


SISTEMI DI ESSICCAZIONE RAPIDA: IR E MICROONDE



Una panoramica su due sistemi di asciugatura alternativi ai tradizionali forni ad aria calda, che consentono di ridurre i tempi di lavorazione

A CURA DI MASSIMO TORSELLO

PREMESSA

L'essiccazione di un prodotto verniciante è un processo costituito normalmente da due fasi: l'evaporazione dei solventi (acqua, idrocarburi, alcoli, chetoni, eccetera) e la polimerizzazione delle resine (leganti) in esso contenute. La prima è una fase prettamente fisica, mentre la seconda è una fase chimica.

Non per tutti i prodotti vernicianti è sempre presente la fase chimica: per alcuni, detti prodotti termoplastici (o non-reticolabili), l'essiccazione termina con l'evaporazione dei solventi; i prodotti in cui è presente anche la fase di polimerizzazione sono detti termoindurenti (o reticolabili). L'essiccazione è normalmente preceduta da una fase preliminare, detta appassimento, che inizia non appena ha termine la fase di applicazione del prodotto verniciante; durante questa fase, una certa percentuale dei solventi presenti nel film di vernice comincia ad evaporare.

L'essiccazione di un prodotto verniciante avviene normalmente in un forno, ad una temperatura che dipende sia dal tipo di prodotto applicato, sia dal materiale di cui è costituita la superficie verniciata, sia dal tipo di tecnologia adottata.

Una considerazione importante che va fatta, riguarda il valore di umidità relativa presente all'interno della zona di essiccazione: se essa è troppo elevata (prossima alla saturazione), il processo di essiccazione ne risulterà decisamente ostacolato, indipendentemente dal tipo di tecnologia essiccata utilizzata. Fondamentale quindi, è dotare la zona di essiccazione di un efficiente dispositivo di aerazione.

L'essiccazione può essere effettuata con differenti tecnologie, in funzione della fonte di calore adoperata; le tecnologie oggi disponibili sono le seguenti:

- riscaldamento indiretto, che comprende tutti quei sistemi in cui l'a-

ria, in circolazione forzata all'interno del forno, viene riscaldata indirettamente da uno scambiatore di calore. La fonte di calore primaria può essere un gas caldo (combustione di un combustibile liquido o gassoso, vapore) o un liquido caldo (acqua calda o fluido portatore di calore, ad esempio olio diatermico);

- riscaldamento diretto in vena d'aria (in questo caso, l'aria da riscaldare passa direttamente sulla fiamma di un bruciatore speciale, posto in un apposito condotto di ventilazione);
- riscaldamento diretto con resistenze elettriche (anche in questo caso il contatto tra la fonte di calore e l'aria è diretto e le resistenze sono posizionate in un condotto in cui passa l'aria da riscaldare);
- irraggiamento IR diretto. Le apparecchiature che possono fornire questo tipo di essiccazione sono di tre tipi:
 - pannelli radianti riscaldati a gas a fiamma nuda (la fiamma riscalda una parete metallica che emette la radiazione);
 - pannelli radianti riscaldati a gas tramite combustione catalitica senza fiamma;
 - tubi, lampade e piastre radianti riscaldati elettricamente;
 - irraggiamento a microonde.

La scelta del tipo di forno dipende da una serie di condizioni da valutare caso per caso.

A volte, la configurazione dello stabilimento e l'organizzazione della produzione possono essere determinanti: ad esempio, la disponibilità di fonti energetiche a basso costo (recupero di calore) può indirizzare la scelta verso forni a convezione, mentre eventuali problemi di layout o di spazio possono rendere più vantaggiosi i forni a irraggiamento o a sistema misto.

Anche la disponibilità di energia è importante: i forni ad aria possono funzionare con differenti fonti di

calore (vapore, acqua calda, fluidi diatermici, combustibili liquidi o gassosi, energia elettrica), mentre per i forni ad irraggiamento è indispensabile l'energia elettrica o il gas.

Come abbiamo visto, per essiccare i prodotti vernicianti liquidi, la trasmissione del calore può essere effettuata per convezione o per irraggiamento. Questi due meccanismi di trasferimento del calore sono diversi tra loro: nella convezione, il riscaldamento del film di vernice comincia dalla superficie esterna esposta all'aria e solo successivamente penetra in profondità, per conduzione, arrivando fino al supporto; nell'irraggiamento invece, buona parte del calore penetra subito attraverso il film di vernice, riscaldandone più o meno uniformemente tutto lo spessore. Questo significa che, generalmente, mentre nel caso della convezione bisogna lavorare con temperature basse e tempi lunghi per non avere problemi di una troppo rapida essiccazione superficiale (polimerizzazione degli strati più esterni) con successiva difficoltà di evaporazione dei solventi e conseguente formazione di bolle o distaccamenti della vernice, con l'irraggiamento è possibile ridurre i tempi utilizzando temperature di trattamento più elevate.

I sistemi ad irraggiamento oggi in uso sono due e su questi si vuole focalizzare l'attenzione: l'essiccazione con raggi IR e l'essiccazione con microonde.

ESSICCAZIONE A RAGGI INFRAROSSI

I raggi IR sono onde elettromagnetiche. Le onde elettromagnetiche trasportano energia che, a seconda della lunghezza d'onda, assume caratteristiche diverse riuscendo a penetrare le strutture molecolari di diversi materiali.

I raggi IR fanno parte della cosiddetta "radiazione termica", cioè di quell'intervallo dello spettro energetico

che viene emesso dai corpi caldi; inoltre, quando sono assorbiti, riscaldano l'oggetto irraggiato: è questa caratteristica che li rende interessanti dal punto di vista dei processi essiccativi. Come tutte le radiazioni elettromagnetiche, anche i raggi IR sono caratterizzati da due parametri importanti: la lunghezza d'onda e la quantità di energia trasportata.

L'intervallo di lunghezze d'onda degli IR va da 0,78 a circa 1000 micron e viene solitamente suddiviso in tre fasce:

- onde corte (da 0,78 a 2 micron);
- onde medie (da 2 a 4 micron);
- onde lunghe (da 4 a 1000 micron).

Non tutto questo intervallo è di interesse per l'essiccazione, in quanto la radiazione a maggiore lunghezza d'onda (nel caso che qui interessa,

quella superiore a 30-40 micron) trasporta una minor quantità di energia e viene scarsamente assorbita dal prodotto verniciante.

Affinché il processo di essiccazione abbia luogo in maniera efficace, infatti, occorre che la radiazione elettromagnetica venga assorbita dalle molecole del prodotto verniciante, occorre cioè che l'energia trasportata dalla radiazione sia in grado di indurre nelle molecole una vibrazione (agitazione molecolare) la cui diretta conseguenza è un innalzamento della temperatura del materiale.

Poiché la frequenza propria di vibrazione di una molecola dipende dalla sua struttura, affinché i raggi IR vengano facilmente assorbiti, occorre che la lunghezza d'onda della radiazione sia sincronizzata (entri cioè in risonanza)

con quella del materiale di cui è composto il prodotto verniciante.

La maggior parte dei prodotti vernicianti è composta da materiali (resine, polimeri, eccetera) che riescono ad assorbire facilmente la radiazione IR in un intervallo di lunghezze d'onda variabile tra 2 e 15 micron.

Il processo di essiccazione con raggi IR deve quindi essere effettuato utilizzando corpi caldi che emettano radiazione elettromagnetica nel giusto intervallo di lunghezze d'onda, poiché l'onda troppo lunga (rispetto alla struttura molecolare considerata) non attraversa la struttura (viene cioè riflessa; è, ad esempio, il caso dei metalli) e disperde la propria energia all'esterno, mentre l'onda troppo corta attraversa la struttura senza tra-



sferire ad essa la propria energia (il materiale è quindi trasparente a quella lunghezza d'onda).

La lunghezza d'onda della radiazione non viene determinata dal tipo di fonte di energia, ma dalla temperatura del corpo che la emette. Infatti, ad esempio, qualsiasi fonte di calore a 3.538°C emette IR a 0,78 micron, mentre una fonte di calore a 1.150°C emette IR a 2 micron e una fonte di calore a 430°C emette IR a 4 micron. Poiché, come si vede, un corpo ad una data temperatura emette solo una lunghezza d'onda, per riuscire a coprire l'intervallo di lunghezze d'onda utile per essiccare i prodotti vernicianti, occorre che la sorgente IR abbia temperature diverse. Ciò che serve quindi è un generatore IR che emetta uno spettro di lunghezze d'onda e non una lunghezza d'onda fissa.

E' per questo motivo che le lampade elettriche sono meno efficaci se utilizzate per l'essiccazione IR. Vediamo perché.

Una lampada alogena con filamento in tungsteno che emette solo IR a 1,2 micron (a causa di limiti fisici intrinseci quali la temperatura di fusione del vetro e la volatilità del tungsteno), trasferisce direttamente al PV solo il 10% circa della sua energia ed il trasferimento avviene principalmente nei confronti delle molecole più interne del film di vernice.

La maggior parte dell'energia emessa dalla lampada viene scaricata sul supporto e quindi il riscaldamento degli strati molecolari più esterni del PV avviene per conduzione da parte del supporto stesso. In funzione quindi del materiale e dello spessore del supporto, l'essiccazione del PV può essere più o meno veloce e più o meno uniforme; a parità di spessore, materiali con conducibilità termica maggiore riscaldano più velocemente il PV mentre, a parità di materiale (cioè di conducibilità termica), maggiore è lo spessore del supporto e più lento sarà il trasferimento di energia per

conduzione verso il PV.

Una lampada elettrica con filamento in acciaio, che ha un punto di fusione inferiore al tungsteno, può emettere IR a 4 o 6 micron, a seconda della geometria del filamento; essa trasferisce circa il 40-50% della sua energia al PV (è quindi più efficiente del precedente tipo di lampada), ma la trasferisce principalmente agli strati molecolari più esterni (poiché la lunghezza d'onda è mediamente maggiore, in termini dimensionali, della struttura molecolare del PV); questi ultimi riscaldano poi per conduzione gli strati molecolari più interni ed il supporto stesso. L'essiccazione risulta più omogenea rispetto al caso precedente, ma avviene molto lentamente. Ultimamente sono state immesse sul mercato anche piastre e pannelli radianti riscaldati elettricamente, che emettono raggi infrarossi a lunghezza d'onda lunga.

A differenza delle lampade, queste piastre lavorano ad una temperatura massima di 450°C ed emettono una lunghezza d'onda superiore ai 4 micron. Poiché è possibile variare manualmente la temperatura della piastra, in funzione del tipo di manufatto da essiccare, si riesce parzialmente a sopperire alle carenze delle lampade, riducendo sia i tempi di lavorazione che i consumi energetici. Resta però il fatto che l'irraggiamento avviene a una singola lunghezza d'onda; su applicazioni specifiche, in cui l'esperienza ha dimostrato che le prestazioni rimangono ottimali, ciò non comporta problemi, mentre va valutata l'applicabilità generale.

Nelle applicazioni, attualmente presenti sul mercato, di questa tipologia impiantistica (impianti di verniciatura serramenti con velocità di avanzamento di circa 2 m/minuto, nei quali vengono installate 4.5 m² di piastre) il pannello radiante lavora a circa 250-300°C. Per raggiungere la temperatura operativa ci vogliono circa 4 minuti (sono necessari circa 5 KW per lo spunto iniziale, dopo di che il

consumo si riduce): il costo energetico complessivo per 10 ore di lavoro si aggira intorno ai 7 euro.

In alternativa a quanto sopra esposto, per poter avere un'ampia flessibilità applicativa, vengono invece utilizzati dei pannelli radianti in grado di emettere radiazione IR compresa in determinati intervalli di lunghezze d'onda; tali pannelli possono essere riscaldati sia mediante la combustione diretta (con fiamma) di un combustibile (gas o liquido), che mediante l'ossidazione catalitica del combustibile (gas).

ESSICCAZIONE IR CATALITICA

I pannelli catalitici radianti per l'uso nei processi industriali di essiccazione, sono costituiti essenzialmente da un telaio esterno con rete protettiva, all'interno del quale si trova il catalizzatore in metalli nobili ad alta resa e durata; il pannello è inoltre dotato di una resistenza di preriscaldamento a potenza variabile.

Nel pannello catalitico, l'ossidazione chimica del gas combustibile (metano, propano o butano) avviene in quanto quest'ultimo attraversa una serie di catalizzatori altamente selettivi che ne accelerano la velocità di reazione, senza intervenire direttamente nel processo: il gas si combina con l'ossigeno atmosferico, producendo calore sotto forma di radiazione IR.

Poiché la velocità di reazione può essere espressa mediante la formula di Arrhenius

$$k = Ae^{-(E_a/RT)}$$

dove

k = costante cinetica

A = costante di Arrhenius

E_a = energia di attivazione

T = temperatura

R = costante dei gas

si può osservare che per aumentare tale velocità è possibile intervenire

sia sulla temperatura, aumentandola, sia riducendo l'energia di attivazione. La presenza del catalizzatore permette di intervenire sulla velocità di reazione riducendo l'energia di attivazione (quindi minor consumo energetico) e quindi mantenendo temperature superficiali più basse, maggiormente idonee all'emissione di quelle lunghezze d'onda IR compatibili con il PV da essiccare.

L'assenza di fiamma, inoltre, rende i pannelli catalitici IR sufficientemente sicuri anche in quelle applicazioni, come l'essiccazione di PV a base solvente, in cui i VOC evaporati possono venire a contatto con la superficie radiante, purché la temperatura superficiale del pannello non sia superiore a quella di autoaccensione del solvente o quest'ultimo sia presente in concentrazioni inferiori al LEL.

La resistenza di preriscaldamento presente nel sistema, serve per avviare il sistema stesso dopo una fermata, portando in breve tempo la temperatura del catalizzatore ai valori necessari per innescare il processo di ossidazione, una volta aperta la valvola di immissione del combustibile.

L'obiettivo di ottenere un intervallo di lunghezze d'onda radianti viene raggiunto modulando opportunamente la pressione del gas di alimentazione, la cui variazione provoca la variazione della temperatura del pannello e quindi la variazione delle lunghezze d'onda IR emesse. Come si è visto in precedenza, la radiazione IR utile per l'essiccazione dei prodotti vernicianti è quella che ricade nell'intervallo delle "onde medie".

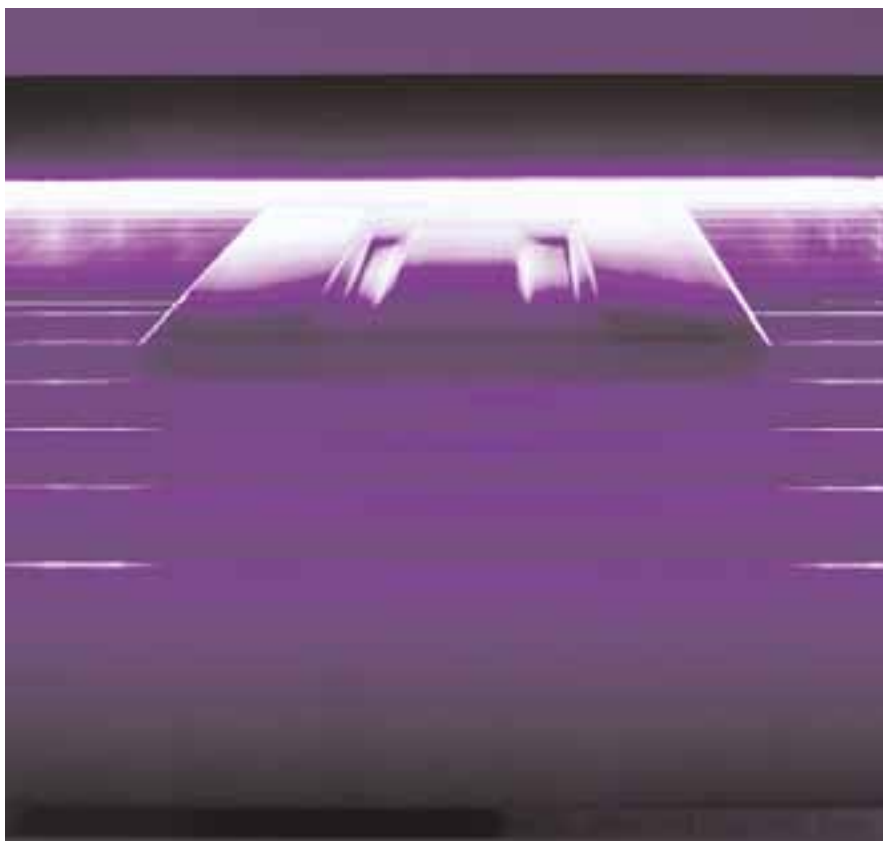
Gli IR ad onda media sono, nella maggior parte dei casi, generati da pannelli radianti la cui temperatura varia in funzione del tipo di emettitore. In base alla temperatura si possono distinguere emettitori LD a bassa densità di potenza, con lunghezze d'onda comprese tra 2,8 e 3,7 micron, oppure HD ad alta densità, con lunghezze d'onda comprese tra 2 e 2,5 micron. Le rese di irraggiamento sono tra loro diverse: gli emettitori HD hanno densità di emissione compresa tra 20 e 180 kW/m², mentre in quelli LD è compresa tra 5 e 40 kW/m² (fonte CISP). Nel confronto tra le diverse tipologie di pan-

nelli, le prove pratiche hanno dimostrato che l'utilizzo di pannelli HD permette, in alcuni casi, una consistente riduzione dei tempi di riscaldamento.

Naturalmente questi tempi sono influenzati, oltre che dalla potenza emessa dai radiatori, anche dalla quota di energia effettivamente assorbita dal materiale in funzione delle sue caratteristiche fisiche e chimiche, del suo aspetto superficiale, del colore e dalla distanza dagli emettitori.

Occorre infatti ricordare che, come tutte le radiazioni elettromagnetiche, anche gli IR si propagano in linea retta e quindi riscaldano solo le superfici ad essi esposte. Il maggior trasferimento di energia (calore) si ha quando la superficie da riscaldare è perpendicolare alla radiazione. E' quindi importante che la superficie emittente sia parallela a quella da riscaldare. Se la radiazione colpisce la superficie da riscaldare con un angolo di incidenza diverso da 90°, si ha una perdita di energia, variabile in funzione dell'inclinazione. L'energia trasferita alla superficie da riscaldare dipende anche dalla distanza di questa dalla superficie radiante: maggiore è la distanza e minore sarà l'energia trasferita.

L'assorbimento dell'IR dipende inoltre anche dal colore della superficie: infatti i diversi colori assorbono l'IR in modo diverso. Ad esempio, la differenza di assorbimento dell'IR da parte di una superficie blu e da parte di una superficie rossa, anche in funzione della lunghezza d'onda impiegata, può raggiungere i 40°C. Pertanto, un sistema IR che non gestisce in automatico la gamma dei colori, sarebbe impreciso e poco affidabile. L'ossidazione chimica del gas in un pannello radiante, avviene grazie alla presenza di un catalizzatore (platino o palladio) che opera la dissociazione dell'idrogeno contenuto nel gas, rendendolo libero di legarsi con l'ossigeno presente nell'ambiente; l'incontro tra idrogeno e ossigeno



produce una reazione chimica di ossidazione che porta, da una parte, alla produzione di acqua e CO₂ e, dall'altra, alla produzione di calore, in quanto tale reazione è esotermica, facendo aumentare la temperatura del pannello radiante. Il controllo e la gestione delle reazioni chimiche che avvengono sulla faccia del pannello, permette di ottenere una varietà di temperature e la conseguente emissione di uno spettro IR controllato. Lo spettro ottenibile copre la quasi totalità dello spettro di assorbimento dei PV più comuni. La caratteristica principale dell'essiccazione IR che utilizza uno spettro di lunghezze d'onda al posto di un'unica lunghezza d'onda, è quella di riscaldare in modo uniforme lo spessore del film di PV. Un pannello catalizzato che produce uno spettro IR con un picco di emissione compreso tra 2 e 3 micron, trasferisce circa l'80% della sua energia a tutto lo spessore del PV contemporaneamente, disperdendo solo una piccola percentuale sul supporto (circa il 10%).

In questo caso dunque, si ottiene il duplice effetto di essiccare in modo uniforme il film di vernice e in tempi brevi (pochi minuti).

La possibilità inoltre di modulare la quantità di energia emessa alle singole lunghezze d'onda dello spettro, permette di ottimizzare i tempi di essiccazione anche in funzione dello spessore del film di vernice; infatti, per poter essiccare velocemente film spessi (superiori a 80-100 micron) occorre una maggior quantità di energia disponibile, a parità di tempi, alla lunghezza d'onda più corta (inferiore a 1,5 micron). A titolo di esempio, si riportano i seguenti dati (fonte Symach): i tempi di essiccazione per un trasparente 50 micron di spessore HS è di circa 50-60 secondi di esposizione, mentre per un fondo 80 micron di spessore è di circa 40 secondi.

Tale tecnologia di essiccazione viene gestita e controllata elettronicamente

tramite un software contenente le "ricette" di essiccazione specifiche per ogni tipo e marca di PV.

Dal punto di vista della gestione e della manutenzione, i pannelli catalitici radianti devono essere opportunamente controllati per mantenerne l'efficienza nel tempo.

Per verificare il corretto funzionamento del pannello radiante si possono utilizzare i seguenti sistemi:

- verifica dell'aumento degli incombusti (rapporto CO/CO₂);
- verifica della temperatura superficiale del pannello;
- verifica della temperatura del pezzo trattato.

Relativamente al tempo di vita medio, la durata dei pannelli in condizioni di funzionamento ottimale dipende dall'ambiente di utilizzo e dai cicli di lavoro; un esempio indicativo è quello di un tunnel di essiccazione operante su due turni giornalieri (16 h/gg) per 6 gg/sett: in queste condizioni la vita media di un pannello con temperatura di esercizio compreso tra 350°C e 450°C è di circa 5.000 ore (fonte NTS).

Comparando il trattamento IR catalitico con la tecnologia convettiva tradizionale (aria calda/IR elettrici), l'IR catalitico ha i seguenti benefici:

- densità di potenza più elevata;
- la lunghezza d'onda irradiata è bene assorbita dai prodotti che devono essere trattati. Ad esempio, nell'essiccazione di vernici a solvente, usare l'aria calda può produrre uno strato superficiale che non permette ai solventi di lasciare la vernice, con il conseguente rischio dell'effetto "bollatura". Con la tecnologia IR catalitica, il trattamento avviene dall'interno del prodotto verso l'esterno, lasciando il prodotto senza solvente all'interno della vernice;
- la radiazione IR alla giusta lunghezza d'onda, produce un trattamento diretto sul prodotto, mentre la tecnologia convettiva richiede temperature molto elevate all'interno del forno. Di conseguenza,

con la radiazione IR a onda lunga si risparmia energia e si accorcia il tempo di essiccazione.

ESSICCAZIONE A MICROONDE

Le microonde sono onde elettromagnetiche di frequenza compresa tra 300 MHz e 300 GHz, corrispondenti a lunghezze d'onda comprese tra 1m e 1mm.

Anche alle microonde è associata un'energia che può essere assorbita, trasmessa o riflessa dai materiali che ne vengono colpiti. Vi sono materiali caratterizzati da un elevato assorbimento di energia, come l'acqua; altri, caratterizzati invece da una elevata trasmissione, ossia trasparenza alle microonde, come il legno, il sughero, la ceramica, le materie plastiche; altri ancora, caratterizzati da elevata riflessione, come i metalli e in particolare l'acciaio inox.

L'idea di utilizzare le microonde per il riscaldamento dei materiali, trova la sua prima applicazione commerciale negli anni '50.

Durante gli ultimi 10 anni, l'uso delle microonde ha trovato numerosi campi di applicazione a livello industriale, nei processi che prevedono il riscaldamento di materiali i cui convenzionali meccanismi (conduzione, convezione, irraggiamento) non consentono un efficace ed omogeneo aumento della temperatura.

Tale sviluppo deriva sia dalla possibilità di ottenere particolari condizioni operative (non raggiungibili con tecnologie convenzionali, se non con tempi industrialmente non praticabili), sia da considerazioni energetiche o di qualità del prodotto finale. Questa tecnologia, resasi accessibile grazie alla disponibilità commerciale di generatori potenti e di costo sufficientemente contenuto, si è rapidamente imposta in alcuni comparti produttivi come mezzo di riscaldamento di elevata efficienza rispetto a quelli precedentemente noti.

In generale, rispetto ai metodi di riscaldamento per conduzione tramite fluidi o contatto con corpi solidi caldi, che procedono dalla superficie alla profondità dell'oggetto, i principali vantaggi di questa tecnologia sono l'immediata capacità di penetrazione dell'energia con elevate velocità di riscaldamento, l'attivabilità e la disattivabilità istantanea, la selettività di riscaldamento di materiali diversi anche a contatto tra loro, i risparmi energetici conseguenti alla non necessità di riscaldare altra materia, come ad esempio le pareti dei forni tradizionali.

Di fatto però, il riscaldamento a microonde nel trattamento industriale dei materiali, rimane una tecnologia non usuale, a causa dei problemi tecnici da superare nelle varie applicazioni, in particolare la distribuzione omogenea della potenza dentro le camere di trattamento.

Nel campo della verniciatura industriale, attualmente le microonde vengono utilizzate nel settore del mobile, per l'essiccazione di prodotti vernicianti all'acqua.

In questo caso, il sistema di appassimento ed essiccazione a microonde è costituito fondamentalmente da quattro blocchi:

- l'alimentatore elettrico
- il generatore, che è tipicamente (ma non necessariamente) un magnetron, tubo elettronico adatto a generare elevate potenze alla frequenza di 2,45 GHz (circa 12 cm di lunghezza d'onda), che risulta ottimale per questo tipo di applicazione
- la guida d'onda, necessaria al trasporto dell'energia mediante riflessioni successive
- l'applicatore, dispositivo mediante il quale si distribuisce l'energia sulla materia da trattare.

L'intervallo di frequenza della radiazione emessa è ottenuto grazie ad un apposito circuito elettronico che permette lo scostamento continuo dal punto medio dell'intervallo stesso.

L'applicazione di questa tecnologia è stata testata negli ultimi anni da molti produttori di vernici con valutazioni che, sebbene parziali, non sono risultate omogenee nell'individuare in

essa un possibile efficace sostituto delle altre metodologie essiccatrici. A fronte di indubbi vantaggi operativi, sono stati individuati anche una serie di svantaggi e di problematiche che dovranno essere risolte e superate.

Qui di seguito cercheremo di dare un resoconto sintetico degli aspetti positivi e dei lati negativi di questa tecnologia, senza avere la pretesa di essere esaustivi.

Tutti i commenti evidenziano il fatto che le microonde sono, in generale, particolarmente indicate per l'essiccazione di vernici all'acqua, sia pigmentate che trasparenti, sia a reticolazione tradizionale che a reticolazione UV.

Il vantaggio deriva dal fatto che, essendo le microonde assorbite preferenzialmente dall'acqua rispetto al legno (che risulta ad esse trasparente), l'evaporazione del liquido è molto veloce, con la conseguenza che si riducono notevolmente i tempi-ciclo (pochi minuti, contro le decine di minuti dei sistemi tradizionali).

All'interno di questa considerazione generale, vengono però operati alcuni "distinguo" che caratterizzano in modo più approfondito alcune problematiche.

Innanzitutto, per ottenere superfici senza difetti, occorre che siano regolati ed ottimizzati una serie di parametri operativi che dipendono sostanzialmente dal tipo di legno trattato, dalla quantità di vernice applicata e dalla forma geometrica del pezzo che si sta lavorando. Vediamone alcuni aspetti.

Se l'utilizzo delle microonde per l'essiccazione di prodotti all'acqua applicati in spessori medio-bassi risulta efficace e senza controindicazioni, una maggiore attenzione nella messa a punto del sistema radiante deve essere presa quando gli spessori applicati sono medio-alti, sia per evitare un eccessivo riscaldamento del prodotto verniciante (il quale subisce sollecitazioni termiche intense in tempi brevi tali, peraltro, da mettere



in risalto la differenza tra resine buone e resine meno buone), sia per evitare un eccessivo riscaldamento del manufatto che potrebbe provocare la formazione di bolle d'aria nel film di vernice, con relativa riduzione delle qualità estetiche e delle prestazioni tecniche.

Il riscaldamento del manufatto è dovuto principalmente all'assorbimento della radiazione da parte dell'umidità in esso contenuta che, per conduzione, trasferisce il calore all'intera massa; in aggiunta ai problemi relativi al film di vernice di cui sopra, un eccessivo riscaldamento del supporto, con conseguente rapida evaporazione dell'umidità in esso contenuta, può provocare, soprattutto nei manufatti in legno massiccio, delle fratture che ne pregiudicano la qualità.

Per contro, poiché l'azione riscaldante delle microonde sul film di vernice avviene in modo uniforme in tutto il suo spessore, essa permette una sorta di "degasazione" dello stesso film di vernice, che consente di ridurre l'inglobamento di bollicine d'aria proveniente, ad esempio, da una non corretta applicazione del prodotto verniciante nella fase di spruzzo.

Un possibile effetto negativo della rapidità essiccative ottenibile con le microonde è invece la scarsa efficacia nella rimozione dei coalescenti (solventi organici) normalmente presenti nei prodotti all'acqua, in misura compresa tra il 3 e il 10%. Questi coalescenti evaporano normalmente prima dell'acqua e, quando il film è definitivamente reticolato, non sono più presenti. Essiccando con le microonde, l'acqua evapora molto velocemente e i coalescenti, che sono meno reattivi a quelle lunghezze d'onda, evaporano più lentamente e possono rimanere intrappolati nel film di vernice il quale, dopo l'essiccazione, può presentarsi "tenero" e con problemi di "blocking". Per evitare questi rischi e mantenere le caratteristiche peculiari dell'essiccazione a

microonde, sarebbe quindi meglio utilizzare prodotti vernicianti a bassissimo o nullo tenore di coalescenti. Diversa è invece la problematica che riguarda i prodotti all'acqua pigmentati a essiccazione fisica o catalizzati con isocianato; questi vengono di solito applicati in spessori elevati al fine di ottenere una sufficiente copertura e uniformità a livello cromatico. In questo caso, l'uso delle sole microonde non è sufficiente a garantire una completa reticolazione del prodotto e quindi ne è consigliabile l'utilizzo in combinazione con altri sistemi tradizionali di essiccazione quali ad esempio i forni ad aria calda, i forni laminari, a percussione, eccetera.

Quanto appena detto vale, comunque, in generale, per tutti i tipi di prodotti vernicianti (anche quelli UV); occorre infatti tenere presente che l'applicazione delle microonde serve prioritariamente per l'essiccazione (evaporazione del solvente liquido) del film di vernice e non per la completa reticolazione delle resine. In questi casi, la combinazione delle microonde con altre tecniche di essiccazione (aria calda, IR, UV) permette di ottenere un film non solamente "secco" (cioè senza acqua né solvente) ma definitivamente saldato nelle sue componenti, con il vantaggio di non dover necessariamente condizionare l'ambiente, per far fronte alla variabilità delle condizioni ambientali (temperatura e umidità), al fine di ottimizzare il processo.

Riassumendo, l'utilizzo delle microonde come tecnica di essiccazione nel campo dei mobili in legno può portare indubbi vantaggi nella diminuzione dei tempi di processo e di riduzione degli spazi dedicati a questa operazione, rispetto ai tradizionali forni, permettendo l'installazione di linee piane più compatte. Una corretta gestione dei parametri di processo permette inoltre di evitare i problemi legati ad eccessivi innalzamenti di temperatura.

Un'evaporazione "fredda" non alza il pelo, riducendo le esigenze di carteggiatura, inibisce la fuoriuscita di resina dai nodi (tipica dei serramenti in conifera) e non porta alla deformazione del legno.

L'essiccazione con microonde può quindi diventare una tecnologia in grado di ottimizzare le linee di verniciatura aumentandone le prestazioni in combinazione, più che in sostituzione, dei sistemi tradizionali. Anche a livello di prestazioni tecniche (resistenza, durezza, eccetera), l'uso delle microonde può contribuire ad un loro miglioramento, se correttamente applicate. Non bisogna però dimenticare che qualunque sistema in grado di garantire una completa fuoriuscita dell'acqua ed una corretta polimerizzazione delle resine, influenza positivamente le caratteristiche prestazionali dei prodotti; quello che va necessariamente valutato e preferito è, indubbiamente, il miglior rapporto qualità/prezzo tra i sistemi adottabili.

Per concludere, alcune considerazioni sulla sicurezza: le microonde, essendo radiazioni sufficientemente energetiche con assorbimento preferenziale da parte dell'acqua, sono nocive per l'uomo in quanto portano ad un riscaldamento dei tessuti, se esposti alla loro azione.

Necessariamente quindi, i forni di essiccazione a microonde, operando in ambiente aperto, devono essere opportunamente schermati al fine di non creare condizioni di esposizione pericolose per gli operatori e tale schermatura deve essere garantita nel tempo.

Inoltre, quando non si ha passaggio di manufatti all'interno del forno, è d'obbligo lo spegnimento del generatore (magnetron) al fine di evitare sia il surriscaldamento di materiali, sia la riflessione delle radiazioni da parte delle strutture metalliche presenti, che possono portare al danneggiamento del generatore stesso.

SISTEMI DI ESSICCAZIONE CON IR E MICROONDE: ALCUNE CONSIDERAZIONI

Giancarlo Maiardi e Andrea Luca Guiduzzi
CEFLA Finishing

Il nostro contributo a questa panoramica si propone di implementare la trattazione teorica (vedi articolo precedente) con alcune valutazioni pratiche, scaturite dall'esperienza che quotidianamente facciamo, in modo tale che i lettori abbiano a disposizione nuovi elementi che gli consentano di procedere alla scelta degli impianti più confacenti alle loro esigenze.

La trattazione teorica, infatti, rischia di enumerare svantaggi e vantaggi dei processi, senza considerarne la reale validità nella pratica, soprattutto nell'ambito della verniciatura del legno, che è l'argomento della rivista e dello studio.

Ci limitiamo, quindi, a fare considerazioni relative al modo di affrontare i problemi di essiccazione come testimonianza di un'azienda che produce impianti e li affida ai clienti per l'esecuzione di processi industriali, ben consci di poter risultare incompleti davanti ad una trattazione globale delle teorie di essiccazione.

I sistemi esaminati sono tre (lampade IR, piastre catalitiche ad emissione IR e sistema a microonde), e non due come annunciato nel titolo, in quanto le radiazioni infrarosse prodotte da lampade e quelli catalitici presentano molte differenze significative e, nel concreto, le seconde risultano molto più difficoltose da utilizzare, almeno nel campo della essiccazione delle vernici da legno. Lo studio se ne occupa diffusamente e la nostra azienda ha fatto alcune esperienze e realizzazioni, in campi molto parziali (gessatura dei profili di MDF per grandi produzioni, all'estero) ma, a nostro giudizio, non vale parlarne in modo specifico, a causa dei problemi di messa a punto industriale e della qualità molto bassa di finitura che si può ottenere.

In Italia non ci risulta esistente alcun impianto significativo di questo tipo, su legno.

Una prima considerazione fondamentale da fare è quella che questi sistemi non sono mai **"alternativi alla essiccazione tradizionale ad aria calda"**, come si annuncia nel titolo, perché essi sono sistemi di evaporazione di solventi o di acqua, che vanno sempre completati con forni ad aria calda e spesso con radiazioni ultraviolette per provocare la reticolazione e l'indurimento

della superficie.

In generale i primi da soli non sono in grado di effettuare l'essiccazione completa della vernice, e questo vale anche per il sistema a *microonde*; infatti esso serve solo come *parziale appassimento di vernici all'acqua* e non altre, ma non è mai in grado di completare il processo di essiccazione ed indurimento. Questa considerazione è presente nello studio teorico, ma riteniamo di sottolinearlo in maniera più precisa, perché risulta di estrema importanza dal punto di vista industriale e fondamentale per comporre un impianto di essiccazione che sia efficace e che conduca a termine il processo in modo completo.

L'emissione di microonde non è assolutamente indipendente dal supporto sul quale si applica la vernice: la quantità di acqua nel supporto legnoso, non trattandosi di supporto inerte, è superiore a quella contenuta nella vernice e occorre un'emissione di bassissimo valore di potenza, per non alterare il supporto o rendere qualitativamente inaccettabile la finitura (bolle, non aderenza, etc.). Pertanto l'efficacia di induzione di torsione molecolare sull'acqua del prodotto verniciante è anch'essa bassissima e spesso non è sufficiente a completare il suo processo di evaporazione; a maggior ragione non contribuisce alla fase di reticolazione e indurimento della vernice applicata.

La presenza di "coalescenti" nelle vernici a base acqua, richiede tempi più lunghi per l'essiccazione rispetto a prodotti vernicianti che non li contengano: il forno a microonde, sulla base di esperienze fatte e come viene oggi prodotto sul mercato, è in grado di provocare l'evaporazione dell'acqua, che costituisce solo la prima fase del processo di essiccazione totale, considerando che essa si completa come fenomeno di tipo fisico

e non chimico.

I sistemi a radiazioni infrarosse sono anch'essi limitati nell'esecuzione del processo di essiccazione, ma risultano comunque di applicazione più flessibile, perché provvedono all'evaporazione rapida di prodotti vernicianti sia a base acqua che a base solvente, consentendone in alcuni casi l'essiccazione completa.

Infatti le lampade IR vengono installate in combinazione con aria calda ad alta velocità e, nel caso di



prodotti a base solvente, l'aria calda e il calore prodotto dalle lampade provocano la reticolazione delle molecole e l'indurimento del film superficiale.

A titolo di esempio, le esperienze di essiccazione di prodotti a catalizzatore acido, in nord Europa, sono vecchie di oltre vent'anni.

Nel caso di vernici a base acqua, il sistema a radiazioni infrarosse assicura certamente l'evaporazione dell'acqua contenuta nei prodotti vernicianti e talvolta può completare il processo di essiccazione con prodotti applicati con basse grammature. Il forno proposto combina le radiazioni IR con una ventilazione ad aria calda controllata in temperatura e velocità ed essendo modulare, e non a lunghezza e modulo fisso, si può comporre con diverse sezioni di aria (a ventilazione laminare ed a ugelli) e lampade IR con caratteristiche di emissione diverse, fino a consentire un'efficace essiccazione.

Spesso l'indurimento finale è assicurato da radiazioni UV.

Nello studio teorico è stato specificato un giusto concetto, che rappresenterebbe un limite alle lampade IR: esse emetterebbero solo un'unica lunghezza d'onda. Noi notiamo, però, che queste lampade vengono installate su forni dotati di dispositivi che permettono di variare con estrema facilità la potenza e quindi la temperatura di emissione e conseguentemente la lunghezza d'onda: esse pertanto possono indurre una vibrazione molecolare su componenti diversi, portando all'essiccazione attraverso l'innalzamento della temperatura nello strato di vernice, risultando, anche per questo, più flessibili rispetto alle altre tecnologie di essiccazione presentate.

La seconda considerazione da fare è relativa alla **qualità** ottenibile con i due tipi di processo di essiccazione trattati: il parametro "qualità" non è facilmente definibile da

un punto di vista teorico, ma è viceversa di estrema importanza per la produzione industriale, in quanto strettamente collegato alla vendibilità del prodotto finito.

Spesso quindi non basta l'essiccazione facile e rapida del prodotto verniciante, in quanto la qualità di finitura dell'oggetto prodotto in legno naturale o laccato, costituisce il parametro su cui ogni azienda basa l'approccio al mercato.

Non è ancora stato inventato un processo che sia in grado di abbreviare in modo drastico il processo di essiccazione, ottenendo un risultato qualitativo almeno uguale (sarebbe troppo chiedere un risultato estetico migliore di quello di una lenta essiccazione!); noi produttori di impianti dobbiamo assolutamente accorciare i tempi con questi nuovi sistemi, aggiungendo però a completamento sistemi tradizionali quali aria calda e radiazioni UV, al fine di ottenere come risultato finale la migliore qualità possibile in linea con le aspettative del mercato.

Nella lunga storia di azienda che abbiamo vissuto da protagonisti, ci viene in mente un esempio: quante volte abbiamo definito morto e tramontato l'epoca del vecchio "forno verticale", inventato intorno al 1970? L'abbiamo detto quando si è affermata l'essiccazione con radiazioni UV (seconda metà degli anni '70), quando la richiesta del mercato era quella del "lucido diretto" fattibile con sofisticate tecnologie UV ("Ecogel" negli anni '80), quando l'utilizzo di vernici a base acqua è stato applicato dall'industria del mobile, a partire dalla fine degli anni '90 in Italia e molto prima all'estero.

Sembrava che le tecnologie di cui si è parlato sopra, risolverebbero tutto! Il forno verticale, però, è ancora vitale, moderno e ben presente nelle industrie del legno, alternativa concreta fra le altre, per eseguire processi di essiccazione con caratteristiche di qualità ed economicità.

Diciamo questo, non tanto per voglia di tradizione, dato che Cefla è da vent'anni in prima linea per innovare con i propri prodotti le tecnologie di verniciatura del legno, ma perché consideriamo che le nuove tecnologie aumentino la possibilità di realizzare nuovi processi industriali e affiancate o "mixate" con quelle esistenti continueranno ad essere un'enorme opportunità per la clientela.



ALCUNE PRECISAZIONI SUGLI IMPIANTI A MICROONDE

Fabio Nozza
Giardina Officine Aeromeccaniche S.p.A.

Diffusione degli impianti

Nell'articolo viene enfatizzato il fatto che la tecnologia a microonde sia ancora una tecnologia inusuale e poco diffusa a causa di problemi tecnologici.

Vorremmo precisare che negli ultimi anni, grazie alla risoluzione di questi problemi tecnologici, i sistemi a microonde si stanno diffondendo sempre più velocemente.

Ad oggi infatti sono stati installati oltre 100 impianti funzionanti con la tecnologia a Microonde MOS®.

Questi impianti non vengono utilizzati solamente per la verniciatura del legno ma ormai vengono utilizzati in tutti i settori dei quali si occupa la Giardina tra i quali:

- mobili;
- cucine;
- serramenti montati e smontati (un settore in forte espansione per la tecnologia microonde);
- torniti;
- cofani mortuari;
- sedie.

Ultimamente sta diventando sempre più importante l'installazione di sistemi a microonde nell'essiccazione di manufatti tridimensionali.

La forte diffusione di questi impianti è sicuramente dovuta alla risoluzione di quegli "inconvenienti" tecnici giustamente descritti nel vostro articolo, ma che sono ormai stati brillantemente risolti, come descritto di seguito.

Distribuzione omogenea della potenza

Questo problema è caratteristico dei forni che utilizzano una fonte di emissione puntiforme. In pratica si tratta di quei forni che hanno la sorgente di emissione (magnetron) direttamente in comunicazione con la camera di radiazione.

Con questa tipologia di forno si hanno forti concentrazioni di energia nei punti di emissione e zone d'ombra nelle parti del forno non direttamente irradiate dai magnetron.

La Giardina ha risolto questo problema grazie all'utilizzo di specifiche guide d'onda ("patend pendine") che convogliano l'energia radiata dal magnetron e la trasportano all'interno del forno.

Queste guide sono poi dotate di fessure di radiazione posizionate in specifiche

posizioni, corrispondenti alle "gole" dell'onda elettromagnetica, che ne conferiscono la capacità di radiare in modo omogeneo lungo tutta la lunghezza della guida d'onda (che generalmente corrisponde alla larghezza massima dei pezzi da trattare).

Omogeneità di trattamento pezzi di forme e geometrie diverse

Uno dei problemi dei forni a microonde "tradizionali" è quello di avere una forte diversità di trattamento di pezzi con superfici differenti e soprattutto trattamenti differenti se il forno lavora con basso carico (cioè con pochi pezzi) o a pieno carico.

In pratica quando viene trattato un pezzo singolo si ha una sovra-radiazione, mentre se si lavora a bancalata completa non c'è energia sufficiente per l'evaporazione dell'acqua inserita nel forno.

Grazie all'utilizzo combinato delle guide d'onda descritte in precedenza e di specifici sistemi di captazione delle microonde posizionate sotto il piano di lavoro (che in pratica assorbono le microonde eventualmente in eccesso), si è riusciti ad ottenere ottime omogeneità di trattamento, con qualsiasi tipologia di carico inserita nel forno.

Essiccazione di prodotti vernicianti applicati con alti spessori

Non è assolutamente vero che il sistema a microonde richieda maggiori attenzioni quando si utilizzano alti spessori di vernice.





Sicurezza

Tutti i forni a microonde devono giustamente essere dotati di opportune schermature, per evitare la fuoriuscita di radiazioni e situazioni pericolose per gli operatori.

Tutti i forni prodotti dalla Giardina vengono a questo proposito controllati e certificati internamente, per garantire il rispetto delle normative vigenti in materia di esposizione ai campi elettromagnetici.

A riprova di questo è il grande successo che sta avendo la tecnologia a microonde nel settore dei serramenti, dove è noto l'utilizzo di spessori superiori ai 200 micron. Ovviamente maggiore è la quantità di acqua da evaporare e maggiore sarà l'energia e/o il tempo necessario per la sua evaporazione, ma questo è valido per qualsiasi sistema di essiccazione.

Il grande vantaggio delle microonde nell'essiccazione di alti spessori di vernice è quello di scongiurare la formazione di pellicole superficiali, causa di molti difetti di verniciatura; infatti la radiazione a microonde, non fornendo energia alle resine che hanno un comportamento trasparente, non innescano la reticolazione superficiale del film applicato, come invece può avvenire con sistemi ad aria calda o ad infrarosso, che trasmettono energia, non selettivamente, sia all'acqua che alla resina.

Rimozione di coalescenti e co-solventi

E' giustissima l'affermazione che le microonde non provocano l'evaporazione di coalescenti e co-solventi, in quanto i solventi organici sono generalmente trasparenti alle microonde.

Questo però non genera problemi nel ciclo di verniciatura, in quanto viene sempre riprodotto un ciclo ottimale di evaporazione che può comprendere:

fase di appassimento (per l'evaporazione di coalescenti), a mezzo di aria non necessariamente riscaldata;
 fase di evaporazione dell'acqua, con l'utilizzo di microonde;
 fase di reticolazione ad aria calda.

Accensione e spegnimento automatico magnetron

La possibilità di avere un'istantanea attivazione-disattivazione dei magnetron, consente un funzionamento solo in presenza di pezzi da trattare ed un conseguente notevole risparmio energetico.

Protezione dei magnetron dalle radiazioni riflesse

I magnetron possono essere facilmente protetti dalle radiazioni riflesse utilizzando:

- isolatori magnetici;
- sistemi di raffreddamento ad aria o ad acqua.

Nel primo caso si evita che l'energia riflessa venga captata dal generatore, montando a protezione del magnetron un sistema isolatore, che consente la propagazione del campo elettromagnetico in modo unidirezionale.

Nel secondo caso invece si prevencono danni al generatore smaltendo l'energia riflessa assorbita dal generatore, per evitare il surriscaldamento dello stesso.

Va comunque ricordato che il fenomeno della radiazione riflessa è riscontrabile solo durante il funzionamento a vuoto del forno, che nelle normali condizioni di lavoro non si riscontra mai, grazie all'ausilio di fotocellule che consentono l'accensione dei magnetron solo in presenza di manufatti da trattare.