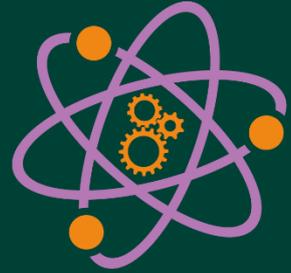




INDUSTRIAL PROBLEM SOLVING WITH PHYSICS

17-22 luglio 2023
Trento Italy



SEFPRO

DESCRIZIONE AZIENDA

SEFPRO, parte della divisione Innovative Materials del gruppo Saint-Gobain, è una multinazionale con sede centrale in Francia e sedi in Italia, USA, India, Cina e Giappone. Il core business dell'azienda è la produzione di materiali refrattari per l'industria del vetro e, più in generale, di materiali ad alta performance.

Lo stabilimento di Mezzocorona (SEPR Italia) è specializzato nella produzione di forni per la fusione del vetro che rispondono ad esigenze specifiche del cliente, con grande libertà nel disegno della geometria, grazie ad una catena di produzione - dal materiale grezzo al forno preassemblato - caratterizzata da una completa customizzabilità. Lo stabilimento è certificato ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001 E ISO 14064.

DESCRIZIONE PROBLEMA

Una volta colato e raffreddato, ciascun blocco di materiale refrattario che costituirà un forno viene lavorato per raggiungere le dimensioni specifiche richieste. La fase di finitura consiste nel taglio, rettifica e/o foratura dei blocchi mediante strumenti diamantati, che sono opportunamente raffreddati e lubrificati tramite un getto d'acqua in cui è introdotto un liquido lubrificante. L'acqua di raffreddamento in uscita dagli strumenti di finitura è poi raccolta, filtrata da un complesso sistema di trattamento e reintrodotta in circolo.

Il problema presentato da SEFPRO richiede l'individuazione dell'impatto dei diversi stadi di trattamento, nonché della concentrazione di lubrificante e della presenza di polvere residua dovuta alle operazioni di finitura, sulla performance - in particolare, la velocità - delle operazioni stesse.

La soluzione dovrebbe consentire all'azienda di implementare delle migliorie nella gestione dell'acqua di raffreddamento ottenendo un aumento delle performance nella fase di finitura.

DESCRIZIONE SOLUZIONE

Durante la settimana di IPSP il team ha affrontato il problema su due fronti, correlati tra loro. Da un lato, il team ha dovuto allestire un setup sperimentale con cui poter misurare la performance dei processi di finitura in maniera controllata: tale setup è stato costruito sfruttando una piccola sega diamantata fornita dall'azienda attorno alla quale è stato riprodotto un semplice sistema per l'introduzione dell'acqua di raffreddamento. Dall'altro lato, il team ha dovuto sviluppare un metodo di misura per poter analizzare un generico campione di acqua e ottenerne sia la concentrazione di lubrificante che il quantitativo di polvere dispersa. Per quanto riguarda il lubrificante, il team ha sfruttato uno strumento per la spettrofotometria presente nel dipartimento di fisica, individuando alcune transizioni nel range UV-VIS che caratterizzano le molecole del lubrificante. Per quanto riguarda la polvere, è stato invece sfruttato il laboratorio chimico dell'azienda, in cui sono state effettuate misure gravimetriche.

Lo sviluppo del setup di taglio sperimentale e dei metodi di caratterizzazione delle acque hanno consentito al team di studiare la dipendenza della velocità di taglio dalla concentrazione di lubrificante e dalla presenza o meno di polvere. Lo studio ha portato a due conclusioni: da un lato, l'identificazione di una concentrazione ottimale di lubrificante per

massimizzare la performance del taglio; dall'altro, la prova che la presenza di polvere influenza l'effetto del lubrificante.

I risultati ottenuti dal team hanno fornito informazioni preziose per l'azienda. Inoltre, i protocolli sperimentali sviluppati durante la settimana sono - una volta migliorati ed automatizzati - implementabili direttamente dall'azienda per poter studiare e quindi ottimizzare ulteriormente i processi di finitura.

GIRARDINI

DESCRIZIONE AZIENDA

L'azienda Girardini Srl, esistente dai primi anni '40, è specializzata in progettazione e costruzione di stampi, stampaggio a freddo e verniciatura a polvere di componenti tecnici in lamiera. Forte di oltre 70 anni di esperienza nel settore, pone costantemente attenzione al processo produttivo e all'elevata qualità del prodotto adottando, per il Sistema di Gestione Qualità, Ambiente e Sicurezza, i principi stabiliti dalle norme ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 e IATF 16949. Grazie al know-how acquisito negli anni, l'azienda progetta gli stampi partendo dall'analisi dettagliata delle caratteristiche, delle tolleranze ammesse, degli ambiti di

applicazione e delle performance meccaniche che il pezzo finito dovrà avere. Sviluppo dinamico, conquista di nuovi mercati e incremento della produzione rendono indispensabile la presenza di un parco macchine all'altezza. L'azienda dispone di un moderno impianto di verniciatura elettrostatica a polveri e, inoltre, di un'area di oltre 1.000 m² dedicata all'assemblaggio di componenti stampati e verniciati. L'approccio innovativo Lean permette di avere processi più fluidi, flessibili ed efficaci, aumentando l'efficienza e la qualità della produzione.

DESCRIZIONE PROBLEMA

Il problema indicato si riferisce alla saldatura di due perni in acciaio ramato su una lamiera di zinco magnesio utilizzata per la copertura di un motore elettrico nell'ambito dell'automotive. Il committente ha segnalato il distacco di alcuni dei perni saldati (circa 1 su 5000) quando sottoposti a torsione. La saldatura viene realizzata attraverso una giostra automatica di saldatura, dove oltre ad una saldatura autoalimentata, avvengono anche, in serie e su 2 fasi separate, il controllo dimensionale e il controllo di tenuta della saldatura. La verifica di tenuta della saldatura è ottenuta attraverso una pinta inclinata di 30° rispetto all'ortogonale dell'asse del pin con una forza pari a 30N. La cover viene realizzata attraverso uno stampaggio di lamiera. La saldatura è di tipo capacitivo e quindi a scarica di condensatori. Ad oggi per calmierare il rischio che il cliente riscontri pezzi difettosi o, ancora peggio, che la difettosità si ripercuota sul mercato, ciascun perno è sottoposto ad una prova a torsione (prova di avvitamento al 100% a 1.5 Nm).

DESCRIZIONE SOLUZIONE

Il team IPSP si è focalizzato sull'individuazione dell'origine del problema riscontrato. Data la natura rara del problema (1 perno saldato difettoso su circa 5000) non è stato possibile produrre un numero di pezzi tale da osservare il difetto e poterlo studiare isolatamente. Discutendo con i responsabili dell'azienda, si è provato quindi a capire se i pezzi difettosi fossero accumulati da qualche caratteristica. È emerso che il perno saldato per secondo in ordine temporale sembrava essere quello più soggetto a fragilità. A questo punto la squadra ha provveduto ad analizzare le differenze tra il sito di saldatura del primo e del secondo perno. Mediante misure Energy-dispersive X-Ray Spectroscopy (EDXS) si è osservato che il sito di saldatura del secondo perno presenta contaminazione da metalli (ferro, rame, zinco e magnesio) generati dalla saldatura del primo perno. Misure di Scanning Electron Microscopy (SEM) hanno evidenziato come questi contaminanti metallici siano costituiti da grani che possono formare agglomerati di dimensioni fino a svariate centinaia di micrometri.

Simulazioni COMSOL® del processo di scarica dei condensatori attraverso il perno mostrano che, in assenza di contaminanti, la temperatura del perno raggiunge circa i 2000°C garantendone la fusione. In presenza di contaminanti metallici delle dimensioni osservate, le simulazioni mostrano che la corrente di scarica fluisce parzialmente attraverso i contaminanti. La temperatura raggiunta dal perno risulta quindi notevolmente inferiore (900°C) rispetto a quella desiderata.

A questo punto si è provveduto ad effettuare una misura comparativa. Un primo set di perni è stato saldato avendo cura di mantenere il sito di saldatura pulito. Un secondo set è stato invece saldato su siti di artificialmente sporcati con residui di saldature precedenti. Ai due set di perni è stato applicato un momento torcente fino ad indurre la rottura. Il confronto delle distribuzioni dei momenti di rottura dei due set di perni mostra che, in presenza di contaminanti metallici sul sito di saldatura, il punto medio di rottura è significativamente più basso (circa il 30% in meno con i parametri di saldatura utilizzati) di quello osservato per un sito di saldatura pulito.

Una volta dimostrato che la fragilità alla torsione osservata in alcuni perni è attribuibile alla contaminazione con grani metallici del sito di saldatura, il suggerimento dato all'azienda è quello di porre uno schermo che protegga il sito di saldatura del secondo perno dalle scorie generate nel processo di saldatura del primo perno. Un disegno preliminare di tale schermo è stato infine abbozzato.

ELIXE

Descrizione azienda

ELIXE srl (www.elixe.com), startup innovativa fondata a Trento nel 2021, applica la tecnologia “UV-cured coating” per la realizzazione di rivestimenti organici per la protezione di metalli, con applicazione all’interno di spazi ristretti come la superficie interna di tubi e bombole. Opera in collaborazione con l’Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria Industriale per la caratterizzazione del processo e il Politecnico di Torino, Dipartimento di Chimica, per la definizione della pittura fotopolimerica.

Il rivestimento a base di vernici polimerizzate con radiazione UV è una soluzione sostenibile, ad alta efficienza e con elevate prestazioni. Il progetto di ELIXE ha vinto il premio Radlaunch 2022 dell’associazione internazionale per le tecnologie a base di fotopolimeri. Questa applicazione viene utilizzata per il trasporto e il contenimento di liquidi come petrolio e acqua, e gas come metano e idrogeno.

Descrizione problema

Le operazioni all’interno di tubi metallici pongono il problema dell’accessibilità delle attrezzature necessarie a:

- pulire e preparare la superficie
- applicare la vernice
- polimerizzare con raggi UV la vernice
- controllare la superficie ottenuta

Nel caso della polimerizzazione con raggi UV attualmente si opera con lampade LED cilindriche che pur garantendo la potenza necessaria non possono scendere sotto i 30-40mm di diametro per la necessità di prevedere oltre al supporto per i LED anche il sistema di raffreddamento con liquido refrigerante. Queste dimensioni escludono l’accesso a bombole e tubi di piccole dimensioni come quelli degli scambiatori di calore.

In alternativa all’inserimento di luci LED possiamo mantenere la sorgente UV esterna e portare il raggio UV con due tecniche:

- fibra ottica con lente diffusore a 360° sull’estremità
- raggio laser con specchio diffusore a 360° sull’estremità

Il problema da risolvere in questa Challenge è la valutazione della sorgente UV, della trasmissione ottica del fascio luminoso e della diffusione sulla superficie interna del cilindro. Il percorso ideale prevede un confronto fra le due soluzioni e la caratterizzazione della più efficace fra le due, tenendo conto della irradianza, della dose e della velocità di avanzamento.

Descrizione soluzione

Il team di IPSP si è fin da subito diviso in gruppi dedicati a diversi aspetti del problema: ricerca di strumentazione già esistente, analisi e design della sorgente da usare, aspetti sperimentali e creazione di simulazioni.

Da ricerche online e contatti diretti con aziende esperte nel settore, è risultato presto evidente che soluzioni legate all’uso di fibre ottiche o laser avrebbero presentato molti problemi difficilmente risolvibili. Ci si è quindi presto dedicati allo studio di possibili design di setup basati su sorgenti LED, da tenere esterne al tubo in cui effettuare il curing, ed elementi di scattering da posizionare e muovere all’interno del tubo. Diversi setup sono stati valutati fino ad arrivare ad una proposta di geometria della sorgente e dell’elemento di scattering.

In particolare, questo elemento deve essere realizzato in modo da poter essere posizionato in tubi anche molto sottili permettendo un irraggiamento il più uniforme possibile di tutta la superficie interna.

Il design individuato dal team è stato messo alla prova sia con un approccio sperimentale che di simulazione.

Sono stati effettuati esperimenti legati allo studio del profilo di diffusione dell'elemento da inserire nei tubi, sia in una prima versione rapida e low-cost, sia in una versione più elaborata basata su un piano ottico e su un elemento diffusore realizzato in alluminio dall'officina meccanica del dipartimento. E' stato inoltre effettuato un esperimento per verificare la mancanza di problemi legati alla trasmissione in aria della radiazione UV alle lunghezze d'onda interessate.

Dal punto di vista delle simulazioni sono stati ottenuti diversi risultati in grado di confermare la praticabilità della soluzione trovata, sia dal punto di vista dell'uniformità della diffusione della radiazione all'interno del tubo che della potenza per unità di superficie necessaria per mantenere temperature target del curing. Sono state utilizzate simulazioni sia in COMSOL multiphysics che in MATLAB.

Il design individuato, pur essendo ancora in fase embrionale e pur richiedendo maggiori approfondimenti, rispetta tutti i requisiti dell'azienda, dimostrandosi quindi una potenziale soluzione del problema proposto.