

## Sommario

Riproduzione mediante inchiostri.....	2
Prodotti fotosensibili .....	2
Formatura flessografica .....	6
Formatura offset.....	11
Formatura rotocalcografica .....	25
Formatura serigrafica .....	36
Fotoelettrografia .....	47

## Riproduzione mediante inchiostri

---

La **stampa grafica** consiste nella riproduzione di testi e illustrazioni al tratto e/o retinate, sia in b/n sia a colori, mediante deposizione di inchiostro su un supporto ricevente.

La stampa è resa possibile dall'impiego di **forme da stampa**, cioè di superfici piane o cilindriche, in materiale metallico e/o sintetico, che presentano elementi inchiostrabili o permeabili (**grafismi**, corrispondenti ai caratteri e/o punti e linee dell'originale), per il trasferimento dell'inchiostro sul supporto ricevente, ed elementi non stampanti (**contrografismi**, corrispondenti alle aree bianche dell'originale).

Con il termine **formatura** si intende l'insieme di operazioni che, a partire dall'originale, portano alla realizzazione di forme da stampa mediante procedimenti fotochimici, elettromeccanici o elettronici.

## Prodotti fotosensibili

---

Nella fase di formatura, per differenziare i grafismi dai contrografismi, si utilizzano diversi tipi di prodotti fotosensibili.

Per prodotto fotosensibile si intende un materiale che, sotto l'azione di una radiazione elettromagnetica di opportuna lunghezza d'onda, subisce una trasformazione chimica o fisica: ossidoriduzione, polimerizzazione, decomposizione, fotoconduzione, ecc. I prodotti fotosensibili utilizzati nel settore grafico si differenziano tra loro soprattutto per due caratteristiche:

- conservabilità (che dipende dalla **reazione oscura**),
- tipo di fotoreazione provocata dalla luce.

### Colloidi bicromatati

Sono i prodotti fotosensibili di più antica utilizzazione e sono costituiti da un colloide (naturale o sintetico, tipo gelatina animale o alcool polivinilico) e da bicromato di ammonio  $((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$  o potassio  $(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ . L'esposizione alla luce provoca una reazione di ossidoriduzione tra il colloide e il bicromato, con formazione di legami intramolecolari che rendono relativamente insolubile in acqua lo strato. Attualmente, sono soppiantati dagli altri prodotti, a causa della loro

reazione oscura molto veloce che li insolubilizza anche se conservati al buio.

### Diazocomposti

Sono costituiti da resine di vario tipo, contenenti due atomi di azoto (da cui il loro nome) legati da un doppio legame:



Hanno una reazione oscura molto lenta e possono essere prodotte con un comportamento o negativo o positivo; la fotoreazione può cioè determinare la loro insolubilizzazione (tipo negativo) o, al contrario, la loro solubilizzazione (tipo positivo).

Normalmente, si aggiungono anche altri tipi di resine non fotosensibili (da qui il termine **diazocomposti**), sicché lo strato ha anche un'altra caratteristica molto utile nella formatura offset e cioè quella di costituire una **base grassa**: le zone che dopo lo sviluppo sono rimaste sulla lastra hanno un comportamento lipofilo e perciò esse stesse costituiranno le zone stampanti.

Inoltre, questi strati possono essere sottoposti dopo lo sviluppo ad un trattamento di **termoindurimento** (circa 280 °C per 10 minuti), in modo che le resine miscelate al diazo formino delle strutture reticolari molto complesse e quindi molto resistenti, con un considerevole aumento della resistenza a tiratura.

### Fotopolimeri

Sono resine di vario tipo che allo stato di monomeri, cioè prima di subire l'esposizione alla luce, sono solubili in uno sviluppo appropriato costituito, in funzione dei tipi, da acqua, alcool, soluzioni alcaline, ecc. La luce provoca la polimerizzazione dei monomeri, con formazione di macromolecole non più solubili nel solvente.

Le più comuni utilizzazioni dei fotopolimeri nel campo della formatura grafica sono:

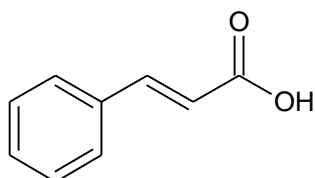
- produzione di lastre offset presensibilizzate negative; in questa applicazione sono normalmente usati in combinazione con i diazocomposti;
- produzione di forme rilievografiche **wrap-around**, così chiamate per la possibilità che hanno di essere avvolte sul cilindro della macchina da stampa rotativa;
- produzione di lastre rilievografiche per stampa **letterset**, detta anche **offset a secco** o **tipografica indiretta**;
- produzione di lastre flessografiche.

In funzione dell'utilizzazione, la forma da stampa può avere il supporto costituito da alluminio o poliestere.

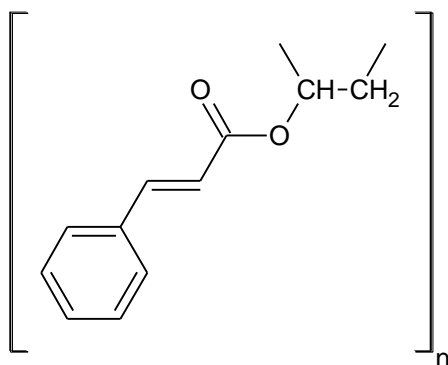
#### Composti insaturi

Sono noti generalmente con il nome di **photoresist**, anche se questa denominazione è un marchio registrato di Kodak e quindi dovrebbe essere usata solo per i suoi prodotti.

Si tratta di resine insature, cioè contenenti doppi o tripli legami, solubili in un solvente organico. Un caso tipico è quello dell'acido cinnamico (acido (2E)-3-fenilprop-2-enoico):



o del polivinilcinnamato:



Nelle molecole delle sostanze di questo tipo l'azione della luce ultravioletta provoca la rottura dei doppi legami e conseguente reticolazione, che rende insolubile le zone irradiate dalla luce. Le zone non esposte rimangono invece solubili in solventi organici tipo acetone o trielina. Il prodotto ha una reazione oscura quasi inesistente; cioè, in assenza di luce è stabile sia in soluzione sia in strato sottile su supporto. Ne esistono di vari tipi, adatti ai differenti metalli da sensibilizzare.

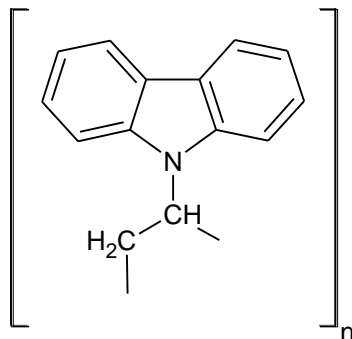
La caratteristica più importante di questi prodotti è rappresentata dall'eccezionale resistenza agli sviluppi e alle incisioni anche prolungate, senza rigonfiamenti o distacchi dal supporto.

### Fotoconduttori

Si definiscono fotoconduttori quei materiali che esposti alla luce diventano conduttori elettrici, mentre al buio sono isolanti.

I materiali fotoconduttori più importanti dal punto di vista delle applicazioni tecnologiche grafiche sono:

- leghe al selenio – hanno ottima resistenza meccanica, ma sono fragili;
- solfuro di cadmio (CdS) – è ancora più fragile del selenio, ma ha un'eccellente risoluzione;
- ossido di zinco (ZnO) – non è più utilizzato;
- **fotoconduttori organici (OPC, Organic Photo Conductors)** – il loro principale esponente è il polivinilcarbazolo:





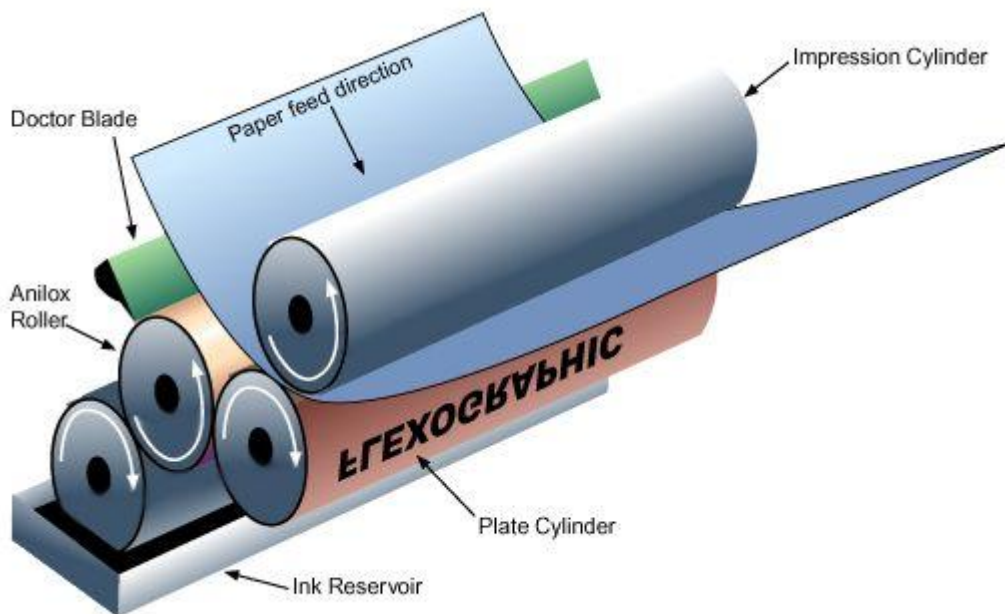
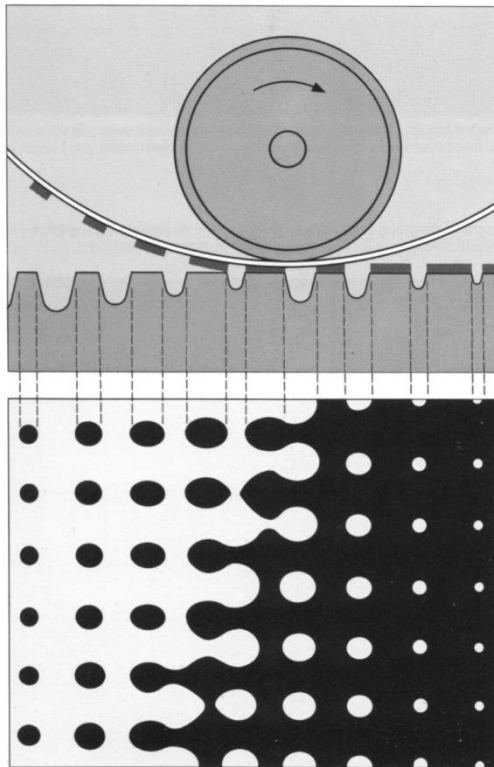
Hanno ormai sostituito gli altri tipi di materiale fotoconduttore, grazie alla loro ottima sensibilità pancromatica e flessibilità meccanica ed al costo inferiore, nonostante una minore resistenza all'usura.

La caratteristica comune a tutti questi materiali è la loro capacità di accettare e conservare una carica elettrostatica al buio, in quanto isolanti in assenza di luce, e di scaricarsi poi nelle zone colpite dalla luce. Sullo strato fotoconduttore viene quindi a formarsi un'immagine latente che sarà successivamente resa visibile mediante **toner**, formato da particelle di pigmento caricate elettrostaticamente e attratte dai grafismi. Nel caso delle fotocopiatrici, l'immagine è trasferita su carta (o altro materiale adatto), il toner è fissato sul supporto mediante fusione, lo strato fotoconduttore è ripulito e ha inizio un nuovo ciclo per ottenere un'altra fotocopia.

## Formatura flessografica

---

Le **forme rilievografiche** hanno la caratteristica di trasferire l'inchiostro sul supporto di stampa mediante i **grafismi in rilievo rispetto ai contrografismi**.

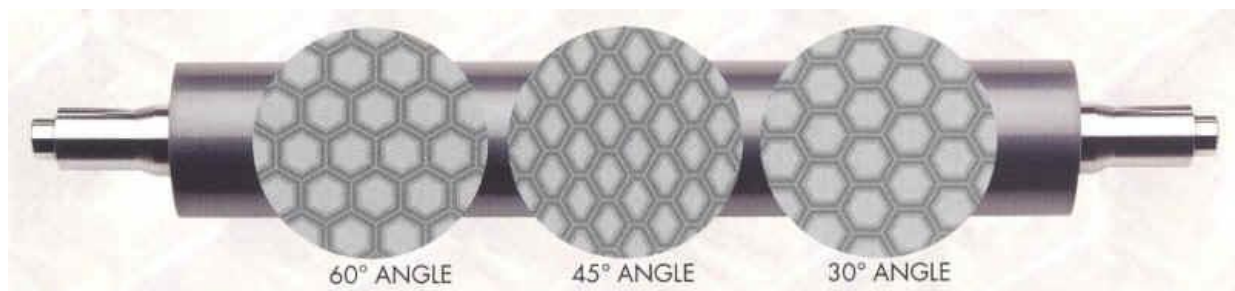


Tramontata ormai da tempo la stampa tipografica classica, almeno a livello industriale, la flessografica (spesso abbreviata in **flexo**) è stata per lungo tempo la stampa tipica degli imballaggi. In tempi più recenti ha trovato impiego anche nella stampa di maggiore qualità, grazie alle migliorate caratteristiche delle forme, divenendo protagonista, in concorrenza con altri sistemi, della stampa dei quotidiani. All'inizio degli anni '90, la flessografia raggiungeva già una quota di produzione, rispetto alla totalità dei prodotti a

stampa, pari al 26% (imballaggi flessibili, cartoni ondulati, contenitori, etichette, quotidiani, ecc.).

La matrice, flessibile e morbida, viene avvolta su di un cilindro. La stampa è diretta, dalla forma al supporto, mediante la pressione esercitata dal cilindro di pressione (folle come in rotocalco) comune a tutti i sistemi di stampa con impatto.

L'inchiostrazione avviene mediante un **rullo anilox** in acciaio o ceramica, resistente all'usura, inciso con cellette in profondità, da 80 fino a 500 per centimetro.



Le cellette si caricano dell'inchiostro liquido contenuto nel calamaio ed inchiostrano la forma flessografica in rilievo dopo che una **lama o racla** ha tolto l'eccesso dalla superficie del rullo, così come avviene con il cilindro rotocalco. Un'altra configurazione di inchiostrazione è realizzata in modo indiretto facendo pescare nel calamaio un rullo caricatore intermedio che cede l'inchiostro al cilindro anilox che a sua volta inchiostra la forma di stampa. Un'altra configurazione di inchiostrazione indiretta è ottenuta frapponendo il rullo intermedio fra l'anilox e la forma di stampa. Un numero di cellette elevato nel cilindro anilox favorisce la stampa dei dettagli e sfavorisce la stampa dei fondi pieni; viceversa per un numero basso di cellette.

Il materiale stampabile in flessografia è assai vario e si possono utilizzare anche supporti con superficie ruvida e poco riflettente. Per questo le flessografiche sono adatte alla stampa dei cartoni anche ondulati.

### Tipologie di lastre

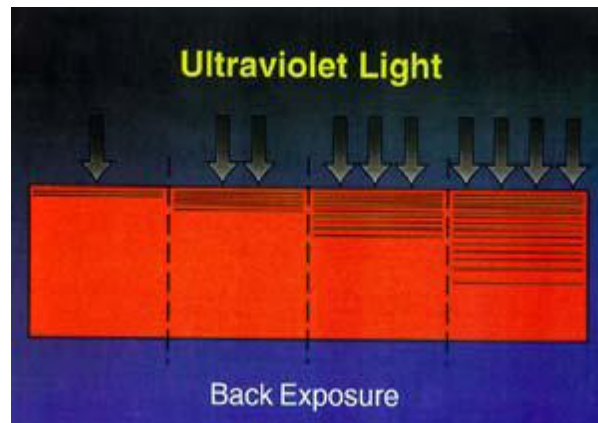
#### Lastre ad incisione indiretta

Le forme più diffuse sono quelle fotopolimeriche ad uno o più strati, di cui uno è costituito da un supporto elastico che agisce da cuscinetto per una miglior uniformità di stampa. Un film di poliestere fornisce la necessaria stabilità dimensionale all'insieme. Lo strato di fotopolimero è protetto da

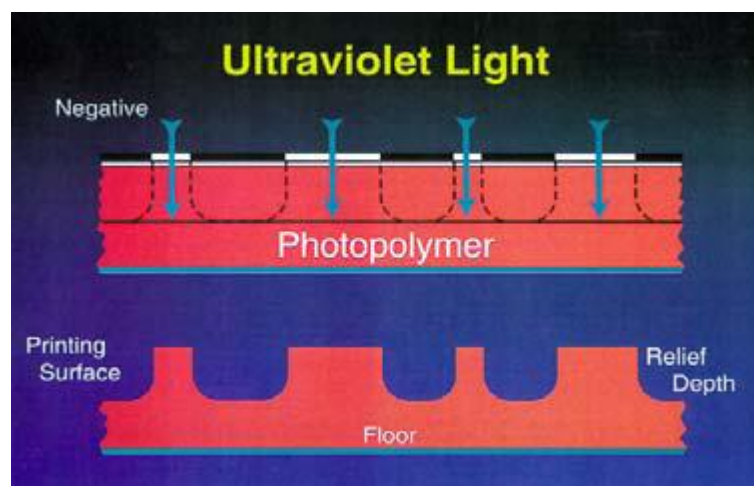


un film plastico che si asporta prima dell'esposizione.

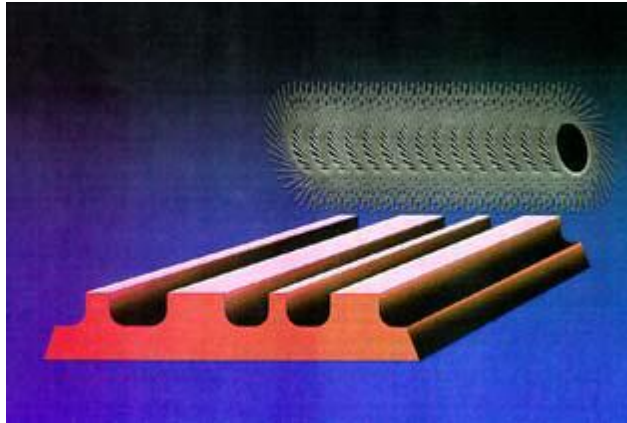
Per stabilire la profondità del lavaggio di asportazione (sviluppo) e per aumentare la sensibilità, si provvede sempre ad effettuare una preesposizione sul dorso della lastra.



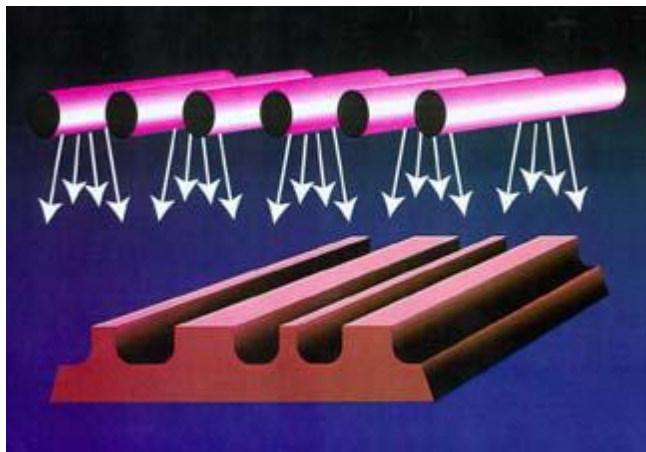
Mediante esposizione ai raggi UV, le parti del monomero che sono colpite dalla radiazione polimerizzano e diventano insolubili nei solventi, restando tuttavia elastiche.



Le parti non polimerizzate sono asportate dallo sviluppo, evidenziando in tal modo la parte stampante in rilievo.



Infine, la post-esposizione induce la reticolazione della resina, aumentandone così la tiratura e la resistenza ai solventi contenuti negli inchiostri.



In flessografia, la pressione influisce in maniera ovviamente determinante sulla percentuale di punto dei retinati: le zone con maggiore percentuale di punto risentono meno delle variazioni di pressione a causa della maggiore area dei singoli punti, mentre nelle alte luci la variazione percentuale provocata dall'aumento di pressione è marcata.

La durezza degli strati fotopolimerici è diversificata in funzione dell'impiego: con i più rigidi è possibile raggiungere lineature di retino di 60 linee/cm.

Lastre ad incisione diretta

Il sistema di incisione diretta (*direct engraving*) scavalca il trattamento fotografico nel processo di formatura, in quanto la matrice è scolpita da un raggio laser che ne asporta i contrografismi. In

pratica, il punto non viene ottenuto direttamente, ma è il risultato di tutto ciò che il laser asporta dalla superficie della matrice.

È possibile incidere cilindri pieni di gomma o lastre di polimero o elastomero montate su manica. Tutti i parametri di incisione dei grafismi sono controllati in 3D via software. Con questo tipo di sistema di incisione laser diretta si riducono le fasi del ciclo di lavorazione.

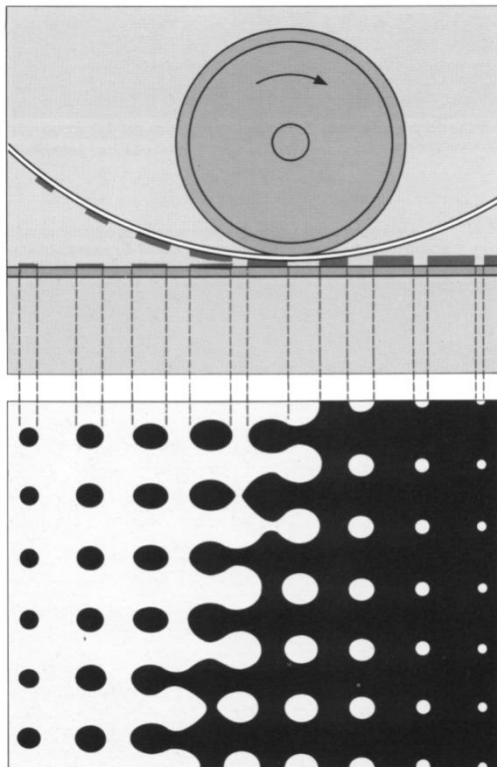


## Formatura offset

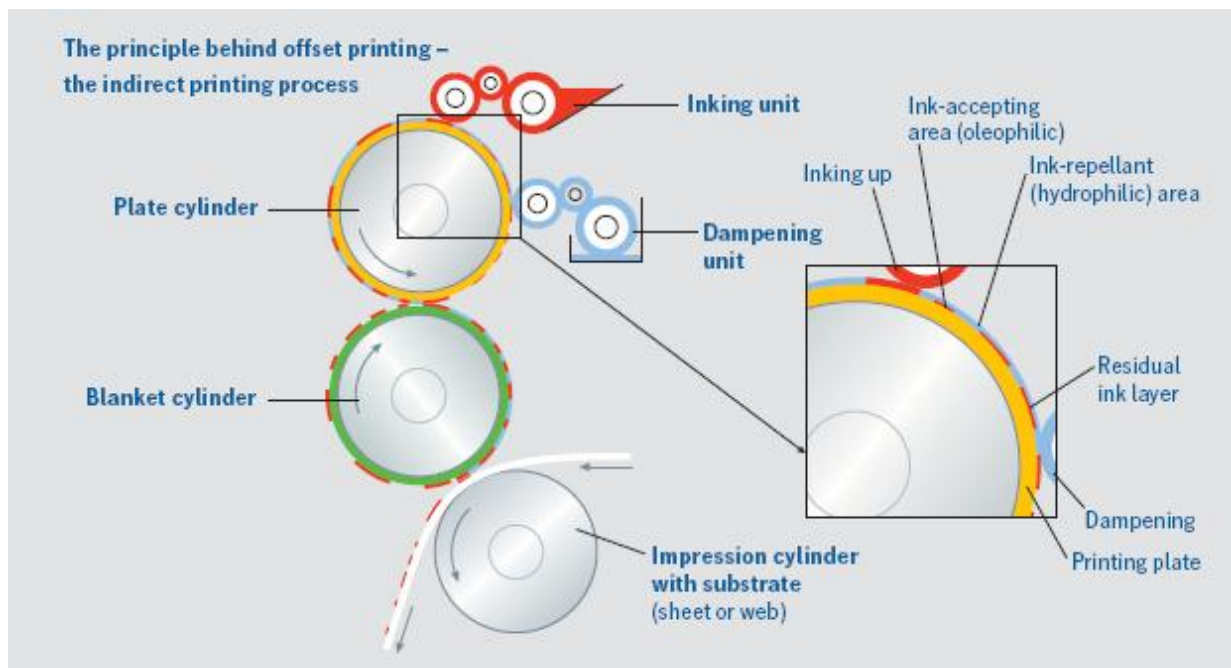
---

La **formatura planografica** è una tecnica che utilizza l'azione di radiazioni elettromagnetiche (luminose o UV) su prodotti fotosensibili per generare **grafismi lipofili e contrografismi idrofili**.

Questo procedimento di stampa si basa sull'affinità o non affinità delle diverse zone di una forma planografica verso l'acqua o verso l'inchiostro grasso. L'acqua bagna le zone non stampanti della forma (lastra) e l'inchiostro (olio) bagna quelle stampanti. Sebbene l'inchiostro e l'acqua siano sostanze immiscibili, può succedere che, durante la stampa, l'inchiostro finisca per aderire parzialmente alle zone non stampanti della lastra (velatura) e quindi la reciproca repulsione acqua-inchiostro si riduca o annulli, provocando la formazione di un'emulsione tra inchiostro ed acqua. Tuttavia, un certo grado di emulsione, fino al 15 - 25% di acqua, è fisiologico e non provoca inconvenienti.



La stampa offset è di tipo indiretto poiché l'inchiostro viene trasferito dalla lastra al caucciù e da questo alla carta, evitando così il passaggio della soluzione di bagnatura dalla lastra alla carta.



### **Soluzioni di bagnatura per stampa offset**

La bagnatura di una superficie da parte di un liquido dipende dalla tensione superficiale del liquido.

Le molecole all'interno di una goccia del liquido sono attratte ugualmente in tutte le direzioni, mentre quelle sulla superficie sono attratte solo verso il suo interno. Sulla superficie della goccia si forma quindi un velo di molecole sottoposte a un'attrazione solo verso l'interno e che agiscono come una pellicola continua, la quale esercita un'azione di compressione sulle molecole all'interno.

La forza che un liquido contrappone alla dilatazione della sua superficie, viene detta tensione superficiale e si misura in **unità di forza / unità di lunghezza** (ad esempio, dine/cm o mg/cm). La tensione superficiale dei liquidi di bagnatura dipende dagli additivi aggiunti. L'introduzione di tensioattivi nell'acqua provoca una diminuzione della tensione superficiale e un miglioramento del potere bagnante.

Compito della soluzione di bagnatura è mantenere i contrografismi non ricettivi all'inchiostro. Ad ogni ciclo di stampa, il sistema di bagnatura provvede a stendere sulla lastra, prima che venga a contatto con i rulli inchiostatori, un sottilissimo film continuo di soluzione di bagnatura. Minore è la quantità di soluzione depositata, migliore sarà la stampa come resa cromatica e densitometrica. Gli inchiostri offset sono formulati in modo da accettare una certa quantità di acqua in sospensione, perché ciò favorisce l'inchiostrazione; quando l'inchiostro essicca, l'acqua evapora senza lasciare traccia. Quando però si oltrepassa un punto limite, si ha la



comparsa, sui grafismi, di goccioline e macchie, particolarmente visibili sui fondi pieni, determinando una stampa scadente.

Al diminuire della tensione superficiale, si riduce la quantità di soluzione di bagnatura da stendere sulla lastra. La tensione superficiale dell'acqua a 20 °C è di 72,8 mg/cm, ma può essere significativamente abbassata mediante aggiunta di sostanze tensioattive: con un 30% di alcool isopropilico ( $\text{CH}_3\text{—CHOH—CH}_3$ ), la sua tensione superficiale scende a 30 mg/cm. In base alle direttive dell'Unione Europea, il contenuto di alcool isopropilico non dovrebbe superare il 5% a causa della sua nocività allo stato di vapore e della necessità di refrigerazione della soluzione.

Il grado di idrofilia dei contrografismi aumenta aggiungendo alla soluzione di bagnatura additivi come la gomma arabica o la carbossimetilcellulosa, che favoriscono la ritenzione a contatto con l'alluminio della lastra.

### ***Caucciù e carta***

Alla perfetta trasmissione dell'inchiostro dalla lastra da stampa alla carta provvede il caucciù, il quale entra inevitabilmente in contatto anche con l'acqua di bagnatura. La specifica funzione dell'acqua termina con l'inchiostrazione della lastra, ma il film di acqua rimane in gran parte sulle zone non stampanti fino a quando la lastra viene a contatto con il caucciù, che agisce quindi da ponte bagnato verso la carta.

Per quanto concerne la carta, occorre ricordare che acqua e carta sono incompatibili: se la carta riceve troppo liquido di bagnatura, perde la sua stabilità; al contrario la polvere, sempre basica, convogliata attraverso il caucciù e la lastra nel gruppo di bagnatura, influisce negativamente sulla qualità dell'acqua di bagnatura. La carta, essendo molto igroscopica, cioè in grado di assorbire molto facilmente i liquidi, è soggetta a un deciso rigonfiamento delle fibre che la compongono. Nell'offset da foglio, la direzione di dilatazione principale può corrispondere al senso di marcia della macchina o all'asse del cilindro, a seconda che la carta si stampi, rispettivamente, con il senso della fibra parallelo o perpendicolare all'asse del cilindro.

Nella stampa su macchine a più colori, inoltre, a causa dell'umidità della superficie cartacea, si possono avere problemi di accettazione dell'inchiostro.

### ***Trattamenti superficiali della lastra***

#### **Granitura**

La forma offset, durante la stampa, deve svolgere contemporaneamente due funzioni tra loro antitetiche: trattenere l'inchiostro grasso e trattenere l'acqua.

Lo zinco e l'alluminio lisci trattengono con una certa facilità sostanze grasse, ma difficilmente trattengono l'acqua. Se la superficie fosse liscia, il sottile velo d'acqua sarebbe raccolto dai rulli inchiostatori e provocherebbe un emulsione rendendo la stampa piatta, sbiadita, senza contrasto. Occorre perciò rendere ruvida la superficie, in modo che l'acqua dei rulli bagnatori sia trattenuta sui contrografismi. Con la **granitura** si creano piccoli alveoli che aumentano la superficie di contatto e migliorano la capacità di trattenere la sottile pellicola acquosa.

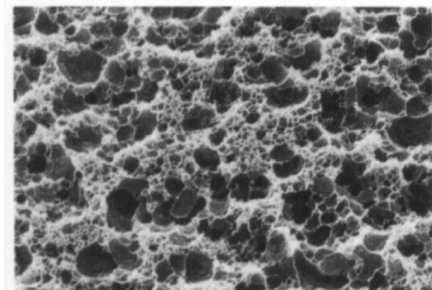
La forza di adesione dei liquidi è proporzionale alla superficie di contatto. Su una superficie liscia l'adesione è bassa, mentre aumenta proporzionalmente all'aumentare della sua ruvidità.

Con il termine **microgranitura** si indica la moderna granitura eseguita sulle lastre di alluminio; quelle che attualmente dominano il mercato sono granite elettrochimicamente.

Il principio della microgranitura elettrochimica consiste nel sottoporre la superficie liscia del nastro di alluminio all'azione di un acido in grado di attaccare la superficie. Con il solo attacco chimico, però, le porosità ottenute hanno scarsissima profondità e non sono quindi idonee ad ancorare il polimero ed a trattenere il film di acqua. Per favorire l'attacco acido sulla superficie del metallo, in modo da ottenere rugosità paragonabili a quelle ottenute con il trattamento meccanico, si associa il trattamento elettrico a quello chimico.

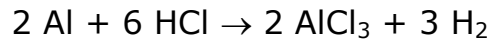


Alluminio laminato lucido: scarso ancoraggio, cattiva distribuzione dell'acqua, non adatto per la stampa.



Alluminio granito elettrochimicamente: nessun orientamento direzionale, ottimo ancoraggio dello strato, perfetta tenuta della soluzione d'umidificazione. Tutte le illustrazioni sono ingrandite ca. 600 volte.

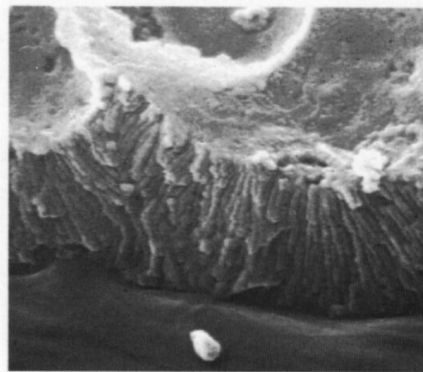
Il bagno chimico contiene generalmente acido cloridrico (HCl), molto reattivo nei confronti dell'alluminio; la reazione che si verifica è la seguente:



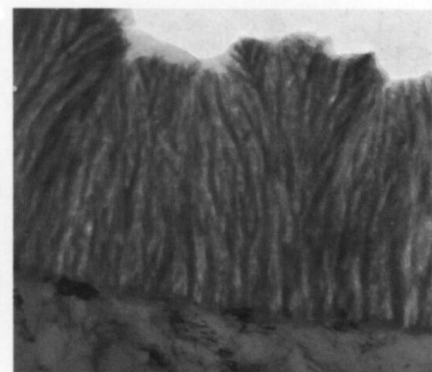
Si forma quindi in soluzione cloruro di alluminio ( $\text{AlCl}_3$ ). Anche con trattamenti di durata ridotta, l'attacco genera sulla superficie dell'alluminio porosità di notevole profondità e di morfologia tale da renderle particolarmente adatte alle lastre offset presensibilizzate. La profondità media è di circa  $0,5 \mu\text{m}$ .

### Anodizzazione

L'ossidazione anodica, o anodizzazione, è il trattamento chimico che segue la granitura e consiste nel trasformare lo strato superficiale dell'alluminio in ossido di alluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Affinché la lastra abbia sempre un comportamento ottimale, lo strato di ossido deve avere spessore e caratteristiche ben definite.



Interno dello strato di ossido d'alluminio (x 20.000 circa).



Sezione attraverso lo strato d'ossido, perpendicolare alla superficie (x 50.000 circa).

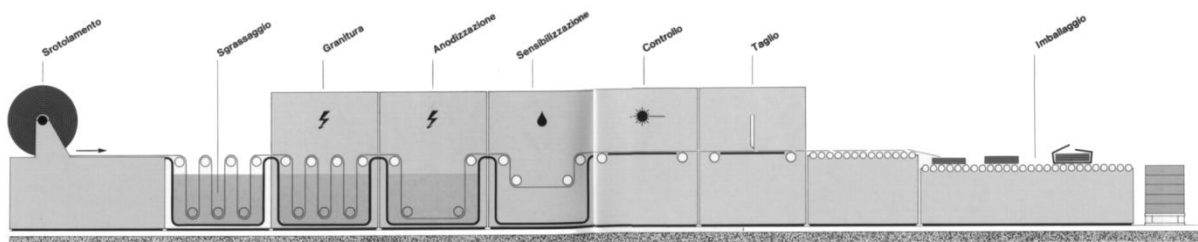
I motivi per cui è necessario anodizzare la superficie microgranata dell'alluminio sono i seguenti:

- lo strato anodico di  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dello spessore di  $1,5 - 2 \mu\text{m}$ , costituisce una barriera che preserva l'alluminio sottostante sia dall'ossidazione dell'ossigeno atmosferico sia dall'azione chimica dei bagni di trattamento, specialmente del bagno di sviluppo;



- la durezza dell'alluminio anodizzato raggiunge valori elevati, consentendo un'alta resistenza all'abrasione ed il raggiungimento di tirature di centinaia di migliaia di copie;
- i legami generati nei punti di contatto fra ossido/acqua e ossido/diazocomposto, sono più forti di quelli tra alluminio/acqua e alluminio/diazocomposto.

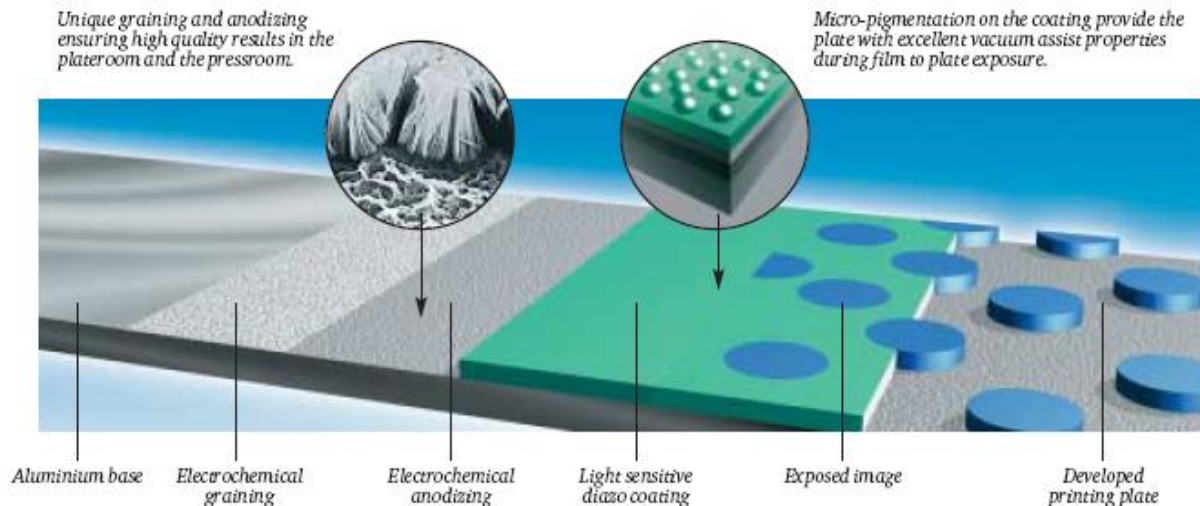
Il processo di anodizzazione si svolge collegando il nastro di alluminio, preventivamente granito, decapato e lavato, all'anodo (polo positivo), mentre il catodo è costituito, per esempio, da barre di piombo o grafite. In ogni caso, al catodo occorre collegare materiali che siano buoni conduttori di elettricità e inattaccabili dagli acidi del bagno. Quest'ultimo è costituito da acido solforico ( $H_2SO_4$ ) associato a piccole quantità di acido fosforico ( $H_3PO_4$ ) e acido ossalico ( $COOH-COOH$ ).



### **Lastre analogiche**

Esistono due tipi fondamentali di lastre analogiche: le positive e le negative.

Sono di tipo superficiale, in quanto hanno i grafismi in leggero rilievo rispetto al metallo sul quale sono depositati. Dopo lo sviluppo, per migliorare la resistenza delle lastre positive all'abrasione provocata dalla stampa, è possibile effettuare un trattamento termico, detto **cottura**, che produce una polimerizzazione ulteriore della resina; in questo modo, si può stampare fino a 1.000.000 di copie.



### Lastra positive

Hanno lo strato sensibile (vernice) costituito da una miscela di resina, composto fotosensibile e colorante. La resina è costituita essenzialmente da una miscela di resine fenoliche e cresoli, mentre il composto fotosensibile vero e proprio è di tipo diazoico.

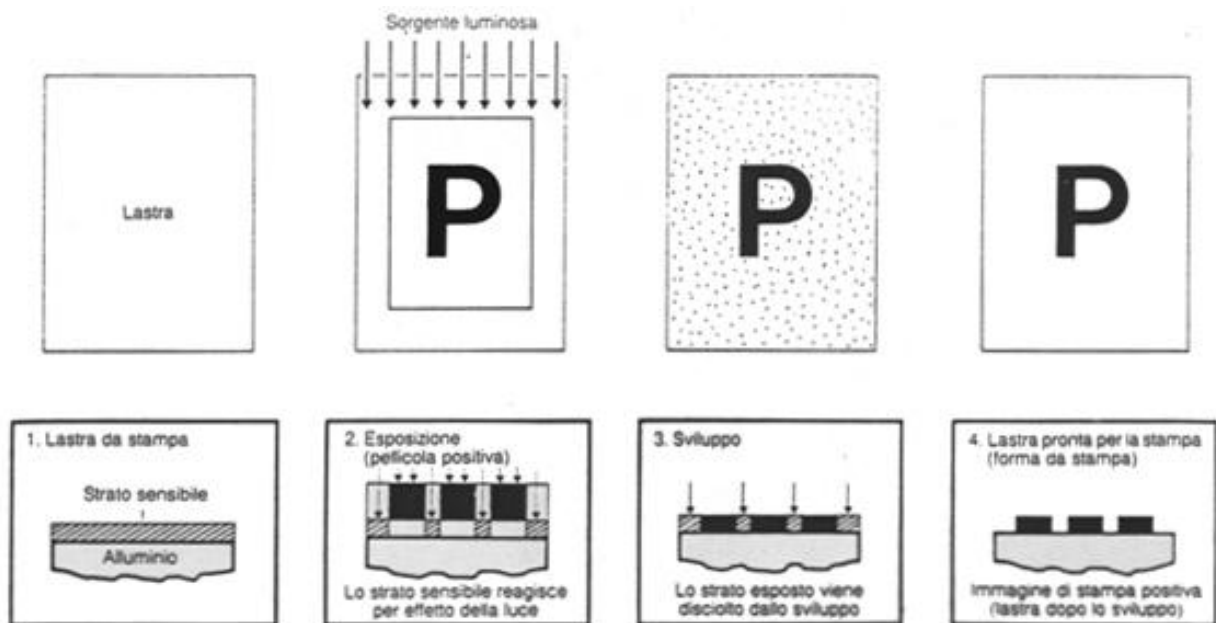
Gli elettroni del doppio legame del gruppo  $-N=N-$  sono in grado di assorbire l'energia dei fotoni UV e blu. Per questo motivo è possibile manipolare in luce gialla le lastre presensibilizzate senza pericolo di impressionarle.

Nelle zone esposte, cioè nei contrografismi, il diazocomposto perde, per decomposizione del gruppo  $-N=N-$ , la colorazione gialla iniziale, la quale, insieme al colorante ciano-blu addizionato, rende verde la superficie della lastra non esposta. Nei contrografismi, pertanto, la superficie apparirà blu-ciano, facilitando il controllo visivo del risultato dell'esposizione.

Il prodotto fotosensibile è solubile nei solventi organici ed insolubile nelle soluzioni basiche impiegate per lo sviluppo delle lastre, mentre l'acido carbossilico, che si forma in seguito all'esposizione, è solubile in soluzioni basiche, rendendo così possibile lo sviluppo della lastra.

Durante l'esposizione, il sistema insolubile resina + diazo si trasforma, nelle zone esposte, nel sistema resina + acido carbossilico, solubile nello sviluppo. Sulla lastra sviluppata, la zona esposta è stata completamente asportata dallo sviluppo.

Il termoindurimento consiste nel modificare la struttura chimica delle resine, che costituiscono la vernice delle zone stampanti, mediante trattamento termico. In effetti, per quanto la vernice stampante sia costituita da resine che hanno ottima resistenza meccanica, è pur sempre un materiale organico più tenero delle polveri metalliche o minerali presenti negli inchiostri da stampa, nelle patine e nella carta stessa. Portando la lastra sviluppata a temperature di 220 - 230 °C per 5 - 6 minuti, il gruppo diazoico si decompone, togliendo allo strato ogni sensibilità alla luce, e le resine fenoliche copolimerizzano, dando origine ad una struttura tridimensionale (**reticolazione**). La vernice diventa inattaccabile da qualsiasi solvente, durissima e così resistente all'abrasione da consentire tirature fino a un milione di copie.



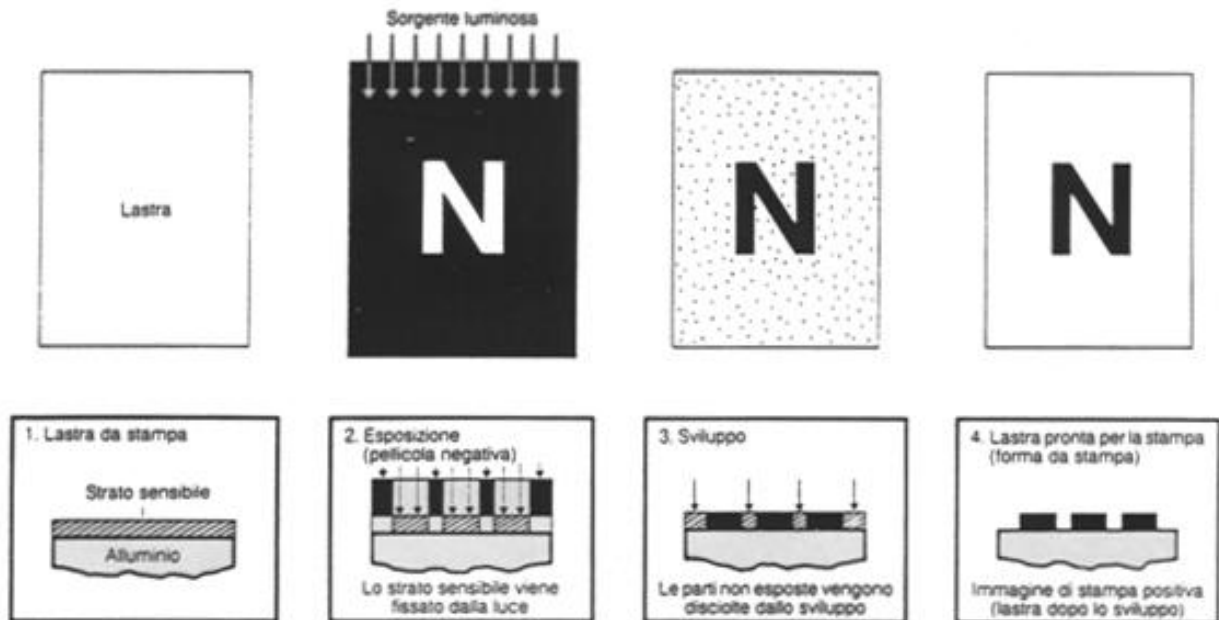
#### Lastre negative

Si differenziano da quelle positive unicamente per il comportamento alla luce dello strato sensibile.

Ciò che distingue una lastra positiva da una negativa è, ovviamente, la vernice: mentre nelle lastre positive la luce rende la vernice solubile nello sviluppo, in quelle negative provoca l'insolubilizzazione delle parti esposte.

Il bagno di sviluppo scioglie la vernice non esposta, lasciando sul supporto un'immagine opposta a quella

dell'originale negativo e perciò positiva. La chimica delle vernici negative per lastre offset è più complessa di quella delle lastre positive.



## Lastre digitali

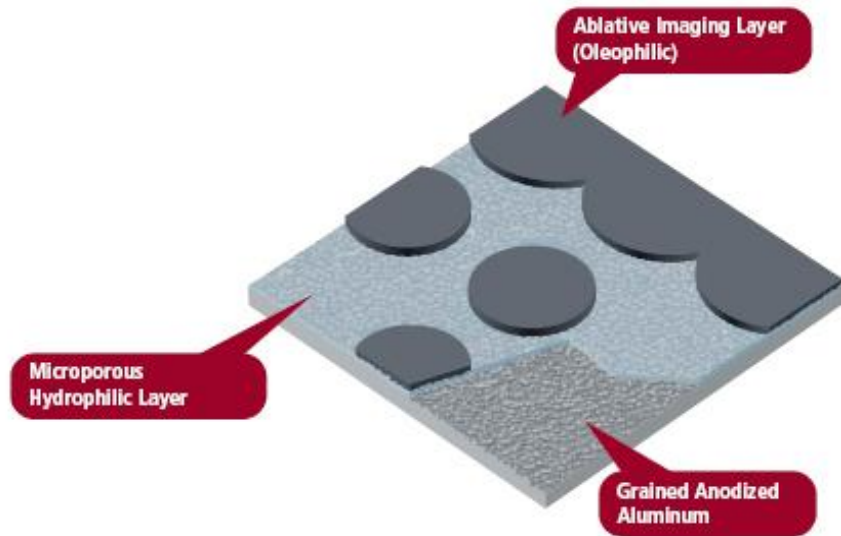
Esistono fondamentalmente due tipi fondamentali di lastre digitali: le termiche e le blu-sensibili.

Sono lastre concepite per il CtF ed il CtP e sono di tipo superficiale, in quanto hanno i grafismi in leggero rilievo rispetto al metallo sul quale sono depositati.

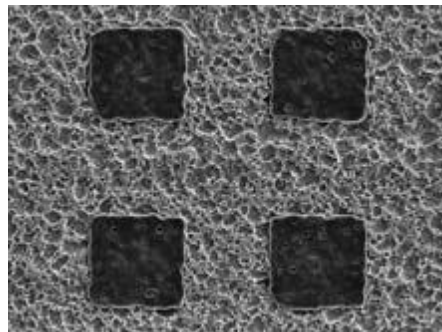
### Lastre termiche

Sono lastre positive specifiche per il CtP con laser IR e la loro sensibilità è mediamente compresa nell'intervallo 800 – 1200 nm.

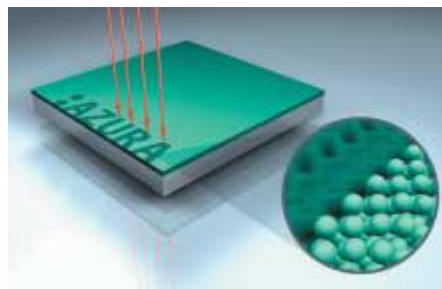
Le **lastre ablative** sono costituite da uno strato polimerico lipofilo depositato direttamente sul supporto in alluminio o su uno strato intermedio idrofilo. Dove attivato, il raggio laser è in grado di vaporizzare lo strato lipofilo lasciando scoperta la sottostante superficie idrofila.



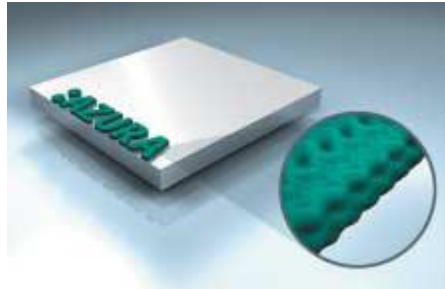
Le **lastre a termofusione** sono costituite da uno strato di microparticelle lipofile termofusibili fissate al supporto in alluminio e di dimensioni tali da dare grafismi di forma perfettamente definita.



Durante l'esposizione in fotounità dotate di laser standard a 830 nm, il rivestimento assorbe calore in corrispondenza dei grafismi. Il surriscaldamento causa la fusione delle particelle in masse omogenee saldamente ancorate alla superficie del supporto.



Le particelle rimaste in corrispondenza dei contrografismi sono rimosse mediante lavaggio durante la gommatura.



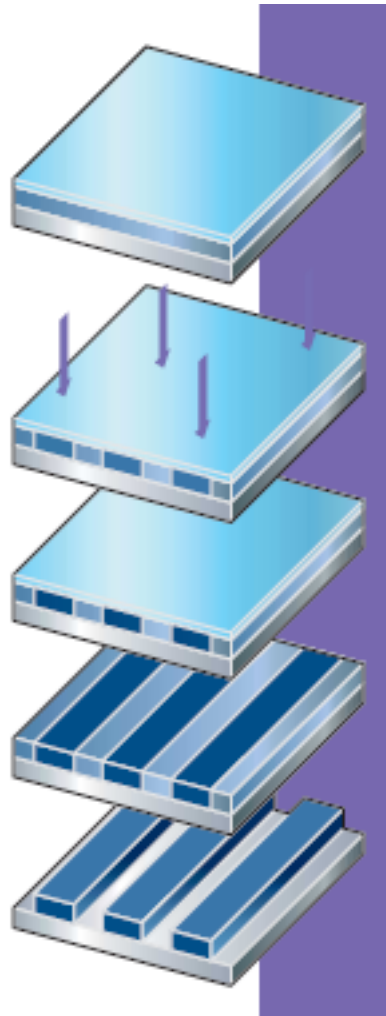
I grafismi così generati sono in grado di resistere a tirature di 100.000 copie.

#### Lastre blu-sensibili

Sono costituite dal supporto in alluminio su cui è steso lo strato sensibile a base di foto polimeri ottimizzati per laser con emissione nella banda del blu-violetto. Queste lastre sono quindi trattabili in ambienti operativi a luce gialla intensa. Lo strato sensibile può essere eventualmente ricoperto da uno strato protettivo che non interferisce con l'esposizione, da asportare prima dello sviluppo.

Durante l'esposizione, il laser espone e indurisce le aree dell'immagine che rimarranno sulla lastra dopo lo sviluppo.

La sequenza di immagini qui di seguito illustra le varie fasi di trattamento, dall'esposizione dell'immagine alla preparazione alla stampa.



La prima immagine mostra la lastra prima dell'esposizione.

La seconda immagine è quella dell'esposizione, indicata dalle frecce blu-viola.

La terza immagine mostra la fase di preriscaldamento, dove l'energia termica è assorbita dal rivestimento della lastra e mette in grado i grafismi di resistere ad elevate tirature.

La quarta immagine mostra la lastra pronta per essere sviluppata dopo l'eliminazione del rivestimento protettivo.

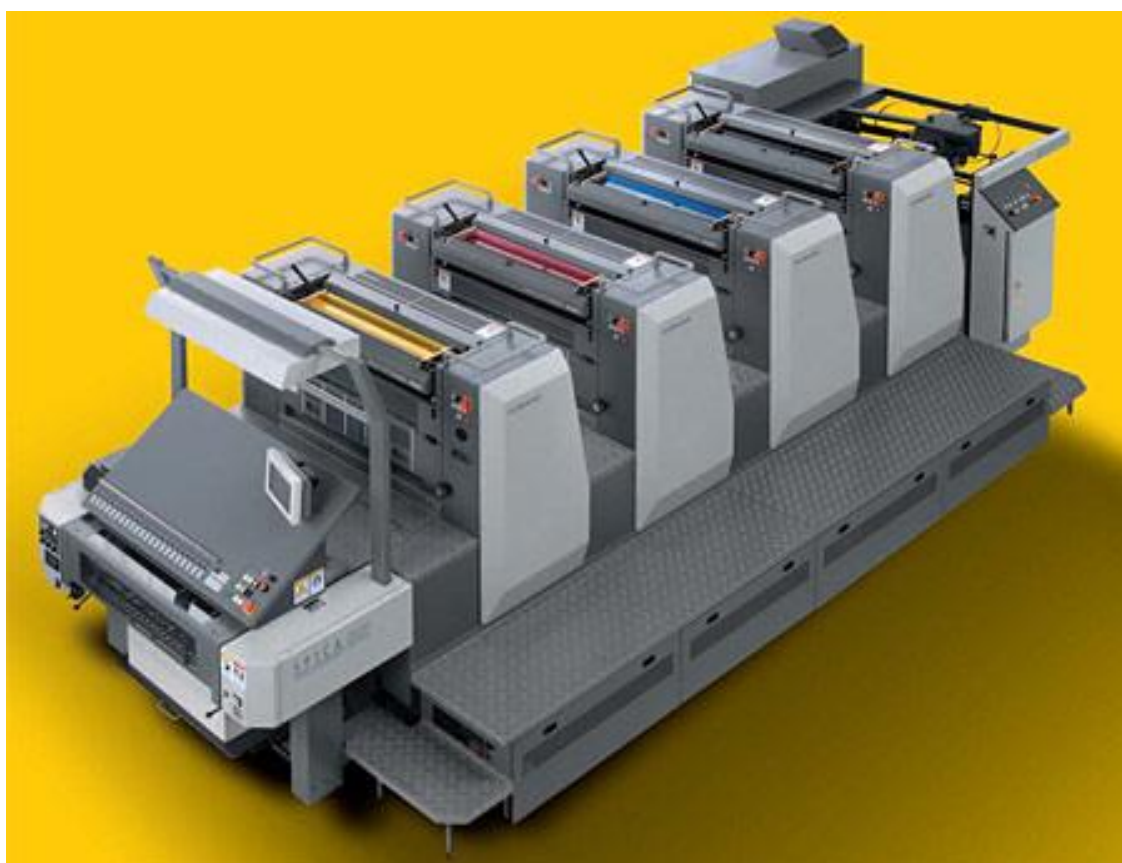
La quinta immagine mostra la lastra dopo la rimozione dei contrografismi mediante sviluppo. La lastra è ora pronta per passare alla macchina da stampa.



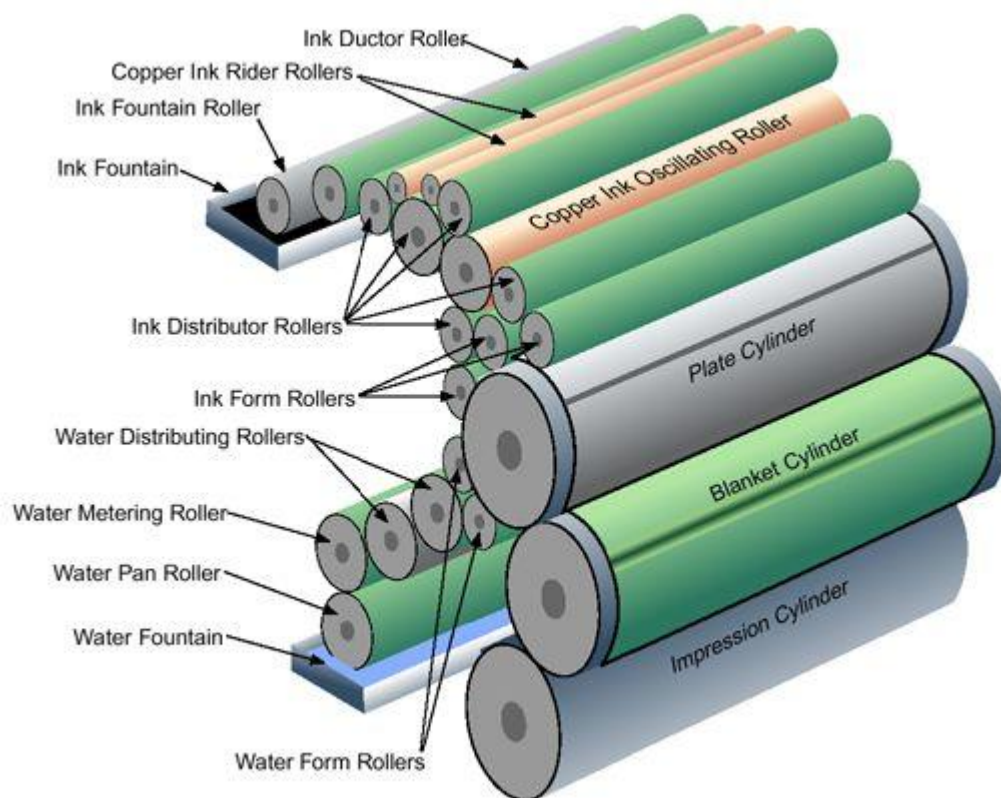
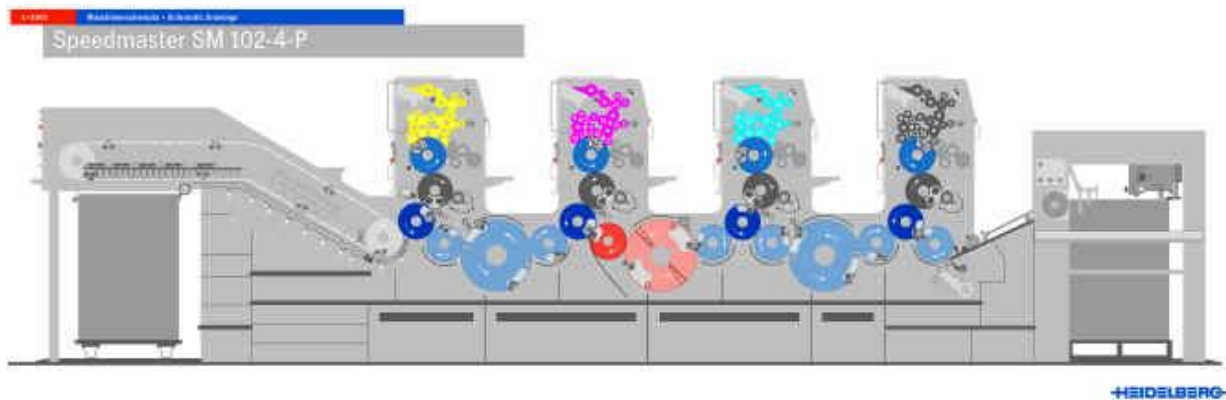
## **Gommatura**

Anche se la superficie anodizzata delle lastre offset è inerte all'azione degli agenti atmosferici, è consigliabile gommare la lastra.

La gomma ha il compito di proteggere la superficie dalla polvere e da tutte le sostanze che possono essere contenute nell'aria dell'ambiente di lavoro (fumi, tracce di solventi e di acidi). Tali sostanze, anche se non attaccano chimicamente l'ossido di alluminio dello strato anodico, si insinuano nelle porosità della grana e formano grumi in grado di danneggiare la superficie e causare problemi nell'inchiostrazione. Inoltre, l'essiccazione all'aria della lastra non gommata, favorisce la formazione di incrostazioni calcaree nelle zone in cui è rimasta acqua; tali incrostazioni, tanto maggiori quanto più elevata è la durezza dell'acqua, chiudono i pori della grana e tendono a velare la stampa. Le macromolecole della gomma penetrano nei pori della grana e coprono la superficie della lastra, impedendo sia la formazione di depositi calcarei sia la deposizione di polveri ed altri inquinanti. Nell'avviamento, la gomma funziona da umettante della superficie e, grazie anche alla sua debole acidità, favorisce e semplifica la stampa.

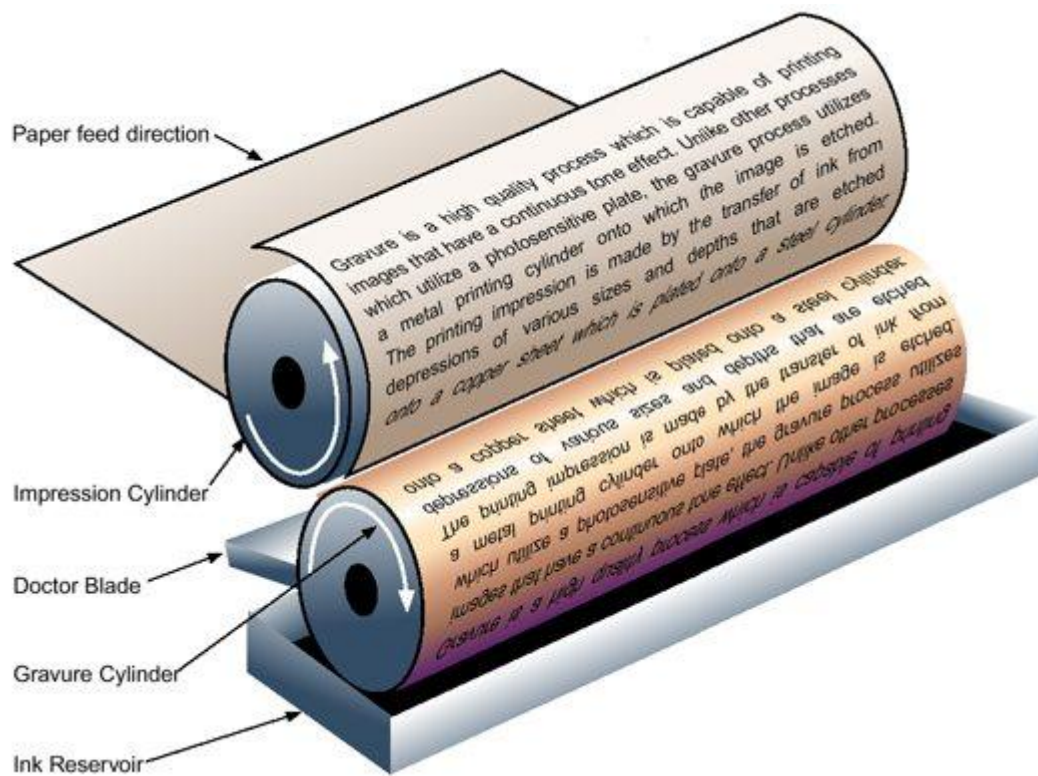
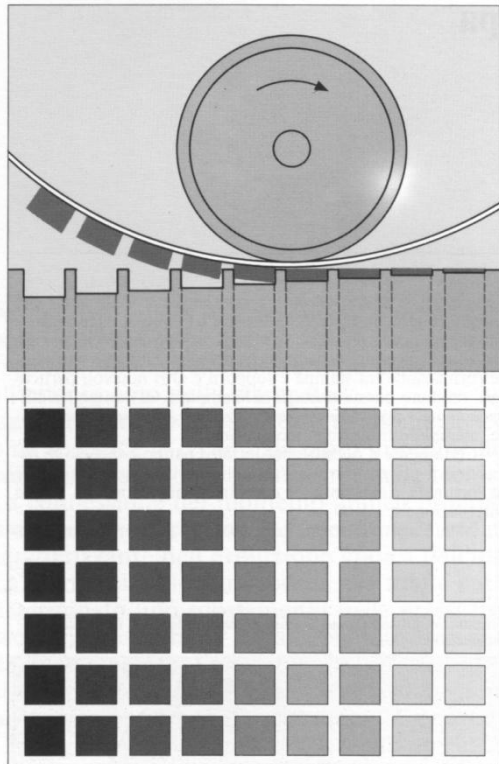






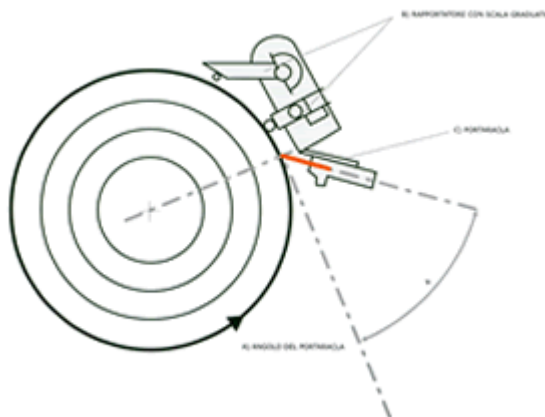
## Formatura rotocalcografica

Le **forme incavografiche** presentano i **grafismi incavati rispetto alla superficie non stampante** di una lastra o di un cilindro; dapprima si ha l'inchiostrazione totale della forma e successivamente l'asportazione dell'inchiostro dai contrografismi. Data la particolare struttura dei grafismi, le forme incavografiche sono le uniche che permettono di depositare sul supporto di stampa spessori differenziati di inchiostro; tutti i grafismi, testi compresi, risultano retinati.



Le forme incavografiche si distinguono in:

- forme piane, incise con metodi manuali (incisione a punta secca, al bulino) o chimici (acquaforte), usate per la stampa calcografica artistica con inchiostri grassi densi;
- forme cilindriche, incise con procedimenti di formatura elettromeccanica o elettronica, usate per la stampa rotocalcografica con inchiostri liquidi e con l'impiego di una **racla** per l'asportazione dell'inchiostro dai contrografismi.



### **Cilindro rotocalco**

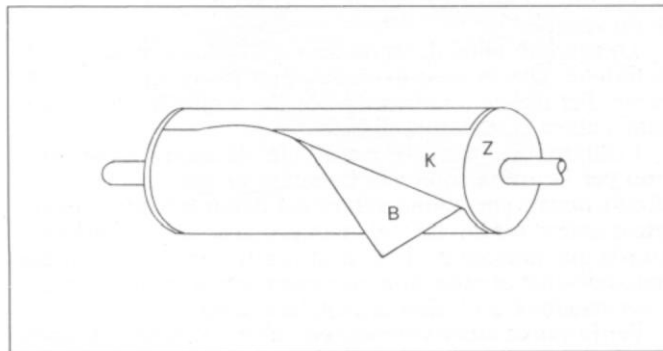
La forma da stampa rotocalco è un cilindro costituito da un mantello di acciaio la cui superficie è rivestita da uno strato di rame (dello spessore di 0,5 - 3 mm) depositato elettroliticamente. Lo spessore varia in funzione dell'utilizzo dello strato di rame e cioè se deve servire come base da incidere direttamente (metodo della tornitura) o come base per la stesa di un'ulteriore pellicola di rame (processo Ballard).

#### **Metodo della tornitura**

Se si incide direttamente il riporto di rame, lo spessore di questo strato deve essere di 2 - 3 mm e si procede nel seguente modo:

- si incide per via elettromeccanica;
- si fa la cromatura;
- si stampa;
- dopo la stampa si tornisce il cilindro con asportazione di uno spessore di 65  $\mu\text{m}$  circa: in tal modo si eliminano tutti i pozzetti (i pozzetti più profondi raggiungono 40  $\mu\text{m}$  ossia 0,04

- mm) ed il cilindro ritorna liscio e pronto per una successiva incisione;
- dopo 4 torniture, cioè dopo aver asportato circa 0,25 mm di rame, si esegue la quinta incisione e cromatura; quindi si scroma e si riporta, sul rame inciso che serve da ancoraggio, un nuovo spessore di rame pari a quello complessivo eliminato.



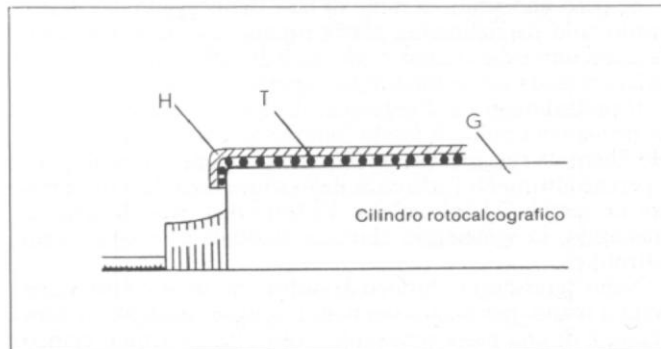
Cilindro rotocalcografico: Z, cilindro; K, strato di rame di base; B, pellicola di rame staccabile Ballard.

### Processo Ballard

Questo processo è costituito dalle seguenti fasi:

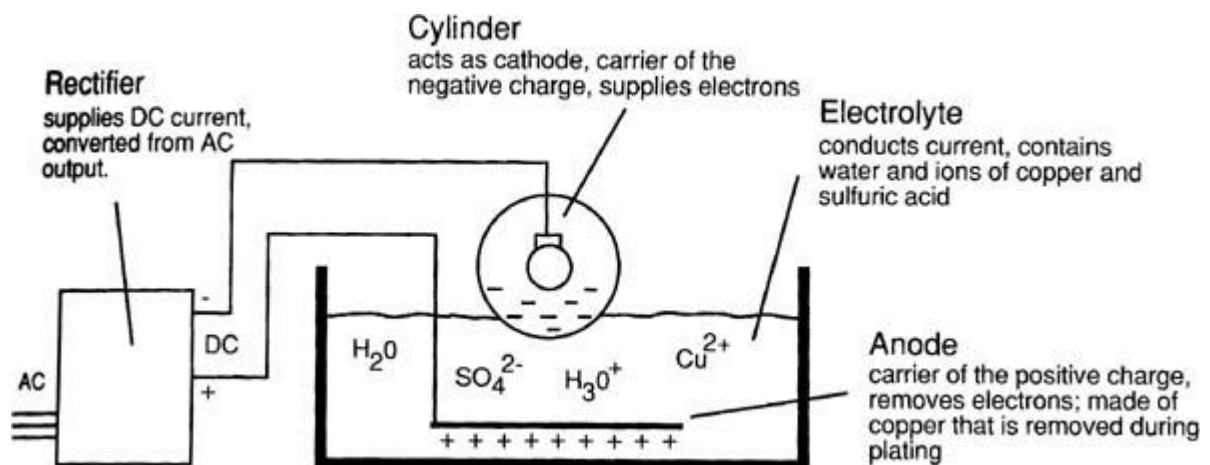
- si tratta il cilindro, avente uno strato superficiale di rame di circa 1 mm, con una soluzione di nitrato di argento ( $\text{AgNO}_3$ ) che deposita una sottile pellicola di argento;
- si immerge il cilindro in un bagno elettrolitico per mezzo del quale si ottiene un deposito ulteriore di rame di 0,10 – 0,15 mm;
- si liscia il cilindro (lappatura) per ottenere una superficie perfettamente omogenea;
- si procede all'incisione e successivamente alla cromatura della superficie;
- si stampa;
- dopo la stampa, si asporta lo strato superficiale di rame mediante incisione con taglio: la pellicola si stacca facilmente grazie all'argento intermedio che non permette al rame superiore di ancorarsi al rame inferiore.

Rappresentazione schematica del cilindro con pellicola Ballard: G, strato di rame di base; T, strato di separazione; H, pellicola Ballard.



La ramatura di fondo dei cilindri rotocalco è necessaria come base di protezione del cilindro, poiché eventuali ammaccature superficiali sono facilmente riparabili sul rame, ma non sull'acciaio. Lo spessore della ramatura di fondo deve essere maggiorato di circa 0,3 mm per permettere la successiva tornitura, rettifica e levigazione del cilindro destinato all'incisione diretta o all'applicazione della pellicola Ballard.

La deposizione del rame avviene per via elettrochimica in un bagno di solfato di rame ( $\text{CuSO}_4$ ) a 23 - 25 °C; temperature maggiori darebbero strati di rame a grana troppo grossolana. Il deposito di rame deve essere liscio, compatto, omogeneo e privo di incrinature o porosità. Le vasche di trattamento elettrochimico sono perciò dotate di un dispositivo di lisciatura a rulli: sul cilindro rotante ruota un rullo lisciatore che scivola anche assialmente.

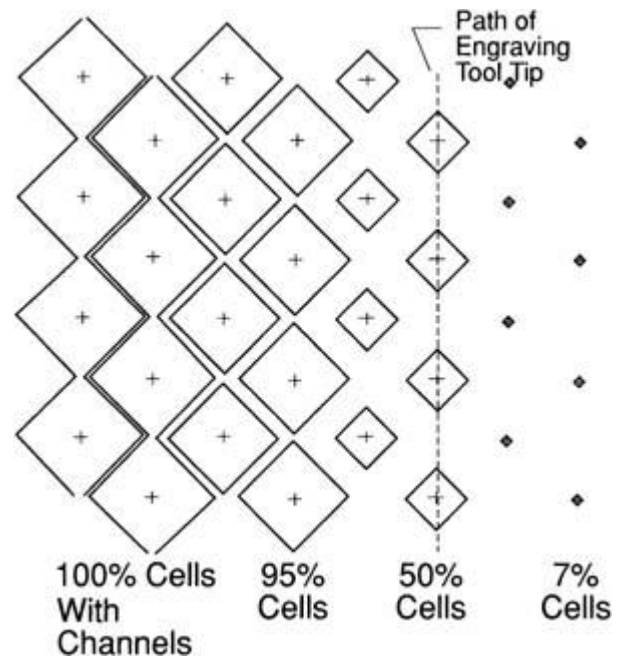
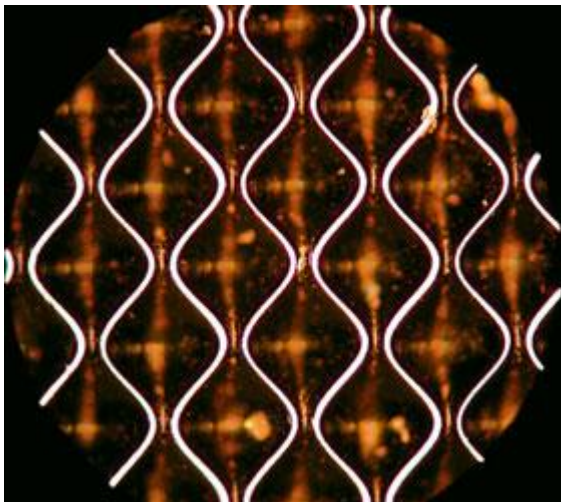


### Formatura semiautotipica elettromeccanica

La **formatura elettromeccanica (EMG, Electromechanical Engraving)** ha il suo capostipite e principale esponente nell'**helio-klischograph**, o



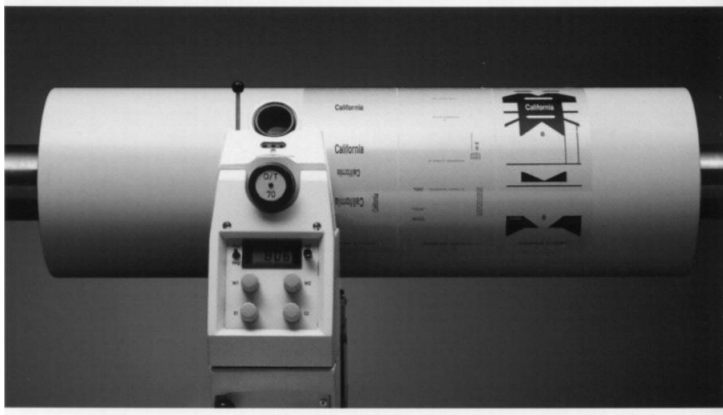
**helioclastografo**, un'apparecchiatura elettronica che ha soppiantato il tradizionale processo di fotoincisione. Opera secondo il principio della scansione, producendo cilindri rotocalco semiautotipici, caratterizzati da grafismi costituiti da cellette di sezione e profondità variabili, mediante incisione meccanica del rame con uno stilo a punta piramidale diamantata.



L'apparecchiatura può essere schematicamente divisa in tre parti:

- unità di scansione o input,
- unità di comando,
- unità di incisione o output.

L'unità di scansione fornisce al sistema le informazioni densitometriche, esplorando con un sottile fascio luminoso l'originale posto su un tamburo rotante; la scansione risulta dalla combinazione del movimento rotatorio del tamburo con il movimento traslatorio della testa di lettura. L'originale è costituito dal montaggio dei monocromi di selezione. È possibile adoperare diapositivi o dianegativi, nonché opali (pellicole opaline) negativi o positivi, sia a tono continuo a densità controllata ( $DR = 0,30 - 1,65$ ) sia retinati ( $A\% = 6\% - 98\%$ ). La luce riflessa, modulata dagli annerimenti dell'originale, è raccolta da un fotomoltiplicatore che la converte in valori modulati di corrente elettrica. Il segnale elettrico è convertito in valori numerici mediante convertitore analogico-digitale (ADC) e inviato all'unità di elaborazione. Per ridurre il tempo di scansione, sul tamburo sono applicate più teste di lettura.



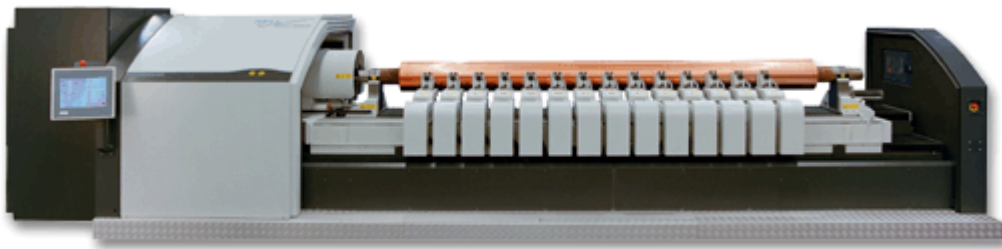
Se l'impaginazione ed il montaggio sono eseguiti via software, secondo l'attuale ed ormai consolidata tendenza, i relativi dati sono inviati direttamente all'unità di comando, scavalcando o eliminando direttamente l'unità di scansione.



L'unità di comando raccoglie i dati digitali provenienti dalle teste di lettura o dai computer esterni, li elabora per la formatura e li riconverte in segnali elettrici mediante convertitore digitale-analogico (DAC), da inviare alle teste di incisione.



L'unità di output del sistema è rappresentata da una serie di teste di incisione che agiscono sul cilindro rotocalco ramato in rotazione. Lo strumento di incisione è costituito da una punta di diamante affilata a sezione triangolare, che oscilla a 4 MHz. Ad ogni oscillazione, la punta si avvicina o si allontana rispetto alla superficie del cilindro, in funzione del segnale proveniente dall'unità di elaborazione. Quindi, ogni oscillazione determina l'incisione di una celletta di forma ellittica con profondità e superficie variabili, in funzione della penetrazione della punta nel metallo.







Si può scegliere tra diverse forme di cellette, con struttura più o meno allungata. La diversa configurazione dipende dalla variazione della velocità di rotazione del cilindro rispetto all'oscillazione ed al movimento traslatorio della punta di incisione. I due cilindri di lettura ed incisione possono essere montati sullo stesso asse oppure collocati in due apparecchiature intercomunicanti con collegamento digitale.

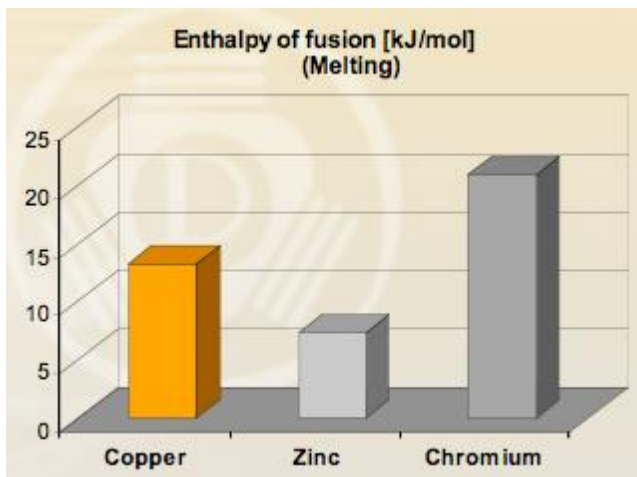
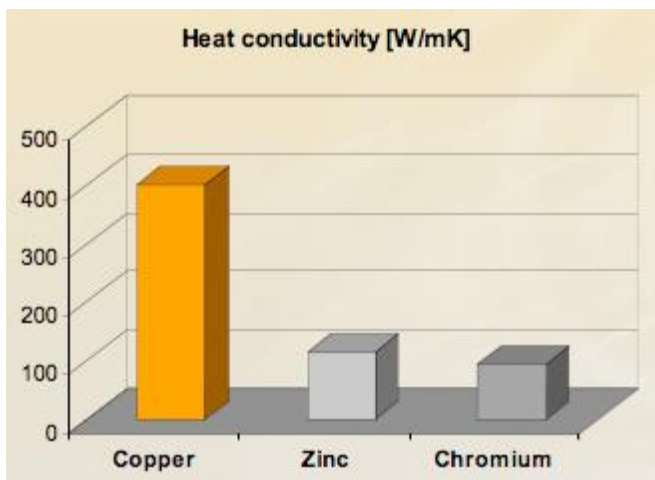
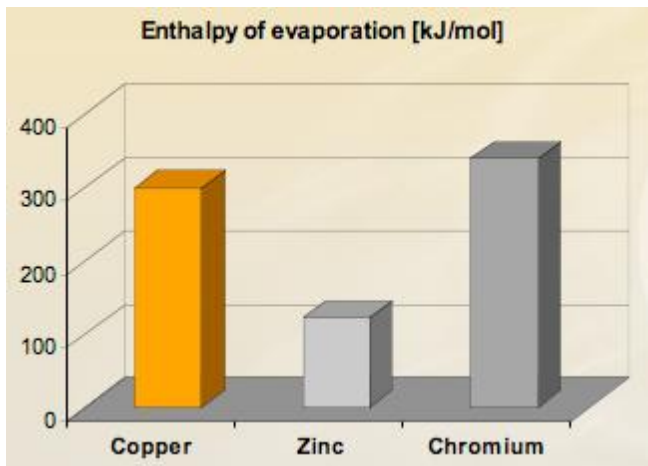
La formatura elettromeccanica offre il grande vantaggio della ripetibilità dei risultati e della rapidità di incisione. Tenendo presente che vengono incise 4000 cellette al secondo, si possono incidere  $0,33 \text{ m}^2/\text{h}$  di superficie del cilindro con lineatura 70.

### **Formatura laser**

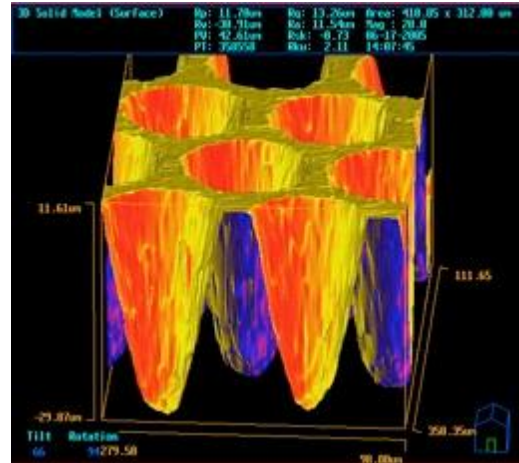
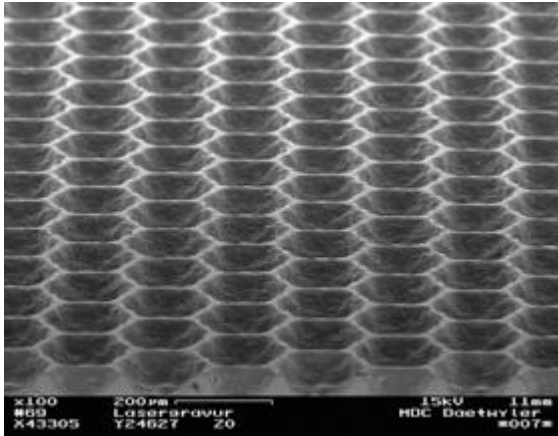
La **formatura diretta laser (DLS, Direct Laser Engraving)** è eseguita su cilindri rivestiti in zinco.

L'utilizzo dello zinco è dettato dalle migliori caratteristiche di stesa e trasferimento dell'inchiostro e dalla maggiore velocità di stampa rispetto ad altri metalli, quali il rame ed il cromo.

Questa superiorità dello zinco sul rame e sul cromo trova spiegazione nei grafici seguenti, che mettono a confronto le proprietà termiche dei tre metalli.



Le fotografie sottostanti evidenziano la forma regolare e definita delle cellette, la loro disposizione omogenea ed il loro volume uniforme.



## Cromatura

La durezza del rame varia in funzione della composizione dell'elettrolita impiegato durante l'elettrodeposizione e del modo di conduzione della medesima. Questa durezza non è però sufficiente per resistere a lungo all'abrasione prodotta dalla racla e dalla carta in fase di stampa.

Di conseguenza, i pozzetti, che inizialmente presentano profondità di 5 - 40  $\mu\text{m}$ , dopo 500.000 impressioni saranno profondi 0 - 35  $\mu\text{m}$ , con il risultato che il primo stampato risulterà ben diverso dall'ultimo.

Per ovviare a tale inconveniente è consuetudine, anche per basse tirature, procedere alla cromatura del cilindro inciso, poiché il cromo aumenta significativamente la durezza superficiale e la scorrevolezza dell'inchiostro favorendone l'eliminazione con la racla. Lo spessore di cromatura deve essere di 3 - 4  $\mu\text{m}$ ; nel caso di tirature molto elevate (4 - 5 milioni di copie), lo spessore deve essere portato a 6 - 8  $\mu\text{m}$ .

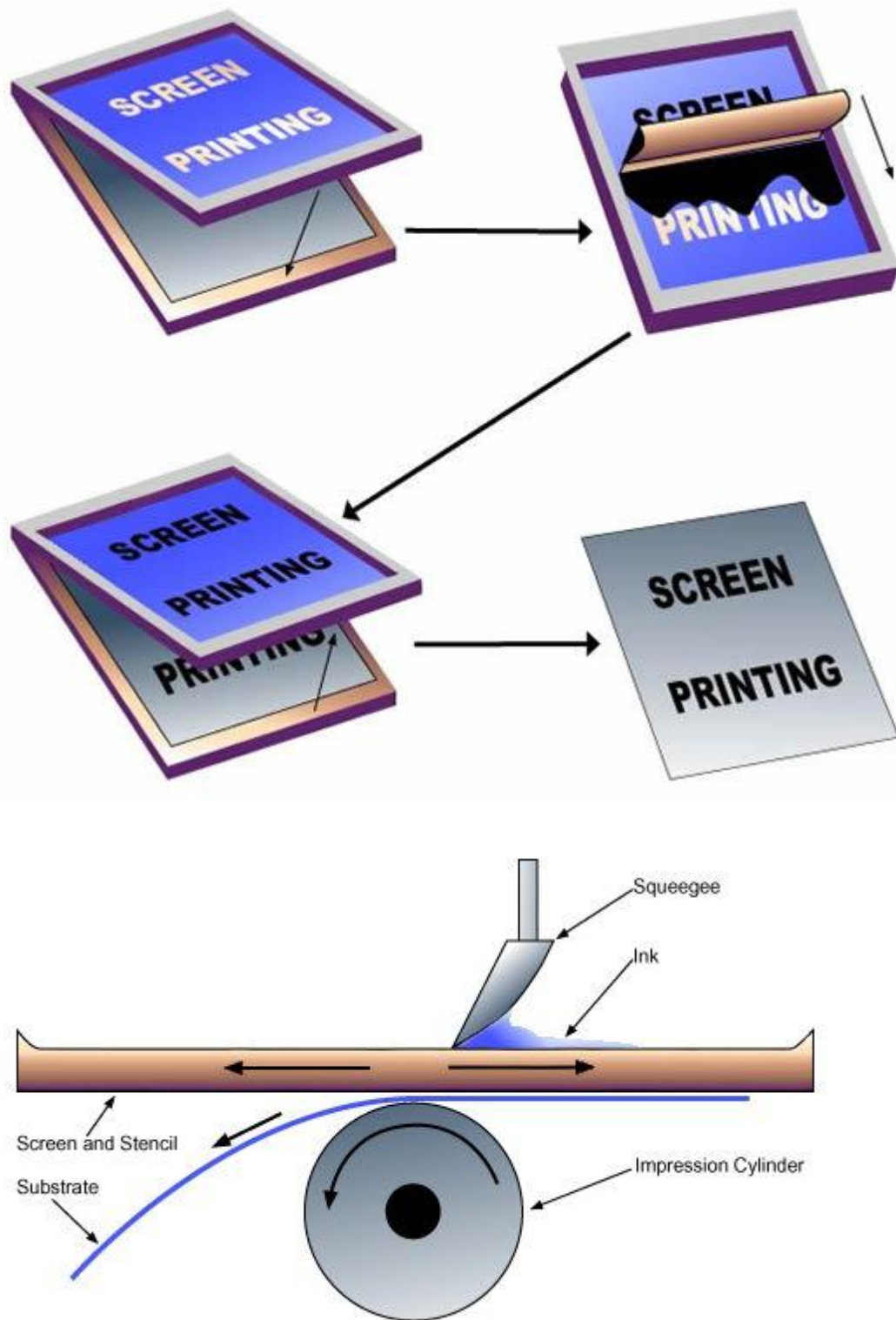
Il tempo medio di cromatura elettrolitica è di circa 30 minuti. I residui di lavorazione della cromatura e della scromatura sono altamente inquinanti e tossici, pertanto occorre eseguire rigidi controlli e trattare gli scarichi in modo da eliminare il carico inquinante.



## Formatura serigrafica

---

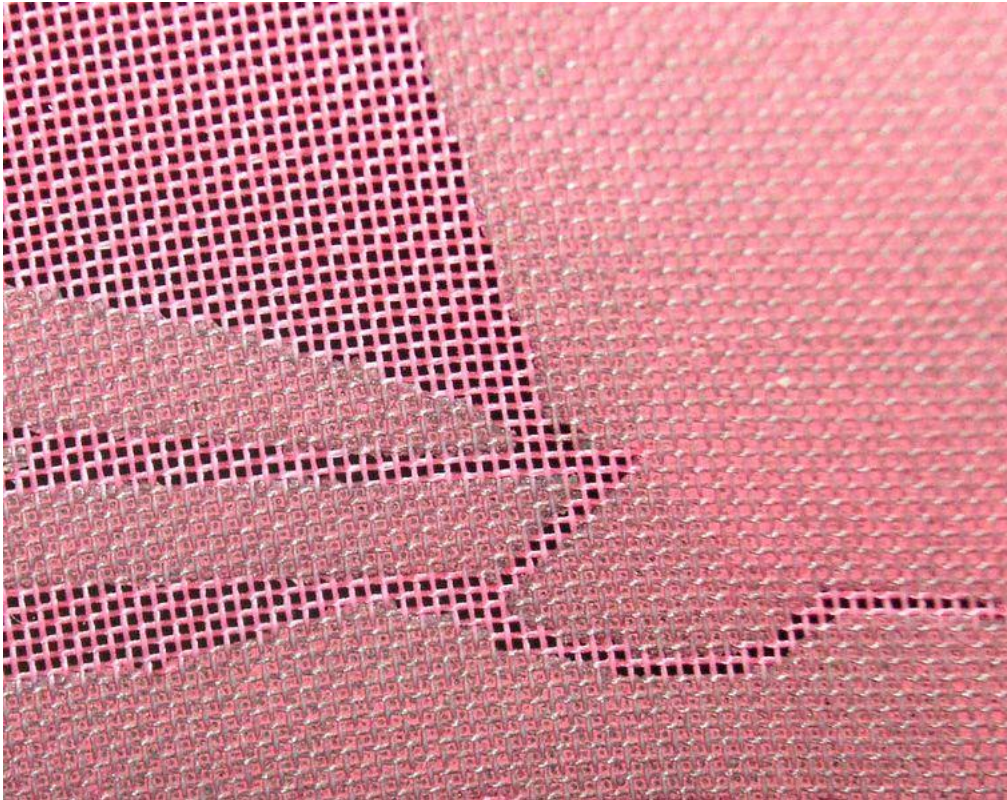
Le **forme permeografiche** consentono di trasferire l'inchiostro sul supporto di stampa attraverso **grafismi permeabili rispetto ai contrografismi**.



### ***Tessuti per serigrafia***

La forma serigrafica è costituita da un tessuto a maglie fitte. La scelta del tipo di tessuto ha un'importanza determinante ai fini del risultato di stampa che si otterrà.





I requisiti essenziali del tessuto per serigrafia si possono così riassumere:

- uniformità nella tessitura, per un passaggio dell'inchiostro controllabile ed omogeneo,
- elevata resistenza allo sfregamento ed all'abrasione ed adattabilità alla natura del supporto,
- elevata resistenza alle sollecitazioni derivanti dal quadro da stampa,
- rispondenza della tessitura relativamente al numero di fili, all'apertura della maglia ed allo spessore del tessuto,
- resistenza ai prodotti chimici presenti negli inchiostri, nei solventi e negli agenti sgrassanti,
- corretta elasticità, per una perfetta azione di stesura e di ripresa della posizione originale dopo il passaggio della racla,
- reazione positiva alla pressione ed agli impatti,
- ridotto rigonfiamento per evitare l'apertura delle maglie e la conseguente penetrazione irregolare dell'inchiostro.
- buona adesione delle emulsioni fotosensibili.

Inoltre, la scelta corretta del tessuto influisce positivamente sul consumo, sulla fluidità e sullo spessore depositato dell'inchiostro, sull'adattabilità alla stampa ed alle superfici riceventi, sulla precisione dei registri di stampa, sulla durata della matrice e sui costi di produzione.

I tessuti per serigrafia sono caratterizzabili in base ai seguenti dati:

- tipo di filo,
- titolo, numero di fili / centimetro o pollice lineare
- diametro del filo in micrometri,
- tipo di tessitura,
- colore del tessuto.

#### **Tessuti sintetici monobava**

In nylon o poliestere, sono i più utilizzati in serigrafia, grazie all'uniformità di tessitura conseguibile con fili monobava, perfettamente lisci e speculari. Poiché il tessuto influenza in modo determinante la perfezione della matrice, la nitidezza di riproduzione sarà nettamente migliore per quelli monobava. Quelli multibava hanno infatti fili costituiti da filamenti ritorti che presentano piccolissimi nodi e bave che influiscono negativamente sullo stampato.

Quasi tutti i tessuti sintetici sono prodotti in diversi diametri di filo. Il valore del diametro incide sull'apertura delle maglie e sulla percentuale di superficie libera, ma non modifica il numero di fili per centimetro.

#### **Tessuti sintetici monofilamento**

Ricevono preventivamente una colorazione speciale giallo-arancione che previene le infiltrazioni di luce durante l'esposizione della matrice, al fine di migliorare la definizione nei dettagli e nei contorni, ridurre i rischi di sovraesposizione, assicurare una buona durata della matrice ed un'ottima trasparenza.

#### **Tessuti in poliestere per inchiostri UV**

Sono sottoposti preventivamente a calandratura per diminuire lo spessore del tessuto e delle maglie. Ne consegue un deposito di colore stampato ridotto al 30-50% circa, in funzione del tipo di applicazione del tessuto al telaio di stampa, cioè con calandratura interna o esterna.

### **Tessuti in poliestere metallizzato**

Sono ottenuti depositando per via galvanica nickel puro sulla tessitura poliestere monofilamento.

### **Tessuti in acciaio inox**

Si utilizzano per l'elevata stabilità, anche se la loro superficie è facilmente danneggiabile da urti, specialmente se dovuti ad oggetti acuminati.

### **Titolo**

È il parametro che caratterizza inequivocabilmente il tessuto e dal quale dipendono il dettaglio e la qualità dei bordi dei grafismi e l'apertura delle maglie. Il titolo può variare da 15 a 200 fili/cm. Per la stampa di tratti fini e retinati si usa un titolo di almeno 150 fili/cm.

### **Diametro del filo**

Per ogni tipo di tessuto ci sono almeno due diversi diametri di filo. Oltre ad avere una diretta influenza sulla definizione della stampa, il diametro contribuisce alla dimensione della maglia ed alla resistenza del tessuto stesso che, proprio per le caratteristiche del processo di stampa, è soggetto a forti stress meccanici. Le misurazioni del diametro del filo sono indicate in micrometri [ $\mu\text{m}$ ].

### **Apertura della maglia**

Questo dato indica lo spazio fra due fili paralleli ed adiacenti fra loro. I tessuti serigrafici di alta qualità sono approntati in modo da assicurare al prodotto finito la massima accuratezza e consistenza dell'apertura della maglia. Viene espressa anche in percentuale di superficie libera, corrispondente al rapporto fra area coperta ed area scoperta dai fili; l'unità di misura di riferimento è il metro quadrato. La percentuale di superficie libera e la misura dell'apertura delle maglie saranno quindi



direttamente proporzionali al numero ed al diametro dei fili.

Per ogni tipo di tessuto, è possibile aumentare o diminuire la superficie libera scegliendo un diametro del filo più o meno alto.

Nel caso di lavori che prevedano inchiostri con particelle molto grosse, l'apertura della maglia deve essere subordinata alle caratteristiche ed alle dimensioni delle particelle della pasta. Non deve essere comunque inferiore a tre volte il diametro medio dei pigmenti.

#### **Spessore del tessuto**

È dato dall'insieme del numero dei fili, dal diametro del filo e dal tipo di tessitura. Il ruolo più importante nella determinazione dello spessore è individuabile nel diametro del filo.

#### **Pressione della racla**

In linea di massima, il tessuto non influenza il tipo di racla da utilizzare, ma, eventualmente, la durezza della sua gomma.

#### **Pressione di stampa**

La pressione di stampa può variare in relazione al tipo di tessuto utilizzato (poliestere, nylon, acciaio inox, ecc.), al tipo di inchiostro, al soggetto da stampare, al tipo di stampa (manuale, semiautomatica, automatica) ed al telaio piano o cilindrico.

#### **Inchiostri**

La scelta del tessuto per la stampa di un determinato soggetto dipende anche dagli inchiostri e dal supporto di stampa.

### ***Prodotti fotosensibili***

Per la sensibilizzazione dei telai si utilizzano composti diazoici, fotopolimeri SBQ (stilbene quaternario) e PVA (polivinile acetato).

Gli strati fotosensibili devono soddisfare i seguenti requisiti:

- essere ecologici, cioè non devono inquinare gli scarichi (per tale motivo si tende a scartare i prodotti bicromatati);
- avere un tempo di esposizione breve;
- essere compatti e viscosi;
- essere facilmente eliminabili dal telaio dopo l'impiego.

### **Tipologie di forme**

La prima fase nella preparazione della forma serigrafica è la messa in tensione ed il fissaggio del tessuto al telaio metallico.



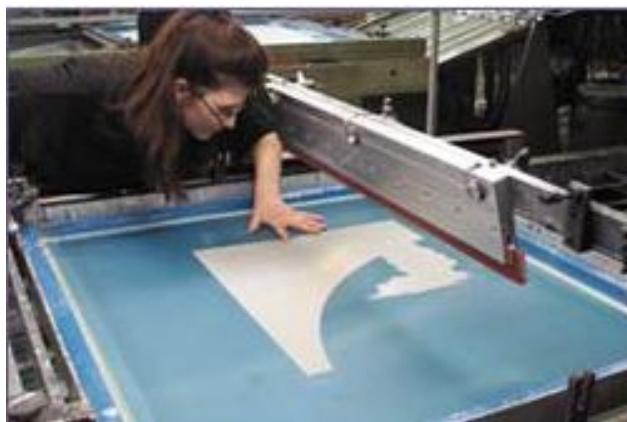
**Preparazione del telaio con tessuto presensibilizzato**

La formatura, cioè l'impermeabilizzazione dei contrografismi, può essere ottenuta con diverse tecniche: manualmente, con fotoformatura diretta o indiretta.

#### **Formatura manuale**

La serigrafia è l'unico procedimento grafico nel quale la formatura manuale è ancora praticata.

Si usa un apposito materiale spellicolabile, formato da un supporto in poliestere, sul quale è stesa una gelatina trasparente colorata non fotosensibile. Posto il film sopra il disegno da riprodurre, si intaglia lo strato di gelatina staccandolo e asportandolo in corrispondenza dei grafismi. Terminata questa operazione, si posiziona il foglio sulla parte inferiore del tessuto, si inumidisce e si esercita una pressione mediante pressa, in modo che la gelatina si fissi al tessuto, poi si stacca e si asporta il supporto di poliestere. In questo modo, i contrografismi restano sigillati dallo strato di gelatina colorata. Dopo il ritocco con apposita vernice sigillante, la forma è pronta per la tiratura. Questa tecnica di formatura è rapida ed economica, specie quando si devono realizzare forme di grande dimensione con soggetti a tinte piatte, scritte in corpo grande, disegni al tratto con linee spesse e simili.



#### Formatura diretta

È il metodo di formatura più comune.

Il tessuto è spalmato con più mani sottili di materiale fotosensibile su entrambi i lati. Poiché l'essiccazione dello materiale fotosensibile provoca la contrazione del prodotto entro le aperture delle maglie, con conseguente formazione di piccole cavità superficiali, si applicano diversi strati di prodotto, fin quando le superfici non sono perfettamente planari.

Si sovrappone a contatto il montaggio con i diapositivi al tratto o retinati e si espone con una lampada metallo-alogena o a vapori di mercurio. Il successivo sviluppo con acqua asporta lo strato colloidale rimasto solubile in corrispondenza dei grafismi permettendo all'inchiostro di attraversarli e di fluire sul supporto di stampa; le maglie corrispondenti ai contrografismi rimangono invece sigillate.

La stesa del materiale fotosensibile direttamente sul tessuto ne assicura l'ancoramento con un'ottima resistenza all'abrasione, permettendo così tirature elevate.

#### **Formatura indiretta**

Si usa un film fotosensibile spellicolabile costituito da un supporto di poliestere sul quale è steso lo strato fotosensibile.

Dopo l'esposizione, effettuata attraverso il montaggio dei diapositivi, si esegue lo sviluppo che libera le maglie in corrispondenza dei grafismi. La miglior qualità ottenibile con questo sistema deriva soprattutto dal fatto che i grafismi risultanti non seguono la trama del tessuto con gli sgradevoli effetti di frastagliatura dei bordi. Inoltre, lo spessore di fotopolimero è costante, generando così una superficie planare che migliora il contatto tra forma e supporto.

Si applica quindi il film con i contrografismi sulla parte inferiore del tessuto e si esercita una pressione mediante pressa, atta a fare aderire perfettamente lo strato fotosensibile al tessuto.



L'umidità in eccesso è assorbita attraverso il tessuto mediante carta assorbente. Quando la forma è perfettamente asciutta, si stacca il film dal supporto e si ritocca con vernice sigillante lo strato deposto. Le forme ottenute con il metodo indiretto hanno lo svantaggio di una resistenza alla tiratura minore di quelle ottenute con il metodo diretto, perché il sottile strato di materiale fotosensibile applicato sul tessuto ha un ancoramento inferiore a quello della formatura diretta. In compenso, offrono riproduzioni più accurate, con i bordi dei grafismi più precisi e regolari, sia per come è effettuato lo sviluppo sia perché i contrografismi sono sul lato inferiore del tessuto, a diretto contatto con il supporto di stampa. Questo metodo di formatura è quindi usato quando si vogliono ottenere bordi dei grafismi perfetti, per esempio nella stampa dei caratteri trasferibili.



**Macchina serigrafica per stampa su superfici cilindriche di vari tipi di supporti: carta, legno, plastica, metallo, vetro, ceramica.**



**Macchina serigrafica in linea automatica di tipo modulare per stampare da 2 a 6 colori su materiali rigidi, semirigidi e flessibili.**



# Fotoelettrografia

---

Nella **fotoelettrografia** o **fotocopiatura** si sfrutta l'azione della luce su fotoconduttori, quali l'ossido di zinco, il solfuro di cadmio e soprattutto i fotoconduttori organici. Caratteristica della fotoelettrografia è di dare immagini positive dirette. Le origini del procedimento fotoelettrografico risalgono agli anni '30 del XX secolo con la **xerografia (stampa asciutta)**, anche se l'utilizzazione diffusa delle xerocopie inizia negli anni '50.

I procedimenti fotoelettrografici si basano sull'elettromagnetismo e sulla fotoconduzione di alcune sostanze che, al buio, possono ricevere e trattenere cariche elettrostatiche per poi restituirle se esposte alla luce. Si tratta di fare aderire a una superficie carica di elettricità statica un materiale colorante, cioè il **toner**, dotato a sua volta carica elettrica di segno opposto a quella del fotoconduttore e costituito da una miscela di pigmento e resina in polvere. La carica elettrostatica è ottenuta per **effetto corona** mediante sottili cavi elettrici ad alto potenziale.

La fotoelettrografia può essere di tipo indiretto e diretto:

## Fotoelettrografia indiretta

La forma, costituita da un tamburo ricoperto con materiale fotoconduttore, è caricata per effetto corona facendola passare sotto un cavo elettrico, posto all'interno di una custodia metallica e collegato ad una fonte di corrente ad alta tensione (4.000 – 7.000 V). Questa tensione ha l'effetto di ionizzare l'aria; gli elettroni liberati aderiscono alla superficie del tamburo, attratti dal suo potenziale positivo.

Il tamburo è esposto ai vari livelli di luce che costituiscono l'immagine dell'originale. Le zone illuminate del fotoconduttore diventano conduttive e perdono la carica elettronica, acquisita precedentemente, in proporzione all'esposizione.

Le particelle di toner, cariche negativamente, saltano sul tamburo attratte dal suo potenziale positivo e ne sviluppano conseguentemente l'immagine elettrostatica latente.

L'immagine è trasferita sulla carta e fissata a caldo mediante passaggio del foglio inchiostro tra due rulli pressori riscaldati: la resina presente nei



microgranuli di toner fonde, penetra nella superficie del foglio e, nel successivo raffreddamento, vi aderisce stabilmente.

#### Fotoelettrografia diretta

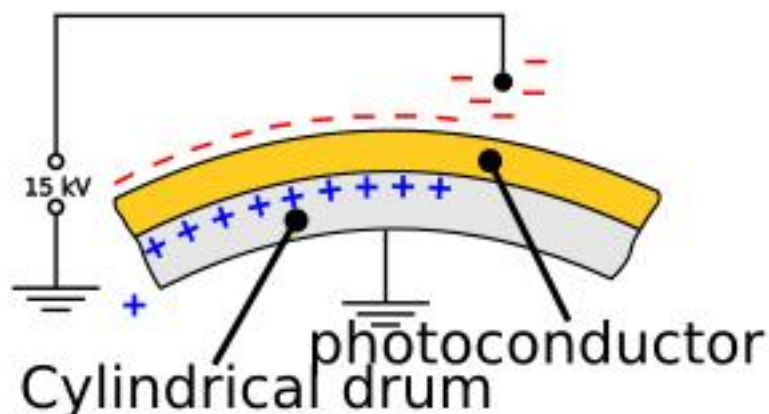
È un procedimento ormai abbandonato da lungo tempo, basato sull'elettroconduttività del supporto, senza passaggi intermedi. Il supporto era generalmente costituito da carta ricoperta di ossido di zinco (ZnO) disperso in un legante e trattata in modo da essere conduttrice e capace di disperdere le cariche nel corso dell'esposizione alla luce.

### Fotocopiatrice

Il ciclo di fotocopiatura, già delineato precedentemente nella fotoelettrografia indiretta, è il seguente:

#### Caricamento

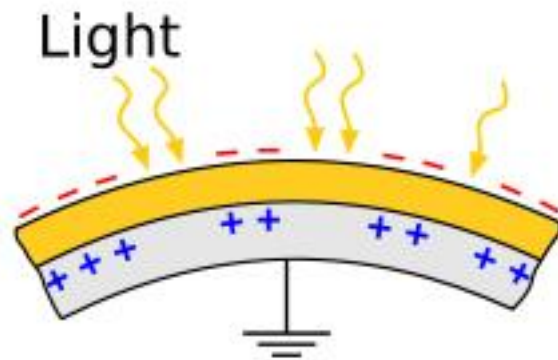
La superficie di un tamburo cilindrico è caricata elettrostaticamente mediante un filo conduttore ad alta tensione, denominato **filo corona**, o un **rullo di carica**. Il tamburo è rivestito con un semiconduttore che diventa conduttore in funzione della luce incidente, comportandosi così da **fotoconduttore**.



#### Esposizione

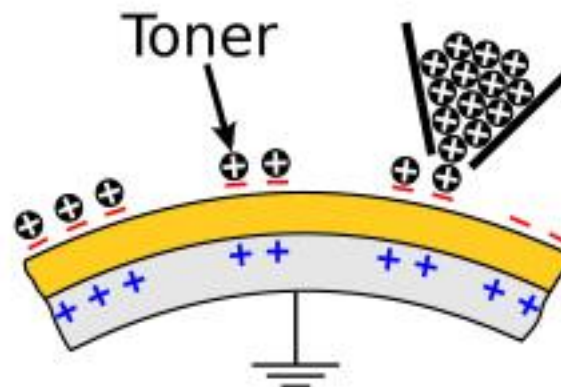
Una lampada fluorescente illumina l'originale e la luce è riflessa, proporzionalmente alle densità dei toni presenti, sulla superficie del tamburo fotoconduttivo. Le aree del tamburo che sono esposte alla luce, corrispondenti ai

toni dell'originale, diventano conduttive e si scaricano a terra. Le aree non esposte, corrispondenti ai neri dell'originale, rimangono caricate negativamente. Il risultato è un'immagine elettrica latente sulla superficie del tamburo.



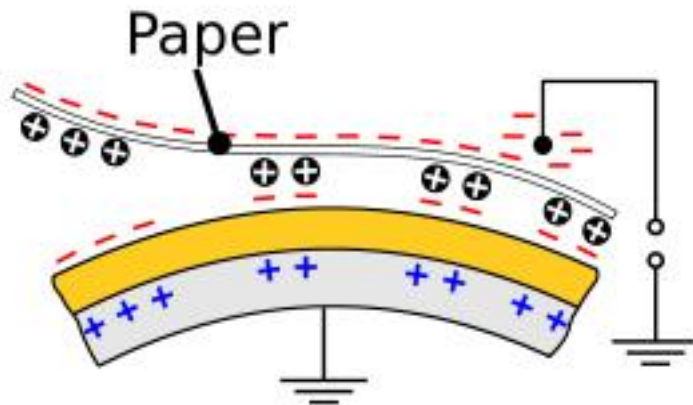
#### Sviluppo

Il toner è caricato positivamente. Quando è applicato al tamburo per sviluppare l'immagine latente, è attratto dalle aree dove sono presenti cariche negative.



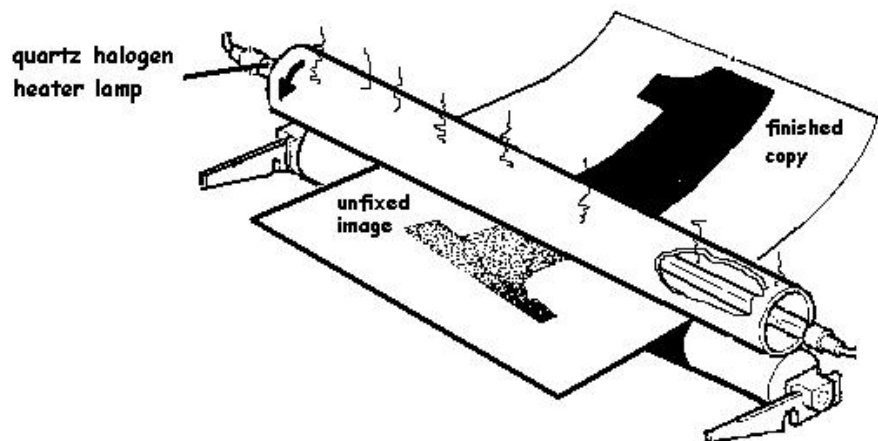
#### Trasferimento

L'immagine del toner risultante sulla superficie del tamburo è trasferita sul supporto ricevente, normalmente un foglio di carta. Il trasferimento è reso possibile dall'applicazione al supporto di un potenziale negativo superiore a quello del tamburo.



### Fusione

Il toner è fuso ed ancorato alla carta mediante passaggio tra due rulli ad alta temperatura e pressione.

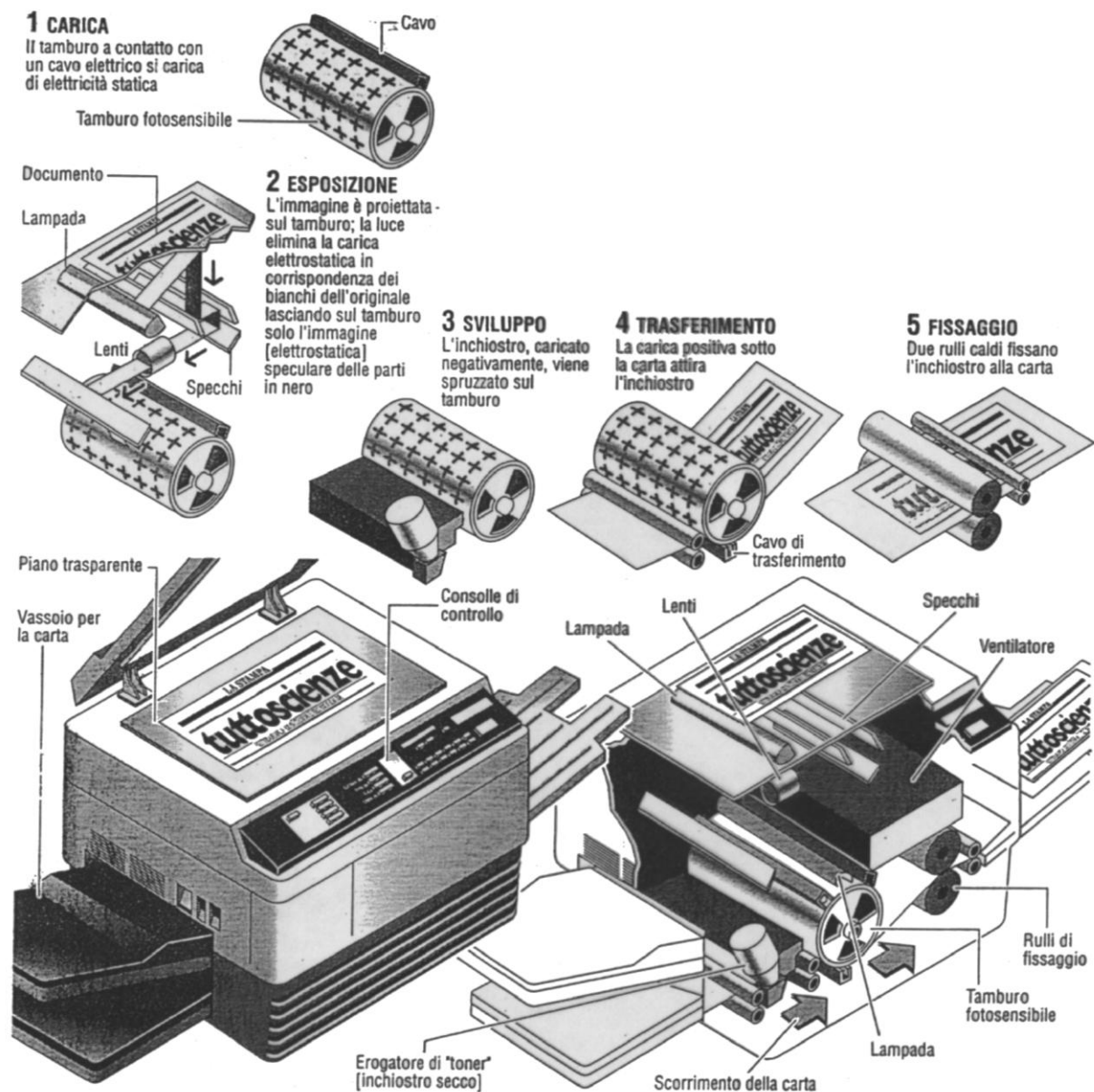


### Pulizia

Prima del successivo ciclo di copiatura, il tamburo viene pulito con una racla in gomma e scaricato completamente a terra mediante illuminazione.

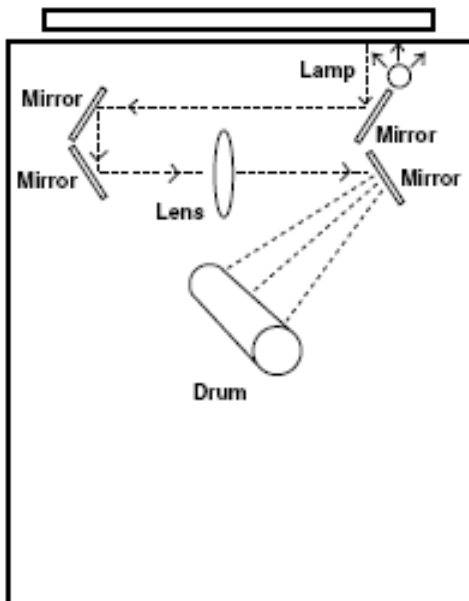


Il ciclo ora descritto è relativo ad un tamburo e ad un supporto ricevente caricati negativamente e ad un toner caricato positivamente. Altre fotocopiatrici funzionano però nel modo opposto, con il tamburo ed il supporto ricevente caricati positivamente ed il toner caricato negativamente, come evidenziato nel seguente schema completo:

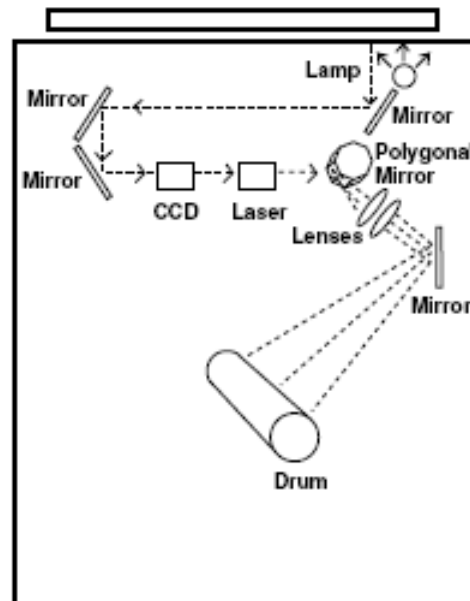


Le fotocopiatrici di qualità fotografica di ultima generazione, sia in bianco e nero sia a colori, sono dotate di scanner per la lettura dell'originale e di laser per l'esposizione del tamburo fotoconduttore, entrambi con controllo a microprocessori, e di eventuale interfacciamento con computer. I principali vantaggi di questa combinazione scanner-laser consistono nella possibilità di apportare modifiche all'immagine e nell'elevata precisione e definizione di stampa.

**Analog Copier**



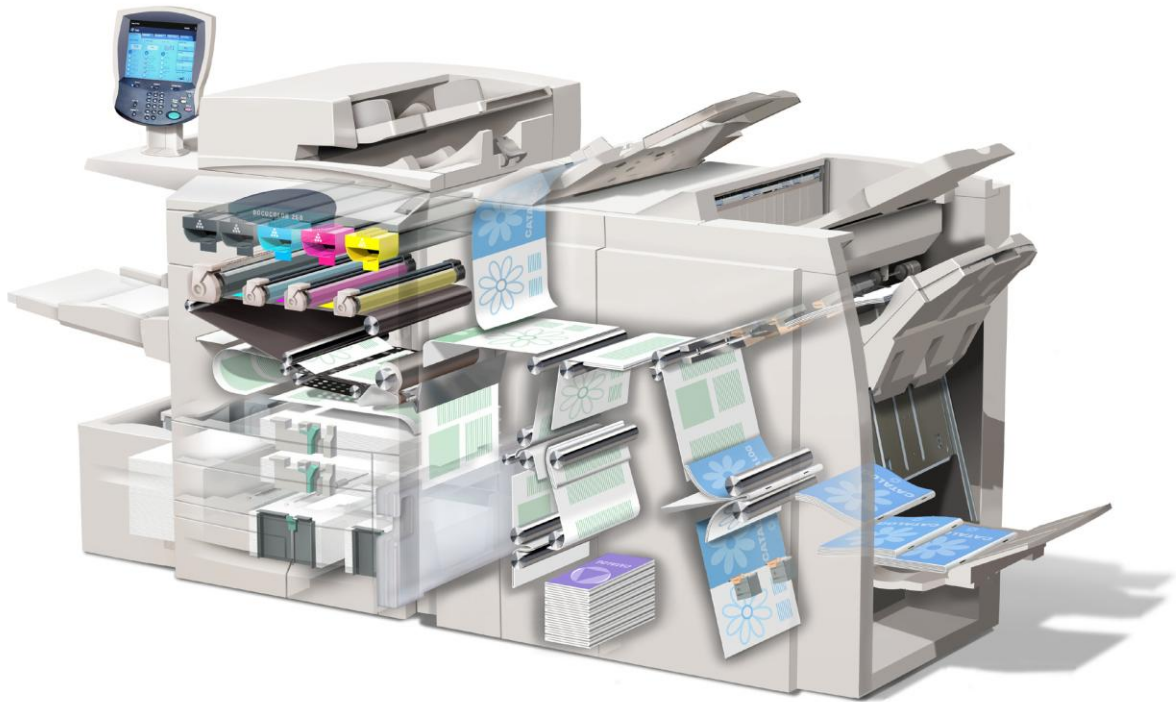
**DC/P**



Come la stampa a colori, anche la fotocopiatrice a colori si basa sul principio della riproduzione cromatica in sintesi sottrattiva, con l'utilizzo di quattro toner (ciano, magenta, giallo, nero). Le tecnologie utilizzate sono sostanzialmente due:

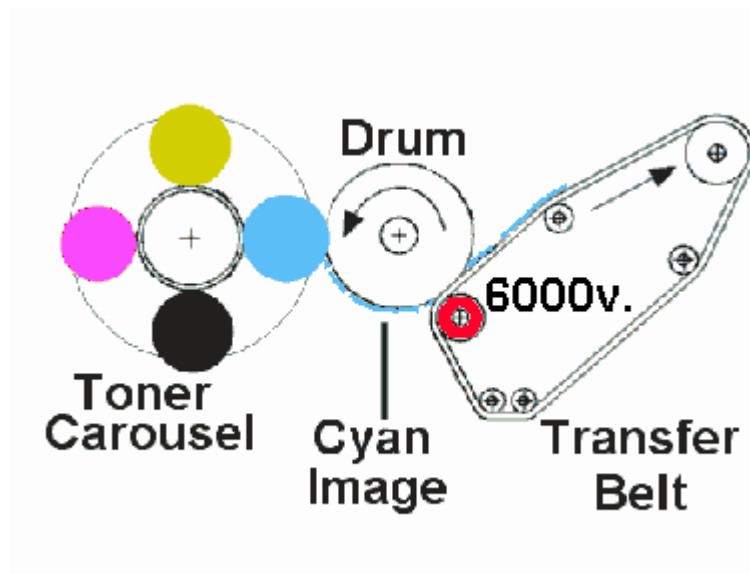
**Quattro tamburi**

La fotocopiatrice dispone di un tamburo fotoconduttore per ciascun toner e quindi opera come se fosse costituita da quattro distinte fotounità, con il supporto ricevente che le attraversa in successione.

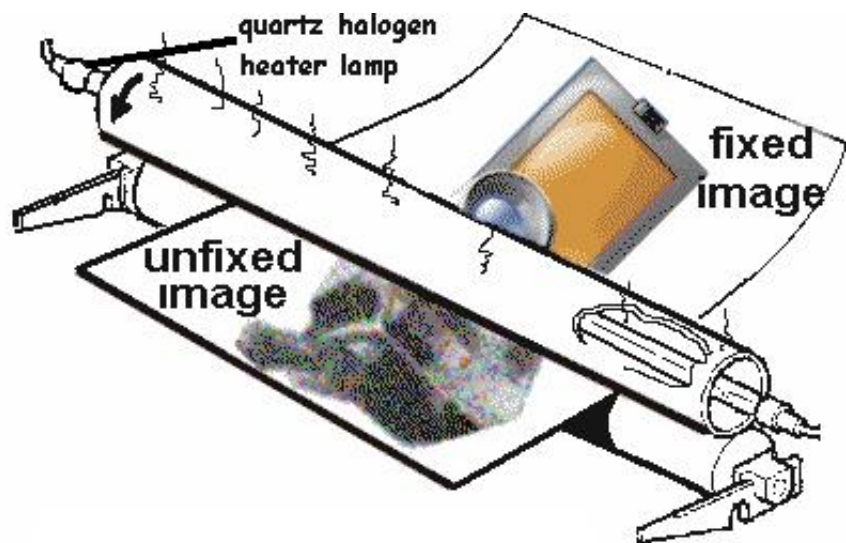
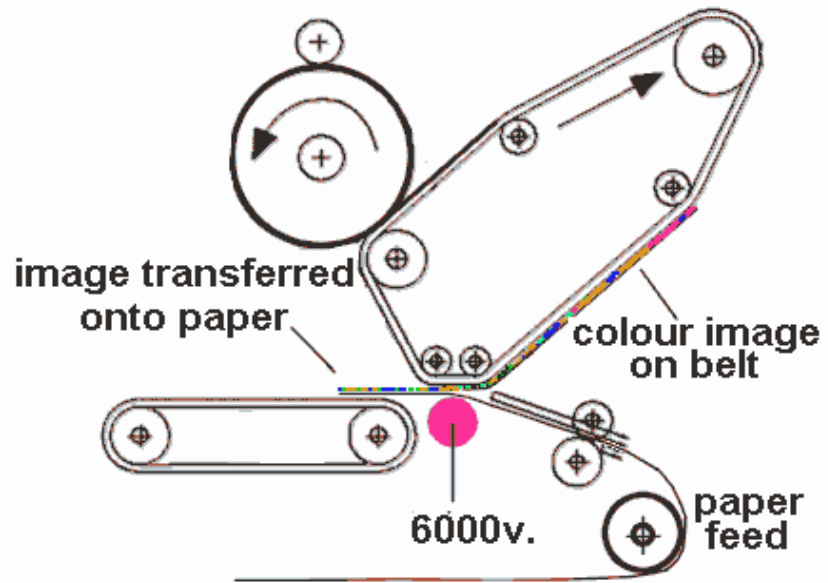


### Tamburo unico

La fotocopiatrice utilizza un unico tamburo fotoconduttore per i quattro toner, che vengono depositati in successione su un nastro intermedio, a formare l'immagine a colori, e quindi trasferiti sul supporto ricevente. Questa soluzione consente di realizzare macchine più compatte ed economiche.









## **Toner**

Il toner è costituito da microgranuli a base di pigmento e resina, con struttura e proprietà che dipendono dal processo di fabbricazione.

### **Toner polverizzato**

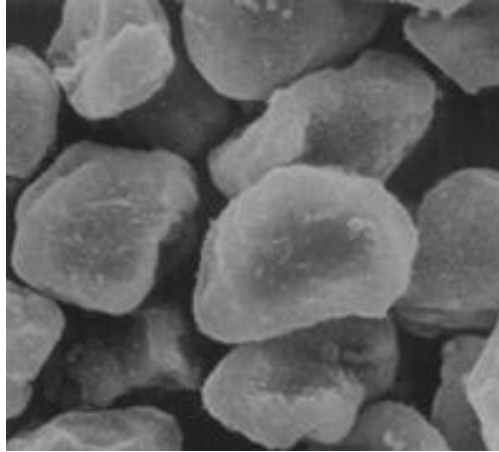
Il processo produttivo ha inizio con la miscelazione del granulato di resina sintetica con ossido metallico o nerofumo, che costituiscono il pigmento.

La miscela è quindi caricata in un estrusore riscaldato, dove viene portata a fusione. All'uscita dall'estrusore, la pasta fusa passa tra due cilindri laminatori e raffreddata sotto forma di nastro.

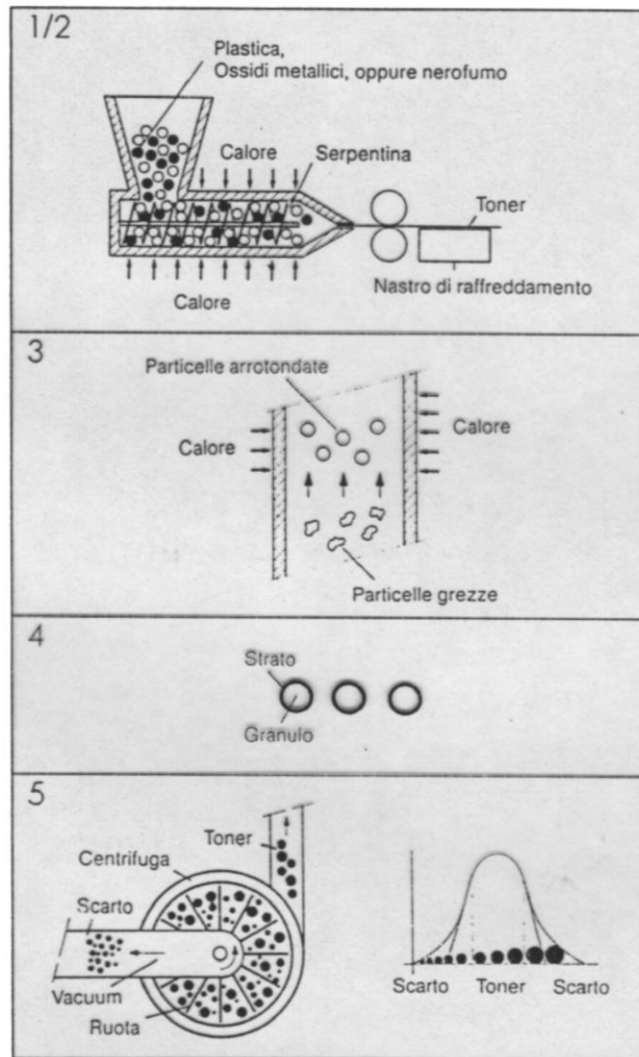
Successivamente il nastro è sottoposto a macinazione in granuli della dimensione desiderata; le particelle grezze sono quindi trasportate da una corrente gassosa in una torre di arrotondamento a

caldo, dove rammolliscono regolarizzando la loro forma.

Segue un trattamento consistente nel rivestire le particelle con un film che ne impedisce l'agglomerazione.



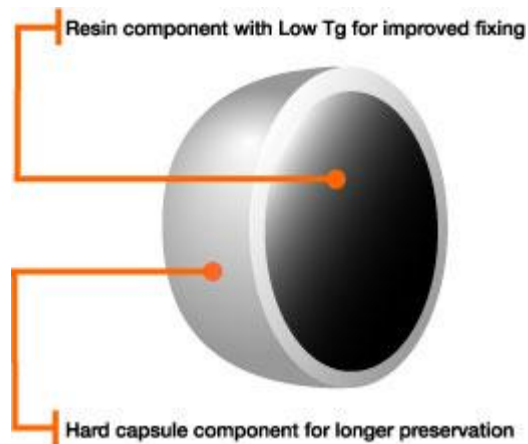
Infine, si procede alla classificazione mediante centrifugazione dei microgranuli, al fine di scartare quelli fuori misura.



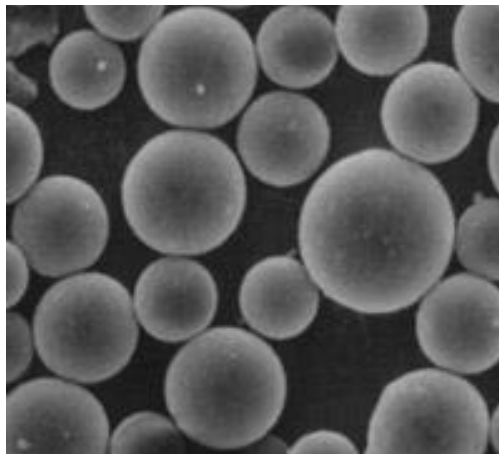
### Toner polimerizzato

È il tipo di toner più recente e tecnologicamente avanzato.

Il primo passo del processo produttivo consiste nel sintetizzare particelle di resina con diametro di 100 nm mediante polimerizzazione in emulsione. Successivamente, si provvede a coagularle ed a fonderle, in rapporti ben definiti, con i pigmenti ed altri additivi.



Il toner risulta quindi costituito da particelle colorate estremamente piccole e con diametro e forma uniformi, che permettono di raggiungere riproduzioni qualitativamente vicine a alla stampa offset. Inoltre, è possibile aggiungere particelle di altre resine in grado di conferire specifiche caratteristiche al toner. Ad esempio, l'aggiunta di cere evita la liberazione di composti oleosi durante il fissaggio, al fine di ottenere stampe a colori di qualità fotografica.



Grazie alle caratteristiche dei suoi microgranuli, il toner polimerizzato è in grado di fornire testi, immagini e linee più nitidi, eseguire tirature di qualità costante e migliorare la riproduzione delle scale tonali, la definizione dei mezzi toni ed il riempimento dei toni pieni.

Inoltre, rispetto al toner polverizzato, il suo processo produttivo richiede meno energia e le

emissioni di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, che contribuiscono al riscaldamento globale ed alle piogge acide, sono ridotte del 30% almeno.