

Toner secco vs. Inkjet – Confronto tra tecnologie

Introduzione

Nella stampa digitale di etichette e imballaggi, due tecnologie principali dominano il mercato: l'elettrofotografia (toner secco) e la stampa a getto d'inchiostro (Inkjet). Entrambi i processi presentano vantaggi e limiti dovuti alla loro fisica. Questo articolo illustra le differenze in termini di qualità, resistenza, compatibilità con i substrati e requisiti di processo, per consentire una scelta tecnologica informata.

1. Elettrofotografia a toner secco (Standard)

Principio: Caricamento elettrostatico di un tamburo, attrazione delle particelle di toner e fissaggio termico sul substrato.

- **Risoluzione dei dettagli:** Grazie alle piccole dimensioni delle particelle (circa 5–10 µm) e al controllo preciso del processo di sviluppo, è possibile riprodurre dettagli estremamente fini (ad es. caratteri di 1 pt o linee sottili). Ciò è particolarmente vantaggioso per stampe di sicurezza o etichette vinicole di alta gamma.
- **Compatibilità con i substrati:** Poiché il toner viene fissato termicamente e non deve penetrare in profondità nel substrato, aderisce eccellentemente a carte strutturate senza pretrattamento (primer).
- **Fabbisogno energetico:** Il processo è efficiente dal punto di vista energetico (l'unità di stampa richiede spesso solo circa 30 kW), poiché non è necessario evaporare grandi quantità di solventi o acqua.
- **Resistenza (Standard):** I toner polimerici classici offrono una buona adesione sulla carta, ma senza post-trattamento (vernice o laminazione) non raggiungono la resistenza chimica degli inchiostri UV reticolati.

2. Toner speciale: reticolato ai raggi UV (Tecnologia ibrida)

Principio: Un'evoluzione dell'elettrofotografia che combina il fissaggio termico con una reticolazione UV successiva.

- **Disponibilità sul mercato:** Questa specifica classe tecnologica (toner ibrido) è attualmente offerta in esclusiva da Xeikon con il nome TITON. Attualmente non esiste un equivalente diretto di altri produttori sul mercato.
- **La differenza fisica rispetto all'inchiostro UV (Migrazione):**
Il vantaggio decisivo di questa tecnologia risiede nella struttura delle molecole, determinata dal processo di stampa:
 - Nel getto d'inchiostro UV: L'inchiostro deve fluire attraverso ugelli estremamente fini nella testina di stampa. Pertanto, tutti i componenti solidi – pigmenti e fotoiniziatori – devono essere microscopicamente piccoli per evitare ostruzioni. Anche dopo l'indurimento UV, le reti polimeriche risultanti e gli

iniziatori rimangono relativamente piccoli e possono, in determinate condizioni, migrare attraverso i pori del substrato.

– Nel toner reticolato ai raggi UV: Poiché il toner viene trasferito elettrostaticamente e non premuto attraverso ugelli, questo vincolo meccanico non esiste. I fotoiniziatori nel toner possono avere fin dall'inizio una struttura molecolare più grande. Dopo l'attivazione UV, si formano catene polimeriche che, rispetto ai pori del substrato, possono essere considerate «infinitamente grandi» – non passano fisicamente attraverso la struttura della carta e quindi non possono migrare.

• Meccanismo di fissaggio:

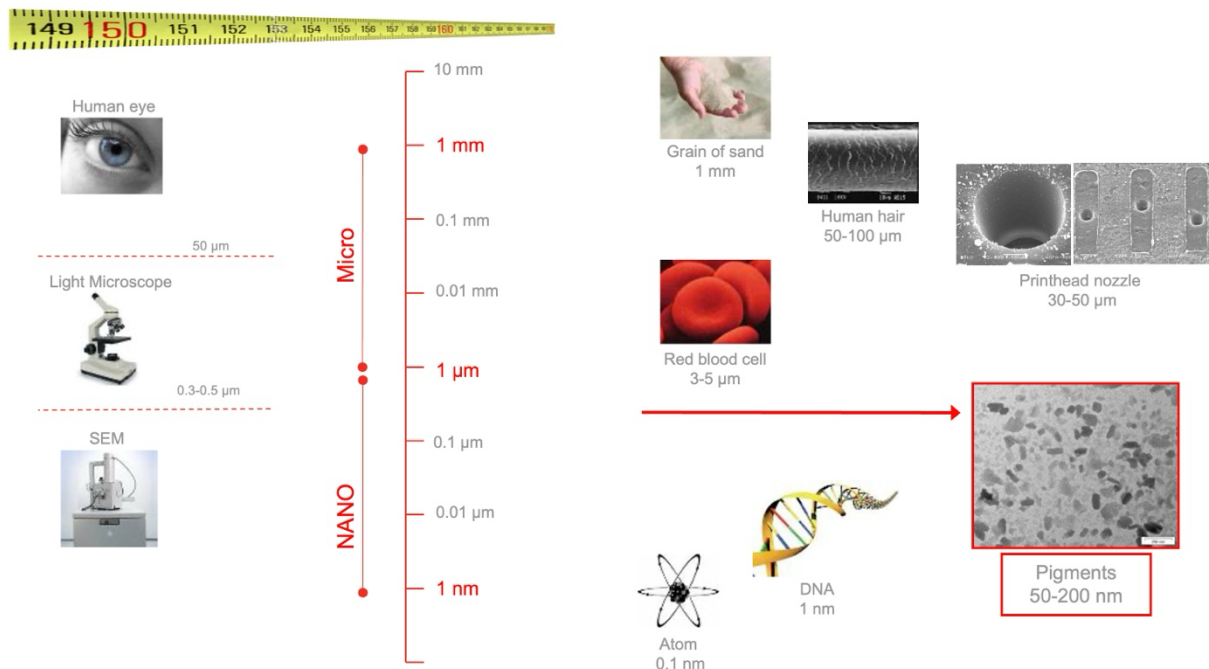
Un'altra differenza essenziale risiede nell'adesione:

– Nel getto d'inchiostro UV, la reticolazione chimica è l'unico meccanismo che fissa l'inchiostro sul substrato.

– Nel toner reticolato ai raggi UV, il fissaggio primario avviene termicamente (fusione e penetrazione nella struttura della carta). La reticolazione UV serve esclusivamente a conferire allo strato superiore proprietà meccaniche e chimiche migliorate. È largamente irrilevante per l'adesione al substrato.

• **Concentrazione degli iniziatori:** La percentuale di fotoiniziatori in questo toner ibrido è di circa il 3 %. Negli inchiostri UV classici, questa percentuale è spesso dieci volte superiore (circa il 30 %) a causa della necessaria reattività e della «stampabilità a getto».

Grafico per la classificazione delle dimensioni



3. Realtà nella stampa di imballaggi: Migrazione e « Sporco di contatto »

Un malinteso diffuso nell'industria è il concetto di «contatto diretto con gli alimenti» con il colore di stampa. In pratica, la parte interna di un imballaggio (il lato a contatto con l'alimento) non viene mai stampata.

- **Economicità e funzione:** Una stampa all'interno sarebbe costosa (stampa fronte-retro, più inchiostro), ma inutile, poiché il cliente deve riconoscere il prodotto sullo scaffale dall'esterno. Nessuno apre un sacchetto di farina o una tazza di caffè per vedere la stampa all'interno.
- **Il rischio reale:** La sfida non risiede nel contatto diretto colore-alimento, ma in altri due scenari:
 1. Migrazione attraverso il substrato: Componenti del colore di stampa migrano dall'esterno stampato attraverso il materiale fino all'interno non stampato, arrivando così al prodotto. Ciò dipende fortemente dalla dimensione molecolare degli iniziatori e dalla porosità del substrato.
 2. Sporco di contatto (Set-off) nella bobina: Dopo la stampa, le etichette o le bobine vengono riavvolte. Il lato esterno appena stampato si trova direttamente a contatto con il lato interno non stampato dell'avvolgimento successivo. Ciò può portare al trasferimento di componenti non completamente fissati.

La valutazione dell'idoneità alimentare si riferisce quindi nella pratica principalmente alla prevenzione di questi due percorsi di migrazione, non a un contatto diretto del colore con il contenuto. Le certificazioni (come Nestlé, Swiss Ordinance) confermano che una tecnologia gestisce in sicurezza questi rischi di migrazione anche con alimenti secchi, grassi o caldi.

4. Tecnologia Inkjet

Nella stampa di etichette e imballaggi si distinguono principalmente sistemi indurenti ai raggi UV e sistemi a base acquosa.

4.1 Getto d'inchiostro indurente ai raggi UV

- **Produttività:** L'indurimento immediato tramite luce UV consente elevate velocità di banda e una lavorazione successiva immediata.
- **Resistenza:** Lo strato polimerico reticolato offre un'elevata resistenza a graffi, sostanze chimiche e acqua. Ideale per etichette industriali, prodotti chimici per la casa o applicazioni di lunga durata.
- **Rischio di migrazione:** Come descritto sopra, la necessità di molecole piccole per la testina di stampa implica un rischio maggiore di migrazione attraverso il substrato o di sporco di contatto nella bobina. Per imballaggi alimentari sensibili, gli inchiostri UV classici sono quindi spesso utilizzabili solo con formulazioni speciali a bassa migrazione o in stampa «sandwich» (laminazione).

4.2 Getto d'inchiostro a base acquosa

- **Profilo ambientale:** Privo di solventi e basse emissioni di COV. Molto adatto per concetti di imballaggio sostenibili e riciclaggio.

- **Processo di essiccazione:** L'acqua deve essere evaporata. Ciò richiede o lunghi tunnel di essiccazione (elevato fabbisogno di spazio) o un elevato apporto energetico (potenza dell'essiccatore spesso >200 kW), specialmente ad alte velocità. Si può immaginare come un'asciugatrice: l'essiccazione all'aria richiede tempo, un tamburo richiede molta energia.

- **Limiti dei substrati:** Su materiali non assorbenti (film plastici, metallo), l'uso è spesso possibile solo con primer speciali, il che può compromettere la riciclabilità.

Riepilogo: La scelta della tecnologia

La decisione non dipende da «meglio» o «peggio», ma dall'applicazione.

Requisito	Tecnologia consigliata	Contesto tecnico & Conseguenza per il ciclo di vita
Carte strutturate (es. etichette vinicole)	1. Toner secco (Standard) + Vernice ad acqua 2. Toner Ibrido	Fissaggio termico nella struttura. Tattilità naturale. Senza primer. Riciclaggio : Disinchiostrabile, compostabile (in miscela). Senza primer.
Elevata resistenza meccanica/chimica	1. Getto d'inchiostro UV 2. Toner Ibrido	Getto d'inchiostro UV: Ineguagliabile, ma spesso sicuro per gli alimenti solo in struttura sandwich(Film/Inchiostro/Film). → Conseguenza: Non riciclabile, solo inceneribile (emissioni di CO ₂). Toner Ibrido: Molto elevato, senza vernice. Resistente al calore > 300°C (ideale per sigillature a caldo). Riciclaggio: Più difficile dello standard, ma compatibile con monomateriale.
Imballaggio alimentare sensibile	1. Toner secco (Standard) + Vernice ad acqua 2. Toner Ibrido 3. Getto d'inchiostro a base acquosa	Toner secco (nessun iniziatore) + Vernice ad acqua. Protezione limitata contro i solventi. Ibrido (molecole grandi, nessuna vernice). Miglior equilibrio tra sicurezza e prestazioni. Getto d'inchiostro a base acquosa ottimo per imballaggi a base di cartone o carta.
Applicazioni di sigillatura a caldo (>300°C)	Toner Ibrido	Unica tecnologia a toner resistente al calore senza scolorirsi e senza necessitare di vernici aggiuntive.

Requisito	Tecnologia consigliata	Contesto tecnico & Conseguenza per il ciclo di vita
Sostenibilità / Economia circolare	Toner secco (Standard)	Possibile vero ciclo chiuso: Disinchiostrabile, la fibra di carta rimane utilizzabile. Getto d'inchiostro UV (Sandwich): Ciclo interrotto → Solo «riciclaggio termico» (Incenerimento).
Qualità di stampa (Brillantezza/Nitidezza)	1. Toner secco + Toner Ibrido 2. Getto d'inchiostro UV 3. Getto d'inchiostro a base acquosa	Getto d'inchiostro ad acqua: L'inchiostro penetra in profondità, si espande. Varietà di substrati limitata. → meno brillantezza. Spesso necessario primer (ostacolo al riciclaggio).