

# Laminazione multistrato senza solventi: un riesame delle innovazioni del processo e dei nuovi sviluppi tecnici

del Dott. Giancarlo Caimmi, direttore commerciale; Gruppo Nordmeccanica

## Premessa

Gli sviluppi più recenti della crisi energetica globale e l'aumento incontrollato dei costi associati hanno dato impulso a un ripensamento dell'efficienza dei processi industriali, in generale e in particolare, dei processi relativi al settore della trasformazione. Ogni processo di conversione passa attraverso un uso significativo dell'energia. Per le macchine progettate dai produttori di apparecchiature originali (OEM) per restare efficienti dal punto di vista energetico, l'impatto è limitato. Tuttavia, esistono tecnologie che, oltre ad essere efficienti dal punto di vista energetico, sono sicuramente rispettose dell'energia.

La laminazione senza solventi ne è un esempio. Introdotto negli anni '70, è un processo che consente drastici tagli dei costi energetici eliminando completamente il ricorso al forno di essiccazione; un processo che questa azienda ha sperimentato sui macchinari sin dall'inizio. Da allora, il settore ha adottato questa tecnologia al punto che la laminazione senza solventi costituisce più del 50% del volume globale della laminazione e oltre il 70% delle nuove installazioni.

Ma allora, in considerazione del mercato attuale, perché una tale tecnologia non copre l'intero settore della laminazione? Le ragioni sono ben definite. Tra queste ci sono i limiti di temperatura del processo di post-laminazione imposti dagli adesivi senza solventi. Le prestazioni di temperatura dei sacchetti laminati senza solvente dopo il confezionamento del prodotto stanno, infatti, migliorando man mano che i produttori di adesivi sviluppano nuove formulazioni, ma la laminazione adesiva a base di solvente rimane la tecnologia adeguata per servire questo particolare mercato.

## Lo stato della laminazione multistrato a base di solvente

Esiste un segmento della laminazione adesiva ancora dominato (in percentuale di mercato) dagli adesivi a base di solvente: Laminazione a 3 strati in un singolo passaggio. La crescita costante della domanda per strutture a 3 strati ha innescato una crescita simile nelle installazioni delle laminatrici a 3 strati a passaggio singolo per migliorare la produttività e la qualità riducendo al contempo gli scarti.

Il mercato di riferimento delle laminatrici a 3 strati è sempre stato quello delle aziende di trasformazione con significativi volumi della struttura a 3 strati. Le configurazioni delle macchine sono caratterizzate da due postazioni di rivestimento, due sistemi di asciugatura e svolgimenti e riavvolgimenti a torretta; un investimento che diventa economicamente efficiente solo con l'aumento dei volumi di produzione. Dagli anni '70 questa azienda ha servito il settore con laminatrici a singolo passaggio a 3 strati, aprendo la strada al processo. Pertanto, il nostro conseguente database realizzato negli ultimi 50 anni ci consente di analizzare le tendenze del settore e prevedere ciò che realisticamente ci si può aspettare lungo il cammino.

Nonostante ci siano due tendenze principali nella configurazione delle laminatrici a 3 strati, il settore è sempre stato attratto da quella a base di solvente nella configurazione a secco. Tale configurazione consente un'ampia flessibilità della macchina. In secondo luogo, le società di trasformazione favoriscono la configurazione senza solventi, nelle due versioni integrale e ibrida. La configurazione integrale è destinata esclusivamente per gli adesivi senza solvente, mentre l'ibrida è esattamente questo, ossia è configurata con una prima sezione di rivestimento che utilizza adesivo a base di solvente e una seconda postazione di rivestimento che utilizza adesivi senza solvente. Poiché la configurazione senza solventi può consentire una minore flessibilità, in genere rappresenta un investimento di capitale molto più basso, offrendo significativi risparmi energetici.

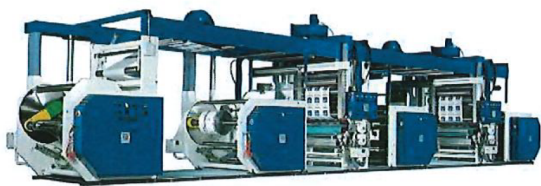


FIGURA 1. Prima laminatrice senza solventi integrale a 3 strati

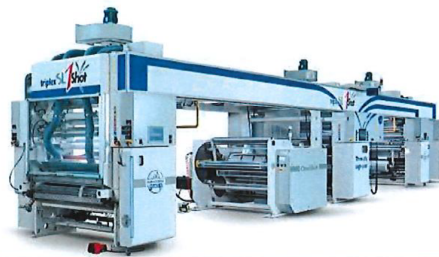


FIGURA 2. Laminatrice senza solvente triplex, compatta

### Riesame degli esordi della laminatrice senza solventi

Dagli anni '90 è stata introdotta un'importante evoluzione nella progettazione della macchina per la configurazione integrale senza solventi, combinando il know-how della laminazione a 3 strati con i nuovi concetti di laminazione senza solventi. Questa prima laminatrice integrale senza solvente a 3 strati è stata introdotta da questa azienda nel 1994 (vedi Figura 1). Utilizzata prevalentemente in Europa, è stata principalmente impiegata nelle applicazioni di confezionamento del caffè. Il follow-up è arrivato nel 2010 con la nostra laminatrice senza solventi triplex con un design compatto e un percorso del nastro estremamente breve, che ha fornito una significativa riduzione degli scarti (vedere Figura 2).

Motivata dal risparmio energetico offerto dalle laminatrici integrali senza solvente a 3 strati e alimentata dall'attuale crisi energetica, l'attenzione del settore per questa configurazione della macchina è attualmente al culmine, ampliando il mercato di riferimento a motivo dell'aumento dei costi energetici a livello mondiale. Il quadro finale è quello di un settore che investe di più nella laminazione a 3 strati e, in particolare, nei processi integrali senza solventi a 3 strati, come testimoniato dal numero crescente di installazioni.

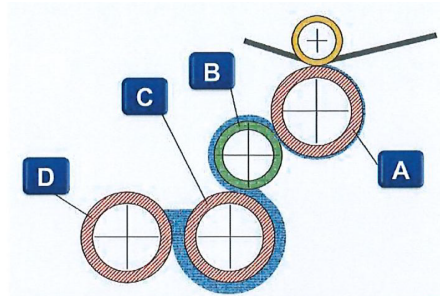


FIGURA 3. 5- Progettazione della testa di rivestimento a rulli

### Contesto e pietre miliari

Questa sezione prende in esame alcuni retroscena storici e definisce in generale i capisaldi sviluppati nel corso dei molti anni di evoluzione della laminazione senza solventi e nello specifico la laminazione multistrato senza solventi.

Il concetto di laminato senza solvente è stato introdotto negli anni '60 da un paio di produttori di adesivi all'avanguardia.

La parte chimica della tecnologia è stata impostata per prima e diversi brevetti sono stati depositati, ma è stato il processo di conversione effettivo a offrire molte sfide.

- **Problema n.1:** Come miscelare i due componenti, resina e indurente, che sono alla base della tecnologia adesiva senza solventi in modo coerente ed efficiente, come richiesto dal processo industriale.
- **Problema n.2:** Come gestire la spalmatura di un fluido ad altissima viscosità (caratteristica dei primi adesivi senza solvente) con una calibrazione accurata del peso del rivestimento e una stabilità costante a tutte le velocità del processo e in particolare durante gli incrementi della velocità.
- **Problema n.3:** Come gestire la movimentazione dei nastri di un composto realizzato da due substrati con differenti proprietà meccaniche, con un fluido spalmato tra i due che si comporta da lubrificante piuttosto che da adesivo, a causa del basso legante al verde offerto da tali formulazioni.

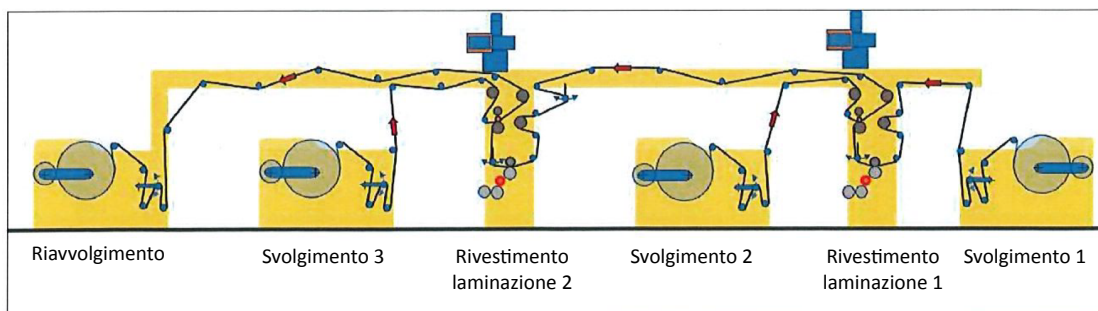


FIGURA 4. Percorso del nastro della laminatrice triplex, compatta con laminatori doppi

È stata questa azienda a introdurre e brevettare le soluzioni che, ad oggi, stanno permettendo la facilità d'uso e, di conseguenza, la crescita applicativa di questa tecnologia. La Figura 3 mostra il sistema a 5 rulli protetto da brevetto (il design della testa di rivestimento) che ha dato dimostrazione di essere, letteralmente in migliaia di installazioni, accurato e coerente, rendendo il monitoraggio del processo facile da apprendere e da eseguire. Alla base del brevetto sono il rullo pieno e la tecnologia di galleggiamento del rullo di trasferimento di gomma, seguito dalla tecnologia brevettata per la gestione del nastro, a partire da soluzioni elettromeccaniche che si sono evolute a prestazioni senza precedenti con soluzioni digitali.

Lo sviluppo di un concetto di "laminatrice compatta" ha successivamente portato a un nuovo processo di configurazione della macchina che non solo ha offerto alle società di trasformazione un investimento di capitale accessibile, ma anche un rapido ritorno su tale investimento. Questa configurazione compatta della macchina ha aperto la tecnologia adesivo-laminazione alle società di trasformazione di qualsiasi dimensione. La strategia è stata anche lo sviluppo di un innovativo sistema misuratore/miscelatore/erogatore, basato sulla tecnologia della pompa a ingranaggi, che fornisce una miscelazione su richiesta e prestazioni affidabili del rapporto di miscelazione.

### Nel mezzo degli sviluppi degli adesivi

Mentre il numero annuale di installazioni cresceva in modo esponenziale, i produttori di adesivi erano impegnati a perfezionare la gamma di adesivi senza solventi disponibili per coprire il maggior numero possibile di esigenze delle società di trasformazione, dalle applicazioni di base a quelle ad alte prestazioni. Fondamentalmente, i primi adesivi erano caratterizzati da viscosità *molto elevate* che richiedevano temperature di processo elevate per ridurre tale viscosità a livelli più agevoli da gestire. Ciò ha rappresentato uno svantaggio per il relativo consumo energetico e per la gestione del processo a livello della testa di rivestimento, ma ha anche generato un certo aiuto nella gestione del nastro perché viscosità più elevate hanno permesso una maggiore forza di adesione e, di conseguenza, un composto più stabile dopo il nip di laminazione (prima che si realizzi la polimerizzazione e il legame).

Considerando la bassa precisione del controllo del motore (e di conseguenza le limitazioni nel controllo della movimentazione del nastro) disponibile a quel tempo, l'elevata viscosità degli adesivi non era dopotutto così negativa, poiché l'effetto sul composto laminato era una migliore stabilità (la forza di adesione aumenta con la viscosità) per la laminazione dopo il nip finale e prima del riavvolgimento.

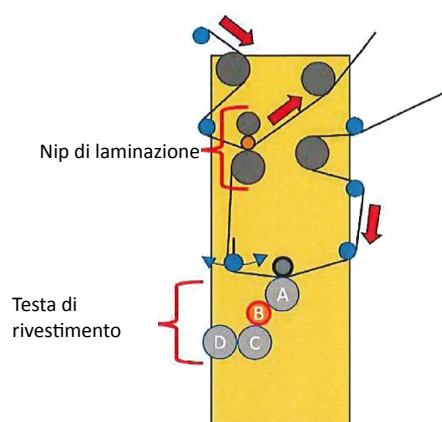


FIGURA 5. Percorso del nastro della laminatrice singola, compatta

### La sfida del "multistrato" senza solvente

Quindi perché, durante gli anni '90, quando la laminazione senza solvente a 2 strati stava vivendo costanti sviluppi di processo, con conseguente semplificazione dell'installazione e del monitoraggio della produzione, la soluzione integrale senza solventi a 3 strati costituiva ancora una sfida? Ho assistito a molteplici sforzi a livello di ricerca e sviluppo per superare queste difficoltà, lavorando parallelamente sull'aspetto chimico e su quello hardware. Solo nel 1994 che è stata presentata la prima soluzione: il nostro sistema triplex compatto (vedere Figura 1).

La Figura 4 mostra una rappresentazione semplificata del percorso del nastro. Dal punto di vista odierno, il concetto sembra piuttosto vecchio stile: Spalmatura dell'adesivo su nastro 1; laminato da Nastro 1 a Nastro 2 in corrispondenza del primo nip di laminazione; spostamento alla seconda postazione di rivestimento e spalmatura di un secondo strato di adesivo sul composto "Nastro 1+Nastro 2"; quindi applicazione di un terzo strato in un secondo nip di laminazione. La definizione di "compatta" utilizzata per la denominazione di tale configurazione di macchina si riferiva alla stretta vicinanza della testa di rivestimento al nip di laminazione, una cinghia molto corta che era stata concepita per semplificare la gestione del nastro (si tenga presente del basso livello di controlli elettronici dell'epoca) (vedere la Figura 5).

Questa disposizione compatta ha dettato la necessità di gestire il processo a velocità ridotta a causa dell'intrappolamento di CO<sub>2</sub> generato dal gas rilasciato durante la polimerizzazione adesiva senza solvente. In quasi tutti i casi, la laminazione a 3 strati comporta l'uso di film barriera, quindi la CO<sub>2</sub> rilasciata durante la polimerizzazione rimane intrappolata tra gli strati. (Dopotutto, ostacolare il gas è ciò per cui servono i film barriera). Successivamente, un percorso del nastro più lungo tra la testa di rivestimento senza solvente e il nip di laminazione è stato identificato come migliore soluzione per accelerare il processo di laminazione consentendo un costante degassamento prima del nip di laminazione.

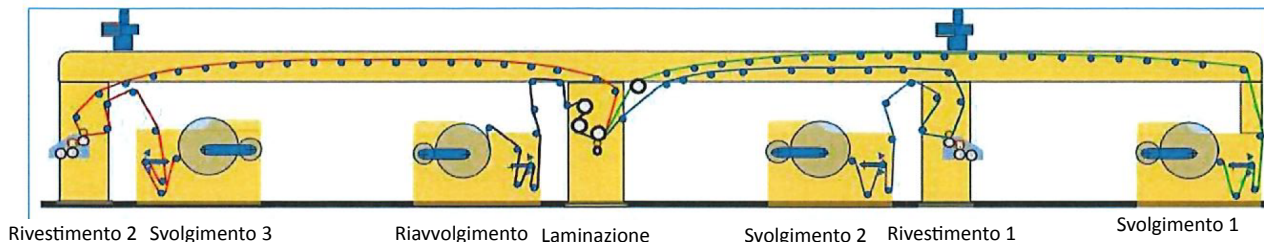


FIGURA 6. Percorso del nastro della laminatrice triplex compatta con laminatore singolo

### Passaggio da due postazioni di laminazione a una

Alla fine degli anni '90, è stato venduto un buon numero di laminatrici senza solvente a 3 strati di prima configurazione, principalmente in Europa, a società di trasformazione impegnate nel confezionamento del caffè. Una struttura di laminazione tipica per il caffè consisteva in PET/foglio di alluminio/LDPE.

È stato il PET/foglio che ha presentato l'effetto collaterale dell'intrappolamento di CO<sub>2</sub> e, di conseguenza, ha influenzato la velocità complessiva del processo. L'esperienza delle società di trasformazione e lo sviluppo dei processi hanno fornito ricette per la configurazione che garantiscono una maggiore produttività e risultati di qualità. Le soluzioni sviluppate hanno comportato un approccio dell'adesivo intelligente con l'uso di un adesivo ad alte prestazioni (elevata forza di adesione e un alto legame iniziale insieme a costi più elevati) sul passaggio PET/foglio e una formulazione generica senza solvente (prestazioni inferiori e costi inferiori) per il secondo passaggio, quello che interessa il sigillante LDPE. La soluzione ha offerto buone prestazioni e risparmi sui costi.

La configurazione compatta a 3 strati è rimasta all'avanguardia per i successivi 12-13 anni. In seguito, la configurazione a due nip di laminazione è diventata obsoleta, influenzata dalla crescente applicazione della tecnologia e dall'innovazione. Nei primi anni 2000, il settore tendeva a ridurre la viscosità adesiva senza solventi, la domanda per una pot life estesa e velocità di processo più elevate con nebulizzazione limitata, tutto ciò ha anche contribuito a risolvere i problemi della gestione del nastro. Nel 2008, l'azienda ha introdotto la sua laminatrice triplex veramente compatta con un unico nip di laminazione (vedi percorso del nastro in Figura 6). Da allora, la macchina è stata distribuita con più configurazioni per consentire alle società di trasformazione di beneficiare non solo di un processo affidabile e stabile, ma anche di una maggiore flessibilità.

Presentata a Drupa 2010, la macchina è stata configurata con due postazioni di rivestimento, un solo nip di laminazione, svolgitori e riavvolgitori brevettati senza albero, monoposizione. La posizione della postazione di rivestimento consente di spalmare i due nastri esterni, nella struttura a 3 strati, con l'ulteriore vantaggio di superare eventuali problemi dei forellini sul nastro intermedio della lamina. I settori alternativi hanno utilizzato il sistema per incorporare, come nastro centrale, materiali come la maglia sintetica rinforzata e il suo percorso estremamente breve continua a ridurre al minimo gli scarti dei nastri solitamente costosi. Da allora l'allestimento brevettato ha vinto numerosi premi per l'innovazione, tra cui il riconoscimento come finalista nel concorso di Tecnologia dell'anno AIMCAL 2010.



FIGURA 7. Sacchetto barriera interamente in polietilene, riciclabile, stampato flessograficamente

### Strutture da complesse a mono-materiali

Oggi l'attenzione del settore è focalizzata sulla riciclabilità e sulle strutture mono-materiali. Risultati senza precedenti sono stati raggiunti nella generazione di barriere attraverso la metallizzazione sotto vuoto combinata con rivestimenti barriera ad alte prestazioni. Tali strutture sono in continua evoluzione in quanto il settore è in attesa di linee guida chiare fornite dalle autorità governative. Per quelle strutture (MDO-PE, BO-PE e simili), sembra che la tendenza sia verso formulazioni a base di poliolefine. La gestione di tali film attraverso macchine di trasformazione è fondamentale a causa del loro comportamento meccanico. È solo

un'intuizione che una configurazione della macchina con un percorso del nastro breve, una tensione a bassa temperatura e la gestione del nastro all'avanguardia consentirà una laminazione coerente e di successo basata su tali substrati.

## "TALE [STRUTTURA MONOMATERIALE RICICLATA] OFFRE QUINDI PRESTAZIONI ELEVATE SU PIÙ FRONTI E COMPLETA UN PROCESSO DI ECONOMIA CIRCOLARE”.

In particolare, l'azienda attraverso un progetto di cooperazione con ExxonMobil, Henkel e un numero selezionato di partner di qualità ha completato uno sviluppo di nuovi prodotti presentato contemporaneamente a K 2022 in Germania e PACK EXPO International a Chicago. Il sacchetto monomateriale flessibile finito è una struttura ad alta barriera (96% polietilene) (vedi Figura 7). È realizzato con resina ExxonMobil Performance (pPE) estrusa su una linea di film soffiato a 5 strati Alpine con orientamento in linea della macchina (MDO). Due strati funzionali estremamente sottili sono stati applicati al film per aumentare le proprietà della barriera: uno strato uniforme e omogeneo di ossido di alluminio (AlOx) applicato tramite un rivestimento sottovuoto Nordmet Plus 12F e un rivestimento barriera a base d'acqua Henkel applicato con il sistema Super Cambi 5000 di questa azienda. Successivamente, i rotoli di film sono stati stampati flessograficamente o digitalmente e infine laminati senza solvente sul Super Cambi 5000 utilizzando adesivo personalizzato Henkel senza solvente e riciclabile.

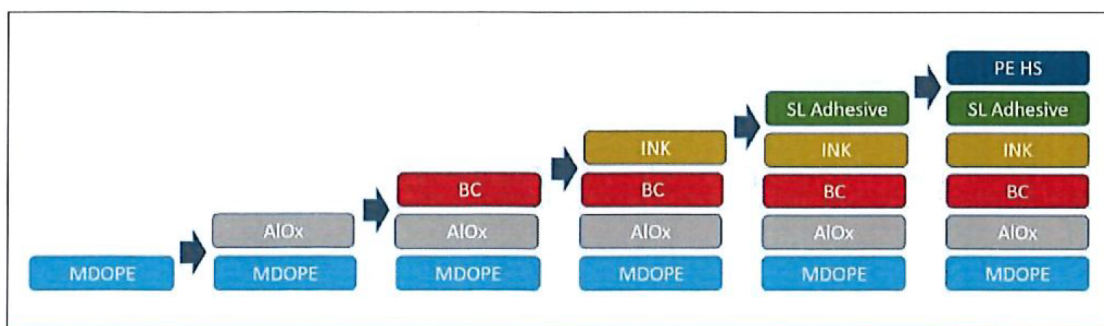


FIGURA 8. Struttura del sacchetto monomateriale riciclabile

### Riciclabilità comprovata per l'economia circolare

La Figura 8 mostra la sequenza di strati nella struttura sopra descritta. I sacchetti, caratterizzati da impressionanti proprietà barriera sia per l'ossigeno e sia per il vapore acqueo, sono stati passati alle società di trasformazione per test specifici e valutazioni. Ma lo sviluppo del prodotto non si è fermato agli elevati valori di barriera raggiunti. A causa della struttura monomateriale al 96%, i sacchetti sono stati inviati a un impianto di riciclaggio del gruppo Erema in Austria e la resina risultante è stata trasformata in imballaggi secondari (cfr. figura 9). Questo materiale offre quindi elevate prestazioni su più fronti e completa un processo di economia circolare. Il vantaggio per le società di trasformazione è la convenienza, testata da loro stesse, dell'effettiva coerenza dell'imballaggio alle proprietà dichiarate.



FIGURA 9. Imballaggio secondario realizzato con sacchetti in monomateriale riciccolato

Detto questo, riconosciamo che l'attuale mercato globale del packaging flessibile rimane saldamente incentrato su strutture multistrato. Diversi sono i fattori che ne spiegano il motivo: costi, necessità di estensione della shelf-life del prodotto, scarsità di alcuni nastri e processi innovativi; preferenze del proprietario del marchio nonché l'assenza di linee guida normative chiare, fra i tanti.

### Conclusioni

Il processo di laminazione con adesivo è chiaramente in evoluzione. Mentre la laminazione a 3 strati costituisce circa il 35% del volume globale, la stragrande maggioranza viene ancora convertita in processi back-to-back su laminatrici a 2 strati. Un numero crescente di società di trasformazione oggi è dotato di laminatrici a 3 strati e tali società attualmente servono il mercato con la qualità e l'efficienza consentite da un processo a passaggio singolo.

Una gran parte del settore può anche godere di ulteriori vantaggi (costi e processi, sostenibilità) reimpostando la laminazione a 3 strati su una configurazione a passaggio singolo senza solventi e con un risparmio energetico dell'80% e zero emissioni di COV. La quota di mercato è destinata a crescere solo per la laminazione multistrato senza solventi, poiché si prevede il permanere degli attuali costi energetici più elevati.



**Giancarlo Caimmi**, dir. commerciale del Gruppo Nordmeccanica USA (Hauppauge, NY), ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria meccanica presso l'Università Federico Secondo (Italia). Vanta quasi 40 anni di esperienza nel campo della produzione di macchine per la trasformazione. Giancarlo è raggiungibile al numero 631-242-9898, e-mail: [caimmi@nordmeccanica.com](mailto:caimmi@nordmeccanica.com).  
[www.nordmeccanica.com](http://www.nordmeccanica.com).