



Il procedimento di saldatura Toptig è stato sviluppato per raggiungere due obiettivi: ottimizzare il processo TIG nel campo della robotica e combinare la qualità propria del procedimento TIG con la produttività del MIG

BARBARA BELLETTATO

## tutorial

Dopo la nascita degli elettrodi rivestiti, avvenuta ormai oltre un secolo fa, sono stati inventati numerosi altri processi di saldatura, quali SAW, TIG, MIG/MAG, Plasma e FCAW. Che cosa possiamo aspettarci nel prossimo futuro?

foto fornite da ANASTA

# Saldatura e giunzioni del futuro

**L**a saldatura è un processo che negli ultimi anni si avvale in misura sempre maggiore delle tecnologie di automazione, che apportano benefici in termini di qualità, velocità e produttività dei processi. La saldatura automatizzata può essere suddivisa sostanzialmente in due categorie: semiautomatica e completamente automatica. Nella prima, un operatore carica manualmente i pezzi nel bloccaggio di saldatura, quindi il controller di saldatura gestisce i movimenti della torcia e delle parti e i parametri di lavorazione per garantire una saldatura di qualità ripetibile. Una volta completata la saldatura, l'operatore rimuove la parte completata e ricomincia il processo. Nella saldatura completamente automatica, una o più macchine provvedono a caricare il pezzo, portare la parte e/o la torcia in posizione, effettuare il controllo di qualità e infine scaricare il prodotto finito. Se necessario possono

anche essere previste verifiche aggiuntive di presenza e posizionamento della parte e qualità del prodotto finale. I vantaggi di un sistema di saldatura ben congegnato sono numerosi, dal miglioramento della qualità alla riduzione dei costi di manodopera variabili.

La saldatura automatizzata migliora l'integrità e la ripetibilità della saldatura e aumenta la capacità e i volumi del processo. Vengono notevolmente ridotti gli scarti e le rilavorazioni, perché l'automazione dei movimenti della torcia e della parte contribuisce a ridurre le possibilità di errore. Diminuiscono sostanzialmente, come detto, i costi variabili, perché il ricorso a saldatori 'umani' aumenta sensibilmente i costi di manodopera. Un sistema semiautomatico ha una produttività almeno doppia rispetto a un saldatore esperto, mentre un impianto completamente automatizzato è anche quattro volte più produttivo di uno semiautomatico.



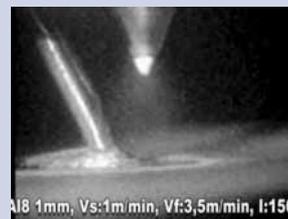
Prima della partenza dell'arco



Partenza dell'arco



Il filo avanza



Primo contatto dell'estremità del filo con il pezzo



Contatto continuo del filo con il bagno di fusione tramite un flusso liquido



Contatto continuo del filo con il bagno di fusione tramite un flusso liquido



Strizione del flusso liquido al diminuire della velocità di avanzamento filo



Interruzione del contatto ed estremità del filo appuntita quando la velocità decresce a zero

### Sequenza del processo Toptig

Con la collaborazione di Anasta (Associazione Nazionale delle Aziende Saldatura e Taglio), proponiamo una panoramica dei sistemi che attualmente offre il mercato della saldatura. Ringraziamo, in particolare, Pierfrancesco Sanasi di FRO, per aver fornito le informazioni sulla saldatura TOPTIG, e Francesco Vago di Esab, per le informazioni sulla saldatura laser ibrido: entrambi sono membri del CTO di Anasta.

### La saldatura TIG diventa Toptig

Il procedimento di saldatura TIG (Tungsten Inert Gas) è largamente utilizzato in campo industriale. Il vantaggio principale è un'eccellente qualità della saldatura, a fronte però di ridotte prestazioni in termini di velocità e produttività se comparato ad altri procedimenti. Il procedimento di saldatura Toptig è stato sviluppato per raggiungere due obiettivi: ottimizzare il processo TIG nel campo della robotica e combinare la qualità propria del procedimento TIG con la produttività del MIG.

La chiave di volta, coperta da brevetto, è la particolare configurazione della torcia: il filo d'apporto, passando attraverso la punta esterna, è introdotto nel bagno di fusione davanti alla torcia e si presenta con un'inclinazione ridotta rispetto all'elettrodo di tungsteno.

Questa configurazione ha il vantaggio di ridurre l'ingombro della torcia e migliorare l'accessibilità del robot con pezzi di geometria complessa. Inoltre non è più necessario orientare la torcia e il filo d'apporto rispetto al giunto di saldatura: il sesto asse del robot risulta così libero. Il filo viene alimentato direttamente nella zona dell'arco ove le temperature sono più elevate, esattamente come nel

procedimento MIG, garantendo un elevato tasso di deposito. Questo procedimento comporta un trasferimento del metallo d'apporto molto particolare, simile a un 'ruscello' di metallo liquido come mostrato nella sequenza di immagini. Il procedimento Toptig garantisce il raggiungimento di velocità di saldatura o saldo-brasatura simili o in alcuni casi superiori alla saldatura MIG filo singolo, ma con una migliore qualità dei cordoni di saldatura. Per le sue caratteristiche si presta bene per l'esecuzione di giunti soprattutto a sovrapposizione ove le tolleranze di posizionamento sono circa pari al diametro del filo. La durata dell'elettrodo può raggiungere largamente la durata di un turno di lavoro.

Il cordone di saldatura si presenta d'aspetto eccellente, liscio e privo di onde di solidificazione, altresì si riscontra un'assenza di proiezioni grazie al fatto che la corrente di saldatura non attraversa il filo d'apporto. Un apporto termico limitato al giunto assicura una distorsione ridotta del pezzo.

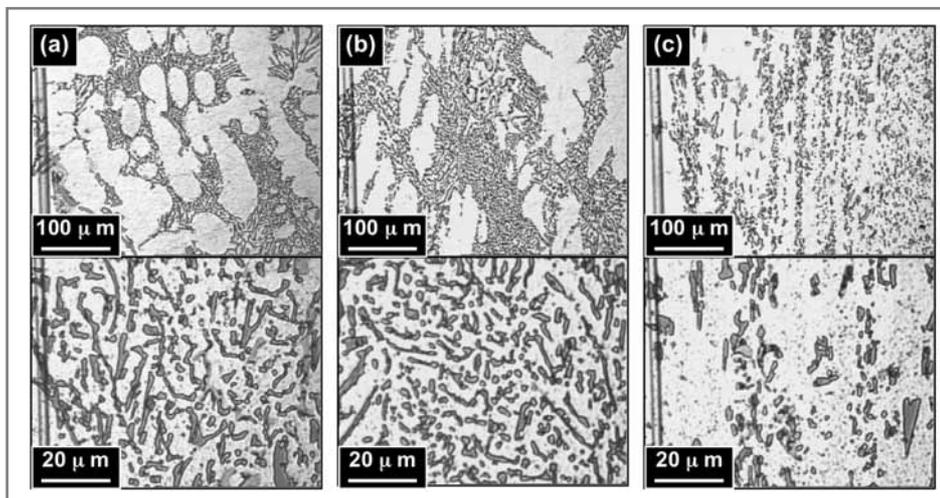
All'inizio, la torcia Toptig è stata sviluppata per applicazioni in campo automobilistico come la saldo-brasatura di lamiere sottili di acciaio pre-rivestite. Tra queste le applicazioni più frequenti sono su giunti a sovrapposizione da 0,8 a 1,5 mm di lamiere zincate. Il procedimento Toptig consente di ottenere velocità di lavoro di circa un metro al minuto con un ottimo aspetto estetico dei cordoni. Per gli acciai inossidabili, il procedimento Toptig è molto interessante per la velocità di saldatura e il tasso di deposito ottenibile (circa 3 kg/h).

Le applicazioni possibili sono, ad esempio, l'industria alimentare e le strutture metalliche sottili in cui il Toptig può

essere una valida soluzione grazie all'eccellente aspetto estetico dei cordoni. La torcia fa parte di un impianto completo, comprendente una sorgente di corrente continua dedicata da 220 A al 100% con controllo a distanza, assieme cavi di collegamento e un gruppo avanzamento filo che consente velocità di filo fino a 10 m/min. Come

gas protettivo (40-50 l/min.) è necessario un diffusore sufficientemente largo. Questo processo è applicabile alla saldatura di lamiere e lamierini di acciaio e d'alluminio. L'industria automobilistica sta valutando il processo tandem MIG-MAG per giunti sovrapposti con avanzamenti di 5/7 m/min, mentre in costruzioni di maggior spessore

questo procedimento consente di completare il giunto con minor numero di passate. Attualmente a livello mondiale ci sono circa un migliaio di installazioni operative.



La micrografia ottica mostra la microstruttura nel metallo base (a), nella zona interessata dal calore (b) e nella zona soggetta al trattamento termomeccanico (c). Foto tratta da [www.msm.cam.ac.uk](http://www.msm.cam.ac.uk)

### Saldatura SAW a filo sinergico (SCMTM)

La saldatura ad arco sommerso consiste, a differenza della MIG-MAG, nella protezione del bagno di saldatura con speciali polveri dette flusso. E' un processo di grande interes-

se per il discreto grado di automatizzazione e per gli alti tassi di deposito ottenibili con un'ottima qualità del giunto. Oggi l'evoluzione di questo processo già noto da parecchi decenni è mirata all'incremento ulteriore di produttività (chili di materiale depositato per unità di tempo). Si può incrementare la produttività con sistemi a più fili o con fili animati.

L'ultima novità in questo campo è l'adduzione di un filo freddo (non elettrizzato) SCWTM al bagno di saldatura. In questo processo il filo freddo SCWTM viene alimentato in sinergia con l'arco nel bagno di fusione, permettendo un significativo aumento di produttività (nell'ordine del +30%) ma nel contempo permettendo di diminuire gli apporti termici al pezzo così da alterarne il meno possibile le caratteristiche meccaniche.

Concludendo, le applicazioni del procedimento sono limitate agli spessori sottili fino a circa 3 mm, infatti con tassi di deposito relativamente bassi, se comparati al MIG, ma decisamente più elevati se comparati al TIG con filo freddo. Numerose applicazioni possono essere trovate quando si richiede un'eccellente qualità dei cordoni come nel settore dei particolari a vista per l'industria automobilistica, mobili metallici industria chimica o alimentare.

Nonostante la sua introduzione nell'industria sia molto recente, la tecnologia di saldatura FSW - Friction Stir Welding è sempre più spesso utilizzata in produzione. E' un metodo rivoluzionario in quanto permette di ottenere saldature a piena penetrazione con preparazione del giunto testa-a-testa, quindi senza alcun cianfrino e soprattutto senza arco elettrico. Infatti, come detto, la saldatura FSW non prevede l'unione dei lembi del pezzo tramite arco elettrico e deposito di materiale, ma avviene semplicemente con l'azione di un utensile rotante che 'friziona' i lembi del giunto e li salda non per fusione ma grazie a un rimpasto plastico del materiale, con minimo sviluppo di

### Saldatura tandem MIG/MAG

Nonostante la sua introduzione nell'industria sia molto recente, la tecnologia di saldatura FSW - Friction Stir Welding è sempre più spesso utilizzata in produzione. E' un metodo rivoluzionario in quanto permette di ottenere saldature a piena penetrazione con preparazione del giunto testa-a-testa, quindi senza alcun cianfrino e soprattutto senza arco elettrico. Infatti, come detto, la saldatura FSW non prevede l'unione dei lembi del pezzo tramite arco elettrico e deposito di materiale, ma avviene semplicemente con l'azione di un utensile rotante che 'friziona' i lembi del giunto e li salda non per fusione ma grazie a un rimpasto plastico del materiale, con minimo sviluppo di

### Saldatura mediante rimescolamento a frizione

Nonostante la sua introduzione nell'industria sia molto recente, la tecnologia di saldatura FSW - Friction Stir Welding è sempre più spesso utilizzata in produzione. E' un metodo rivoluzionario in quanto permette di ottenere saldature a piena penetrazione con preparazione del giunto testa-a-testa, quindi senza alcun cianfrino e soprattutto senza arco elettrico. Infatti, come detto, la saldatura FSW non prevede l'unione dei lembi del pezzo tramite arco elettrico e deposito di materiale, ma avviene semplicemente con l'azione di un utensile rotante che 'friziona' i lembi del giunto e li salda non per fusione ma grazie a un rimpasto plastico del materiale, con minimo sviluppo di

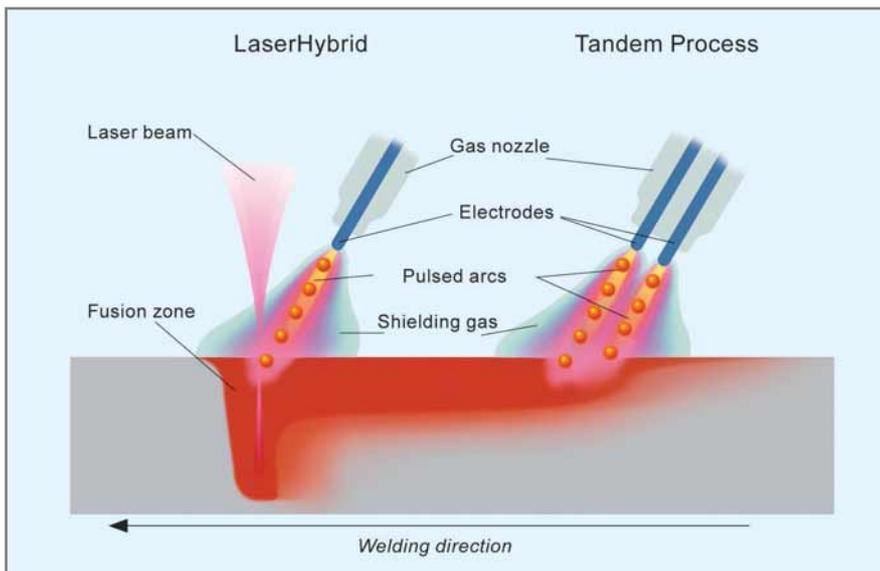
calore. Questo permette di evitare il decadimento delle proprietà meccaniche della zona saldata, a tutto vantaggio delle caratteristiche meccaniche dell'intero manufatto saldato. Il principio del metodo consiste nel raggiungere una temperatura sufficientemente alta per forgiare due parti in alluminio usando un utensile rotante che si sposta lungo il giunto. I vantaggi meccanici e in termini di distorsioni dipendono dal fatto che la temperatura necessaria a questo metodo di giunzione è sempre molto inferiore al punto di fusione dell'alluminio. Le parti in alluminio da unire

e 6000. Oggi si saldano normalmente anche le leghe delle serie 2000 e 7000 e altri materiali come rame e bronzo. E' poi possibile utilizzare il processo per saldare materiali tra loro dissimili. Sono state saldate con successo anche diverse leghe di magnesio sebbene per assicurare una buona qualità di saldatura siano necessari parametri operativi ben più stretti di quelli visti nella FSW di leghe d'alluminio. Sono stati ottenuti risultati promettenti perfino nella saldatura di acciai resistenti al calore, tuttavia a una velocità di saldatura molto inferiore a quella della salda-

tura ad arco. L'evoluzione del processo potrebbe quindi essere quella di arrivare a essere utilizzata sugli acciai per ottenere saldature di ottima qualità con basse deformazioni.

### Saldatura laser ibrido

La saldatura laser è un processo più conosciuto rispetto ai precedenti, ma la novità degli ultimi anni è l'evoluzione della saldatura laser in laser ibrida. In quest'ultima tecnologia il fascio laser è accompagnato da un filo di saldatura tradizionale MIG-MAG. Il vantaggio di questa scelta sta nella minor tolleranza dimensionale e di preparazione richiesta al pezzo



**Nella saldatura laser MIG/MAG+Tandem-Hybrid, un raggio laser e tre archi voltaici agiscono sul materiale. Foto tratta da [www.fronius.com](http://www.fronius.com)**

sono rigidamente bloccate su una piastra di sostegno. Un utensile con spallatura cilindrica e di profilo speciale viene posizionato sulla mezziera del giunto. L'utensile ruota a una data velocità periferica e viene spinto con gran forza contro il materiale. Quest'ultimo diventa plastico per effetto del calore d'attrito e si solleva intorno all'utensile rotante fino a quando lo sballamento viene in contatto con la superficie dell'alluminio. Via via che l'utensile avanza lungo il giunto, il materiale plasticizza davanti all'utensile rotante e si porta dietro di esso formando il giunto; il processo continua fintanto che l'utensile continua ad avanzare lungo il giunto. FSW è un procedimento relativamente nuovo, messo a punto da TWI (Istituto Inglese di Saldatura di Cambridge) nel 1991, con il supporto di un gruppo di aziende sponsor.

Le prime applicazioni in produzione furono in campo navali (pannelli) e aerospaziale (cisterne carburante). Oggi l'applicazione di questa nuova tecnologia spazia dal nucleare all'automobilistico, dal ferroviario all'aeronautico, e sempre nuove applicazioni vengono messe a punto grazie anche all'enorme interesse che ha spinto centri di ricerca e istituti nazionali della saldatura a investire nello sviluppo di questa tecnologia. La FSW è stata inizialmente applicata alla saldatura di leghe di alluminio serie 5000

per poter essere saldato. Se infatti con il laser tradizionale la tolleranza di accoppiamento di un giunto si aggira sui 0,15 mm, con il laser ibrido si può accettare fino a 1 mm. In termini produttivi questo è un vantaggio enorme e conserva comunque bassi tassi di deformazione (ottimi con il laser tradizionale).

Le principali motivazioni per la scelta del processo ibrido possono dunque essere riassunte in: produttività grazie alla maggiore velocità di saldatura; maggior tolleranza del procedimento con variazioni di aria tra i lembi superiori al puro processo laser; minori distorsioni termiche e perciò minor dispendio per lavorazioni successive, specialmente nelle costruzioni navali; carrozzerie di automobili più robuste in quanto il giunto è continuo rispetto alla tradizionale tecnica di saldatura a punti per resistenza, consentendo di realizzare vetture più sicure.

Il processo ibrido YAG laser sta attirando notevole interesse dei produttori di automobili anche perché i robot a fibre ottiche per la conduzione dell'energia laser offrono elevata flessibilità. In Giappone sono stati ottenuti interessanti risultati mediante MIG pulsato in c.a. e diodo laser nella saldatura di carrozzerie in alluminio. ■

**Anasta [readerservice.it](http://readerservice.it) n. 103**