



# Il processo di impregnazione garantisce qualità al motore

Il settore automobilistico si sta indirizzando verso la e-mobility e Tecnofirma si è messa al fianco delle aziende automotive in uno dei processi più critici per garantire qualità: quello dell'impregnazione. La qualità di questo processo incide fortemente sulle performance del motore ed è determinante per garantirne l'affidabilità nel tempo, proteggendolo dalle sollecitazioni meccaniche ed elettriche. Tecnofirma ha sviluppato e brevettato intere nuove linee di processo, capaci di soddisfare le diverse esigenze

di Renato Castagnetti

Come noto, il mondo dell'auto sta attraversando una transizione epocale verso la cosiddetta e-mobility. I sistemi di propulsione a combustione vengono oggi rimpiazzati da motori elettrici, oggetti di dimensioni contenute in grado di garantire performance elevate con altissimi rendimenti, nel rispetto

dell'ambiente. Sin dagli albori di questa trasformazione, Tecnofirma si è messa al fianco delle aziende automobilistiche per supportarle nello sviluppo di queste tecnologie, specificamente in uno dei processi considerati più critici per garantire la qualità del prodotto: l'impregnazione. "Grazie a queste

collaborazioni, abbiamo potuto assistere all'evoluzione della tecnologia, lavorando a stretto contatto con i centri di sviluppo delle più blasonate aziende del mondo in Europa, Stati Uniti, Cina, India, Corea. Un'esperienza unica e probabilmente irripetibile, che ha consentito di sprigionare la creatività dei nostri tecnici come mai in passato", spiega Francesco Goi, direttore generale dell'azienda.

**In cosa consiste il processo di impregnazione.** Le prime generazioni di auto elettriche, piuttosto che ibride, utilizzavano motori elettrici sostanzialmente tradizionali, in cui il campo magnetico veniva generato da matasse di rame avvolte, sia nel componente statico (statore) che in quello rotativo (rotore). Un'auto era munita tipicamente di un singolo motore elettrico di trazione, alimentato con una tensione di 400 V. Da allora, si è assistito ad un continuo ripensamento sia dell'architettura delle auto (Full Electric, Mild Hybrid, Plug-in con 1, 2, 4 motori) sia del motore stesso: alla tecnologia del filo avvolto si sono affiancate nel caso dello statore quelle delle barre di rame (motori hairpin, upin, ipin ecc.), e nel caso del rotore quella dei magneti permanenti. Nelle macchine più performanti si è passati dalla tensione di 400 V a quella di 800 V e oltre.

Più le soluzioni si raffinano, più crescono le performance, più diviene essenziale il processo di impregnazione. Il processo di impregnazione consiste nell'andare a ricoprire il rame, sia nel caso si tratti di filamenti che di barre, con uno strato di resina. La resina, che può essere di natura polimerica o epossidica, viene dispensata sulle estremità del filamento per poi distribuirsi all'interno delle cavità grazie al principio della capillarità, raggiungendo anfratti apparentemente inaccessibili (gli slot). Al contempo, il processo deve essere tale da garantire che non vi siano contaminazioni sul pacco lamellare, là dove il rame non è presente e la corrente non passa.

Il rivestimento ottenuto con la resina, di cui esistono innumerevoli versioni di cui ciascuna ha peculiarità proprie, ha molteplici finalità. Le più importanti sono quelle di garantire la coesione tra i fili o le barre di rame (il cosiddetto bonding) così da evitarne sfregamenti che possano causarne danneggiamenti e fornire un secondo isolamento del circuito elettrico, per evitare cortocircuiti tra le varie fasi. In taluni casi vi è anche una finalità di protezione dagli agenti atmosferici e l'agevolazione della dispersione del calore, evitando che eventuali inclusioni d'aria possano portare ad una distribuzione disuniforme delle temperature. La qualità del processo di impregnazione incide fortemente sulle performance del motore ed è determinante per garantirne l'affidabilità nel tempo, proteggendolo dalle sollecitazioni meccaniche ed elettriche.

Il principio di capillarità, un fenomeno connesso alla tensione superficiale del liquido, richiede un perfetto controllo delle temperature sia della resina che del particolare da trattare, essendo viscosità e densità parametri ad essa legati. Una volta applicata, la resina va cotta, con un processo di gelificazione prima e reticolazione poi.



In alto: singola unità modulare, base di partenza per lo sviluppo di linee ad alta cadenza produttiva. Sopra: la vista laterale della linea modulare per alte cadenze produttive, sono raffigurati più moduli posizionati in parallelo e il forno di preriscaldamento e cottura. Nella pagina accanto, un'operazione di carico della linea attraverso robot a 7 assi su slitta motorizzata.

**Nuove linee di processo sviluppate e brevettate da Tecnofirma.** Nel corso dell'ultimo ventennio, Tecnofirma ha sviluppato e brevettato intere nuove linee di processo, capaci di soddisfare le diverse esigenze che il mercato ha manifestato, partendo da compatte macchine di laboratorio fino a impianti per la produzione di massa.

Flessibilità del processo, scalabilità dell'investimento e modularità sono stati i pilastri alla base dello sviluppo delle nuove tecnologie.

La flessibilità è garantita dalla possibilità di creare una ricetta di impregnazione ad hoc per ciascun modello di motore, dando all'utilizzatore la possibilità di programmare un processo modificando parametri quali le quote di posizionamento degli ugelli erogatori, la portata di erogazione, la velocità di rotazione (in fase di impregnazione e gelificazione lo statore deve essere mantenuto in rotazione sul suo asse, in posizione orizzontale o leggermente inclinata), il verso e l'inclinazione. La ricetta è specifica per ciascun modello di

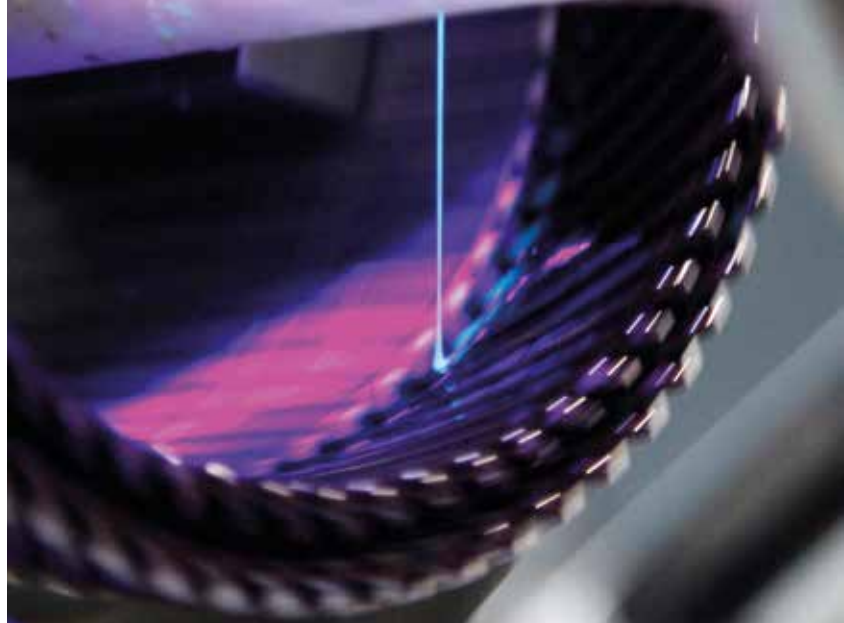


## Respiro internazionale

Tecnofirma continua nel percorso di internazionalizzazione con la recente apertura di Tecnofirma America Inc., nuova sede americana ubicata a Charlotte nel North Carolina. Accanto all'headquarter di Monza, con la nuova filiale l'azienda oggi può così contare su tre diverse sedi nel mondo nelle aree più strategiche per il proprio mercato: a Pechino, nel distretto di Shun Yi, è localizzata Diamond (Beijing) Machinery Equipment Co. Ltd (nata nel 2011); in Germania, vicino a Colonia, c'è Tecnofirma Deutschland GmbH (nata nel 2021); e appunto ora Tecnofirma America Inc.

La nuova società nasce con l'obiettivo di essere un punto di riferimento per Stati Uniti, Canada e Messico (Usmca) per quanto riguarda il campo dei trattamenti di superficie e garantirà un servizio in loco al cliente dalla fase commerciale all'assistenza post-vendita. L'azienda disporrà di un laboratorio attrezzato per la messa a punto del ciclo più idoneo alle necessità del cliente. Sarà, inoltre, presente un magazzino per i ricambi per l'immediata disponibilità e reperibilità di componenti critici. Un servizio di hot-line dedicato sarà a disposizione della clientela.

Il cuore della progettazione e della produzione Tecnofirma resta in Italia nell'headquarter di Monza. Macchine e impianti per le divisioni Lavaggio, Impregnazione e Verniciatura continuano ogni giorno ad essere progettate e ingegnerizzate dal team italiano presso lo storico stabilimento monzese di viale Elvezia 35



Statore per Powertrain automotive in fase di impregnazione per gocciolamento sotto la luce UV.

motore e viene studiata preventivamente in laboratorio.

La modularità è alla base dell'architettura della linea: le fasi di impregnazione e gelificazione, ovvero quelle più delicate, in cui il motore va mantenuto in rotazione per evitare colature e sporcamenti fintanto che la resina si presenta nel suo stato liquido, avvengono in parallelo in singole unità - i moduli - identiche tra loro, in un numero definito in funzione dei tempi di processo e degli output attesi.

Flessibilità e modularità garantiscono la scalabilità dell'investimento: a seconda dei livelli di produzione pianificati e dei tempi di trattamento specifici del modello da trattare, l'utilizzatore può aggiungere o rimuovere moduli dalla linea, piuttosto che dedicarli a diverse tipologie di prodotti. Una caratteristica questa specialmente apprezzata in un momento storico come questo, in cui le stime sono spesso incerte a causa della gioventù del prodotto e alla conseguente incapacità di prevedere cicli di vita e risposte del mercato.

La linea si completa con un unico forno cui vengono destinate tre fasi di gestione termica dei particolari: il preriscaldamento (gli statori vanno portati dalla temperatura ambiente alla temperatura idonea al processo di impregnazione), la cottura (successiva alla gelificazione: la resina colata e indurita deve completare la reticolazione) e il raffreddamento prima dello scarico. Il forno è studiato in modo da massimizzare l'efficienza energetica, concentrando le fasi più calde in zone sviluppate in altezza (le campane) che naturalmente impediscono la fuoriuscita di aria in temperatura.

Al processo di impregnazione può integrarsi la copertura delle saldature delle barre in rame con rivestimenti in polvere epossidica, applicata mediante immersione in letto fluido. Allo scarico il motore si presenta quindi pronto per i test elettrici e per il montaggio finale.

La storica esperienza di Tecnofirma ha consentito l'introduzione di una serie di accorgimenti che garantiscono affidabilità e manutenibilità dei macchinari, requisiti essenziali per potersi inserire nei contesti produttivi dell'industria automobilistica.