

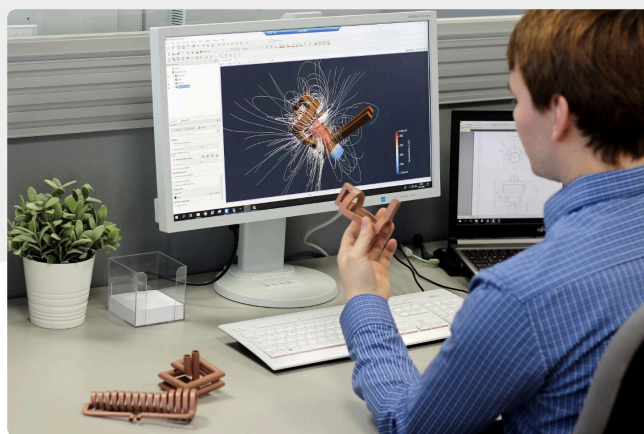
Per la prima volta rame puro nella stampa 3D

(Articolo tecnico del 2020, autore: Max Wissing, progettista e ingegnere di sviluppo, Protiq GmbH, Blomberg)

La produzione convenzionale di induttori complessi richiede molto tempo e prove costose. Protiq GmbH dimostra che si può fare diversamente. L'azienda produce questi componenti complessi in modo economico e rapido con la stampa 3D – di recente anche in rame puro. Il comportamento delle bobine nel processo può essere visualizzato mediante metodi di simulazione numerica e può essere determinata una geometria ottimizzata dell'induttore.

Da alcuni anni la stampa 3D – detta anche manifattura additiva – porta molteplici innovazioni in numerosi ambiti della produzione industriale. Grazie alla nuova libertà progettuale è ora possibile produrre in modo economico componenti la cui fabbricazione convenzionale finora non era possibile. Protiq GmbH sfrutta le possibilità che ne derivano, tra l'altro, per la produzione di bobine innovative destinate al riscaldamento a induzione. Se già in fase di sviluppo si ricorre a un'ottimizzazione computerizzata, i componenti possono inoltre essere dimensionati nel modo migliore e le loro proprietà in esercizio possono essere migliorate.

Dall'invenzione della stampa 3D negli anni '80, la tecnologia si è evoluta rapidamente. Oggi esiste un gran numero di nuovi processi di stampa 3D – ad esempio la fusione laser selettiva o la sinterizzazione laser – che consentono anche la produzione di componenti di serie. Ieri come oggi, indipendentemente dal processo, i componenti vengono costruiti strato dopo strato. Grazie a questi processi è possibile produrre in modo efficiente anche geometrie complicate, come superfici a forma libera elaborate o strutture interne. La varietà dei processi di stampa 3D disponibili consente inoltre la lavorazione di un'ampia gamma di materiali. In qualità di forn-



▼ La manifattura additiva di bobine a induzione in materiali di rame ad alta conducibilità offre nuove possibilità di realizzare anche geometrie di bobina più complesse; gli induttori ottimizzati possono essere determinati con metodi di simulazione numerica

tore di servizi di stampa 3D industriale, Protiq impiega numerosi tecnopolimeri e materiali metallici. Fondata nel 2016 come parte del gruppo Phoenix Contact, da allora l'azienda si distingue per l'elevata qualità produttiva e i brevi tempi di consegna.

Il rame non legato offre la massima conducibilità elettrica

Una particolarità è rappresentata dai materiali di rame ad alta conducibilità sviluppati da Protiq. Il rame è apprezzato soprattutto nell'industria elettrica per la sua elevata conducibilità elettrica, fino a 58 megasiemens al metro (MS/m), ovvero il 100 per cento IACS (International Annealed Copper Standard). Nella manifattura additiva di componenti metallici mediante fusione laser selettiva, un laser potente crea componenti complessi fondendo strato per strato polveri metalliche fini. Per lungo tempo la lavorazione di materiali di rame ad alta conducibilità elettrica con questo processo è stata considerata non realizzabile.

A causa della lunghezza d'onda del laser infrarosso utilizzato, gran parte dell'energia laser viene riflessa dal



▼ Il processo sviluppato da ProtIQ per la lavorazione del rame puro ad alta conducibilità mediante fusione laser selettiva consente la produzione di componenti innovativi per l'industria elettrica

rame, un materiale di colore rosso. Ciò può danneggiare dall'interno i delicati impianti di produzione e, nel peggiore dei casi, distruggere la costosa sorgente laser. Il comportamento di fusione del materiale può essere migliorato, tra l'altro, con l'aggiunta di elementi di lega. Così facendo, tuttavia, si riduce la conducibilità elettrica del materiale, per cui i componenti non possono più essere utilizzati per applicazioni conduttrici di corrente.

Pioniere in questo campo, ProtIQ ha superato le sfide descritte dopo anni di ricerca e già da alcuni anni offre una lega di rame ad alta conducibilità elettrica. Il cosiddetto RS-Kupfer raggiunge un valore fino a 52 MS/m e ha un contenuto di rame del 99 per cento. Da novembre 2019 gli utenti possono ordinare sulla piattaforma ProtIQ i propri componenti prodotti in manifattura additiva anche in rame puro. Grazie alla propria competenza, ProtIQ è stato il primo fornitore di servizi di stampa 3D al mondo a riuscire a lavorare in modo additivo, con un processo affidabile, persino il rame puro. Il materiale non contiene altri elementi di lega e corrisponde al materiale Cu-ETP, lo standard industriale con conducibilità elettriche di 58 MS/m, ovvero il 100 per cento IACS.

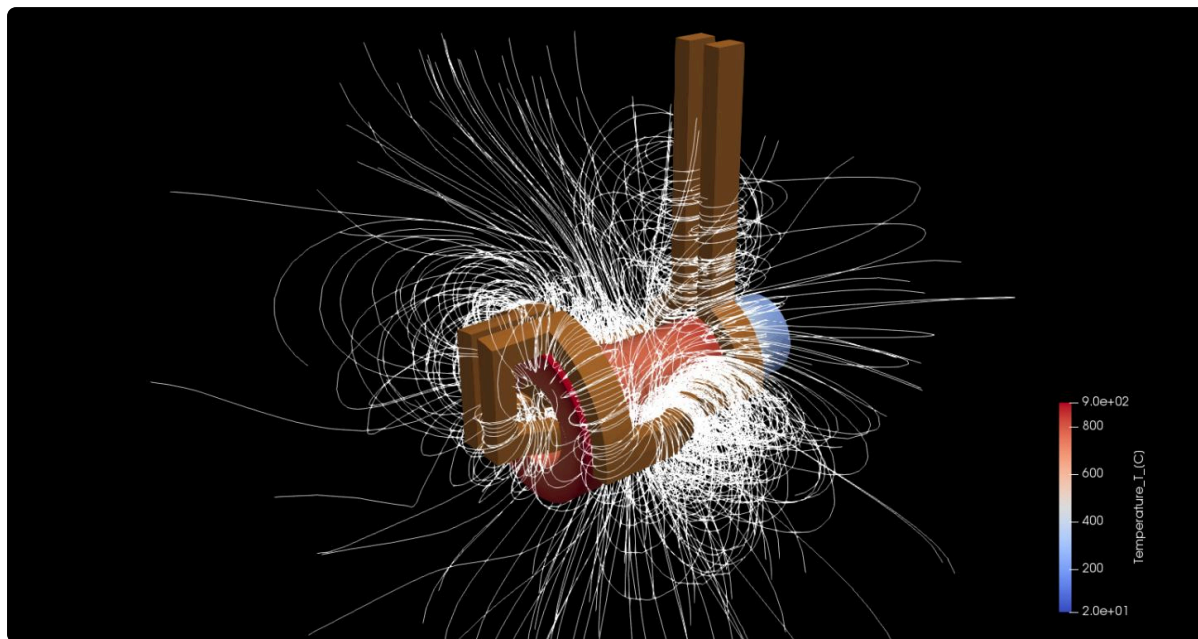
Piegatura e brasatura limitano la libertà progettuale

In questo contesto, un grande potenziale si apre in particolare con la stampa 3D di induttori complessi in rame ad alta conducibilità, utilizzati per il riscaldamento a

induzione. Nel riscaldamento a induzione, l'induttore genera un campo magnetico alternato che induce una corrente elettrica nel componente, il cui materiale viene riscaldato per effetto Joule. Il processo, efficace e ben riproducibile, si è affermato come standard industriale soprattutto nella tempra superficiale di componenti sottoposti a elevate sollecitazioni meccaniche, come ruote dentate o componenti di trasmissioni. La qualità del profilo di tempra ottenuto dipende direttamente dal campo magnetico generato e quindi dalla forma dell'induttore.

Convenzionalmente gli induttori vengono realizzati mediante piegatura e brasatura di profilati di rame. Per realizzare il raffreddamento ad acqua necessario al funzionamento si impiegano profilati cavi tondi o rettangolari. Il processo, spesso manuale e quindi oneroso, comporta costi di produzione elevati e lunghi tempi di consegna. Inoltre, i raggi di piegatura minimi e la forma del profilo scelta limitano la libertà progettuale. Per questo motivo spesso non è possibile sfruttare appieno il potenziale dell'induttore.

Con la manifattura additiva di induttori in rame ad alta conducibilità è possibile superare gli svantaggi della produzione manuale. Rispetto alla piegatura manuale, il processo produttivo automatizzato si distingue per una migliore ripetibilità e una maggiore precisione. Inoltre, ProtIQ mette a disposizione dell'utente gli induttori stampati in 3D non solo a costi inferiori, ma anche in tempi decisamente più brevi. Il tempo di consegna di una geometria di bobina, finora di diverse settimane, si riduce a pochi giorni.



▼ Grazie alla simulazione numerica del processo di riscaldamento a induzione è possibile evitare prove costose; i risultati della simulazione consentono un'analisi dettagliata del comportamento elettromagnetico

Le simulazioni riducono il numero di prove e i tempi di sviluppo

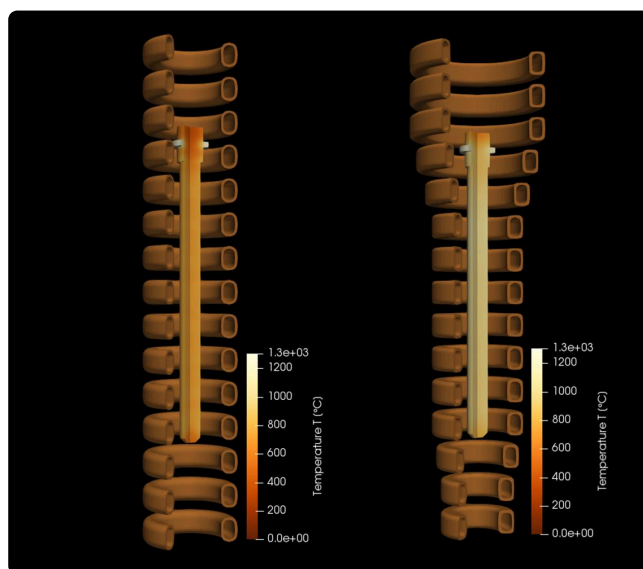
Di norma, nello sviluppo di nuovi induttori si ricorre a prove costose e lunghe. Prima di arrivare all'induttore definitivo occorre realizzare diverse geometrie di prova e verificarle in prove di riscaldamento reali. Utilizzando simulazioni numeriche computerizzate è possibile ridurre il numero di test costosi e il prezioso tempo di sviluppo. Il processo di riscaldamento a induzione può essere rappresentato in un modello di simulazione che comprende sia la geometria dell'induttore e del componente da riscaldare, sia informazioni sulle condizioni al contorno e sui parametri di processo. Su questa base è possibile analizzare il comportamento termico del componente durante il riscaldamento e le proprietà elettromagnetiche della bobina.

I risultati di simulazione ottenuti consentono un'analisi del comportamento del processo molto più approfondita di quanto possano offrire le prove di riscaldamento reali. Ad esempio, è possibile osservare il riscaldamento anche all'interno del componente o visualizzare il campo magnetico che si forma. In questo modo è possibile valutare e migliorare induttori nuovi ed esistenti oppure definire i parametri per nuovi compiti di riscaldamento. Inoltre, la stampa 3D offre una libertà progettuale nettamente maggiore, poiché non occorre tenere conto di raggi di piegatura minimi o sezioni predefinite. È così possibile sviluppare geometrie di induttore nuove e

innovative, con una guida del campo magnetico ottimizzata e migliori caratteristiche di processo.

Tempi ciclo ridotti nella produzione di serie

Gli induttori concepiti nel modo descritto e prodotti in rame mediante manifattura additiva convincono in esercizio grazie a un riscaldamento più rapido e preciso. Ciò consente di ottenere profili di tempra più precisi sul



▼ Le bobine ottimizzate tramite simulazione consentono un riscaldamento più preciso e tempi ciclo ridotti (a sinistra una geometria di bobina convenzionale, a destra la bobina ottimizzata con un migliore comportamento di riscaldamento)

componente e di ridurre i tempi ciclo nella produzione di serie.

Ulteriori informazioni:

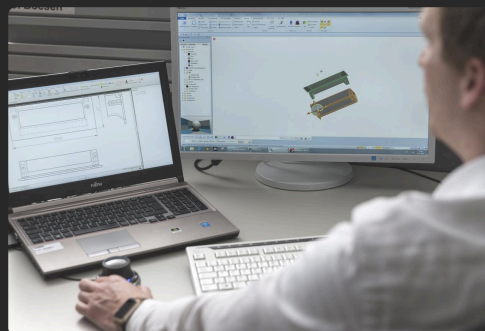
www.protiq.com

Supporto competente nella creazione di dati 3D

Per evitare che la velocità della manifattura additiva venga rallentata dal processo di ordinazione convenzionale, Protiq mette a disposizione dei propri clienti una piattaforma online interamente digitale. I clienti caricano sulla piattaforma il proprio componente personalizzato come modello tridimensionale e ricevono immediatamente informazioni su costi di produzione e tempi di consegna. In pochi minuti è quindi possibile generare un'offerta ufficiale ed effettuare l'ordine presso Protiq.

Se il cliente non dispone dei dati 3D dei componenti, Protiq ne offre la creazione come servizio di engineering. Il file 3D può essere progettato in un programma CAD sulla base di un disegno tecnico 2D oppure creato mediante il cosiddetto reverse engineering tramite scansione TC.

Protiq offre ai propri clienti un supporto competente anche nei progetti di engineering complessi. Su richiesta è possibile offrire l'adattamento di un componente in ottica di progettazione per la stampa 3D.



Protiq offre un supporto competente nella realizzazione di nuovi progetti 3D