Articolo tecnico, pubblicato su: GIESSEREI (05/2025)

Un prodotto intermedio durante la colata di precisione sotto vuoto di pale di turbina: cluster con stampi in ceramica

## Produzione di pale per turbine

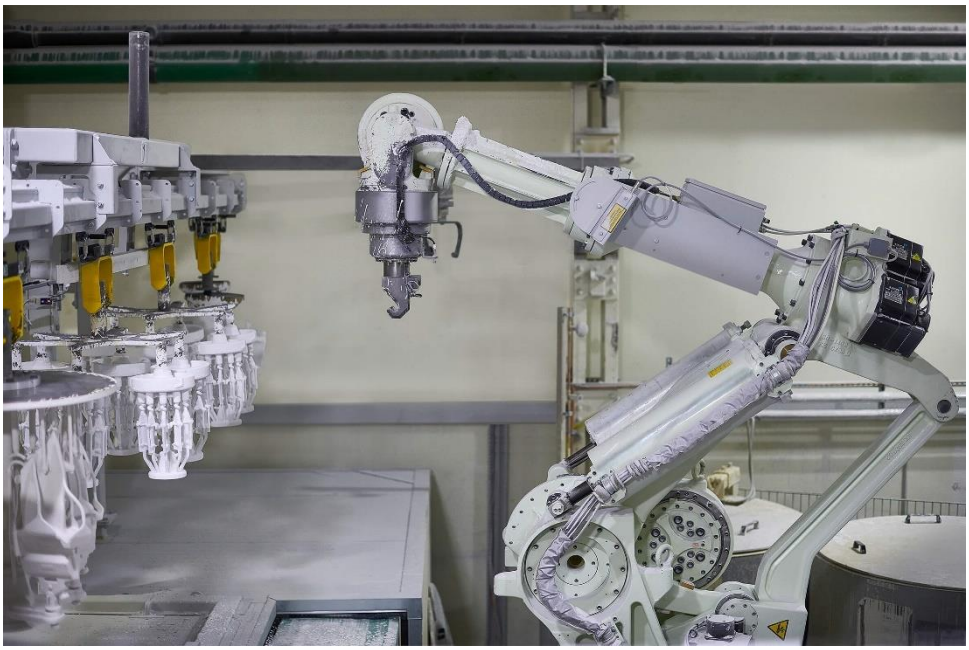
# Costruzione di utensili a controllo robotizzato per la fusione di precisione

**Una connessione wireless a una pinza robotica rotante: gli ingegneri industriali della Doncasters Precision Castings di Bochum hanno realizzato da soli questo tipo di trasmissione del segnale. La soluzione scelta utilizza un sensore wireless di steute: segnala lo stato operativo di una pinza che rimuove i cluster da un binario di sospensione. Qui una panoramica della tecnologia.**

Un robot rimuove un cluster di cera da un binario di sospensione, lo immerge in una vasca contenente un liquido denso a base di ceramica bianca e lo muove in modo che il liquido raggiunga anche eventuali sottosquadri. Poi tiene il cluster in un tamburo



steute Technologies GmbH & Co. KG
Brückenstr. 91
32584 Löhne, Germania
Telefono: + 49 5731 745-0
Fax: + 49 5731 745-200
info@steute.com
www.steute.com



Il robot identifica il cluster tramite RFID, lo prende dalla rastrelliera, lo immerge in una vasca di ceramica e lascia scorrere via il materiale superfluo secondo un profilo di movimento predefinito

rotante, dove viene “levigato”, cioè ricoperto di sabbia mentre è ancora bagnato. Questo processo, che comprende anche l'asciugatura della massa ceramica levigata in una camera speciale, viene ripetuto più volte. Il risultato è uno stampo di fusione in ceramica attorno al modello in cera con un'altissima stabilità di forma. In un processo successivo, la cera viene fusa fuori dallo stampo di colata. Una volta che lo stampo vuoto è stato cotto, il metallo liquido può essere versato nella cavità.

## Processo produttivo estremamente complesso

È così che Doncasters Precision Castings-Bochum (DPC) realizza gli stampi di fusione per le pale e le alette utilizzate nelle centrali elettriche a turbina a gas stazionarie e nei motori aeronautici. È solo una delle tante fasi del complesso processo di fusione di precisione, in cui vengono create pale di turbina lunghe fino a 80 cm con la tecnica della cera persa. Sono in grado di soddisfare le esigenze più elevate: nelle turbine a gas, le pale sono sottoposte a un getto di gas a temperature fino a 1.400°C e raggiungono velocità di rotazione comprese tra 50 e 60 Hz (rotazioni al secondo). In condizioni così estreme, la loro durata di vita – come richiesto dai produttori di turbine – è di almeno 10.000 ore.

Gli ingegneri industriali di Doncasters hanno una vasta esperienza non solo nella fusione di precisione, ma anche nella produzione. Guido Neef, esperto di manutenzione presso lo stabilimento di Bochum, ha iniziato a ricercare delle opzioni dopo che è emerso che il processo di produzione di cui sopra, che prevede la produzione di stampi assistita da robot, o più precisamente le pinze del robot stesso, richiedeva un'ottimizzazione. Neef descrive il processo come segue: "Il cluster viaggia da una stazione all'altra attraverso un binario di sospensione e viene rimosso dalla pinza dalla sua rastrelliera. Qui un bullone viene inserito pneumaticamente nel nucleo della gruccia per fissare il cluster oscillante, un prerequisito per un movimento tridimensionale accurato del cluster nella vasca".



steute Technologies GmbH & Co. KG
Brückenstr. 91
32584 Löhne, Germania
Telefono: + 49 5731 745-0
Fax: + 49 5731 745-200
info@steute.com
www.steute.com

## Cercasi soluzione per il monitoraggio della posizione

I visitatori rimangono sempre stupiti nel vedere quanti gruppi diversi pendono dal binario di sospensione. La variazione è molto ampia e ogni pezzo richiede movimenti diversi del robot durante la produzione dello stampo. Ogni stazione robotica è quindi dotata di un lettore RFID che identifica il pezzo in questione e avvia il programma corrispondente.

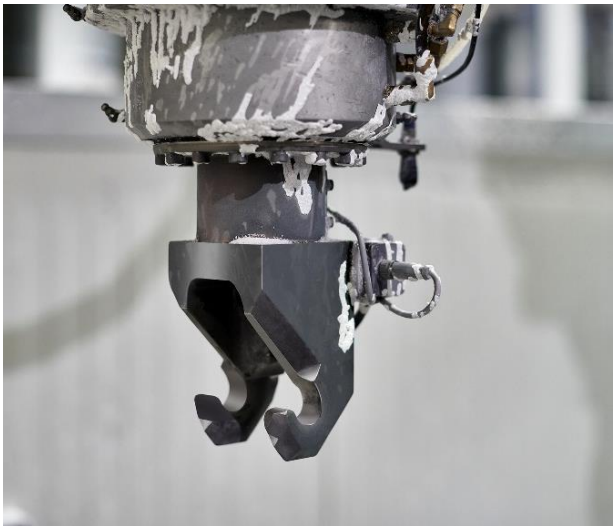
L'ottimizzazione è stata necessaria perché in alcuni casi il bullone della pinza robotica non riusciva a inserirsi nel gancio. Ciò può accadere, ad esempio, se il bullone è inclinato o comunque non perfettamente posizionato. In tal caso, la macchina non riesce a rilevare che il cluster guidato dal robot è ancora in grado di oscillare. Questo comporta a sua volta il rischio di collisione con i componenti della macchina. L'idea: un sensore che rilevi se il bullone si è inserito completamente nel nucleo della gruccia. Un monitoraggio di questo tipo è fondamentalmente semplice da realizzare, ad esempio utilizzando un sensore induttivo. In questo caso, tuttavia, la sfida era rappresentata dall'alimentazione e dal segnale: "Poiché la pinza deve essere in grado di ruotare di 360°, è difficile realizzare un'alimentazione elettrica. Per questo motivo il bullone è azionato pneumaticamente", spiega Neef.

## Trovato: sensore induttivo wireless

La soluzione logica: un sensore alimentato a batteria che invia i suoi segnali a distanza. In questo modo è possibile eliminare i cavi fino all'estremità della testa di presa. L'intensa ricerca di un sensore adatto ha portato Neef al sito web della divisione aziendale di steute “Controltec”, che offre una gamma completa di interruttori e sensori wireless compatibili con l'industria. Questi dispositivi sono alimentati da una batteria a lunga durata e comunicano via radio con l'unità ricevente corrispondente, che nelle macchine più grandi si trova all'interno del quadro di controllo.

Seguendo i consigli di steute, è stato scelto un sensore induttivo wireless IS M 12. Un modulo compatto separato gestisce sia l'alimentazione che la trasmissione del segnale. Utilizza la tecnologia wireless sWave sviluppata da steute, che garantisce una trasmissione affidabile del segnale anche in condizioni industriali avverse.

Il team di manutenzione di Doncasters ha inizialmente installato uno di questi sensori su una pinza robotica a scopo di test, proteggendo



La pinza robotica (a) con un sensore wireless retrofittato al centro del foro per il bullone (b)



steute Technologies GmbH & Co. KG
Brückenstr. 91
32584 Löhne, Germania
Telefono: + 49 5731 745-0
Fax: + 49 5731 745-200
info@steute.com
www.steute.com

Guido Neef (a destra) ha risolto il problema di come inviare i segnali dalla pinza rotante al sistema di controllo del robot e ha incorporato i sensori wireless nel processo di produzione dei getti di Doncasters. A sinistra: Sascha Elsner, Product Manager Wireless Applications di steute

il modulo batteria separato con un involucro costruito da loro stessi. Il sensore è fissato all'interno della pinza e rileva in modo affidabile se il bullone è completamente inserito e se il collegamento, altrimenti oscillante, tra pinza e cluster è solido. Il robot non si avvia finché il sensore non emette il segnale corrispondente. Questo segnale arriva a un'unità ricevente dotata di antenna, fissata all'armadio di controllo a pochi metri di distanza.

### Fusione di precisione delle pale di turbina

Il processo di fusione di Doncasters Precision Castings-Bochum (DPC) inizia con la fusione di (super)leghe a base di nichel. I gusci di formatura per il processo di fusione vengono creati nel loro stabilimento. Vengono realizzate anche le anime, che all'interno del pezzo fuso rappresentano le cavità all'interno delle lame. Vengono create da un materiale ceramico con una tecnica di stampaggio a iniezione, poi cotte e lavorate con una lavorazione CNC di precisione. Le anime sono rivestite di cera, che funge da "segnaposto" per la fusione fusa e quindi anche per il pezzo. La cera viene poi racchiusa in materiale ceramico, creando uno stampo che - a temperatura e umidità predefinite - viene immerso più volte in una massa ceramica liquida, "levigato" in tamburi e quindi asciugato. Dopo che il guscio dello stampo è stato costruito strato per strato, la cera viene fusa e rimossa e il guscio dello stampo viene riempito con metallo liquido caldo fino a temperature di 1.500°C in un forno a vuoto. La fase finale consiste in un processo di raffreddamento controllato e molto lento.

### Rischi ridotti, maggiore disponibilità

Certo: è un'operazione estremamente qualificata per gli utenti di macchine altamente automatizzate intervenire sia sulla meccanica (installazione del sensore wireless all'interno della pinza) sia sulla tecnologia di controllo (integrazione del segnale del sensore nella programmazione del robot). Non tutti i produttori hanno le competenze necessarie per farlo. Doncasters aveva le competenze necessarie per affrontare e realizzare questo compito complesso. E il risultato parla da sé: il sensore wireless con connessione wireless point-to-point funziona perfettamente, anche entro i limiti di soglia. Il robot non si avvia finché il bullone non è completamente inserito nella pinza. In questo modo si elimina il rischio di perdite o danni alla



steute Technologies GmbH & Co. KG
Brückenstr. 91
32584 Löhne, Germania
Telefono: + 49 5731 745-0
Fax: + 49 5731 745-200
info@steute.com
www.steute.com

macchina e agli stampi di colata. La conseguenza, secondo Neef: “Dei cinque robot che abbiamo nella produzione di stampi, ne abbiamo già equipaggiati tre con sensori wireless e gli altri due seguiranno”.

## Informazioni su Doncaster

In più di trenta siti produttivi in Europa, Stati Uniti e Messico, il Gruppo Doncasters, fondato da Daniel Doncaster in Inghilterra nel 1778, crea pezzi fusi complessi per applicazioni con livelli di tolleranza critici. I circa 500 dipendenti di Doncasters Precision Castings-Bochum GmbH (DPC) utilizzano metodi di fusione di precisione per produrre pale e palette utilizzate nei motori degli aerei e nelle turbine a gas industriali. Non ci sono molte aziende al mondo che producono parti fuse altamente robuste con questo livello di precisione e che possono anche fondere parti solidificate policristalline e monocristalline. L'azienda trae vantaggio dal suo alto livello di competenza: l'elevata domanda di pale e palette, soprattutto per le turbine a gas - parola d'ordine delle energie alternative - ha portato lo stabilimento di Bochum a pianificare un'espansione.

Autore: Gerald Scheffels

Immagini: steute Technologies GmbH



steute Technologies GmbH & Co. KG
Brückenstr. 91
32584 Löhne, Germania
Telefono: + 49 5731 745-0
Fax: + 49 5731 745-200
info@steute.com
www.steute.com