IN VOLO CON L'IMPREGNAZIONE

Nel settore aeronautico la qualità richiede alti livelli di performance. L'impregnazione di motori elettrici ne migliora la resistenza meccanica, termica e la durata, essenziali per resistere a vibrazioni, sbalzi di temperatura e condizioni ambientali estreme. Tecnofirma sta lavorando con diversi player internazionali per l'impregnazione di motori per il settore eVtol

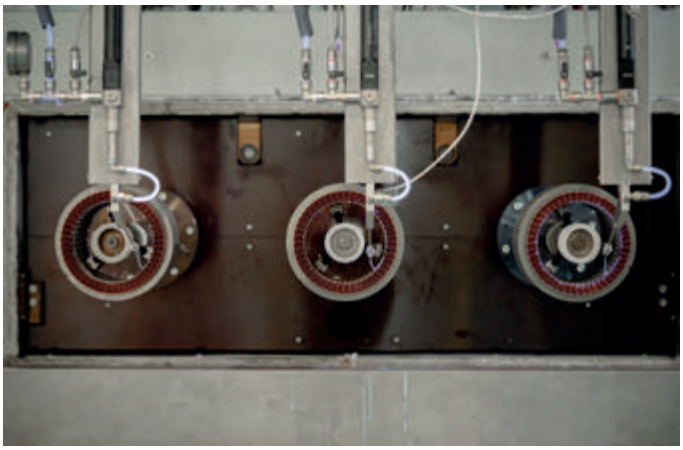
STEFANO SORESINA

L'esperienza nel settore impregnazione accumulata da Tecnofirma negli anni ha favorito l'ingresso della sua tecnologia anche nel settore aeronautico, dove la qualità richiesta esige alti livelli di performance. La tecnologia di impregnazione dei motori elettrici per l'avionica necessita particolare attenzione in quanto si tratta di un processo critico di isolamento e protezione (resine epossidiche o poliestere) che migliora la resistenza meccanica, termica e la durata, essenziale per resistere a vibrazioni, sbalzi di temperatura e condizioni ambientali estreme.

IMPREGNATURA NELL'AVIO

Nel settore avio, 'impregnare' un rotore o uno statore (tipicamente di un motore elettrico e/o qualsiasi macchina elettrica,) significa far penetrare la resina isolante dentro le cave e tra gli avvolgimenti in rame (fili/barre), l'isolamento (nastri, carte, ver-

Applicazione resina tramite trickling e una macchina per l'impregnazione di motori per applicazioni avio.
Nella pagina accanto, un test di laboratorio.



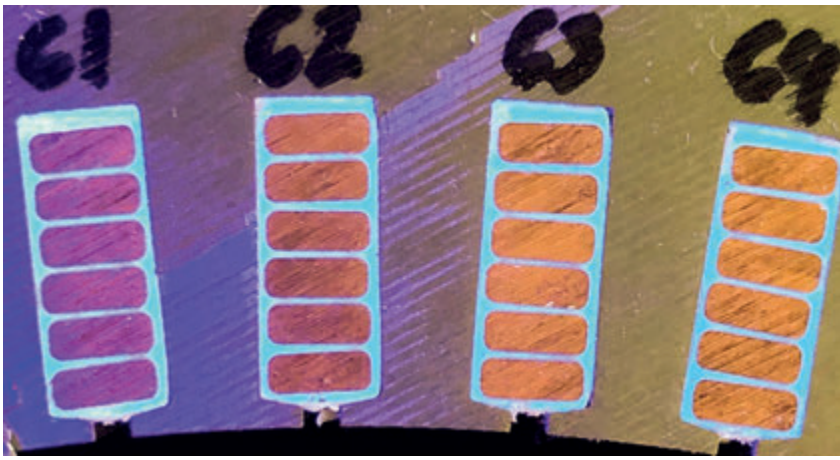
nici), gli interstizi e le porosità del pacco lamellare e delle cave, per poi polimerizzarla (curarla) in forno.
Le finalità principali delle fasi di impregnazione si possono riassumere in quattro operazioni.
Isolamento elettrico: aumenta la rigidità dielettrica per contrastare le alte tensioni, specialmente in quota. L'isolamento elettrico riduce il rischio di scariche parziali, tracking e corti tra spire o verso massa, soprattutto in presenza di vibrazioni e umidità.
Solidità meccanica: trasforma l'avvolgimento in un corpo unico, capace di resistere alle forti vibrazioni tipiche delle applicazioni avioniche. La compattazione meccanica stabilizza gli avvolgimenti, limitando micro-movimenti dei fili che, con vibrazioni e cicli termici tipici dell'avio, possono consumare lo strato di isolamento (abrasione).
Gestione termica: estremizza la dissipazione del calore generato, fondamentale per l'efficienza.
Protezione ambientale: contro umidità, polveri e nebbie, soprattutto quelle saline. La protezione ambientale e termica effettua funzioni sigillanti contro umidità/contaminanti e migliora la gestione termica riducendo sacche d'aria che si possono trovare all'interno delle cave in cui sono insediati i coils (l'aria è un pessimo conduttore e favorisce scariche).
Tre sono le tecniche principali utilizzate nel settore: il VPI (Vacuum Pressure Impregnation), il Trickling (gocciolamento) e l'immersione.
La scelta della resina dipende da classe termica e requisiti: si possono utilizzare prodotti termoindurenti, resine epossidiche e poliesteri, appartenenti minimo alla classe termica 'H' 180°C o livelli superiori, tipo '200°C', 220°C, 240°C, per garantire prestazioni elevate. In casi estremi, possono essere impiegati pro-

TLAB, LABORATORIO DI R&D

TLab è il laboratorio di Ricerca e Sviluppo di Tecnofirma: uno spazio dove idee, scienza e necessità di mercato si incontrano per trasformarsi in innovazione applicata. Il team è composto da personale altamente qualificato con competenze trasversali che spaziano da ingegneria e meccanica a elettronica e software, con l'obiettivo di verificare e ottimizzare processi, parametri e prestazioni nelle reali condizioni operative. TLab è attrezzato per: simulare condizioni di lavoro reali; eseguire prove e controlli di qualità secondo procedure e standard richiesti dai capitolati cliente; validare soluzioni in ottica di miglioramento continuo delle nostre macchine e dei processi.
Ampliato negli ultimi anni, TLab può ospitare clienti che desiderino vedere da vicino i risultati delle prove e partecipare a momenti di confronto tecnico: un dialogo che accelera decisioni, riduce rischi e crea valore aggiunto. La simulazione del processo di impregnazione prima dell'implementazione sulla macchina destinata al cliente permette un miglioramento dell'interazione tra la meccanica dell'impianto e il comportamento chimico-fisico delle resine utilizzate. Il cliente può testare diverse tecniche e materiali (resine/polveri) per validare il processo prima dell'ordine, riducendo tempi di avviamento e rischi di non conformità. Con il vantaggio di poter avere un impianto customizzato e specifico per processo. Tecnofirma collabora con produttori internazionali per testare resine innovative a basso impatto ambientale. Nell'ottica di sviluppo tecnologico, abbiamo attivato collaborazioni anche con il Politecnico di Milano per ampliare e sviluppare la gamma di soluzioni.

TEST, PROVE, CAMPIONATURE IN TLAB

Testing e piccole campionature: le macchine presenti in TLab consentono la messa a punto di cicli per motori elettrici; la produzione di lotti di serie; lo sviluppo della sinergia cliente-fornitore per ottimizzazioni 'in progress' su macchina e, quando necessario, sul componente. In alcuni casi, il lavoro congiunto porta a una vera reingegnerizzazione del prodotto, finalizzata a ottimizzare il processo e garantire standard qualitativi elevati nel prodotto finale. Per quanto riguarda standard e riferimenti normativi, Tecnofirma lavora nel rispetto di quelli imposti dai capitolati dei clienti.
Test e prove: test di saturazione/resinatura per l'individuazione del filling factor; misura spessore polvere per l'individuazione del powder thickness.
Attrezzature principali: impianto impregnazione trickling (test singolo pezzo e pre-produzione); impianto impregnazione rolldip (test singolo pezzo e pre-produzione); macchina per test impregnazione cold & hot dipping; tre forni termoventilati per cicli termici; due impianti per incapsulamento e potting; impianto per test (pezzo singolo e pre-produzione) di epoxy powder coating; microscopio e bilance certificate ad alta precisione.
Output: data sheet per ogni pezzo testato; relazione tecnica con dati e documentazione fotografica.



Saturazione di resina cave statori
e, nella foto in alto, un'immagine dell'ufficio tecnico Tecnofirma.

dotti ceramici e speciali resine siliconiche, capaci di resistere a temperature estreme e shock termici elevati.
Nel settore avio contano moto la temperatura, la compatibilità con fluidi, la resistenza alle vibrazioni, la bassa volatilità/out-gassing (in certe applicazioni) e indispensabili requisiti di certificazioni (Underwriter Laboratories).
Tutti i filamenti di rotori e statori devono essere impregnati da un filo di resina.
All'interno delle cave l'obiettivo imprescindibile da raggiungere con assoluta certezza è il NO Air Bubbles, una saturazione con perfetti livelli (100%).
Se rimanesse un po' di aria durante il funzionamento del motore, l'aria si riscalderebbe a elevate temperature e quindi potrebbe generare degli 'short circuits', danneggiando irrimediabilmente il rotore/statore.
La tipologia impiantistica proposta da Tecnofirma per il settore avio comprende tre tecniche.
Trickling (gocciolamento): applicazione mirata della resina nelle aree tecniche sui pezzi in stato rotante, ideale per evitare contaminazioni e ottenere alti-altissimi livelli percentuali di saturazioni di cava.
Dipping (immersione a caldo - freddo): 'bagno' in resina e successivo sgocciolamento, per produzioni che richiedono un'impregnazione completa per immersione o colata continua Roll Dip, processo con pezzo in rotazione parzialmente immerso nella resina.
Potting - Incapsulamento.

PER IL SETTORE EVTOL

Tecnofirma sta lavorando con più società internazionali per l'impregnazione di motori destinati al settore eVtol. Sono società ancora in fase di sviluppo prototipale per le quali Tecnofirma realizza in TLab, il suo laboratorio di Ricerca e Sviluppo nella sua sede di Monza, le campionature ufficiali e la pre-produzione.
Un eVtol (acronimo di Electric Vertical Take-Off and Landing) è un velivolo elettrico progettato per decollare e atterrare verticalmente, simile a un elicottero, ma con motori elettrici silenziosi ed emissioni zero. Ideali per la mobilità urbana (UAM), sono concepiti come taxi aerei o droni per il trasporto passeggeri/merci, riducendo i tempi di percorrenza e il traffico cittadino. Gli statori per eVtol sono particolari prodotti sollecitati a vibrazioni e TC (Thermal Cycles). Per la loro impregnazione Tecnofirma si avvale della tecnologia Trickling, con accorgimenti atti a garantire il soddisfacimento delle richieste particolari. Il macchinario da laboratorio Tecnofirma è multispindle ed è in grado di processare quattro pezzi in contemporanea. Come sorgente di riscaldamento si avvale di termoventilazione ad aria calda ed elementi IR.
Altre applicazioni realizzate in passato da Tecnofirma per le produzioni di serie si avvalgono sempre della tecnologia tricking abbinata a un riscaldamento per Joule effect, utilizzato per garantire la perfetta cottura delle resine.