



Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/002/636/DEC/22
Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta
Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Extrusion coating

di Forcina Luca



Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE

- 1.1 – Il gruppo FAVINI
- 1.2 – Lo stabilimento di Crusinallo
- 1.3 – Diagramma di flusso

2. LE MATERIE PRIME

- 2.1 – Il supporto fibroso
- 2.2 – Il polipropilene (PP)
 - 2.2.1 – Classificazioni del polipropilene

3. L'ESTRUSIONE

- 3.1 – Extrusion Coating
- 3.2 – Impianto di Extrusion Coating
 - 3.2.1 – Svolgitore e avvolgitore
 - 3.2.2 – Trattamento superficiale della carta: trattamento corona
 - 3.2.3 – L'estrusore e la testa di estrusione
 - 3.2.4 – Nip e gruppo pressa
 - 3.2.5 – Air gap
 - 3.2.6 – Rifilatura bordi
 - 3.2.7 – Ponti di scansione
- 3.3 – L'adesione
- 3.4 – Effetto delle condizioni di lavoro sulle proprietà finali

4. LA GOFFRATURA

- 4.1 – I principi fondamentali
- 4.2 – Tecniche di goffratura

4.3 – Caratteristiche delle macchine goffratrici

4.4 – Controllo qualità della carta goffrata

5. IL PRODOTTO FINITO E LE SUE APPLICAZIONI

5.1 – Carta Release di FAVINI - Crusinallo

5.2 – Il processo di spalmatura

5.3 – Applicazioni delle carte release

6. APPENDICE I – GLOSSARIO

7. RINGRAZIAMENTI

8. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

1.1 IL GRUPPO FAVINI

Il gruppo Favini (*figura 1.1*) è composto da due stabilimenti di produzione:

- Stabilimento di Rossano Veneto (VI)
- Stabilimento di Crusinallo (VB)

Lo stabilimento di Rossano Veneto, in cui è situata la sede legale amministrativa, è stato il primo ad essere detenuto dalla famiglia Favini nel 1906 ed è specializzato in produzione di carta e cartoncini bianchi e colorati, carte feltromarcate, carte goffrate, e carte grafiche innovative, anche a base di materie prime ecosostenibili (alghe, frutta, noci, cuoio ecc.) per il packaging dei prodotti realizzati dai più importanti gruppi internazionali del settore del lusso e della moda (*figura 1.2*).

Sempre a Rossano Veneto è presente una sezione cartotecnica, che comprende le attività relative alla creazione e alla produzione di articoli di cartoleria per la scuola, il tempo libero e l'ufficio, destinati alla fascia alta del mercato.

Con l'acquisizione dello stabilimento di Crusinallo e di una divisione della società scozzese Argjowiggins nel 2013, Favini è diventata leader mondiale nella ideazione e realizzazione di supporti release, ossia stampi creativi e tecnici impiegati nei processi di produzione di materiali per i settori della moda, del design e dell'abbigliamento tecnico-sportivo.



Figura 1.1 – Logo FAVINI

1.2 LO STABILIMENTO DI CRUSINALLO

Lo stabilimento di Crusinallo, acquistato dal gruppo Favini nel 1998, è situato nella omonima frazione del comune di Omegna in provincia di Verbania ed occupa un'area totale di circa 115.000 metri quadrati. Ad oggi, conta 320 dipendenti.

L'attività dello Stabilimento Favini di Crusinallo è focalizzata nella progettazione e nella produzione di carte speciali patinate, realizzate industrialmente mediante una macchina continua tipo *Fourdrinier*, cinque macchine patinatrici (tre patinatrici a lame d'aria e due patinatrici per *cast-coated*) ed una serie di macchine ausiliarie a corredo. Di notevole importanza sono le tredici goffratrici che differiscono per tipologia e dimensioni e forniscono alle carte patinate disegni e fantasie molto particolari e caratteristiche, apprezzate sul mercato.

L'attuale assetto produttivo dello Stabilimento vede attive due distinte linee di produzione di carte patinate, che si differenziano per le diverse tipologie di patina con cui sono realizzate e per le diverse applicazioni finali dei rispettivi prodotti:

- linea Supporti Release: carte patinate speciali Casting Release destinate all'industria per la realizzazione di tessuti sintetici e finte pelli;
- linea Specialità Grafiche: suddivise tra linea Kote e linea carte grafiche speciali. Entrambe sono carte patinate speciali destinate alla cartotecnica e all'industria grafica per la realizzazione di etichette e packaging di lusso

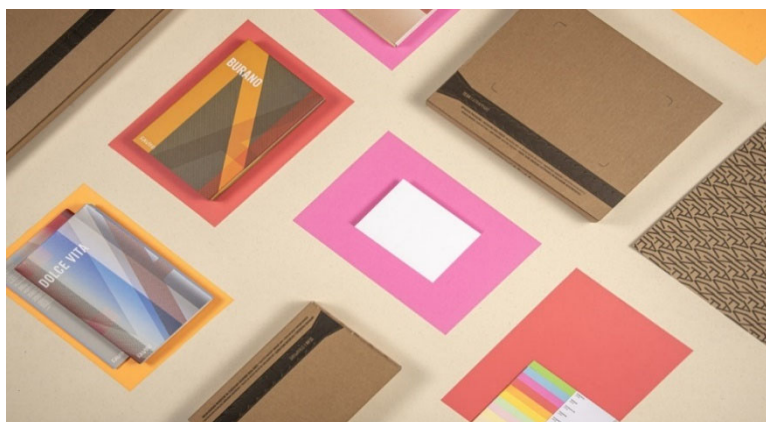


Figura 1.2 – Specialità grafiche FAVINI

A margine delle attività primarie di produzione, sono presenti altre aree di supporto:

- centrale termoelettrica per la produzione di energia (elettrica e termica);
- impianto di depurazione acque reflue;
- area officina per attività di manutenzione meccanica, elettrica e strumentale;
- laboratorio controllo qualità per le prove di controllo delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti provenienti da vari reparti;
- laboratorio Ricerca e Sviluppo per la progettazione, lo studio e la sperimentazione di prodotti innovativi;
- uffici tecnici, amministrativi e commerciali.

A partire dal mese di gennaio 2016 la somministrazione di energia elettrica ed energia termica viene garantita da una centrale ad alto rendimento a turbogas.

1.3 DIAGRAMMA DI FLUSSO

L'obiettivo di questo lavoro di ricerca è quello di presentare il processo di *extrusion coating* sulla carta, esplorandone le fasi chiave a partire dalle materie prime utilizzate, nonché le potenziali applicazioni del materiale finale (*figura 1.3*).

Durante l'*extrusion coating*, il polimero fuso viene estruso attraverso una fessura piatta su un substrato fibroso in movimento, formando uno strato continuo e aderente. Le carte soggette a tale processo, rientrano nella gamma delle carte *Casting Release*, sviluppate per imprimere textures sulla superficie di svariati prodotti.

L'applicazione di un film polimerico su un supporto fibroso conferisce alla carta il grado di lucido, l'effetto distaccante e la finitura superficiale desiderata ottenendo così la carta *release* liscia pronta per la distribuzione oppure per essere successivamente goffrata con uno dei numerosi disegni a disposizione. Durante il processo di goffratura il disegno viene impresso sulla carta da cilindri goffratori in acciaio che lavorano ad alta pressione. Questo processo viene svolto con infinita cura, per avere la certezza di ottenere una goffratura uniforme sia nel dettaglio che nella profondità.

Il nome “*Release*” deriva dalla peculiarità del processo di spalmatura, in cui avviene il distacco del PVC o del PU dal rotolo di carta grazie alle proprietà antiadesive del film polimerico presente sul supporto fibroso.

Le carte estruse con effetto *release* vengono poi utilizzate nella realizzazione di tessuti spalmati, laminati e in altre applicazioni speciali. Questi prodotti diventano parte dei componenti necessari per la creazione di prodotti finali come rivestimenti per auto, borse, scarpe, pavimenti e mobili.

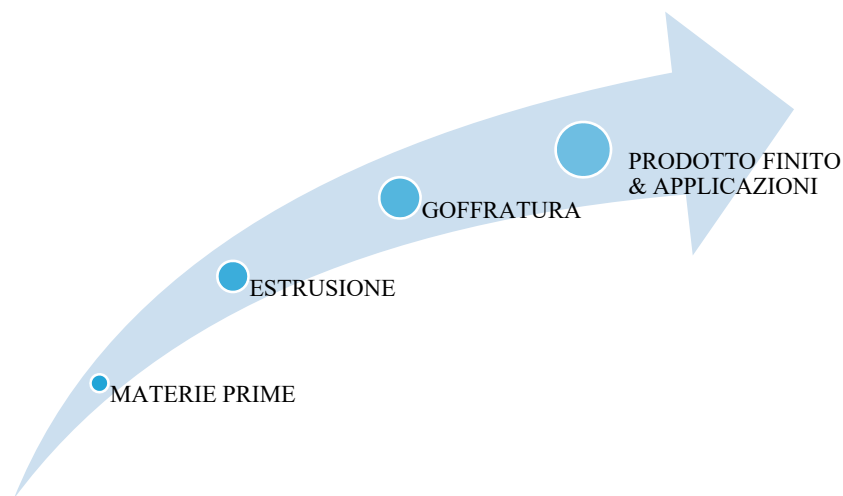


Figura 1.3 – Diagramma di flusso che mostra il processo atto a trasformare la materia prima fibrosa in un materiale finale che possa soddisfare i requisiti specifici richiesti dalle diverse applicazioni.

2. MATERIE PRIME

2.1 IL SUPPORTO FIBROSO

Cellulose di fibra lunga e di fibra corta, provenienti da foreste gestite in maniera etica e responsabile, vengono miscelate con acqua e ad altri prodotti chimici per ottenere una pasta con cui alimentare la macchina continua. La pasta di cellulosa viene quindi lavorata nella macchina continua e trasformata in supporto.

La scelta del supporto fibroso è un aspetto fondamentale per garantire risultati ottimali nell'estrusione dei polimeri, poiché deve soddisfare specifiche caratteristiche per assicurare una produzione efficiente e la qualità ottimale del prodotto finale. La selezione dei materiali e delle proprietà dei supporti deve essere attentamente valutata in base ai requisiti del processo e del prodotto finale desiderato. Ecco alcune delle caratteristiche dei supporti fibrosi richieste per il processo di estrusione:

- **Buona adesione ai polimeri estrusi** – i supporti fibrosi devono avere una buona adesione ai polimeri che vengono estrusi per garantire una buona finitura superficiale e una distribuzione uniforme del polimero.

A tale scopo è richiesto un supporto liscio ed uniforme. Inoltre, è sconsigliato applicare amido superficiale sulla carta prima del processo di estrusione in quanto potrebbe interferire con l'adesione del polimero al supporto.

L'assenza di amido superficiale potrebbe portare alla formazione dello “spolvero” durante la fabbricazione del supporto. Tale problema può essere affrontato con trattamenti che possono migliorare la coesione delle fibre di carta e ridurre la quantità di fibre disperse nell'aria.

- **Resistenza termica** – i supporti utilizzati devono essere in grado di resistere alle temperature elevate tipiche del processo di estrusione del polimero senza degradarsi. Questo è cruciale per garantire che il supporto mantenga la sua integrità strutturale durante l'intero processo.

- **Resistenza chimica** – i materiali utilizzati per i supporti fibrosi devono essere compatibili con i polimeri e resistere agli agenti chimici utilizzati durante il processo di estrusione. Questo è importante per evitare la contaminazione del polimero e garantire la qualità del prodotto finale.
- **Resistenza meccanica** – la carta deve avere una buona resistenza alla trazione e alla lacerazione per sopportare le forze meccaniche applicate durante il processo di estrusione senza rompersi o deformarsi. Inoltre, deve mantenere le sue dimensioni e forma durante il processo per evitare distorsioni o difetti nel prodotto finale.

2.2 IL POLIPROPILENE (PP)

Il polipropilene, spesso indicato con la sigla “PP”, a livello strutturale è un polimero vinilico termoplastico semicristallino appartenente al gruppo delle poliolefine, con un gruppo metilico legato ad un atomo di carbonio ogni due della catena principale.

Le sue caratteristiche chimico/fisiche lo rendono uno dei polimeri termoplastici più versatili disponibili in commercio (*tabella 2.1*).

Una di queste caratteristiche è la sua non polarità, che conferisce al polimero una elevata resistenza chimica a vari tipi di composti e sostanze: fino a 120°C mantiene le proprie caratteristiche in presenza di soluzioni acquose contenenti sali, acidi e alcali forti. D'altra parte, non è resistente ai liquidi non polari, ad esempio benzene, cloruro di metile e tetracloruro di carbonio. Un'altra proprietà del polipropilene è la sua bassa permeabilità al vapore acqueo. Oltre a buoni parametri di isolamento, questo materiale è caratterizzato anche da un'elevata permeabilità all'aria e dalla mancanza di assorbimento d'acqua. Il polipropilene è anche inodore e relativamente facile da lavorare. Soprattutto le proprietà termoplastiche del PP lo rendono un materiale di scelta per la produzione di prodotti di varie forme e dimensioni. Dopo il raffreddamento, il composto riacquista la sua durezza originale. Non va dimenticato, tuttavia, che degrada a temperature superiori a 350 °C.

| PROPRIETA' | UNITA' DI MISURA | POLIPROPILENE | METODO |
|------------------------------------|-------------------|---|-------------|
| Composizione | - | (C ₃ H ₆) _n | - |
| Densità | g/cm ³ | 0,855 amorfo; 0,946 cristallino | ISO 1183-1 |
| Temperatura fusione | °C | 160-170 | ISO 11357-3 |
| Temperatura Vicat | °C | 85 | ISO 10350-1 |
| Stato fisico | - | Bianco – trasparente; inodore; | - |
| Melting Flow Index 230°C/2.16Kg | g/10 min | 8-37 | ISO 1133-1 |

Tabella 2.1 – Proprietà fisiche del polipropilene; la variabilità dei dati è legata al grado di cristallinità del PP (atattico, isotattico, sindiotattico);

A livello industriale viene sintetizzato sfruttando la polimerizzazione di Ziegler-Natta, una reazione di poliaddizione anionica coordinata che avviene in condizioni di temperatura (tipicamente intorno ai 65°C) e pressione controllate, che sfrutta come catalizzatore un composto organometallico a base metallo di transizione; in questo modo è possibile ottenere un polimero con diversa stericità (figura 2.1).

Nel corso della reazione i monomeri di propilene vengono aggiunti sfruttando la reattività del gruppo funzionale metallo-alchile della catena polimerica che si sta formando con il doppio legame del monomero di partenza.

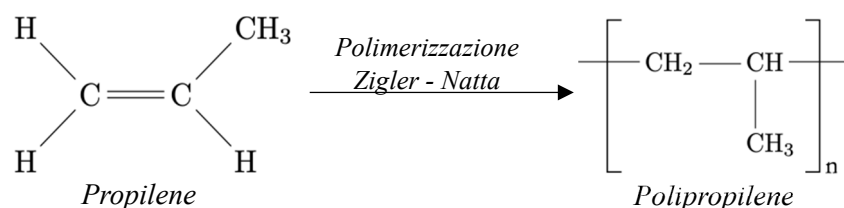


Figura 2.1 – Sintesi del polipropilene attraverso la reazione di polimerizzazione di Ziegler-Natta

2.2.1 CLASSIFICAZIONI DEL POLIPROPILENE

Da un punto di vista chimico, il propilene è una *molecola prochirale* in quanto contiene un atomo di carbonio del doppio legame (quello a cui è legato il gruppo metile) che al

momento della formazione della catena polimerica risulta essere un centro stereogenico. Per questo motivo i due atomi di carbonio del doppio legame non sono equivalenti e durante la polimerizzazione si possono ottenere catene con diversa stereoregolarità. In particolare, si possono formare tre stereostrutture differenti che dipendono dalla posizione del gruppo metile:

- **Atattica** – stereostruttura irregolare in cui i gruppi metilici sono disposti casualmente lungo la catena principale del polimero. Tale orientamento randomico dei metili ostacola l’impacchettamento e di conseguenza non riesce a sviluppare un buon livello di cristallinità. A temperatura ambiente rimane un materiale amorfo in fase liquida che trova applicazione nel campo degli adesivi (*figura 2.2*);

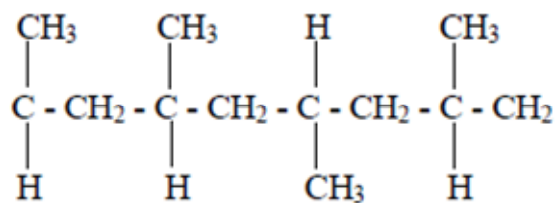


Figura 2.2 – Polipropilene atattico

- **Isotattica** – stereostruttura regolare in cui i gruppi metilici sono disposti su un unico lato rispetto all’asse della catena polimerica. Questa configurazione crea una struttura cristallina più regolare e ordinata rispetto al polipropilene atattico. Di conseguenza, il PP isotattico è più rigido e ha una maggiore resistenza termica e chimica rispetto alla forma atattica. È la forma più interessante dal punto di vista commerciale (*figura 2.3*);

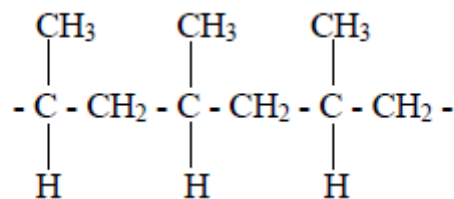


Figura 2.3 – Polipropilene isotattico

- **Sindiotattica** – stereostruttura regolare in cui i gruppi metilici si alternano su lati opposti della catena principale del polimero. Anche il PP sindiotattico forma una struttura cristallina, ma la disposizione alternata dei gruppi metilici lo rende leggermente diverso dal PP isotattico. Infatti, tale configurazione mostra migliori proprietà ottiche di trasparenza, ma una rigidità inferiore dovuta ad un minore tenore di cristallizzazione (*figura 2.4*).;

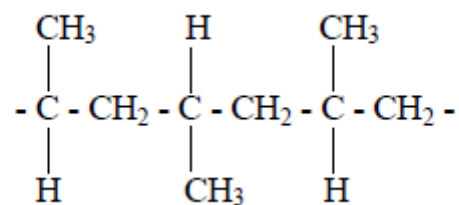


Figura 2.4 – Polipropilene sindiotattico

A seconda del tipo di monomeri che vengono addizionati nel corso della reazione di polimerizzazione, il polipropilene può essere anche classificato come:

- **Omopolimero** – formato dalla ripetizione dello stesso monomero di propilene; è caratterizzato da elevata rigidità, colore chiaro, bassa densità, buona resistenza chimica. La resistenza alle elevate temperature è relativamente buona; per contro la resistenza all’impatto è limitata, specie alle basse temperature;
- **Copolimero eterofasico** – consistente in una successione di molecole di propilene, alternate con copolimeri etilene – propilene o con molecole di polietilene. È caratterizzato da una maggior resistenza all’urto rispetto all’omopolimero fino a temperature di $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e anche sotto. La resistenza all’urto può essere ulteriormente migliorata mediante aggiunta di additivi modificatori di impatto.
- **Copolimero random** – costituito da molecole di etilene inserite casualmente, in maniera irregolare, tra le molecole di propilene. Rispetto all’omopolimero ha una maggior resistenza all’impatto, è più chiaro e più flessibile.

| TIPOLOGIA POLIMERO | Rigidità | Resistenza a urti | Trasparenza |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| Omopolimero | 1 | 3 | 2 |
| Copolimero eterofasico | 2 | 1 | 3 |
| Copolimero Random | 3 | 3 | 1 |

Tabella 2.2 – Confronto proprietà principali delle classificazioni del polipropilene. 1: alto; 2: intermedio; 3: basso.

È possibile anche caratterizzare il materiale in base al *melting flow index* (MFI), che misura la facilità di scorrimento della massa fusa del polimero. A seconda del suo valore, si ricava un'indicazione anche del peso molecolare del polimero e quindi della sua lavorabilità nelle tecnologie di trasformazione. Ad esempio, per valori di MFI intorno e inferiori a 2 grammi in 10 minuti, la viscosità è tale da rendere il polipropilene adatto al processo di estrusione; salendo a valori tra i 2 e gli 8 grammi per 10 minuti è possibile produrre fibre, e per valori tra gli 8 e i 35 grammi per 10 minuti si riduce il peso molecolare (le catene diventano più corte) e si scende a viscosità tali da facilitare lo stampaggio a iniezione e il coating per estrusione.

3. L'ESTRUSIONE

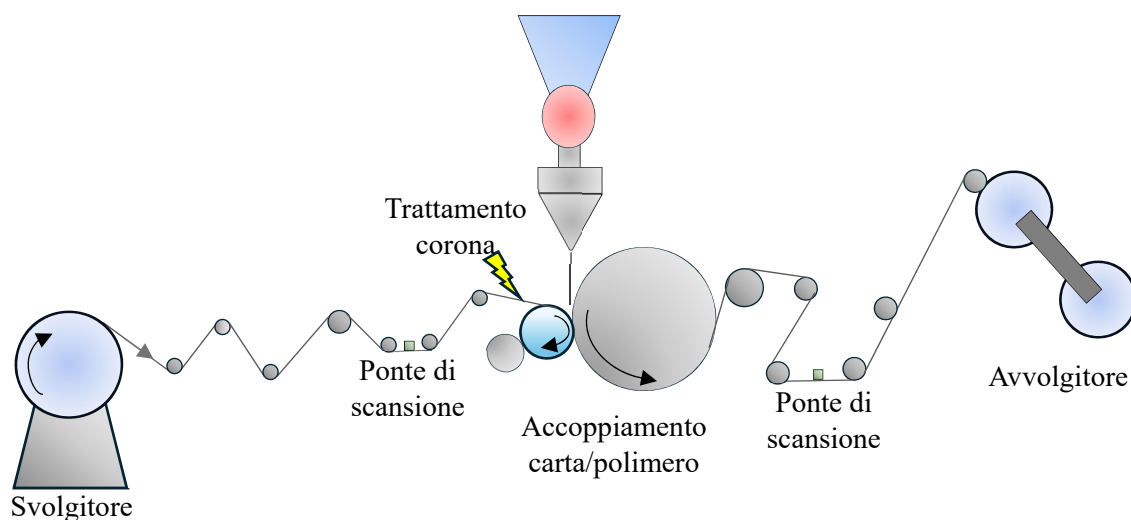


Figura 3.1 – sezione trasversale di un impianto di extrusion coating

3.1 EXTRUSION COATING

L'*extrusion coating*, o rivestimento per estrusione, è una delle principali tecniche utilizzate per produrre una vasta gamma di strutture multistrato. Durante il processo, i polimeri, come il polipropilene, vengono fusi in un estrusore (a una data temperatura e pressione); il polimero fuso viene estruso come un sottile film attraverso una testa piana di estrusione (detta anche filiera a fessura o trafila) e applicato sulla superficie della carta grazie ad un'unità di pressatura, formata da un cilindro di raffreddamento ad acqua (calandra o *chill roll*) e un rullo di pressione rivestito in gomma.

Il polimero di rivestimento, per poter essere adatto a tale tecnica deve avere bassi pesi molecolari ed alta fluidità; Infatti, sono proprio le proprietà del film polimerico, come la composizione chimica, il peso molecolare, la flessibilità e la sua tensione superficiale ad influenzare notevolmente la capacità di adesione alla carta, nonché la massima stabilità in fase di processo.

3.2 IMPIANTO DI EXTRUSION COATING

Un impianto di *extrusion coating* (figura 3.1) è una struttura che raggruppa tutta una serie di apparecchiature, che variano da semplici cilindri per stendere la carta, a dispositivi per la misura della grammatura, estrusore e testa di estrusione, sistemi per trattamenti superficiali fino ad arrivare al prodotto finito.

3.2.1 SVOLGITORE E AVVOLGITORE



Figura 3.2 – a sinistra svolgitore automatico rotoli; a destra avvolgitore automatizzato;

Le attrezzature per la gestione ad alta velocità di bobine di carta e altri substrati sono generalmente altamente specializzate. Poiché la linea di rivestimento deve funzionare continuamente, gli svolgitori, così come gli avvolgitori, sono di solito installati per consentire cambi automatici della bobina a piena velocità di produzione (figura 3.2).

La bobina di carta è fissata tramite un albero metallico espandibile a dei mandrini collegati ad un motore, che permette lo svolgimento del rotolo alla velocità di linea.

Lo svolgitore in automatico compie in seguito il cambio bobina, portando un secondo rotolo alla stessa velocità dell'altro e al momento del cambio li mette in contatto (grazie

ad una pressa) tramite una giunta. Subito dopo, una barra dentata taglia il rotolo in esaurimento sostituendolo con quello nuovo.

L' avvolgitore, invece, prende la carta rivestita e l'avvolge su un'anima di cartone grazie ad un cilindro trainante e con un tiro controllato. Il cambio rotolo avviene in completo automatismo, portando una nuova anima di cartone (avvolta da nastro biadesivo) alla stessa velocità del rotolo da cambiare.

3.2.2 TRATTAMENTO SUPERFICIALE CARTA: TRATTAMENTO CORONA

I trattamenti superficiali della carta predispongono il supporto a ricevere il sottile film plastico estruso.

Il trattamento a scarica corona migliora l'adesione dei polimeri ai substrati, andando ad aumentare l'energia superficiale, ovvero la misura con cui un solido permette a una sostanza liquida di aderire alla propria superficie.

Come risultato, il materiale trattato dimostrerà una migliore qualità di rivestimento e una maggiore resistenza alla delaminazione. Il trattamento viene applicato al supporto prima dell'ingresso nel *nip*.

Una stazione per il trattamento corona è costituita essenzialmente da un generatore ad alta frequenza, da un trasformatore elevatore di tensione e da una stazione di trattamento. Quest'ultima inoltre comprende:

- uno o più elettrodi, posti ad una distanza dal supporto da trattare (*air-gap*) che può variare a seconda delle applicazioni;
- un rullo collegato elettricamente a terra, rivestito di materiale dielettrico, con la funzione di distribuire uniformemente la scarica lungo la superficie dell'elettrodo;

È nello spazio d'aria compreso tra il supporto e l'elettrodo che si instaura quel regime di scariche ad effluvio chiamato "effetto corona", che porta all'attivazione del supporto. La scarica che si viene a creare tra dielettrico ed elettrodi, oltre a ionizzare la superficie del supporto, pulisce la carta dalla peluria superficiale (aumentando quindi la superficie di contatto) che andrebbe ad ostacolare l'adesione del film con la carta.

3.2.3 L'ESTRUSORE E LA TESTA DI ESTRUSIONE

Lo scopo dell'estrusore è di fornire una fusione omogenea del polimero alla *testa di estrusione*, a velocità accettabili.

L'estrusore consiste in un cilindro cavo in acciaio, suddiviso in zone riscaldate tramite resistenze, nel quale ruota una vite senza fine. Il profilo della vite e le temperature delle differenti zone dell'estrusore sono diversi a seconda del polimero da trattare.

In corrispondenza dell'alimentazione al cilindro è predisposta una tramoggia di carico. Da qui un motore aziona la vite facendola ruotare in modo da far avanzare il materiale che passa dallo stato solido a quello fuso. A valle del cilindro si trova un filtro per eliminare eventuali impurità residue. Successivamente, una valvola di contropressione crea una strozzatura in modo da dare dei valori di pressione tali da facilitare la miscelazione del prodotto (*figura 3.3*).

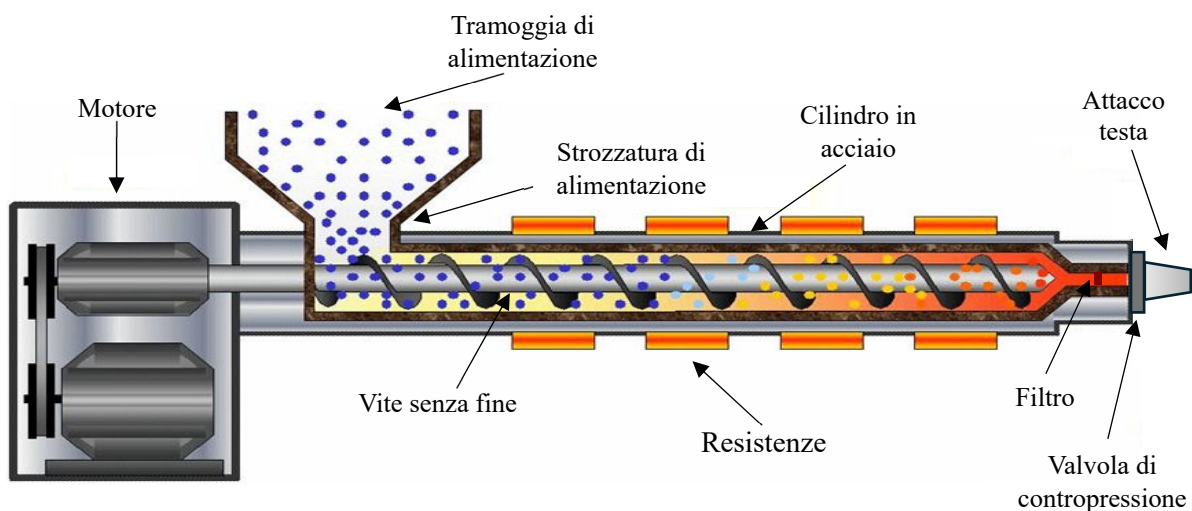


Figura 3.3 – Estrusore a vite singola

L'azione congiunta del calore e delle sollecitazioni meccaniche fonde e amalgama il polimero fino alla testa di estrusione (filiera o trafila), dove viene espulso attraverso un sottile labbro come una pellicola ad una temperatura (prossima a quella di fusione) e con una velocità costante su tutta la larghezza della filiera (*figura 3.4 e 3.5*).

Utilizzando una filiera alimentata centralmente, l'uniformità della velocità di distribuzione lungo la testa di estrusione può essere controllata restringendo il flusso nei percorsi più corti, o mantenendo la temperatura alle estremità della filiera da 5 a 10

°C più alta rispetto a quella al centro della filiera. Tuttavia, quest'ultimo non produce sempre un film ottimale.

Inoltre, sul labbro vengono montati dei tasselli metallici che, riscaldati opportunamente, flettono il labbro stesso permettendo così la regolazione trasversale della grammatura.



Figura 3.4 – a sinistra testa di estrusione; a destra dettaglio dei tasselli termici regolabili in prossimità del labbro della testa di estrusione

Una buona miscelazione del polimero fuso è essenziale se si desidera ottenere un buon film di rivestimento privo di difetti o imperfezioni. I difetti che possono essere evidenti a causa di una fusione non omogenea includono:

- *Phinoles* - piccoli fori sulla superficie del rivestimento.
- Strisce - sottili bande nel rivestimento che si estendono nella direzione della macchina e mostrano aree di rivestimento più spesse e più sottili
- Linee di testa dell'estrusore - linee nel rivestimento nella direzione della macchina, spesso causate da contaminazione o particelle ossidate nella testa di estrusione.
- Particelle ossidate - macchie giallo-marroni
- Effetto a "buccia d'arancia" - aspetto mazzato del rivestimento

Tutti i difetti sopra menzionati sono dannosi per l'aspetto del rivestimento e/o dannosi per le proprietà meccaniche.

3.2.4 NIP E GRUPPO PRESSA

Il *nip* è formato da un cilindro di raffreddamento in acciaio (calandra termostata o *chill roll*) e da un cilindro di pressione rivestito in gomma (*figura 3.5*).

Il cilindro di raffreddamento è di solito cromato e lucidato, anche se a volte vengono utilizzate finiture superficiali opache. È progettato per rimuovere più calore possibile dal polimero fuso e la sua costruzione è basata su una doppia camera con eliche che aiutano a mantenere uniformemente bassa la temperatura, grazie all'acqua che viene fatta scorrere al suo interno. L'acqua è stoccata in un serbatoio separato in cui può essere mantenuta a una temperatura controllata (circa 13-15 °C).

La temperatura del cilindro di raffreddamento dovrebbe essere mantenuta a circa 15-30 °C; se aumenta a 55-60 °C o oltre, il polimero potrebbe attaccarsi al cilindro, causando una delaminazione parziale tra il film e il substrato o la rottura del film polimerico.

La finitura finale del rivestimento varia a seconda del tipo di trattamento superficiale che ha subito il cilindro. In base alla profondità di incisione cui è stato sottoposto, è possibile classificare i cilindri in *gloss* (incisione 1-2 µm) e *matt* (incisione 3-4 µm). Questi valori, a causa dello sfregamento dovuto al polimero estruso ad alta temperatura e velocità, diminuiscono con il tempo; per questo motivo, ad un certo punto dovranno essere rettificati in modo da ricreare la rugosità iniziale.

Il cilindro di pressione, invece, è di solito realizzato in gomma siliconica, ma può anche essere utilizzato il neoprene. Esso lavora pressando il film e supporto contro la calandra, determinando così il tipo di finitura superficiale ed il raffreddamento del film. Anche questo cilindro è raffreddato dall'acqua che viene fatta circolare al suo interno.

I requisiti del cilindro di pressione includono la necessità di avere una buona resistenza al calore ed una determinata durezza.

È inoltre desiderabile prevedere un ulteriore raffreddamento continuo della superficie del rullo di pressione mediante un cilindro di contropressione in acciaio (*backing roll*), raffreddato anch'esso con acqua.

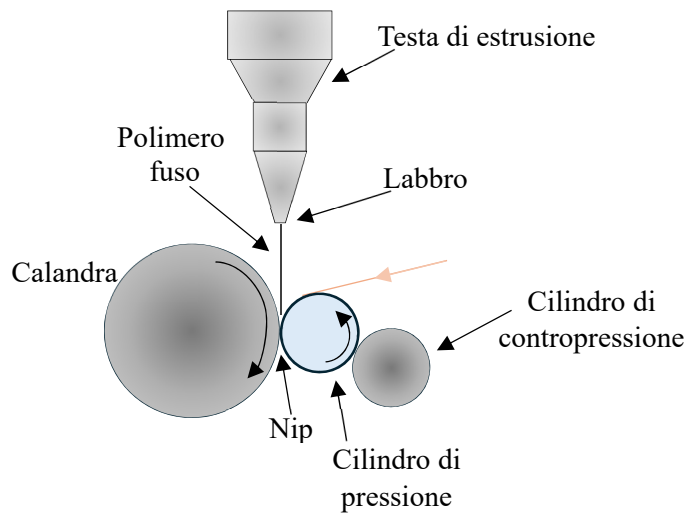


Figura 3.5 – Testa di estrusione e gruppo pressa

La posizione del *nip* di solito è regolabile rispetto alla testa di estrusione. Per ottenere la massima adesione, il *nip* dovrebbe essere impostato in modo che il polimero fuso incontri il substrato appena prima che il cilindro in acciaio eserciti il suo effetto di raffreddamento.

3.2.5 AIR GAP

L'*air gap* è lo spazio compreso tra il punto di fuoriuscita del film dalla testa di estrusione e il punto di contatto con il cilindro di raffreddamento (*chill roll*); è una delle aree più importanti in termini di prestazioni di rivestimento del polimero. È qui che il polimero fuso viene trascinato verso il basso, si restringe e avviene l'ossidazione.

Un gap ampio può causare il raffreddamento prematuro della fusione, aumentando la sua viscosità che a sua volta può portare a una scarsa adesione al substrato. D'altra parte, un gap d'aria troppo ristretto può comportare una scarsa adesione.

3.2.6 RIFILATURA BORDI

Per garantire un completo rivestimento del supporto su tutto il suo formato, il polimero viene applicato oltre il bordo del substrato (pochi mm). Un gruppo di taglio, costituito da coltelli circolari, rimuove in continuo l'eccesso.

Questa strategia può essere realizzata solo utilizzando un rullo di pressione in gomma, dal momento in cui il polimero fuso ha una scarsa tendenza ad attaccarsi al cilindro. Invece, quando viene utilizzato un rullo di pressione in neoprene, il polimero non può essere applicato oltre il bordo del substrato poiché si attaccherebbe.

3.2.7 PONTI DI SCANSIONE

I ponti di scansione permettono di rilevare alcuni parametri fondamentali, come l'umidità e la grammatura media, massima e minima. Inoltre, forniscono un profilo di grammatura su tutto il formato (*figura 3.6*).

Al fine di ottenere una bobina uniforme, e quindi fare in modo che il profilo trasversale medio sia il più planare possibile, il profilo si regola automaticamente grazie alla regolazione dei tasselli termici (*figura 3.4*). Variando la temperatura dei singoli tasselli, si modifica l'apertura del labbro generando variazioni di spessore.

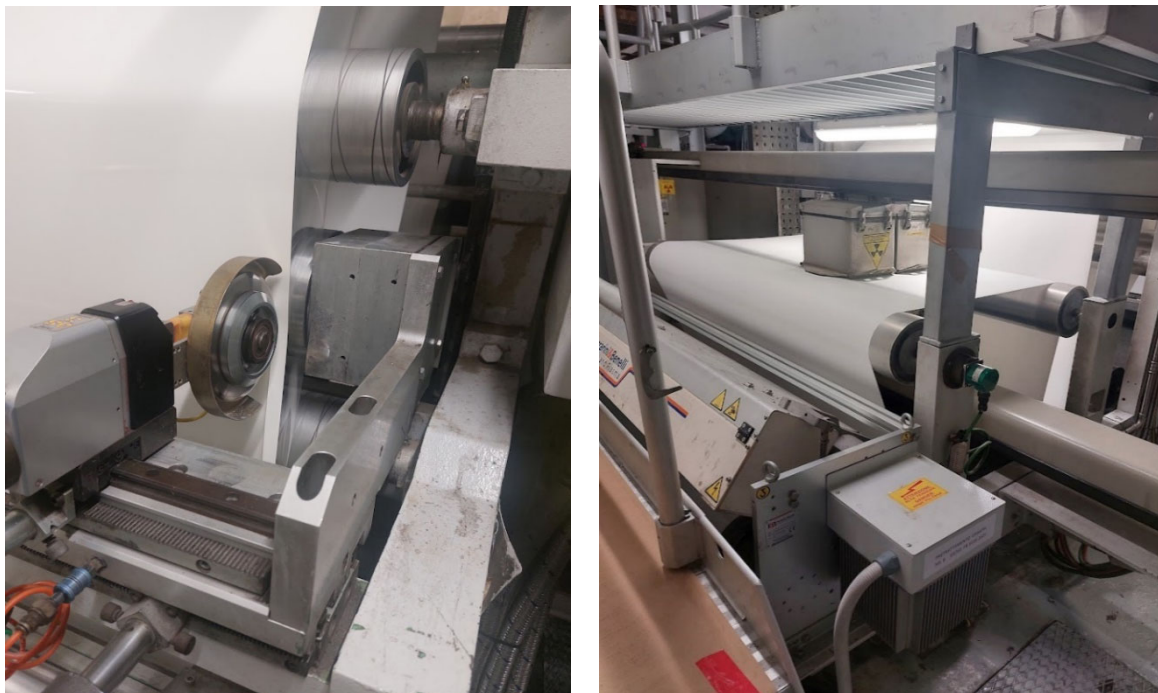


Figura 3.6 – a sinistra rifilatura di un bordo grazie a un coltello circolare; a destra ponte di scansione;

3.3 ADESIONE

Al fine di avere una buona adesione tra il film polimerico e il supporto fibroso, è necessario che essi siano tra loro compatibili. Un polimero fuso che non aderisce al substrato o che può essere facilmente staccato, non ha alcun valore.

La natura dell'adesione tra il polipropilene e il substrato è sia fisica (meccanica) che chimica, a seconda del tipo di substrato coinvolto (cioè, poroso o non poroso).

I rivestimenti di PP possono formare un'adesione meccanica con substrati porosi (come carta kraft, carta naturale o tessuto) poiché il polimero è in grado di fluire nei pori del substrato. Le due superfici si bloccano fisicamente insieme e sono difficili da separare. La maggior parte dei substrati lisci e non porosi, come fogli metallici o film plastici, invece, tendono a resistere all'adesione meccanica. Substrato e il rivestimento devono essere quindi legati chimicamente.

Per ottenere un legame chimico tra il rivestimento e i substrati non porosi è possibile lavorare sull'ossidazione della superficie del PP. Tale ossidazione richiede una temperatura di fusione elevata e un gap d'aria adeguato tra la testa di estrusione e il *nip* della calandra. Lo spazio d'aria è necessario semplicemente per dare il tempo sufficiente affinché avvenga l'ossidazione. Tuttavia, un *gap* eccessivo consentirà il raffreddamento della fusione, compromettendo l'adesione.

L'adesione del rivestimento del polimero al substrato dipende da diversi fattori.

- **Tipo di supporto** – la porosità, la rugosità superficiale e l'energia superficiale della carta influenzano l'aderenza del film polimerico. Una carta più porosa e con una maggiore energia superficiale tende ad offrire una migliore adesione al film.

La carta è il supporto che al momento dell'estrusione viene a contatto con il film fuso; in queste condizioni naturali l'adesione avviene solo per contatto fisico tra due corpi diversi e per questo l'ancoraggio sarebbe molto limitato specie aumentando la velocità. Da qui, come trattato in precedenza, entra in aiuto il trattamento corona per predisporre delle condizioni che migliorino l'affinità tra i due materiali.

- **Proprietà di flusso del polimero (MFI)** – polipropilene con MFI più elevati, e quindi meno viscosi, aderiscono meglio ai substrati porosi.
- **Temperatura di processo** – Lavorando ad alta temperatura (280-290 °C per il polipropilene) si va ad aumentare il livello di ossidazione, formando forti legami con la carta, che associati ad una maggior fluidità (maggior adesione meccanica tra film e carta) e quindi possibilità di andare ad inserirsi negli interspazi superficiali prima lasciati liberi, migliora l'adesione. La temperatura troppo alta però porta ad un'eccessiva ossidazione del film e sviluppo di odori (spesso sgradevoli). Al contrario una temperatura troppo bassa aumenta troppo la viscosità con conseguente perdita d'adesione.
- **Pressione di lavoro** – bassa pressione al *nip* causerà una scarsa adesione; tuttavia, aumentare la pressione oltre un livello critico non offre alcun beneficio aggiuntivo.
- **Velocità** – velocità troppo elevate non risultano vantaggiose per il trattamento corona, perché non viene dato il tempo al supporto fibroso di modificare la superficie trattata allo scopo di garantire la giusta adesione. Inoltre, con l'aumento della velocità si riduce il tempo di contatto del film polimerico con l'aria (*air gap*) con una conseguente minore ossidazione.
- **Air gap** – variando l'altezza del punto in cui la testa di estrusione lavora, varia l'*air-gap*. In particolare, abbassandola diminuisce lo spazio d'aria e si ha un minor tempo di contatto film/aria, con conseguente diminuzione dell'ossidazione del film, mentre alzando la testa di estrusione aumenta l'*air-gap* con incremento dell'ossidazione, promuovendo così l'adesione.
- **Preriscaldamento del substrato** – facendo passare il substrato su un tamburo in acciaio riscaldato (a circa 175-190°C), oppure attraverso forni a microonde è possibile preriscaldare il substrato favorendo l'adesione del polimero.
- **Utilizzo dei primer** – sostanze chimiche che, quando applicate come strato discreto sulla superficie del substrato, forniscono un'affinità chimica tra il sottile film estruso e il substrato e quindi portano a una migliore adesione.

3.4 EFFETTO DELLE CONDIZIONI DI LAVORO SULLE PROPRIETA' FINALI

Le condizioni e i parametri di lavoro necessarie per ottenere la massima qualità del prodotto finale variano da un impianto all'altro.

- **Temperatura di fusione** – l'uniformità del rivestimento, la resistenza all'adesione e la qualità complessiva dipendono principalmente dalla temperatura di fusione e dalla sua uniformità su tutta la filiera.

Le proprietà come lucentezza e trasparenza migliorano con l'aumentare delle temperature operative. Tuttavia, se la temperatura è troppo alta, il materiale fuso che esce dalla bocca di estrusione può essere troppo fluido per il rivestimento. Inoltre, potrebbe essere difficile da raffreddare e potrebbe verificarsi un'eccessiva ossidazione. L'ossidazione è un prerequisito per una buona adesione. Temperature troppo elevate possono anche portare a una degradazione piuttosto rapida del polimero, specialmente nell'estrusore.

Temperature di fusione variabili o non uniformi possono causare spessori di rivestimento irregolari, larghezza non uniforme, chiarezza e lucentezza variabili, "rughe" nel rotolo finito, punti e altri difetti.

- **Spessore del rivestimento, *neck-in* e *drawdown*** – lo spessore del rivestimento è generalmente espresso in termini di copertura superficiale (m^2/Kg) o peso del rivestimento (g/m^2). La quantità di polimero su una data superficie è determinata dalla velocità della linea (velocità del *chill roll*) e dalla velocità con cui fuoriesce il polimero fuso dalla testa di estrusione.

Associato allo spessore del rivestimento ci sono due importanti proprietà del film di polimero estruso: *neck-in* e *drawdown*.

Il "*neck-in*" è la riduzione della larghezza della lastra fusa che avviene quando esce dalla testa di estrusione. Esso è causato dalla tensione superficiale ed effetti elastici della fusione nelle immediate vicinanze dell'uscita della filiera. Anche le temperature di fusione elevate e la resistenza alla fusione del polimero, che può

risultare inadeguata con la velocità di linea, sono tra i potenziali fattori alla radice di questo problema.

Il risultato è un accumulo di materiale lungo i bordi di substrato, che deve essere successivamente rifilato come scarto (*figura 3.7*).

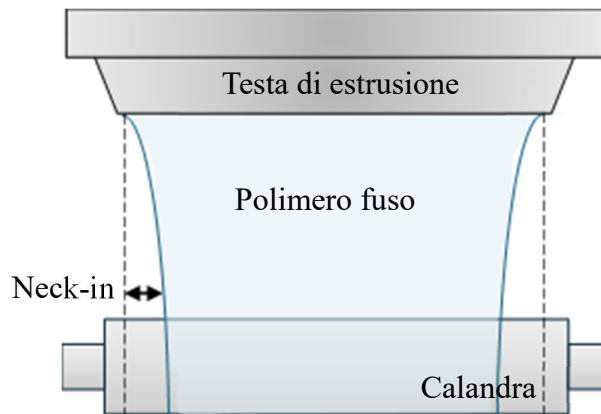


Figura 3.7 – Neck-in che si verifica durante l'extrusion coating

Il *drawdown* si riferisce alla capacità del polimero di rivestire uniformemente il supporto a pesi di rivestimento molto bassi senza rottura. Coinvolge la riduzione della sezione trasversale di un materiale plastico durante il processo di estrusione. Quando il materiale plastico viene spinto attraverso la testa di estrusione, subisce un allungamento longitudinale, e questo provoca una riduzione della sua sezione trasversale, dando luogo al *drawdown*.

Il *neck-in* e il *drawdown* sono influenzati da una serie di fattori quali l'indice di fluidità del materiale, la velocità di linea, la temperatura di lavorazione e il *gap* d'aria.

La scelta di un polimero per rivestimento è quindi un compromesso tra il *drawdown* e le prestazioni del *neck-in*.

4. LA GOFFRATURA

4.1 I PRINCIPI FONDAMENTALI

La carta goffrata è stata per lungo tempo un simbolo di raffinatezza ed eleganza, attirando le persone con il suo fascino tattile.

L'arte della goffratura prevede la creazione di motivi decorativi o disegni in rilievo su carta, conferendole una qualità tridimensionale che aggiunge profondità e consistenza.

La goffratura, inoltre, può essere applicata anche su altri materiali. Nella plastica, per esempio la goffratura determina un aumento del *grip*, mentre nelle finte pelli ha un importante valore estetico. Questo richiede un costante rinnovamento dei disegni per soddisfare un mercato competitivo e in continua evoluzione.

Il processo di goffratura coinvolge l'utilizzo di un'apposita macchina, in cui il materiale da goffrare passa attraverso due cilindri tenuti in pressione ed eventualmente riscaldati: il cilindro goffratore (generalmente in acciaio), su cui è inciso il disegno da riprodurre, e un cilindro di contropressione in cartalana, carta-cotone, gomma o acciaio a seconda del tipo di goffratura desiderata.

Incisione meccanica con moletta, fotoincisione con attacco fotochimico, incisione laser e punzonatura sono le principali tecniche di incisione di un disegno su un cilindro in acciaio. La scelta della tecnica più opportuna deve tener conto della forma, profondità e ruvidità del disegno stesso.

L'incisione con moletta è ancora oggi un processo molto comune per l'incisione dei cilindri. La moletta viene incisa a partire da un prototipo prodotto artigianalmente, che avrà quindi la stessa incisione del cilindro goffratore finale, mentre la moletta avrà quella speculare. La moletta costituisce quindi il modulo che andrà a ripetersi lungo tutta la superficie del cilindro. Gli estremi del disegno sulla moletta dovranno perciò combaciare tra loro perfettamente a registro. Un limite di questo sistema di incisione è il possibile segno che la moletta può lasciare sul cilindro e quindi poi sulla carta goffrata. Questo problema viene superato con l'incisione al laser, in cui il disegno viene

tracciato da un laser ad alta precisione. Il laser fonde il metallo in una zona limitata, e la goccia di metallo fuso viene poi aspirata lasciando libera una cavità. Tuttavia, con questa tecnica il cilindro, a incisione conclusa, potrebbe risultare più ruvido rispetto ad uno inciso meccanicamente a moletta, presentando così dei limiti nei campi d'applicazione.

4.2 TECNICHE DI GOFFRATURA

Nello stabilimento Favini di Crusinallo è possibile distinguere due differenti tipologie di goffrature: goffratura libera e goffratura a rapporto (*figura 4.1 & 4.2*).

La goffratura libera viene eseguita facendo passare il nastro di carta tra un cilindro inciso e una contropressa liscia, in modo tale che il disegno venga riprodotto solo su un lato del rotolo di carta. Ogni pressa, quindi ogni disegno, ha i suoi valori di pressione lineare (rapporto fra la forza e la larghezza del materiale, kg/cm), temperatura e velocità di esercizio, che vengono impostate durante la lavorazione in base alla profondità che si vuole ottenere.

La goffratura a rapporto, invece, è eseguita fra due cilindri entrambi incisi, ma uno “negativo” dell'altro (maschio in acciaio – femmina in cartalana). Il cilindro di cartalana ha la caratteristica di avere un diametro doppio di quello d'acciaio, ed è inciso da questo, dopo essere stato ammorbidito con acqua. Asciugandosi, riacquista la durezza iniziale, mantenendo però l'incisione.

I due cilindri sono mantenuti nella stessa posizione reciproca per mezzo di due ingranaggi, affinché i rispettivi disegni restino sempre in fase.

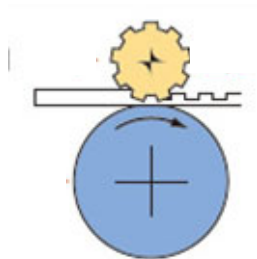


Figura 4.1 - Goffratura libera

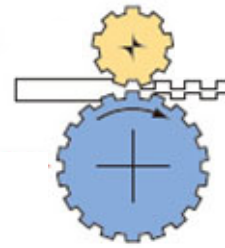


Figura 4.2 – Goffratura a rapporto

La cartalana è un materiale di carta contenente fibre di cellulosa e di lana, che viene inserito su un albero e mantenuto a forte pressione da due flange laterali. Le fibre di lana conferiscono al materiale una maggiore resistenza; quindi, più alto è il contenuto di lana, maggiore è la resistenza e migliore è anche la marcatura. La sua superficie è così delicata che il minimo urto basta a danneggiarla, rendendo necessaria la sua rettifica. Tale operazione viene realizzata umidificando la cartalana mentre la pressa gira lentamente, fino alla scomparsa del difetto.

Per entrambi i metodi di goffratura, è importante che il profilo della pressa e della contro-pressa sia necessariamente bombato nella parte centrale (*bombè*), al fine di bilanciare la pressione che viene applicata alle estremità. In caso contrario, si avrebbe un cattivo profilo di spessore nel senso trasversale legato ad un'incisione più profonda ai lati e meno profonda al centro.

4.3 CARATTERISTICHE DELLE MACCHINE GOFFRATICI

La macchina goffratrice è composta principalmente da un organo svolgitore con i relativi sistemi frenanti per la messa in tensione della carta, dal gruppo pressa/contro-pressa (cilindro inciso e contropartita), e da un avvolgitore (*figura 4.3*).

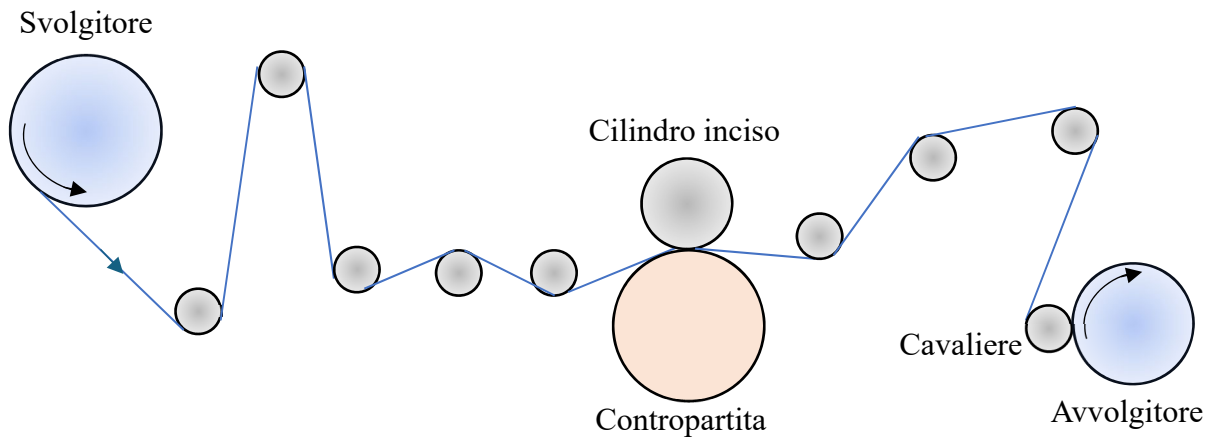


Figura 4.3 - Schema macchina goffratrice

La carta, a seconda delle sue caratteristiche e dalla tipologia di goffratura, viene accompagnata al gruppo pressa grazie a una serie di cilindretti che permettono di stendere più o meno il nastro di carta, regolando così il tiro. Oltre a questi, c'è un cilindro spiralato che fornisce una maggiore planarità alla carta, e le cui scanalature favoriscono l'allontanamento dell'aria per evitare pieghe che potrebbero segnare la contro-pressa.

Al termine della macchina è presente l'avvolgitore del rotolo. Per fare in modo di tenere teso il nastro carta ed evitare la formazione di cordoni e bolle d'aria, è previsto un cilindro cavaliere posto in pressione sul rotolo in accrescimento.



Figura 4.4 – Passaggio carta tra cilindro inciso e contropartita, di una macchina goffratrice

Velocità, temperatura e pressione sono parametri importanti da monitorare nella goffratura. Ogni produzione è preceduta da un avviamento per verificare la corretta operazione di goffratura, affinché il prodotto finito abbia i requisiti richiesti dal cliente. La velocità della macchina influisce sulla goffratura della carta: più veloce va la macchina e meno tempo trascorre il foglio nel *nip*, meno marcato risulterà il disegno e meno lucido sarà il foglio di carta in uscita. Anche la temperatura del cilindro goffratore influisce sul lucido finale della carta, che sarà tanto più grande quanto maggiore la temperatura di esercizio.

Nello stabilimento di Crusinallo sono presenti 13 macchine goffratrici e più di 300 cilindri goffratori, stoccati in un magazzino automatizzato dedicato (*figura 4.5*). La parte incisa di questi cilindri varia da 170 cm fino a 220 cm.



Figura 4.5 – Magazzino automatizzato dei cilindri incisi

4.4 CONTROLLO QUALITA' DELLA CARTA GOFFRATA

Il controllo di qualità di una carta goffrata viene suddiviso in diverse fasi per garantire che il prodotto finale soddisfi gli standard richiesti dal cliente. Ecco alcuni passaggi chiave che vengono eseguiti nel processo di controllo di qualità dal laboratorio release:

- **Ispezione visiva** – una striscia di carta goffrata, rappresentativa della produzione, viene prelevata a inizio e fine del processo di goffratura al fine di individuare eventuali difetti visibili, come macchie, strappi, marcature, grinze o irregolarità nella trama della carta. Questa ispezione viene eseguita manualmente con l'ausilio di una lente di ingrandimento.

- **Andamento del profilo** – sul campione prelevato è importante verificare l'uniformità del profilo trasversale, ossia eventuali differenze di spessore della carta lungo la sua lunghezza.
- **Valutazione dell'aspetto del goffrato su finta pelle** – per valutare il motivo del goffrato e il suo lucido superficiale, viene eseguita una finitura su finta pelle. Su una provetta di carta goffrata viene applicato uno skin poliuretano e lasciato asciugare per un paio di minuti a 120 °C. Segue poi l'applicazione di un adesivo a cui va applicato un supporto (es. coagulato). Successivamente il prodotto deve essere lasciato asciugare in stufa a 150 °C per 5 minuti. Infine, grazie all'effetto release, è possibile separare la carta dalla finta pelle così ottenuta, che ha acquisito il disegno di goffratura. È proprio la finta pelle goffrata che viene controllata per assicurarsi che sia uniforme, priva di difetti e che il suo lucido (misurato con un glossimetro) sia conforme alle richieste del cliente. Tali controlli vengono eseguiti mediante il confronto con un campione di riferimento.

5. PRODOTTO FINITO E SUE APPLICAZIONI

5.1 CARTE RELEASE DI FAVINI - CRUSINALLO

Le carte soggette al processo di *extrusion coating* rientrano nella gamma delle carte *Casting Release* che, dopo goffratura, fungono da stampo nella produzione di tessuti spalmati trasferendo la trama desiderata (figura 5.1).



Figura 5.1 – Diagramma di flusso delle carte soggette al processo di extrusion coating e goffatura

Il gruppo Favini è in grado di offrire ai propri clienti un'ampia varietà di texture: grane tessili della pelle, texture geometriche, grane fini e medie, disegni di fantasia ed esotici e differenti trame naturali.



Figura 5.2 – Esempio di carte goffrate release

5.2 IL PROCESSO DI SPALMATURA

La Carta Release Favini si distingue per diversi punti di forza, tra cui la sua flessibilità e la sua ampia gamma di applicazioni con prodotti in poliuretano (PU) e cloruro di polivinile (PVC). Le sue goffrature uniche e le finiture uniformi la rendono uno strumento indispensabile capace di adattarsi a diverse applicazioni per molteplici usi industriali e commerciali.

Per ottenere materiali utilizzati in molti campi quali la calzatura, abbigliamento, arredamento e molti altri, il cliente spalma sul rotolo di carta release strati di PVC o di PU, che vengono fusi ad elevate temperature nei forni dell'impianto di spalmatura. Una volta terminata la fase di spalmatura, viene applicato un adesivo per permettere l'accoppiamento del materiale spalmato con un tessuto (supporto di laminazione) per poi procedere al distacco dalla carta.

La carta, dopo il distacco dal materiale spalmato, viene ribobinata accuratamente e riutilizzata più volte nel processo produttivo, fino a quando non perde le sue caratteristiche originali, rendendo necessaria la sua sostituzione (*figura 5.2*).

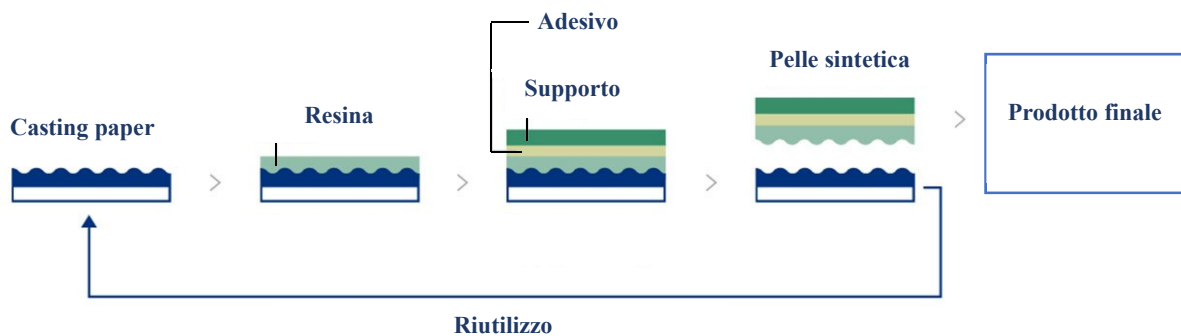


Figura 5.3 – Diagramma di flusso del processo di spalmatura

5.3 APPLICAZIONI DELLE CARTE RELEASE

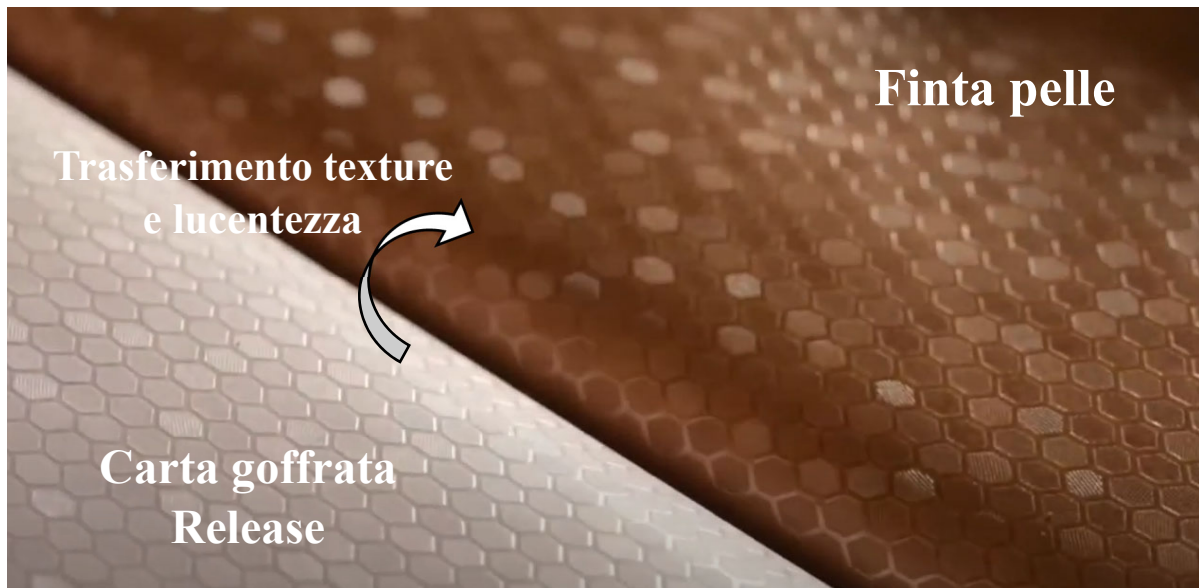


Figura 5.4 – Produzione di finta pelle a partire da carta gofrata release. Durante tale processo avviene il trasferimento della texture e della lucentezza presente sulla carta.

Queste carte vengono utilizzate principalmente nella fabbricazione di materiali impiegati in vari settori, soprattutto nell'industria della moda ed automobilistica. Vengono inoltre fabbricati vari altri prodotti per applicazioni tecniche e mediche.

- **Moda** – abbigliamento, arredamento, calzatura, cinture, borse e valigeria.
- **Industria automobilistica** – interni per auto, rivestimenti per sedili e complementi d'arredo di yacht e imbarcazioni
- **Accessori per dispositivi elettronici** – fodere e astucci per cellulari, tablet e computer.
- **Altri utilizzi** – pavimenti in PVC, film protettivi plastici, pellicole per usi industriali e medicali



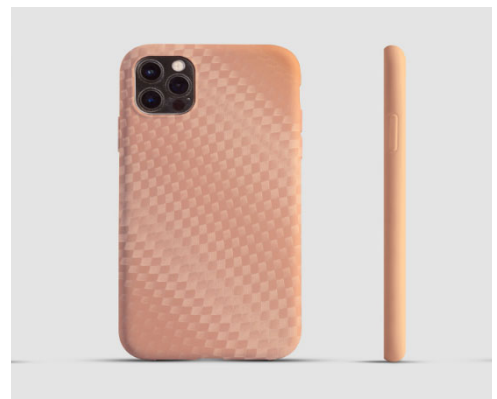
Calzature



Abbigliamento



Borse e accessori



ICT



Automotive



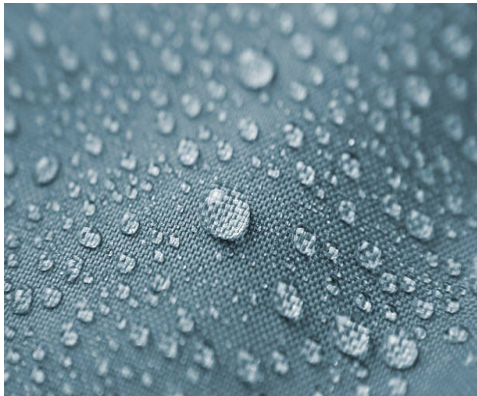
Articoli sportivi



Arredamento



Pelletteria



Prodotti tecnici



Medicale

6. APPENDICE I: GLOSSARIO

Air gap: spazio compreso tra il punto in cui fuoriesce il polimero fuso dalla testa di estrusione e il punto di contatto con la calandra;

Backing roll: cilindro di contropressione in acciaio raffreddato ad acqua;

Bombè: curvatura convessa che viene data ad un cilindro in pressione, al fine di bilanciare la pressione che viene applicata sulle estremità;

Calandra: vedi “Chill roll”;

Cartalana: materiale di carta contenete fibre di cellulosa e di lana, ideale per il rivestimento di cilindri di contropressione;

Carte Casting Release: carte per imprimere textures sulla superficie di svariati prodotti;

Carte feltromarcate: carte lavorate tramite tappeti di feltro, quando l’impasto della carta è ancora umido, così da replicare il disegno e le piccole irregolarità.

Carte goffrate: prodotto che ha subito un'operazione di goffratura, ovvero una impressione sulla carta di un disegno decorativo, trama o motivo;

Chill roll: cilindro termostato in acciaio che assorbe il calore del polimero fuso;

Cilindro goffratore: cilindro in acciaio su cui viene inciso un disegno, trama o motivo;

Cilindro inciso: cilindro in acciaio sul quale è stato inciso un motivo sulla sua superficie, con strumenti specializzati;

Contropartita: cilindro di contropressione rivestito di materiali diversi a seconda del suo utilizzo;

Drowndown: riduzione della sezione trasversale di un materiale durante il processo di estrusione;

Energia superficiale: misura con cui un solido permette a una sostanza liquida di aderire alla propria superficie;

Estrusione: processo utilizzato per creare prodotti di forma continua come lastre sottili, facendo passare un materiale fuso attraverso una matrice appositamente progettata;

Etilene: alchene più semplice (C_2H_4);

Extrusion Coating: rivestimento per estrusione, principale tecnica utilizzata per produrre una vasta gamma di sottili strutture multistrato;

Filiera: vedi “Testa di estrusione”;

Glossimetro: strumento utilizzato per misurare il gloss di una superficie, cioè il suo livello di riflettanza della luce in diverse angolazioni;

Goffratura: consiste nell'imprimere su un determinato materiale (per esempio la carta) dei rilievi che ne modificano la struttura originariamente liscia;

Macchina continua: impianto per la produzione di rotoli di carta;

Melt Flow Index (MFI): l'indice della facilità di fluire di un polimero fuso;

Molecola prochirale: molecola che può essere trasformata in molecola chirale tramite una reazione chimica; una molecola chirale non presenta un asse di simmetria;

Moletta: modulo inciso, a partire da un prototipo prodotto artigianalmente, che trasferisce la sua incisione lungo tutta la superficie del cilindro;

Neck-in: riduzione della larghezza della lastra fusa di polimero in uscita dalla testa di estrusione;

Neoprene: gomma sintetica basata sul policloroprene;

Nip: zona di contatto tra due cilindri in pressione;

Patina: dispersione complessa composta principalmente da pigmenti minerali, leganti e coleganti, acqua e additivi;

Patinatrice a lama d'aria: patinatrice che dosa e livella la patina mediante un getto d'aria uscente da una fessura;

Patinatrice per Cast Coated: patinatura permette di produrre carte ad altissimi valori di lucido,

Poliaddizione:

unione di gruppi reattivi (contenenti un doppio legame) senza la dissociazione di altri composti;

Polimerizzazione di Ziegler-Natta: reazione per ottenere polimeri dai monomeri idrocarburi come etilene e propilene;

Polimero termoplastico: polimeri costituiti da catene lineari, poco ramificate, non legate tra loro da legami covalenti o ionici; essi diventano malleabili quando vengono riscaldati e tornano allo stato solido quando si raffreddano;

Polimero vinilico: polimeri sintetizzati a partire da monomeri contenenti un gruppo vinilico, cioè da un gruppo funzionale contenente due atomi carbonio legati tra loro con un doppio legame;

Polipropilene atattico: i gruppi metilici sono disposti in modo casuale lungo la catena polimerica;

Polipropilene isotattico: i gruppi metilici sono tutti disposti in un unico lato lungo la catena polimerica;

Polipropilene sindiotattico: i gruppi metilici si alternano su lati opposti lungo la catena polimerica;

Poliuretano (PU): materiale plastico estremamente versatile che permette di ottenere una vasta gamma di prodotti con proprietà isolanti e impieghi molto diversi; la sua catena polimerica è costituita di legami uretanici, la cui formula chimica è NH-(CO)-O-;

PP: polipropilene, polimero vinilico termoplastico appartenente al gruppo delle poliolefine, sintetizzato a partire dal propilene;

Primer: sostanze chimiche che forniscono un'affinità chimica tra due materiali;

PVC: polivinilcloruro $[-(\text{CH}_2\text{CHCl})_n-]$, materiale termoplastico ricavato da materie prime naturali;

Release: "rilascio" o "distacco", deriva dalla peculiarità del processo di spalmatura in cui avviene il distacco della resina (PU, PVC o altro) dal rotolo di carta. Il distacco è reso possibile dalle proprietà antiadesive della patina;

Temperatura di Vicat: temperatura di rammollimento; parametro importante per valutare le proprietà termiche e meccaniche di materiali plastici;

Tensione superficiale: forza di coesione delle particelle che si verifica sulla superficie di un liquido (N/m);

Testa di estrusione: punto in cui il polimero fuso viene estruso su un supporto attraverso una fessura;

Texture: trama di punti, di linee o forme, omogenea e regolare al punto da apparire come unitaria

Trafila: vedi "Testa di estrusione";

Trattamento corona: scarica elettrica ad alta frequenza verso una superficie, al fine di migliorare l'adesione dei polimeri con un substrato;

7. RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo elaborato, desidero menzionare la Cartiera del Chiese S.p.A. che mi ha permesso di accedere nel suo stabilimento e dato la possibilità di scattare alcune foto visibili nel capitolo 3, al fine di implementare le mie conoscenze relative alla tecnica di *extrusion coating*.

Inoltre, desidero ringraziare il gruppo Favini, in particolare nelle figure del direttore di stabilimento Ing. Flavio Stragliotto, del responsabile R&D Dott. Achille Monegato e del responsabile della produzione Ing. Filippo Pagliarecci, per la possibilità che mi hanno dato permettendomi di frequentare il “29° corso per tecnici cartari”.

Un grazie lo rivolgo anche a tutti i miei compagni di corso con cui ho condiviso questo traguardo.

8. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Elli Alanen, “ADHESION CHARACTERIZATION OF EXTRUSION COATED PAPERBOARDS”, Master of Science Thesis, Tampere University, Marzo 2023;

LyondellBasell, “A GUIDE TO POLYOLEFIN EXTRUSION COATING”

Materiale 29° Corso per Tecnici Cartari

Pavin M., “VALUTAZIONE DELLE PROPRIETÀ TERMICHE, ELETTRICHE E MECCANICHE DI COMPOSITI A MATRICE POLIPROPILENICA”, tesi di Laurea, Università degli Studi di Padova

Quenos, “EXTRUSION COATING & LAMINATION – Technical Guid”, Giugno 2015

<https://it.ferben.com/>

<https://www.favini.com/>

<https://www.plastmagazine.it/polipropilene-pp-caratteristiche-tipologie-mercato>