

# ARCONVERT

## Descrizione azienda

Arconvert S.p.A., fondata nel 1989 ad Arco (Trento), fa parte del gruppo Fedrigoni. Si occupa della produzione di materiale autoadesivo con una vasta gamma di carte e film plastici per il settore. Tra le varie carte prodotte, si annoverano quelle più complesse e sofisticate destinate al settore enologico e quelle più semplici dette “commodity”, per usi più generali.

L’attività di Arconvert consiste nella deposizione di uno strato di silicone sopra un supporto (carta o PET), seguito dalla stesura di un film di adesivo, poi accoppiato con un frontale in carta o film plastico. A seconda dell’applicazione finale delle etichette, c’è la necessità di modificare la grammatura di adesivo depositata. La spalmatura dell’adesivo avviene con sistema reverse gravure, in cui un cilindro simile a una vite senza fine ruota e in questo modo raccoglie l’adesivo che si trova in una camera sottostante. L’adesivo, che ha riempito le scanalature del cilindro, viene quindi depositato sulla carta, che si muove in senso opposto rispetto alla direzione del cilindro. A seconda della pressione di massa, della velocità del rullo retinato e della grandezza del retino il materiale da applicare viene dosato e applicato sulla circonferenza del rullo retinato; questa procedura è denominata sovrariempimento. Attraverso il sovrariempimento è possibile, in presenza dello stesso rullo retinato e della stessa viscosità del materiale, raggiungere differenti pesi di applicazione. Il peso di applicazione dipende inoltre dalla viscosità del materiale da applicare, dalla pressione di massa, dal rullo retinato impiegato, dalla temperatura all’interno della camera a pressione variabile e dalla distanza della camera rispetto al rullo retinato.

## Descrizione problema industriale

Il problema proposto da Arconvert è legato all’ottimizzazione del processo di spalmatura dell’adesivo, cercando di dare risposta ad alcune difficoltà incontrate dall’azienda.

La prima riguarda la deposizione di piccole quantità di adesivo (sotto i  $13 \text{ g/m}^2$ ), in quanto in tali condizioni la stesura non è uniforme. Tali problemi di disomogeneità possono verificarsi anche in condizioni di grammature normali, ma con diversi tipi di adesivo; non è noto il motivo per cui differenti tipologie di adesivo rispondano in maniera diversa. Inoltre l’azienda ha osservato un peggioramento della performance nella stesura riciclando l’adesivo.

Al gruppo di lavoro è stato quindi richiesto di individuare il modo di depositare basse quantità di adesivo, di capire la ragione per cui ci sono i difetti e di indicare i parametri importanti nel controllo del processo reverse gravure.

## Descrizione soluzione

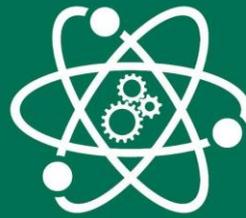
Il gruppo di lavoro che ha affrontato il problema proposto da Arconvert ha individuato tre differenti strategie.

1. Studio del limite superiore e inferiore della grammatura.
2. Individuazione delle possibili cause di difetti, come la degradazione chimico-fisica dell'adesivo e la formazione di bolle d'aria.
3. Implementazione di un modello del sistema (Finite Element Method, FEM).

Riguardo al primo punto, sono stati individuati due parametri che giocano un ruolo cruciale nel controllo della grammatura. In particolare, si è osservato che la pressione dell'adesivo nella camera è il fattore limitante nella deposizione di piccole quantità di adesivo, mentre la velocità del cilindro gioca soltanto un ruolo marginale. Il secondo parametro individuato è l'angolo di contatto tra l'adesivo e il cilindro, il gruppo di lavoro ha infatti suggerito di considerare anche l'affinità tra il cilindro e l'adesivo e non solo quella tra l'adesivo e il supporto siliconato. In questo modo l'azienda è in grado di confrontare a priori la performance di differenti adesivi.

Lo studio della degradazione chimica dell'adesivo è stato effettuato con spettroscopia FT-IR, ma l'analisi degli spettri non ha permesso di individuare alcuna differenza tra i diversi tipi di adesivo, nuovo ed utilizzato. La degradazione fisica è stata invece valutata tramite lo studio della viscosità dinamica utilizzando un reometro a cono piatto. Tale analisi ha permesso di concludere che la principale causa di difetti è legata alla formazione di grumi durante il riciclo dell'adesivo, che riduce l'uniformità nella stesura di quest'ultimo. A questa osservazione è seguita quindi l'analisi della dimensione dei grumi, che ha portato a suggerire all'azienda di utilizzare un filtro con una maglia più piccola di 400  $\mu\text{m}$ , attualmente utilizzata. Un'altra causa di difetti è la formazione di bolle d'aria, che aumentano in dimensione all'interno della camera a causa della formazione di vortici nella stessa. Per evitare questo processo è stato suggerito all'azienda di diminuire la velocità e dimensione del flusso di adesivo.

La fluidodinamica all'interno della camera è stata descritta utilizzando un metodo 3D FEM per risolvere l'equazione di Navier-Stokes in regime laminare; infatti il modello sviluppato è in grado di riprodurre i dati sperimentali. Il modello ha permesso di descrivere la presenza di vortici all'interno della camera e di mostrare come vari la fluidodinamica all'interno della camera con i parametri caratteristici del sistema. Il modello permette quindi di ottimizzare il processo di deposizione dell'adesivo, trovando parametri e geometrie ottimali.



# BONFIGLIOLI MECHATRONIC RESEARCH

## Descrizione azienda

Bonfiglioli S.p.A. lavora fin dal 1956 nel campo della trasmissione di potenza industriale, ed è una multinazionale diffusa a livello mondiale con sedi in oltre 80 paesi. Il centro di ricerca BRM (Bonfiglioli Mechatronics Research), con sede a Rovereto, è dedicato al design di soluzioni meccatroniche per la trasmissione di potenza, che integrino informatica, elettronica, elettrotecnica e meccanica. BMR lavora in particolare allo sviluppo di motori brushless a magneti permanenti e di riduttori epicicloidali a basso gioco, con l'obiettivo di unire alta efficienza con funzionalità complesse.

## Descrizione problema industriale

La legislazione internazionale nel settore industriale impone ogni anno requisiti sempre più stringenti riguardo ai consumi energetici, su cui l'efficienza dei motori elettrici ha un impatto determinante. Nella fase di prototipazione di motori elettrici e componenti elettromeccanici è dunque fondamentale tenere sotto controllo le fonti di dissipazione: è pratica comune l'utilizzo di software di simulazione numerica, che prevedono l'efficienza di un motore in fase di sviluppo, tuttavia resta ancora molto difficile predire quale sia l'impatto del processo di fabbricazione sulle proprietà magnetiche delle parti attive del motore. Il problema presentato da Bonfiglioli consiste nel modellizzare l'effetto dei principali processi di taglio cui sono sottoposti i laminati metallici che andranno a costituire il motore, taglio meccanico vs. taglio laser, in modo da includerlo in modo efficace nelle simulazioni numeriche.

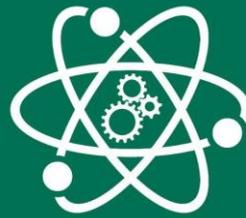
## Descrizione soluzione

L'azienda ha messo a disposizione del gruppo di *cervelli* alcuni campioni di laminato metallico di differenti dimensioni, metà dei quali tagliati a laser e metà in modo meccanico. Dopo un'attenta analisi, la squadra ha deciso di approcciare il problema su tre principali direzioni:

1. L'osservazione dei campioni al microscopio elettronico a scansione (SEM) ha permesso di evidenziare le differenze tra i due metodi di taglio investigati, e di individuare l'origine degli effetti sulle proprietà magnetiche nello stress termico e/o meccanico indotto nel processo. Tali osservazioni sono state usate come guida per le successive indagini numeriche e sperimentali.
2. Sono state riprodotte sui campioni le misure standard che vengono utilizzate in ambito manifatturiero per caratterizzare i laminati metallici prima che questi vengano lavorati. Il confronto

di questi risultati con i valori forniti dal produttore ha permesso di quantificare l'impatto globale della lavorazione, e di valutarne gli effetti in funzione delle dimensioni del campione in esame. Sono state inoltre introdotte delle altre misure per caratterizzare la risposta del metallo in condizioni più vicine possibile a quelle operative, ed un modello empirico con parametri efficaci che riassumano le proprietà del metallo dopo la lavorazione.

3. Simulazioni numeriche hanno permesso di valutare gli effetti del taglio laser, in particolare di individuare le regioni del metallo in cui la temperatura ha un impatto critico sulle proprietà magnetiche. Questo, unitamente alle misure dirette della risposta magnetica dei pezzi lavorati, pone le basi per definire i parametri del modello descrittivo, che potranno poi essere inseriti all'interno dei software di simulazione del motore finito.



# EUROTEXFILATI

## Descrizione azienda

Eurotextfilati è un'azienda situata a Pietramurata (Dro, TN) che opera nel settore dei filati sintetici quali Nylon, poliestere e polipropilene. L'azienda è divisa in due rami, il ramo *textile* ed il ramo *industrial*.

- Il ramo *textile* si occupa della commercializzazione di filati tessili in tutto il mondo.
- Il ramo *industrial* produce semilavorati a partire da filati industriali. I semilavorati prodotti da Eurotextfilati vengono prodotti tramite abbinamento e ritorcitura di filati industriali e vengono poi utilizzati da produttori di cime, trecce e corde nautiche, da pesca, da traino, d'alto mare e di fasce da sollevamento.

## Descrizione problema industriale

Il problema sottoposto da Eurotextfilati ad IPSP2016 riguarda la variazione della tenacità del filato a seguito delle lavorazioni a cui viene sottoposto. La tenacità di un filato è definita come il rapporto tra il carico di rottura ed il titolo, dove il titolo di un filato è la sua massa per unità di lunghezza. Lo scopo è quello di prevedere la tenacità di un semilavorato quando sono note le caratteristiche del filato di partenza e i processi di lavorazione a cui è sottoposto. In particolare, l'attenzione è posta su abbinamento e torsione, saldatura ad aria e riroccatura.

- Nella fase di abbinamento e torsione, diversi capi del filato (in un numero da 3 a 50) vengono abbinati e ritorti in un unico processo. Il numero di torsioni è compreso tra 8 TPM (Twists Per Meter) e 600 TPM.
- La fase di riroccatura consiste nel riportare il semilavorato dal subbio metallico su cui viene raccolto durante la fase di abbinamento e torsione su un tubetto di cartone (il supporto standard del semilavorato).
- La saldatura ad aria (splicing in inglese) consiste nell'unire due capi del filato di partenza, permettendo quindi di ottenere una rocca piena partendo da rimanenze di filato. Le rocche ottenute da filato saldato possono essere commercializzate o utilizzate in produzione, separatamente da quelle consistenti in solo filato intatto.

## Descrizione soluzione

Alla squadra di giovani ricercatori che hanno lavorato al problema di Eurotextfilati sono stati forniti diversi campioni di filato e semilavorato di Nylon6 e polipropilene. I semilavorati avevano diverso numero di capi e

di torsioni per metro (TPM), in modo che lo studio sui campioni potesse risultare il più completo e sistematico possibile.

Il problema è stato affrontato seguendo diverse strade. Per quanto riguarda l'influenza del processo di abbinamento e torsione sulla tenacità del semilavorato, si è cominciato con una ricerca bibliografica per individuare studi che collegassero il carico di rottura del filato con le caratteristiche del materiale, il numero di capi ed il numero di torsioni. In letteratura si sono trovati diversi modelli; quello considerato più utile per lo studio richiesto è stato adattato alle esigenze dello studio e confrontato con i risultati degli esperimenti che contemporaneamente sono stati condotti.

Il carico di rottura dei filati e semilavorati è stato misurato mediante test di trazione eseguiti con un dinamometro a incremento costante. Il modello ed i risultati sperimentali ottenuti sono stati validati confrontandoli con simulazioni numeriche usando un software FEM (Finite Element Method).

Dallo studio è emerso che il carico di rottura dei semilavorati dipende non solo dal numero dei capi componenti il semilavorato stesso, ma anche dal numero di torsioni per unità di lunghezza. In particolare il valore del carico di rottura presenta un massimo ad un determinato numero di TPM, per poi calare. Questo andamento è compatibile con quanto previsto dal modello teorico.

Esperimenti di trazione sono stati condotti anche su filati soggetti a saldatura ad aria. L'efficacia della saldatura è stata studiata in funzione della pressione usata per alimentare lo splicer (lo strumento usato per la saldatura). È stato proposto un modello per stimare quanti filamenti non saldati deve contenere un semilavorato per reggere nell'eventualità del cedimento di un filamento saldato facente parte dello stesso semilavorato.

Per quanto riguarda la riroccatura, vale a dire il processo di trasferimento del semilavorato da subbi metallici ai rotoli di cartone su cui verrà venduto, si è concluso che l'unico effetto del processo è un lieve cambiamento del numero di torsioni e la sua influenza sulla tenacità del semilavorato può essere trascurata.

# SEPR ITALIA

## Descrizione azienda

Saint-Gobain è una multinazionale che vanta più di 350 anni di esperienza nello sviluppo, nella produzione e nella distribuzione di materiali per l'edilizia. Saint-Gobain è uno dei primi 100 gruppi industriali al mondo, vantando una presenza in 67 Paesi ed occupando circa 170.000 dipendenti, con un fatturato complessivo di 39.1 miliardi di euro nel 2016. SEPR Italia Spa fa parte del gruppo Saint-Gobain. È stata fondata nel 1960 a Mezzocorona (Trento, Italia), ed opera nella produzione di materiali refrattari elettrofusi per la costruzione di forni vetrari. I prodotti realizzati da SEPR Italia sono realizzati in AZS (composti di allumina, ossido di zirconio e silice).

Il passo principale per la produzione di mattoni refrattari è l'elettrofusione della polvere di AZS, ottenuta mediante il rilascio di scariche elettriche. Il materiale fuso ad una temperatura di circa 1800°C viene poi versato in uno stampo in sabbia. Non appena la crosta esterna del blocco comincia ad indurirsi, esso viene spostato in un altro contenitore, dove è completamente circondato da allumina. L'allumina è un buon isolante termico e consente il lento raffreddamento del blocco refrattario, impedendo la formazione di crepe nel prodotto solido finale. Quando il blocco è freddo, viene estratto dal contenitore e, dopo alcune lavorazioni meccaniche, è pronto per essere montato per la sua applicazione finale.

## Descrizione problema industriale

Il problema proposto da SEPR Italia è legato all'ottimizzazione del processo di raffreddamento dei blocchi refrattari.

L'azienda richiede di individuare il migliore materiale isolante da utilizzare per la copertura del blocco durante il processo di raffreddamento, confrontando il materiale che viene attualmente utilizzato (allumina) con altri isolanti presenti sul mercato (come vermiculite e farina fossile).

Inoltre, l'azienda è interessata a studiare un nuovo metodo per determinare il tempo di raffreddamento dei blocchi. Fino ad ora, esso è determinato a partire dalla massa dei blocchi, utilizzando una tabella formata da 6 categorie. L'azienda richiede di individuare un nuovo metodo che tenga in considerazione anche un fattore legato alla forma del blocco. Questo studio è motivato dall'interesse di ottimizzare il tempo di raffreddamento, riducendo il tempo di permanenza in magazzino per rilevare più rapidamente gli scarti di produzione e ottimizzare l'intero processo di produzione.

## Descrizione soluzione

Durante la settimana di IPSP2016, il gruppo di lavoro dedicato al problema proposto da SEPR Italia è stato diviso in due sottogruppi, ciascuno dedicato all'analisi di una delle due parti del problema proposto.

Il primo gruppo si è dedicato al confronto delle proprietà termiche dell'allumina con quelle di vermiculite e farina fossile. Prima di tutto, il processo di raffreddamento è stato riprodotto in laboratorio riscaldando un blocco refrattario in un forno e misurando la variazione di temperatura durante il processo di raffreddamento quando il blocco è circondato da diversi materiali isolanti. Inoltre, è stata eseguita una misura della conducibilità termica utilizzando l'*hot-wire method*. Per gli scopi dell'azienda, l'allumina è stata valutata come il miglior materiale isolante, sia in termini di conducibilità termica che in termini di inerzia termica.

Per quanto riguarda l'ottimizzazione del processo di raffreddamento, sono stati proposti due meccanismi innovativi che possono fornire una riduzione del tempo stoccaggio dei blocchi in magazzino. Il primo meccanismo è basato ancora sulla massa del blocco: aumentando il numero di categorie che determinano il tempo di raffreddamento, il tempo di stoccaggio medio può essere ridotto di circa il 9%. Il secondo meccanismo è basato sul modello ad elementi finiti che è stato sviluppato durante la settimana. Questo metodo introduce la forma del blocco come parametro cruciale nella determinazione del suo tempo di raffreddamento. In particolare è stato stimato che, per i blocchi con forma più allungata, il tempo di raffreddamento può essere ridotto di più del 20%.

È stato analizzato inoltre anche un problema che l'azienda non aveva mai preso in considerazione, legato al posizionamento del mattone nella cassa di raffreddamento. Da questa analisi è emerso il ruolo cruciale assunto dalla quantità di materiale isolante posta intorno al blocco. Se questo fatto non viene considerato, il processo di raffreddamento per i blocchi più grandi è molto veloce, e può causare la formazione di crepe che possono influenzare negativamente la qualità del prodotto finale.