

I lubrificanti hanno un ruolo decisivo nella produzione di scambiatori di calore efficienti e prestazionali.

visita il sito



BELLINI

LE SFIDE DELLA LUBRIFICAZIONE NELLA PRODUZIONE DI SCAMBIATORI DI CALORE

Nella produzione di scambiatori di calore, in particolare negli scambiatori a pacchi alettati e nelle curvette di rame, la scelta del corretto lubrificante ha un ruolo fondamentale. In questo articolo approfondiamo le sfide che questi processi pongono e come la nuova generazione di fluidi evaporabili X-DRAW V di Bellini sia in grado di fornire un approccio integrato che migliori la lubrificazione in produzione.

di Marco Bellini

Nelle lavorazioni di deformazione a freddo dei metalli, per esempio stampaggio, tranciatura o imbutitura di lamiere sottili, è spesso necessario utilizzare un lubrificante che: riduca l'attrito fra utensile e pezzo, limiti l'usura degli stampi, protegga temporaneamente il metallo dalla corrosione e, allo stesso tempo, scompaia quasi completamente dopo il processo, senza richiedere un lavaggio successivo. Per questo scopo vengono usati i fluidi evaporabili a base idrocarburica, come la serie X-DRAW V di Bellini, specificamente studiata per lavorazioni di deformazione a freddo. Li chiamiamo "evaporabili" perché, dopo l'uso, il solvente idrocarburico tende ad evaporare, lasciando sulla superficie del pezzo un residuo molto ridotto. Questo è un aspetto cruciale: meno residuo rimane, minore è il rischio di problemi nelle fasi successive, come la saldobrasatura, e spesso si può evitare del tutto un lavaggio intermedio. Il processo di saldobrasatura ha un forte gradiente termico che fa sì che qualunque residuo organico presente sulla superficie, derivante dai lubrificanti, venga sottoposto a forti sollecitazioni termiche con il rischio di problematiche come le bruciature delle superfici, dovute a degradazione incontrollata del lubrificante o del materiale brasante, e la formazione di residuo carbonioso in presenza di ossigeno (O₂), con depositi che possono disturbare la qualità della brasatura, indebolire localmente il tubo e anche creare inneschi per fenomeni corrosivi a

lungo termine. Per questo diciamo che il comportamento del lubrificante non è un dettaglio marginale, ma un elemento centrale per la qualità e l'affidabilità dello scambiatore di calore.

Le criticità del processo e il ruolo del lubrificante

Dopo aver visto le fasi di produzione di un pacco alettato, entriamo ora nel cuore delle criticità di processo. Qui il comportamento del lubrificante diventa decisivo, perché influenza direttamente difetti, scarti e affidabilità nel tempo dello scambiatore. I problemi tipici possono essere la rottura della lamiera in stampaggio, appiccicosità dei fogli stampati, fiamme nel processo di saldobrasatura, la grippatura dell'ogiva di espansione, la presenza di grinze nelle curvette, l'imbrunitura in saldobrasatura e, forse il più critico, la foratura a lungo termine dei tubi di rame con perdita di gas. Dietro molte di queste criticità c'è un denominatore comune: il residuo del lubrificante. In estrema sintesi, se il residuo è molto appiccicoso dopo evaporazione (viscoso o ossidato), si possono avere: problemi di movimentazione dei fogli stampati, difficoltà di montaggio e in casi estremi, intrappolamento di contaminanti che favoriscono la corrosione. Se, invece, la quantità di residuo è eccessiva o il solvente è poco evaporabile, aumenta il rischio di: fiamme in saldobrasatura, formazione di residuo carbonioso e innesco di fenomeni corrosivi come pitting o cor-

rosione formicolare (ant-nest-corrosion). Quindi il lubrificante deve essere progettato in modo da: fornire lubrificazione sufficiente durante la lavorazione, ma non lasciare residui indesiderati che compromettano le fasi successive e la vita a lungo termine dello scambiatore.

I diversi "volti" della corrosione dei tubi in rame

Il rame, nei tubi degli scambiatori, non è semplicemente un "condotto": è il cuore del circuito. Se il tubo viene perforato, il sistema perde gas refrigerante e lo scambiatore diventa inutilizzabile. Abbiamo tre livelli di fenomeni corrosivi.

Il primo è la corrosione generica legata a umidità, ossigeno e inquinanti; si contrasta con superfici pulite, asciugatura efficace e rivestimenti adeguati.

Il secondo è la corrosione galvanica dovuta al contatto tra metalli diversi in presenza di elettrolita; si affronta con scelta corretta di accoppiamenti, isolamento elettrico, rivestimenti e anodi sacrificali. La terza è la corrosione localizzata nei tubi di rame che dividiamo nei fenomeni di pitting (cavità puntiformi, innescate anche da residuo carbonioso conduttivo) e di corrosione a formicaio ant-nest (gallerie ramificate nel metallo, alimentate dalla presenza di acqua, ossigeno e acidi organici in particolare acido formico e acetico).

Qui entra in gioco la parte più delicata: residui organici e degradazione del lubrificante possono generare infatti sia film

carboniosi che interrompono la passivazione naturale del rame, sia acidi organici (come formiati e acetati) attraverso fenomeni di idrolisi e ossidazione. Nel lungo periodo questi fattori portano a microperforazioni e perdita di gas: un guasto che non si vede in produzione, ma che si manifesta a impianto installato, spesso a distanza di anni. È il tipo di problema che costa caro non solo in termini di manutenzione, ma anche di immagine e affidabilità del costruttore.

Dalla tecnologia tradizionale alla nuova generazione di lubrificanti

Per affrontare in modo sistematico queste criticità, Bellini ha sviluppato la nuova generazione di fluidi evaporabili X-DRAW V che lavora su tre fronti principali. Il primo è la lubrificazione meccanica con riduzione del coefficiente di attrito in stampaggio e contatto metallo-metallo, riduzione dell'usura degli accoppiamenti di prova, con miglioramenti che in alcune condizioni arrivano a circa il 50%

rispetto a determinate tecnologie precedenti. Questo vuol dire: meno scarti, meno rotture, maggiore vita delle attrezzature. Secondo fronte è quello del residuo carbonioso in brasatura: test in forno e in rampa termica hanno mostrato una minore tendenza alla formazione di residui carboniosi aderenti, rispetto ad alcuni fluidi tradizionali. Meno residuo significa minore rischio di creare "isole conduttive" sulla superficie del rame, con conseguente riduzione degli inneschi di pitting e corrosione localizzata. Il terzo fronte è quello della formazione di sostanze acide. Nei test accelerati con olio, acqua e metalli ad alte temperature per più giorni, i prodotti X-DRAW V sono progettati per limitare la formazione di acidi organici forti, mantenendo sotto controllo T.A.N. e pH, sia nella fase oleosa sia in quella acquosa. In pratica, il lubrificante risulta più stabile e meno incline a generare gli acidi carbossilici che alimentano la corrosione a formicaio. Il risultato complessivo è una tecnologia pensata non solo per "far scorrere me-

glio" le lamiere e i tubi durante la produzione, ma per proteggere l'investimento del costruttore e dell'utilizzatore finale lungo l'intero ciclo di vita dello scambiatore.

Un approccio integrato alla lubrificazione

Il lubrificante di processo è quindi parte integrante del progetto di scambiatore. Non è un semplice "consumo di reparto", ma un elemento progettuale che influenza la qualità produttiva, l'efficienza di brasatura, la resistenza alla corrosione e la durata dell'impianto. Inoltre bisogna tenere presente che residui e prodotti di degradazione contano quanto, e a volte più della lubrificazione iniziale: ciò che resta dopo l'evaporazione e la brasatura può essere infatti un fattore determinante di corrosione interna e sottovalutare questo aspetto significa accettare il rischio di guasti tardivi, difficili da ricondurre alla causa originaria. La prevenzione della corrosione non è solo una questione di materiali base. Rame, alluminio e le-

Scambiatori di calore a pacchi alettati e curvette: struttura e componenti

Gli scambiatori di calore a pacchi alettati e curvette sono composti da diversi componenti. Il blocco centrale è il cosiddetto pacco alettato costituito da: una serie di alette in alluminio, molto sottili e realizzate mediante stampaggio da coil, attraverso le quali passa l'aria; una batteria di tubi in rame (risultato di processi di taglio, curvatura, espansione, mandrinatura e saldobrasatura) che attraversano il pacco alettato e eventuali curvette o forcine di rame che collegano i tubi fra loro. Nella produzione di questi scambiatori, una fase fondamentale è l'espansione del tubo di rame con ogiva: il tubo, inizialmente di diametro leggermente inferiore al foro nelle alette, viene espanso dall'interno mediante un utensile a ogiva. In questo modo si ottiene un contatto meccanico serrato tra tubo e aletta, essenziale per una buona trasmissione termica. Le curvette sono segmenti di tubo curvati, che collegano fra loro le estremità dei tubi principali, definendo il percorso del fluido refrigerante. Anche in questa fase le condizioni di lubrificazione sono critiche: la curvatura deve avvenire senza schiacciamenti, grinze o cricche sul tubo. Tutti questi processi, dalla deformazione delle alette all'espansione e curvatura dei tubi, possono essere realizzati utilizzando i prodotti della serie X-DRAW V, specificamente progettati per lavorazioni su alluminio e rame con successiva saldobrasatura.

Bellini innova costantemente in un mercato in rapida evoluzione per offrire lubrificanti sostenibili, avanzati e di ultima generazione. (©ph.PaoloBiava)



ghe sono importanti, ma lo è altrettanto la chimica dei fluidi di processo: la scelta di prodotti che non generano residuo carbonioso e non si degradano in acidi organici è una leva potente per ridurre pitting e ant-nest corrosion. La nuova tecnologia X-DRAW V rappresenta quindi un approccio integrato che migliora la lubrificazione in produzione, riduce la formazione di residui critici in brasatura, limita la tendenza alla formazione di sostanze acide ed è progettata per essere più compatibile con i gas refrigeranti moderni.

Una visione ingegneristica di insieme

Ogni scambiatore di calore è il risultato di una catena di decisioni tecniche. Alcune sono evidenti, la scelta del diametro dei tubi, del passo delle alette, del gas refrigerante, altre sono meno visibili, come la scelta del lubrificante di stampaggio o del fluido evaporabile per le curvette. Eppure sono proprio queste decisioni "invisibili" a fare spesso la differenza tra un impianto che funziona senza problemi per anni e uno che, dopo poco tempo, presenta perdite, corrosione e fermi impianto. Integrare nella progettazione e nella gestione della produzione una visione completa (che comprenda meccanica della deformazione, metallurgia del rame e dell'alluminio, chimica dei lubrificanti e dei residui, fenomeni di corrosione nel lungo termine) significa passare dalla semplice "fabbricazione di pezzi" alla progettazione consapevole di affidabilità.

Bellini ha sviluppato l'innovativa tecnologia X-DRAW V di fluidi evaporabili a base idrocarburica. (©ph.PaoloBiava)

