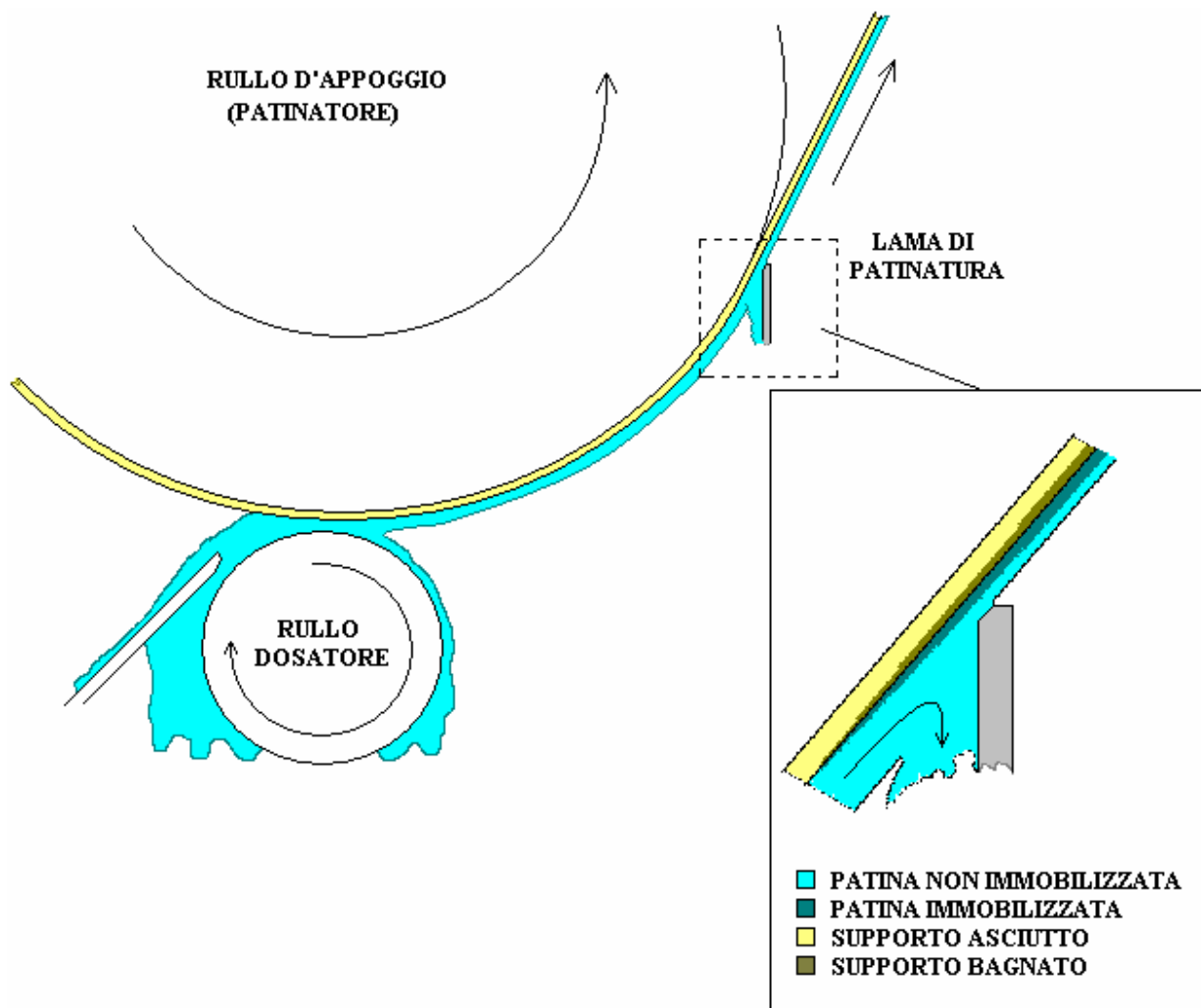
Con il termine “macchinabilità” (*runnability*) si intende nel settore cartario l’idoneità di un prodotto a soddisfare le esigenze di efficienza produttiva e costanza qualitativa del processo che ne prevede l’utilizzo. Per il processo di patinatura, supporto e patina devono essere idonei a soddisfare la piena efficienza della patinatrice garantendo la qualità voluta.

Tralasciando la formazione di righe in uscita dalle lame, originate spesso da impurità o contaminanti presenti nei circuiti patina finali o sulla superficie del supporto in ingresso agli aggregati di patinatura, esistono alcune problematiche che sovente compromettono qualità e produttività del processo di patinatura a lama e possono essere risolte, o quantomeno mitigate, attraverso un’opportuna ottimizzazione della formulazione patina.

Un’adeguata scelta della miscela di pigmenti può consentire la riduzione di fenomeni quali:

1. bleeding secco (*whiskering*)
2. bleeding umido (*weeping* - tracimazione patina)
3. marcature da patinatore

I tre fenomeni sopra elencati si manifestano in uscita dalle lame di patinatura, ovvero nei punti indiscutibilmente più critici dell’intero processo, relativamente agli stress meccanici cui la patina viene sottoposta.



Analizziamo brevemente i fenomeni macroscopici che avvengono sotto lama, tralasciando l'eventuale instaurarsi di flussi turbolenti o di fenomeni di segregazione e “*wall-slippage*” (slittamento alla parete), tipici delle dispersioni soggette ad intensi campi di moto. Per la trattazione analitica rimando alle note sulla reologia nel glossario.

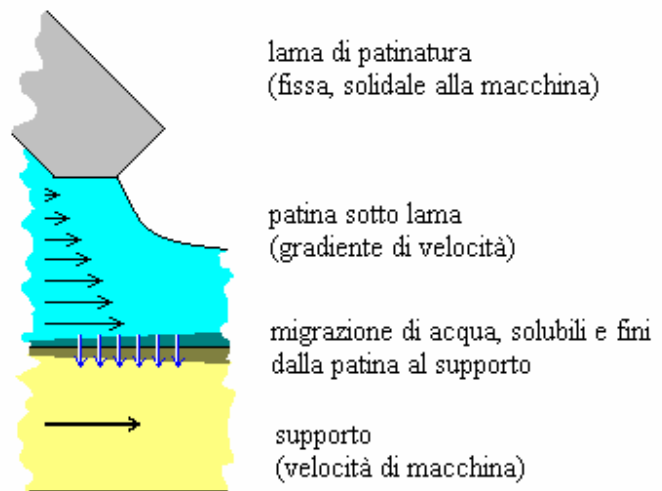
Ora, non appena entrata in contatto con il pannello fibroso, più o meno prepatinato, la patina inizia a cedere acqua, sostanze in soluzione e componenti dispersi ultra-fini, formando a contatto con il supporto uno strato di patina immobilizzata (*filter cake* – patina al punto di impaccamento). Il drenaggio d'acqua dipende non solo dalle proprietà di supporto e patina, ma anche da parametri legati al tipo di aggregato di patinatura in uso, come ad esempio la pressione esercitata nella fase di applicazione ed il “tempo di contatto”, ovvero il lasso temporale che intercorre tra le fasi di applicazione e livellatura.

Nell'intervallo che intercorre tra applicazione, effettuata tramite rullo o getto, e la lama di patinatura, la patina viene trascinata dalla carta, muovendosi solidale con essa. Il film di patina acquisisce quindi la velocità della carta.

Quando il film di patina incontra la lama, si trova vincolata tra una barriera fissa, solidale alla macchina, e la carta; si instaura nel film di patina compreso tra supporto e lama un fortissimo gradiente di velocità, da 0 m/min (lama) alla velocità di macchina (es. 1000 m/min), sviluppato in uno spazio estremamente sottile (circa 10-20 μm a seconda della quantità di patina applicata). Si raggiungono velocità di deformazione dell'ordine di 10^5 - 10^6 s^{-1} .

Per consentire lo sviluppo di un simile gradiente di velocità è necessaria l'applicazione di uno "sforzo" tangenziale di notevole entità, generato dalla forza impressa sulla lama di patinatura.

In queste condizioni di moto, la patina viene completamente destrutturata, a contatto con un supporto igroscopico che ne assorbe la fase disperdente. Diventa di fondamentale importanza il controllo del comportamento reologico ad alte velocità di deformazione e della ritenzione idrica della patina in condizioni dinamiche.

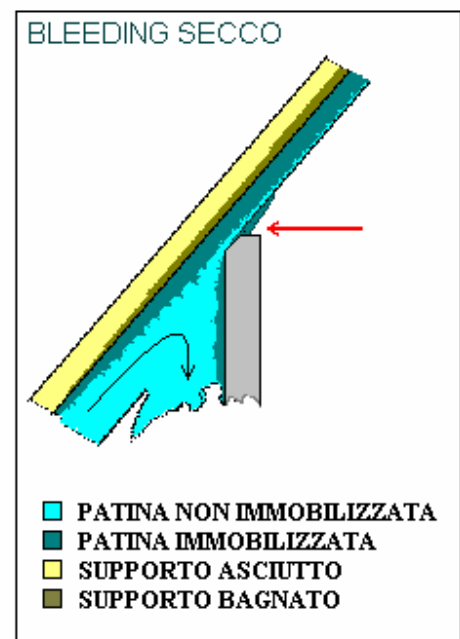


2.1 BLEEDING SECCO (WHISKERING)

Il bleeding secco è un fenomeno estremamente comune nella patinatura a lama in assetto raschiante, soprattutto quando si applicano patine a secchi medio-elevati su supporti piuttosto assorbenti.

Nei casi in cui:

- la cessione della fase disperdente verso il supporto (disidratazione della patina) è molto veloce, con formazione di un pannello molto voluminoso di patina immobilizzata a contatto con il supporto, nelle fasi che precedono l'incontro con la lama di patinatura;
- la formulazione patina è tale da raggiungere il punto di impaccamento per concentrazioni volumetriche molto basse, non molto discoste dal valore di preparazione;



○ si ha la necessità di applicare un quantitativo di patina molto limitato, a secchi medio alti; può accadere che la lama inizi ad entrare in contatto con patina già parzialmente consolidata. Questa ha la tendenza ad accumularsi sulla punta della lama, dando origine alla formazione di “bave secche o stalagmiti” (*bleeding secco*) che crescono di minuto in minuto. Raggiunta una dimensione critica, le bave si staccano.

Nei casi migliori, vengono proiettate verso l'esterno del porta-lame; accade tuttavia che queste possano talvolta essere trascinate dalla carta aderendo alla superficie patinata. Quando il fenomeno di trascinamento avviene su carte lucide, destinate alla calandratura, si assiste alla “picchettatura” delle presse elastiche di calandra, sulle quali apparirà l'impronta delle stalagmiti depositate sulla superficie del foglio patinato.

In genere, il *bleeding secco* può essere ridotto a livello industriale:

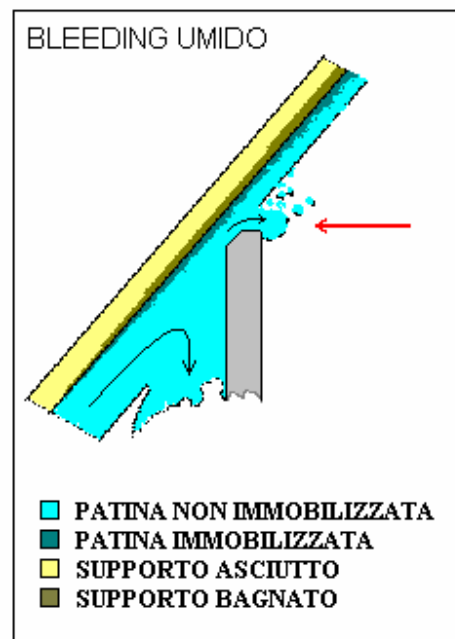
- incrementando la ritenzione idrica della patina: si può agire sulla fase dispersa tramite, ad esempio, la modifica della PSD della base pigmento (introduzione di particelle fini) o sulla fase disperdente, addizionando ad esempio polimeri solubili che ne incrementino il livello di viscosità (es. amido);
- allontanandosi dal punto di impaccamento della patina alimentata: questo è possibile tramite la modifica della PSD (ampliando la curva di distribuzione particellare) o della concentrazione volumetrica in fase di preparazione (riduzione del secco patina);
- riducendo l'assorbimento del supporto in alimentazione alla testa di patinatura;
- incrementando l'applicazione patina.

2.2 BLEEDING UMIDO (*WEEPING*)

In presenza di patine aventi un notevole livello di viscosità sotto lama (ad esempio, formulazioni a carattere dilatante), in associazioni agli sforzi tangenziali, si assiste allo sviluppo di forti sforzi normali, perpendicolari al nastro di carta.

Quando gli sforzi normali sviluppati sono di tale entità da non poter essere assorbiti dal sistema, si assiste alla risalita della patina sul retro della lama.

La patina, ancora umida, inizia a formare “lacrime” (*weep*) sull'esterno della lama; nei casi più eclatanti, se viene incrementata la velocità di macchina in presenza di *bleeding umido* senza intervenire sulla geometria di lavoro o sulla formulazione patina, si assiste a fenomeni di



“*spraying*”, con fuoriuscita corposa di patina umida nebulizzata sul porta-lame.

Il fenomeno viene esaltato in presenza di supporti in entrata alle teste di patinatura già molto stuccati e lisci, oppure quando viene processato supporto molto freddo, avente limitate capacità di assorbimento e trascinamento della patina.

Il fenomeno è fortemente influenzato dalla geometria di lavoro della lama. E’ possibile provocare l’insorgere del bleeding umido riducendo l’angolo di incidenza della lama (assetto raschiante), fino a costringerla a lavorare “di tacco”. In questo caso, la risalita della patina sul dorso della lama avviene anche in assenza di criticità legate alle proprietà reologiche della formulazione.

In presenza di bleeding umido, la qualità superficiale risulta fortemente compromessa dalla presenza di sbavature positive, caratterizzate da un eccesso di applicazione, più o meno allungate (“*aghi di patina*”), diffuse in modo disordinato sulla superficie, dovute al trascinamento da parte del foglio di carta delle goccioline di patina umida estruse dalla lama.

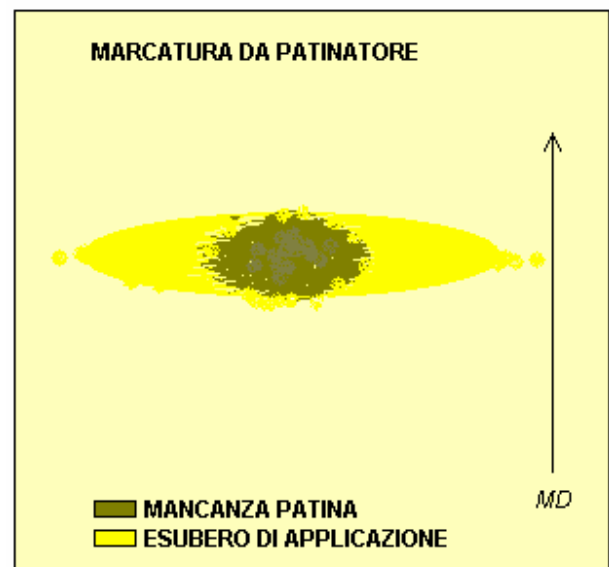
In generale, una volta verificate le corrette impostazioni geometriche della trave, è possibile ridurre il fenomeno di bleeding umido:

- riducendo la viscosità della patina ad alte velocità di deformazione, attraverso la modifica della PSD della dispersione (riduzione della quota fine e/o ampliamento della PSD) o modificando tipo e dosaggio di addensante in utilizzo;
- diluendo la patina, al fine di ridurre il livello di viscosità sotto lama;
- incrementando rugosità superficiale o temperatura del supporto in entrata alla testa di patinatura.

2.3 MARCATURE DA PATINATORE

Le “*marcature da patinatore*” sono un fenomeno associato al deposito sul cilindro patinatore elastico (*backing roll*) di materiale estraneo, solitamente costituito da patina essiccata.

Sono caratterizzate da una zona di mancanza patina, di dimensioni riconducibili al deposito sul patinatore, spesso associata ad una sbavatura trasversale con eccesso di applicazione ai lati della marcatura (classico “*occhio di pesce*”).



Quando, a seguito della rotazione del patinatore, la zona interessata dal deposito si trova a passare sotto alla lama, lo spessore maggiore ingenerato localmente dal deposito stesso nel nip tra lama e patinatore, occupato in condizioni normali dalla sola carta, porta ad una maggior asportazione del film di patina umido applicato (zona di mancanza patina). In caso di depositi molto voluminosi, l'impulso generato da questo pannello maggiorato sulla lama ne porta ad un istantaneo allontanamento puntuale, con generazione dei "baffi" trasversali di eccesso di applicazione descritti.

Data la fenomenologia, la periodicità delle marcature corrisponde con lo sviluppo della circonferenza del patinatore sporco e ne identifica immediatamente l'origine.

Negli aggregati di patinatura a lama, l'afflusso di patina sui bordi viene limitato attraverso l'impiego di sistemi di "mascheratura", onde evitare che la patina sia applicata direttamente sul rullo patinatore, sporcandolo. La mascheratura deve entrare all'interno del formato carta, portando alla mancanza di applicazione patina sui bordi (da pochi millimetri in assetto raschiante, fino a 2-4 cm in assetto lisciante). Ai bordi, sono inoltre predisposti spruzzi d'acqua sul patinatore per mantenere un'adeguata pulizia e lubrificazione.

Le lame di patinatura tendono ad erodersi per abrasione meccanica durante il loro esercizio. Sui bordi, là dove la lame viene in contatto diretto con il supporto non patinato, l'abrasione è più forte rispetto all'area patinata, venendo a mancare l'azione di lubrificazione esercitata dalla patina. Ne consegue un progressivo deterioramento delle lame localizzato sui bordi.

L'usura delle lame sui bordi porta ad una scadente azione di rimozione della patina nella zona di confine del formato, tra area patinata e area non patinata, portando ad un maggior trascinarsi di patina in questa area.

La patina trascinata in eccesso, se non essiccata nei tempi dovuti, porta inevitabilmente allo sporcamento dei cilindri a contatto con il lato patinato, a valle della fase di applicazione. Da qui la formazione di grumi e marcature. Fonte principale di eventuali depositi di patina sul patinatore sono infatti i bordi del nastro di carta, dai quali capita sovente di avere proiezioni di impurità verso il centro del formato. Questo spiega perché nella maggior parte dei casi le marcature da patinatore si formano nei primi 50 cm dai bordi.

Il fenomeno viene gestito in genere stringendo il formato patinato attraverso lo spostamento dei mascheratori, fino al limite meccanico consentito. Tuttavia, l'operazione porta inevitabilmente ad una diminuzione del formato utile, quindi ad una possibile perdita di produttività. Raggiunto il limite meccanico sulla corsa dei mascheratori, a fronte di problemi di pulizia dei bordi, risulta inevitabile cambiare le lame di patinatura, recuperando il formato utile originale.

Parametri fondamentali per il controllo del fenomeno "marcature da patinatore" sono la gestione:

- degli spruzzi sui bordi
- del sistema di mascheratura

- della ritenzione idrica della patina

Un eccesso di bagnatura dei bordi da parte degli spruzzi, qualora associato ad un alto livello di ritenzione idrica della formulazione applicata, può portare all'impossibilità di essiccare adeguatamente la patina trascinata sui bordi. Come descritto in precedenza, la patina non perfettamente consolidata può aderire sui cilindri a valle dell'aggregato di patinatura portando allo sporciamento della macchina.

Una volta verificate le corrette impostazioni della testa di patinatura, il fenomeno può essere limitato riducendo la ritenzione idrica della patina, agevolandone in questo modo l'asciugamento, attraverso:

- la riduzione della superficie specifica della dispersione, ottenuta tramite la diminuzione della quota ultrafine (modifica della PSD) o del fattore di forma dei pigmenti (introdurre carbonato di calcio GCC al posto del caolino delaminato);
- la riduzione di coelegganti in soluzione (es. amido) che possano incrementare la viscosità della fase disperdente, da sostituire con addensanti acrilici che portano al raggiungimento veloce del punto di immobilizzazione.

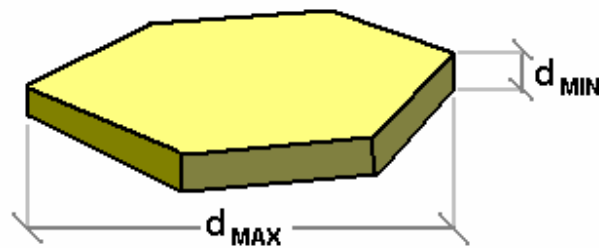
3. CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEI PIGMENTI E DELLE PATINE

3.1 FATTORE DI FORMA

Con il termine “fattore di forma” (*shape factor*) o “indice di forma” vengono indicate nei vari ambiti della fisica proprietà morfologiche differenti.

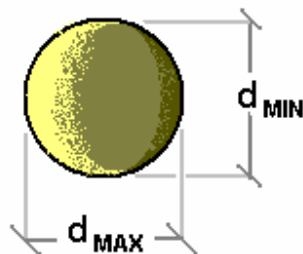
In riferimento alle dispersioni di pigmenti, si è soliti indicare con “fattore di forma” la proprietà fisica adimensionale:

$$f = \frac{d_{MAX}}{d_{MIN}}$$



dove d_{MAX} e d_{MIN} indicano rispettivamente le dimensioni massime e minime caratteristiche delle singole particelle costituenti la dispersione, come illustrato nel disegno schematico.

Il valore minimo del fattore di forma è raggiunto per particelle perfettamente sferiche, per cui $f = 1$:



$$f = \frac{d_{MAX}}{d_{MIN}} = 1$$

Ne deriva che sarà sempre $f \geq 1$.

Il fattore di forma delle particelle che costituiscono i pigmenti utilizzati in patina ha una forte influenza sulle principali caratteristiche delle patine, prima, durante e dopo la loro applicazione sul supporto fibroso:

- proprietà reologiche
- domanda di legante
- ritenzione idrica
- porosità superficiale
- coprenza e opacità
- proprietà ottiche

3.2 DISTRIBUZIONE PARTICELLARE

Parametro fondamentale per la caratterizzazione delle dispersioni di pigmenti utilizzate nella patinatura della carta è la cosiddetta “distribuzione dimensionale delle particelle” (*particle size distribution – PSD*).

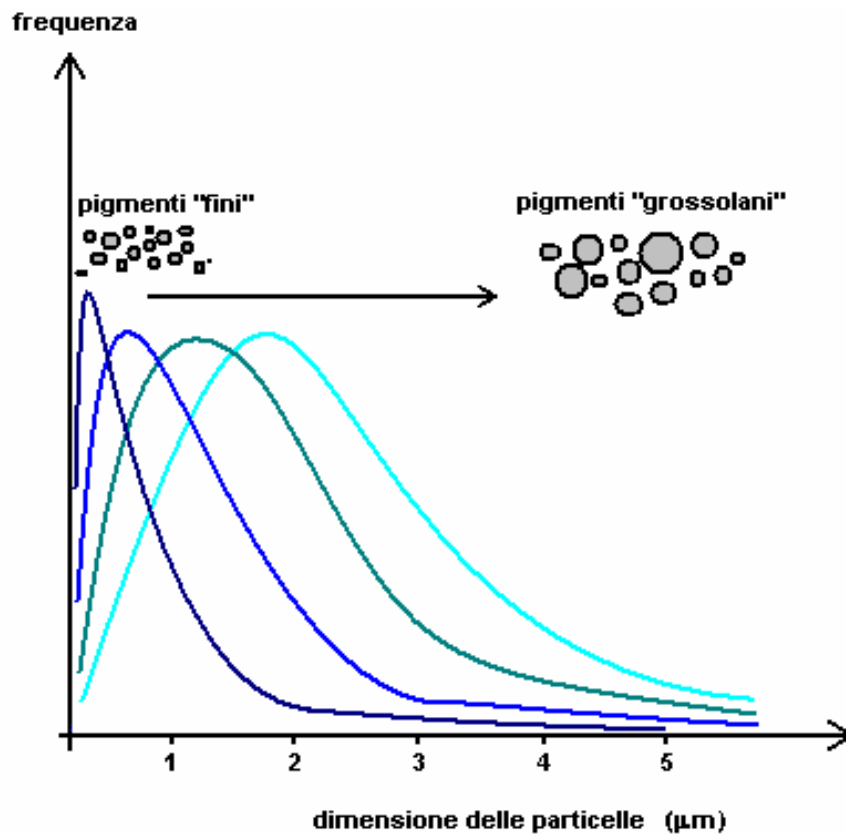
La PSD prende in considerazione tutte le particelle costituenti la dispersione, dando una chiara indicazione della ripartizione dimensionale delle stesse. La PSD non si riferisce quindi alla forma delle particelle, bensì alla loro dimensione.

Dalla PSD, così come dal “fattore di forma”, dipendono tutte le proprietà delle patine:

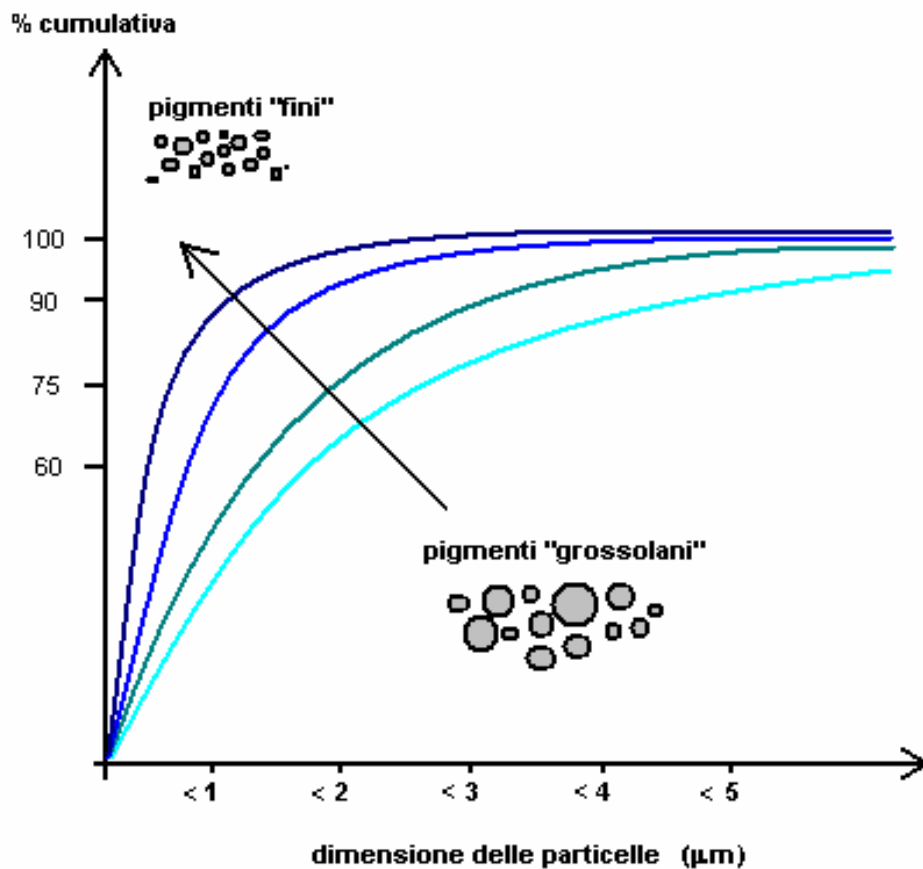
- proprietà reologiche
- domanda di legante
- ritenzione idrica
- porosità superficiale
- coprenza e opacità
- proprietà ottiche

In genere, la PSD può venire rappresentata come

- “**curva di frequenza**”: consente una immediata verifica della distribuzione dimensionale, dando la possibilità di analizzare ogni “taglio” (ovvero, ogni intervallo dimensionale) della dispersione. La comparazione delle curve di frequenza mette subito in luce in modo intuitivo differenze di “finezza” tra diverse dispersioni:



- “**curva di frequenza (o percentuale) cumulativa**”: riporta la curva relativa alla percentuale di particelle inferiori al diametro riportato in ascissa. Il concetto è meno intuitivo; da un’idea di dove “globalmente” si posizionano le dimensioni delle particelle che costituiscono la dispersione, ne conteggia il contributo “cumulativo”:



Come evidente, la PSD è una “curva”, non un “numero”; ad essa sono tuttavia in genere associati dei numeri caratteristici, che ne definiscono alcuni punti particolari.

Facendo diretto riferimento alla curva cumulativa, commercialmente, le dispersioni di pigmenti sono infatti associate ad un valore caratteristico (60 – 75 – 90 – 99) che ne indica la percentuale avente dimensioni (“raggio equivalente”) inferiori ai 2 µm.

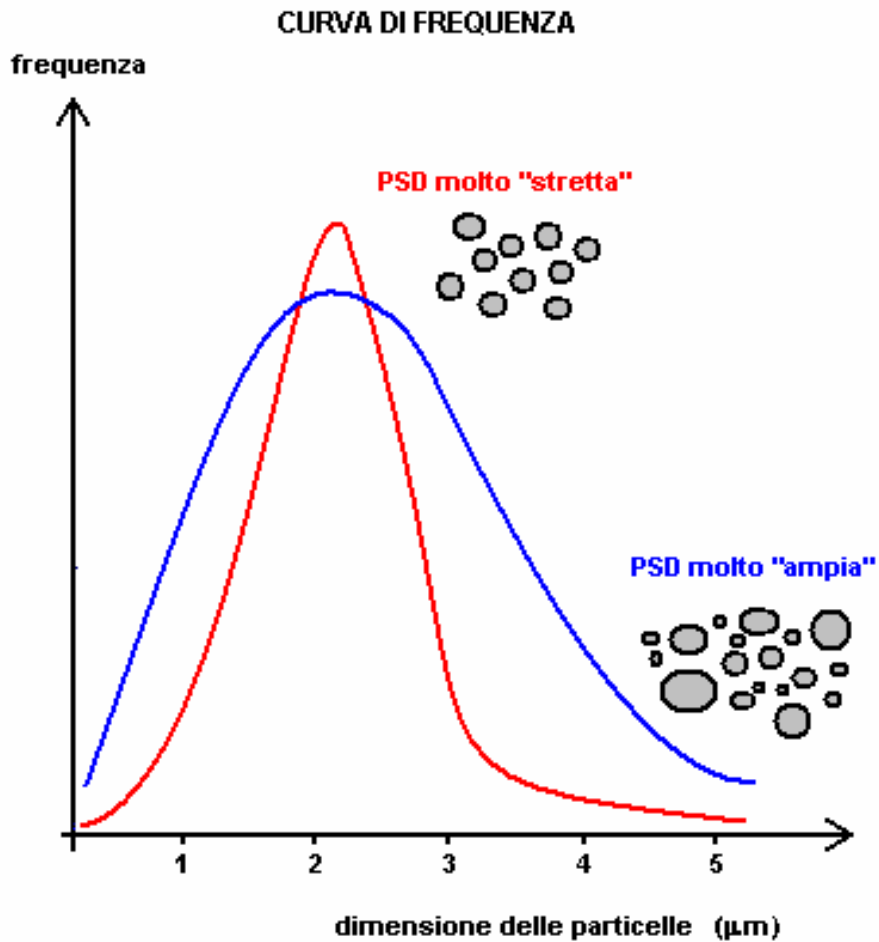
Un carbonato “60” (60% <2 µm) sarà quindi più grossolano di un carbonato “90” (90% <2 µm).

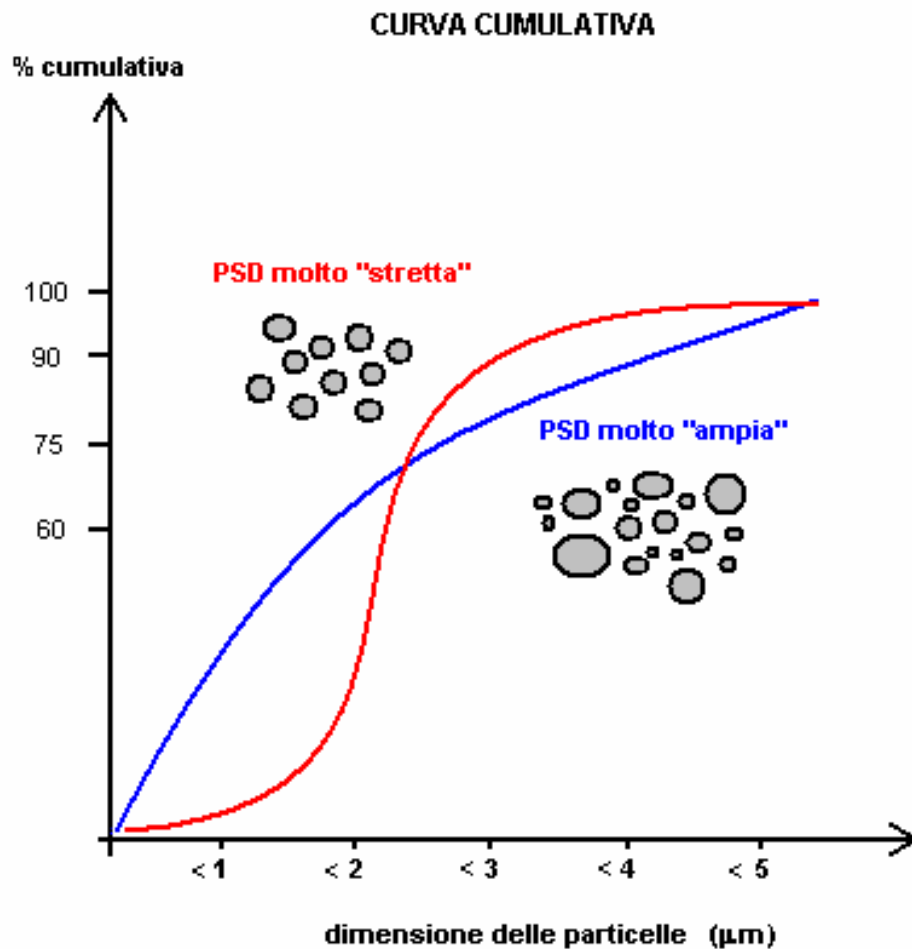
Si osservi che l’analisi delle curve di distribuzione particellare non mette in luce solamente il “diametro medio” delle particelle. Aiuta al contrario a valutare l’“ampiezza” della distribuzione:

- I. dispersioni a distribuzione molto “stretta” sono costituite preponderantemente da particelle aventi dimensioni prossime al valore medio;
- II. dispersione a distribuzione molto “ampia”, al contrario, vedranno la coesistenza di particelle di dimensioni disparate, anche molto discoste dal valore medio (molte particelle più fini e molte particelle più grossolane rispetto alla dimensione media).

L'ampiezza della curva di distribuzione particellare ha un'influenza fondamentale sul "grado di impaccamento" della dispersione.

Esistono in commercio dispersioni di pigmenti a diversa ampiezza, studiate per conferire proprietà particolari alla carta (es. alta opacità) dopo l'applicazione della patina.





3.3 FRAZIONE MASSICA E VOLUMETRICA, IMPACCAMENTO E GRADO DI VUOTO

Frazione massica

Parametro fisico importante nella descrizione delle dispersioni di pigmenti e delle patine ottenute dalla loro miscelazione con leganti, coleganti ed additivi è la “**frazione massica**”, solitamente chiamata “secco percentuale” **S%** della dispersione. Si tratta semplicemente del rapporto percentuale tra la massa solida (frazione dispersa + frazione solubile) e la massa totale della dispersione:

$$S\% = \frac{m_{\text{SOLIDI}}}{m_{\text{TOTALE}}} \times 100$$

Data la facilità con cui è possibile ottenerne una stima, attraverso, ad esempio, l'impiego di bilance IR o di una normale micro-bilancia associata ad una stufa per l'essiccamento dei campioni, la verifica del secco percentuale viene effettuata frequentemente nel controllo di processo della fase di patinatura.

Frazione volumetrica

Parametro fisico fondamentale per la comprensione del comportamento delle dispersioni è la cosiddetta “**frazione volumetrica**” $V\%$, spesso trascurata per l'intrinseca difficoltà di misura, grandezza fisica rappresentativa dell'ingombro sterico delle particelle disperse.

Si tratta analiticamente del rapporto percentuale tra il volume occupato dai solidi (dispersi + disciolti) ed il volume totale della dispersione:

$$V\% = \frac{V_{\text{SOLIDI}}}{V_{\text{TOTALE}}} \times 100$$

La frazione volumetrica percentuale è legata al secco percentuale da una semplice correlazione in cui intervengono le densità dei singoli componenti.

Alcune delle principali caratteristiche delle patine prima e durante la loro applicazione sul supporto fibroso:

- proprietà reologiche
- ritenzione idrica

dipendono fortemente dalla frazione volumetrica $V\%$ e non dalla frazione secca $S\%$, come erroneamente asserito in molte pubblicazioni.

Punto di impaccamento

Viene definito come “**punto di impaccamento**” la frazione volumetrica massima $V\%_{\text{MAX}}$ in cui le particelle disperse sono a contatto tra loro e non è più possibile alcun flusso all'interno della dispersione, essendo insufficiente la fase disperdente (in genere costituita da acqua). Nelle patine, il punto di impaccamento corrisponde al “punto di immobilizzazione” reologico. Al fine di garantire buone macchinabilità, è doveroso preparare le formulazioni patina ad una frazione volumetrica nettamente inferiore al punto limite di impaccamento.

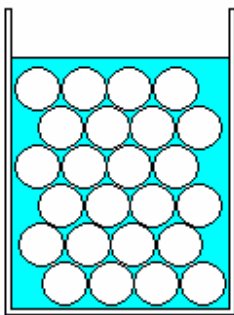
Grado di vuoto

Si definisce poi il “**grado di vuoto**” o “porosità” di una dispersione:

$$\varepsilon\% = 100 - V\%_{\text{MAX}}$$

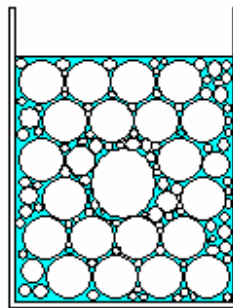
indice del volume minimo di fase disperdente imprigionato dai solidi dispersi quando viene raggiunto il punto di impaccamento. Rappresenta il quantitativo minimo d’acqua sotto il quale non è possibile alcun moto reciproco tra le particelle costituenti la dispersione.

Il punto di impaccamento di una dispersione dipende essenzialmente dalla sua distribuzione particellare (*PSD*): distribuzioni particellari ampie avranno un elevato punto di impaccamento (basso grado di vuoto), al contrario, distribuzioni particellari strette avranno un basso punto di impaccamento (alto grado di vuoto o porosità):



PSD STRETTA

- basso punto di impaccamento
- alto grado di vuoto



PSD AMPIA

- alto punto di impaccamento
- basso grado di vuoto

Da quanto sopra, risulta evidente che:

1. patine con pigmenti a PSD stretta potranno essere prodotte ad un secco % massimo inferiore rispetto a patine realizzate con dispersioni a PSD ampia;
2. a parità di frazione volumetrica, patine contenenti dispersioni a PSD ampia avranno un quantitativo di acqua “libera” (ovvero non imprigionata nei vuoti interstiziali) decisamente superiore rispetto alle dispersioni a PSD stretta. Ne consegue che, mantenendo costanti gli altri parametri fisici presi in esame, patine a PSD ampia avranno un comportamento reologico migliore (minore viscosità sotto lama).

3.4 SUPERFICIE SPECIFICA

La superficie (o area) specifica A_S è definita come il rapporto tra l'area superficiale totale (A_{TOT}) ed il volume complessivo (V_{TOT}) occupato dalle particelle dei pigmenti:

$$A_S = \frac{A_{TOT}}{V_{TOT}}$$

Prendendo in considerazione una singola particella si avrà:

$$A_S = \frac{A_p}{V_p}$$

Se ora pensiamo ad una particella sferica di raggio r , risulta:

$$A_S = \frac{3}{r}$$

$$\left(A_p = 4\pi r^2 \quad ; \quad V_p = \frac{4}{3}\pi r^3 \right)$$

Da questa equazione emerge che al crescere della dimensione delle particelle, si ha una riduzione dell'area specifica: dispersioni di pigmenti fini avranno superfici specifiche superiori rispetto ai pigmenti grossolani.

E' semplice poi dimostrare che la superficie specifica dipende fortemente dal fattore di forma delle particelle: al crescere del fattore di forma, cresce la superficie specifica.

Ora, dal momento che le interazioni tra le particelle avvengono in dispersione per lo più a livello superficiale, ne deriva che alte superfici specifiche porteranno ad alte interazioni superficiali.

Dalla superficie specifica dipendono fortemente proprietà importanti quali:

- proprietà reologiche
- ritenzione idrica
- domanda di legante

3.5 PROPRIETÀ REOLOGICHE

Nell'affrontare il complesso tema delle “proprietà reologiche” delle dispersioni di pigmenti e delle patine per l'industria cartaria, vengono generalmente presi in considerazione due gruppi macroscopici di proprietà:

1. proprietà di flusso
2. viscoelasticità

Non sono in genere contemplate le proprietà inerenti la sfera “estensionale”, tipica dei fusi o delle soluzioni polimeriche. Solo dopo l'introduzione dei sistemi applicativi “a cortina” (*courtain coater*), sono iniziati gli studi estensionali sulle formulazioni patina.

Pur restando nell'ambito delle “proprietà di flusso”, non è negli intendimenti di questo lavoro analizzare la derivazione analitica dei concetti fisici di “sforzo di taglio” τ , di “velocità di deformazione” $\dot{\gamma}$ e della relazione che li lega

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (*)$$

per la quale rimando ad altri lavori (vedi le note bibliografiche).

In questo breve studio sono stati presi in considerazione unicamente gli aspetti legati alla macchinabilità (*runnability*), con particolare riferimento alle fasi finali dell'applicazione patina e della livellatura operata dalle lame di patinatura

Nell'analisi dell'influenza dei parametri caratteristici delle dispersioni (fattore di forma, PSD, superficie specifica, frazione volumetrica) sulle “proprietà reologiche” si è quindi sempre fatto implicito riferimento allo sviluppo di resistenze al flusso sotto lama, ovvero alla cosiddetta “viscosità sotto lama” (*high shear viscosity*).

Risulta utile memorizzare a questo proposito la forma derivata dall'equazione (*):

$$\frac{F}{A} \approx \frac{\eta V}{s}$$

dove sono poste in relazione le principali grandezze fisiche che interessano la fase di patinatura a lama:

F = forza applicata dalla lama di patinatura (“carico”)

A = area di contatto in cui si distribuisce la forza F (“estensione”)

η = viscosità sotto lama

V = velocità della macchina

S = spessore dello strato di patina sotto lama (“applicazione patina”)

Volendo, ad esempio, mantenere costante l'applicazione patina senza modificare il tipo di lame usate, un incremento della viscosità sotto lama porta alla necessità di incrementare il carico sulla lama o, quando non possibile, a diminuire la velocità di macchina, perdendo produttività.

Da questa equazione emerge l'importanza centrale del controllo della viscosità sotto lama e dei parametri che possono influenzarla nella gestione del processo di patinatura.

3.6 RITENZIONE IDRICA

Con il termine “ritenzione idrica” viene generalmente indicata la capacità di una dispersione acquosa di trattenere l'acqua di dispersione, quando posta a contatto con un substrato poroso in grado di assorbirla.

La ritenzione idrica viene definita tramite la misura della quantità d'acqua ceduta da una massa nota nell'unità di tempo attraverso una superficie di area conosciuta (velocità di cessione). Ruolo determinante è giocato dal corpo che riceve l'acqua. Maggiore è la sua “assorbenza”, maggiore sarà la velocità di cessione dell'acqua (il fattore limitante diventa la resistenza al flusso interna alla dispersione).

Il controllo della ritenzione idrica, quindi del “drenaggio” dell'acqua dalla patina verso il supporto, è di fondamentale importanza nella gestione del processo di patinatura.

Durante la sua migrazione, l'acqua trascina con se leganti e componenti solubili (es. amido) e veicola i componenti dispersi più fini verso il supporto, tra questi spiccano le particelle di lattice, solitamente di diametro inferiore ai 0.5 μm . Si osserva, di fatto, un impoverimento progressivo della patina nei circuiti finali, con riduzione della componente organica della patina ed arricchimento della quota grossolana della dispersione.

Scarse ritenzioni idriche non garantiscono alcuna costanza qualitativa. L'aggiunta eventuale di acqua nei circuiti finali delle patinatrici, pur rallentando la deriva del secco %, imprime un'accelerazione ai fenomeni di drenaggio di leganti e fini verso il supporto.

Misure statiche di laboratorio (es. ritenzione AA-GWR Gradek) possono dare un'indicazione preliminare della ritenzione idrica delle patine in assenza di qualsiasi moto, condizione decisamente distante dalla realtà industriale.

Misure reometriche sulla velocità di raggiungimento del “punto di immobilizzazione” (*BASF Immobilization Cell* -Anton Paar Physica MCR301) possono al contrario dare un'idea del comportamento delle patine quando queste sono soggette a campi di moto di intensità variabile. Non riescono tuttavia a riprodurre le condizioni tipiche della patina “sotto lama”, caratterizzate da campi di moto estremamente intensi.

Industrialmente, la misura della variazione di secco percentuale della patina tra tina di alimentazione e circuiti delle teste di patinatura consente una misura diretta della ritenzione idrica della patina, superando qualsivoglia discussione sulla validità statistica del campionamento; da questa, tuttavia, è sempre estremamente difficile estrarre il contributo dato

dall'assorbimento del supporto: ciò che viene realmente misurato attraverso questa tecnica è l'entità delle interazioni tra supporto e patina applicata.

Omettendo considerazioni sul chimismo, la ritenzione idrica di una dispersione di pigmenti cresce al crescere di:

- viscosità della fase disperdente
- fattore di forma dei pigmenti in dispersione
- superficie specifica dei pigmenti
- frazione volumetrica della fase dispersa

Da quanto sopra, emerge che i principali parametri su cui è possibile intervenire per la regolazione della ritenzione idrica delle patine sono:

1. curva di distribuzione dimensionale dei pigmenti utilizzati (PSD);
2. base addensante utilizzata.