

CONFRONTO TRA LE DIVERSE TECNICHE

Il procedimento della saldatura ad arco elettrico ha svolto un ruolo di primo piano nel corso del secolo scorso, sostituendo con successo la tecnica al cannello. Nelle giunzioni a caldo, questo secolo potrebbe trovare nei processi a fascio d'energia un nuovo protagonista

di Günter Aichele

Basta dare un'occhiata alla storia delle giunzioni a caldo di metalli per rendersi conto che il ventesimo secolo è decorso sotto il segno dell'arco elettrico, che ha sostituito con successo la saldatura al cannello e si è sviluppato in molteplici varianti diventando un procedimento di grande efficienza. Cosa ci riserva la tecnica delle giunzioni a caldo nel ventunesimo secolo? Anche se fare previsioni è rischioso, i processi a fascio di energia avranno una parte sempre più importante, sempre che la giunzione a caldo non sia soppiantata da metodi di giunzione del tutto diversi.

ARCO ELETTRICO ED ELETTRODO

La battaglia per aumentare la produttività si svolge soprattutto sulla capacità di fusione. Non si tratta però di quanto viene asportato dal materiale per fusione, ma piuttosto di quanto arriva al bagno di saldatura per essere utilizzato. Né si tratta di depositare il più possibile di metallo d'apporto, ma piuttosto di realizzare una giunzione. Quindi, diverse penetrazioni possono portare a diversi spessori del cordone o a diversi angoli di apertura del cordone. Ci sono ancora elettrodi a

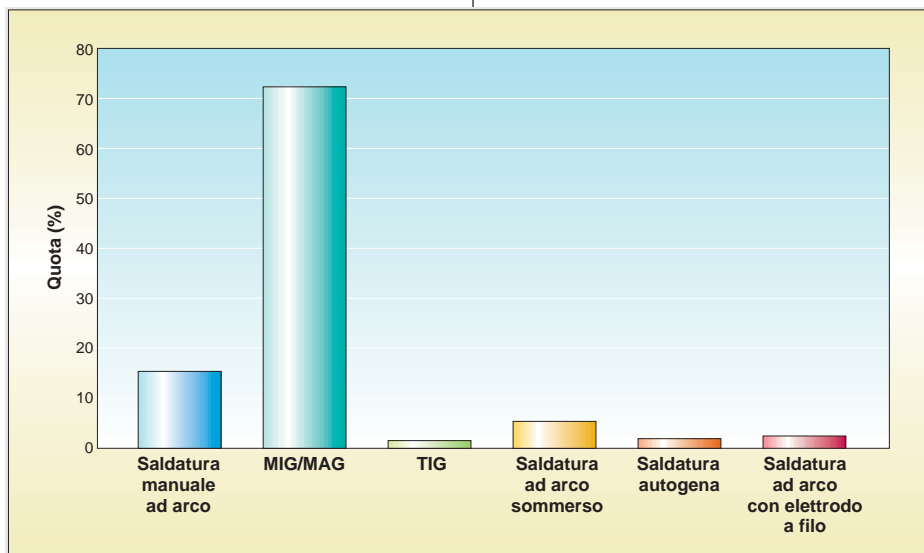
bacchetta non rivestiti e ci sono ancora lavori di saldatura che li esigono. Per esempio, per lavori di montaggio nelle piccole aziende e nell'artigianato. Dagli anni '60 però, con l'avvento della saldatura sotto gas, si è registrata una notevole caduta del consumo di elettrodi a bacchetta. In Germania, già dalla metà degli anni '90 il metallo d'apporto fornito da questi elettrodi si è dimezzato. Lo stesso è probabilmente avvenuto negli altri Paesi industrializzati d'Europa.

AD ARCO SOMMERSO E SOTTO GAS

La saldatura ad arco sommerso sopravvive sorprendentemente da decenni. Per i suoi

Per il montaggio di strutture in acciaio si utilizzano ancora elettrodi a bacchetta rivestiti, e generatori di corrente leggeri come il Transpocket Fronius.





Ripartizione dei processi di saldatura secondo il materiale d'apporto depositato in Germania nel 1994 (Fonte: Schweisselektroden - Vereinigung, Düsseldorf).

impieghi principali, nelle costruzioni navali e nelle tubazioni, è servito l'aumento del numero degli archi elettrici (saldatura in tandem, a 2 e 3 fili). Nel frattempo sono stati messi a punto sistemi a 4 o 5 fili. Con elettrodi a filo si possono saldare rapidamente e affidabilmente acciai di forte spessore, come per esempio per giuntare tubi per realizzare pareti a membrana per generatori di vapore per centrali elettriche. La saldatura sotto gas con elettrodo a filo si è sviluppata in diverse direzioni. Anzitutto, l'aumento

dell'efficienza nel campo delle lamiere medie e spesse. Il processo di saldatura MAG era rimasto per diversi decenni entro limiti che non sembravano superabili fino a quando, nei primi anni '90, il brevetto T.I.M.E. del canadese Church rese possibile una fusione decisamente maggiore. Nel frattempo, anche qui però si era arrivati alla saldatura in tandem con due elettrodi. Risulta dalla prassi che usando un impianto TWIN-T.I.M.E. di Fronius, la velocità di saldatura nei sistemi meccanizzati aumenta notevolmente, fino a raddoppiare in certi casi.

In secondo luogo, l'impiego della saldatura sotto gas per lamiere sempre più sottili. Accanto alla saldatura ad arco è comparsa la saldatura ad arco pulsato, che adesso consente, con generatori transistorizzati a regolazione digitale, i processi pulsati più sofisticati. A tale scopo è però necessario poter alimentare dal trascinatore al bruciatore, senza inconvenienti, fili-elettrodo sottili o flessibili. Per l'azionamento push & pull, una nuova soluzione è il PT-Drive di Fronius, che pesa solo 1,6 kg, ha due rulli di precisione montati ad angolo retto tra loro e un pacco tubi di 10 m di lunghezza. In terzo luogo, il perfezionamento dei processi di saldatura sotto gas per alluminio. Questo materiale richiede generatori di particolari caratteristiche: hot start,

Saldatura ad arco sommerso in tondo di componenti di centrale elettrica con impianto di saldatura montato su braccio automatico.



Saldatura MAG, il metodo più diffuso di saldatura per fusione, adatto per acciai (anche acciai al Cr-Ni) e nella versione MIG a gas inerti per alluminio.



FASCIO D'ENERGIA E FASCIO DI ELETTRONI

La piccola percentuale di materiale saldato con il processo TIG non corrisponde alla sua grande importanza. Indubbiamente, è poco usato per saldare acciai non legati, ma chi lavora con alluminio e acciai al Cr-Ni non ne può fare a meno. I moderni impianti sono molto finemente regolabili e anche, grazie all'attuale tecnica dei generatori di corrente, molto leggeri. Invece, la saldatura al plasma non ha

Maggiori prestazioni nella saldatura MAG meccanizzata con sistema in tandem e due fili-elettrodo che fondono contemporaneamente nel bagno.

un programma di riempimento dei crateri alla fine del cordone, o anche che al normale impulso se ne sovrapponga un altro più lento per la potenza dell'arco e l'alimentazione del filo, in modo da ottenere un cordone di aspetto simile a quello della saldatura TIG. Fronius definisce questi dispositivi specializzati come 'Alu Edition'.

La saldatura TIG indispensabile per realizzare tubazioni e apparecchiature.



corrisposto alle grandi aspettative, e può essere ritenuta una derivazione del processo TIG. I tecnici che volevano ottimizzare la saldatura ad arco cercano di ottenere, oltre a maggiori rese di fusione, anche una diminuzione della sezione dell'arco. A confronto con i sistemi a fascio d'energia non avevano però, e ancor oggi non hanno, alcuna possibilità. Da decine d'anni il fascio di elettroni viene utilizzato in grandi impianti per giuntare metalli con precisione e minima deformazione. Può saldare spessori fino a 200 mm circa e spessori inferiori: per esempio, nastri trimetallici per seghe di 0,7 mm di spessore. Il problema sono le forti spese di investimento, alle quali contribuiscono notevolmente i necessari impianti a vuoto. La variante 'non-vac', cioè nell'atmosfera, ha trovato interessanti campi d'impiego nell'industria americana dell'auto e viene adesso studiata anche in istituti di ricerca in Germania. La buona capacità di colmare i giochi del fascio di elettroni, che si espande alquanto





Un moderno impianto MIG pesa 30 kg ed eroga fino a 300 A di corrente di saldatura.

in aria, è di vantaggio nella preparazione del giunto.

SALDATURA A FASCIO LASER

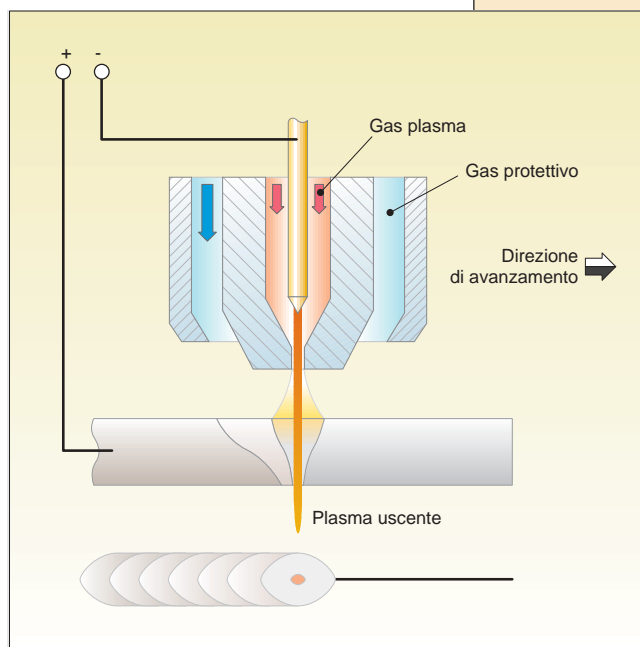
L'evoluzione delle sorgenti laser dal laser a gas CO₂ a quello Nd:YAG a stato solido fino al molto efficiente laser a diodi è una storia appassionante. L'impiego del laser in saldatura va ripensato. Non si tratta di applicare al pezzo da saldare un fascio laser invece di far scoccare l'arco. La concentrazione puntiforme dell'energia richiede la massima precisione nel preparare i lembi ed una guida precisa del fascio laser lungo il giunto. Se ciò non è realizzabile a causa delle tolleranze

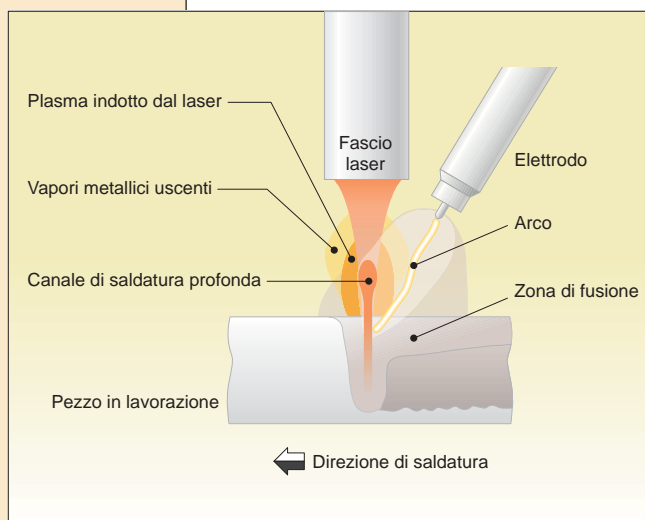
Saldature di precisione nella camera a vuoto da 11 m³ di un impianto di saldatura a fascio di elettroni.



dimensionali o di forma degli elementi da saldare, bisogna lavorare con un sensore di rilevamento del cordone. A tale scopo è stato messo a punto un sensore ottico, la cui telecamera segue e riprende il gioco dei lembi da saldare. Con la saldatura laser a punti (qui bastano laser Nd:YAG pulsati con 500 W di potenza media e punte di diversi kW) si possono giuntare lamiere sottili praticamente senza deformazioni. Se i punti di saldatura si susseguono e sovrappongono, si ottiene un 'cordone di saldatura' con minima deformazione. Un'altra applicazione è la saldatura a forte penetrazione, che utilizza gas reattivi, già noti dalla saldatura sotto gas. Negli ultimi anni si è ricorso a molta fantasia per trovare soluzioni applicabili per apparecchi a raggio laser 'posizionati a mano'. In una nuova soluzione con laser a stato solido e

Principio della saldatura al plasma a buco di chiave.





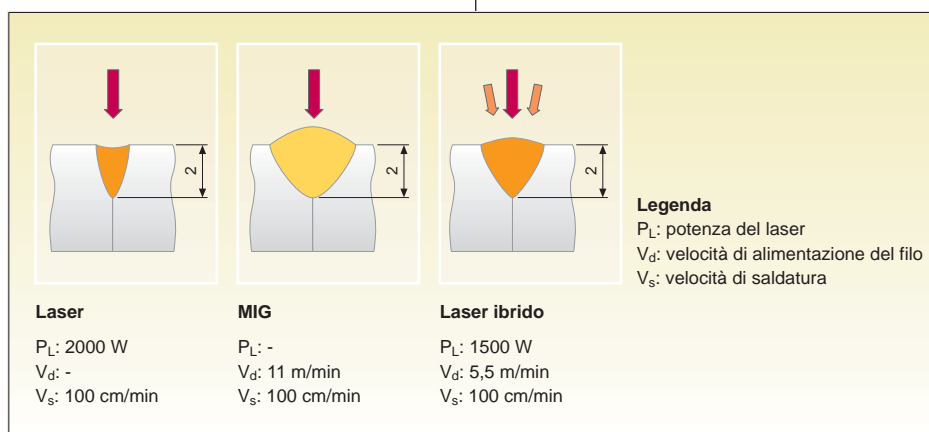
Rappresentazione schematica della saldatura laser ibrida (da H. Stauffer/Fronius).

trasmissione dell'energia via cavo alla saldatrice ottica a mano, uno dei rulli motori è molto vicino al sistema di trazione; sarebbe così possibile lavorare a velocità costante anche con piccoli raggi e su geometrie curve. Richiamiamo qui alcune applicazioni riuscite della saldatura a raggio laser. Ad esempio, la saldatura a sovrapposizione finora utilizzata per

velocità di 1 m/min; prima la giunzione veniva eseguita per laminazione e richiedeva numerose operazioni di molatura, adesso non più necessarie. È specialmente interessante ascoltare uno specialista sull'impiego della saldatura a raggio laser nelle auto dell'ultima generazione. Già nel 1986 la BMW se ne era servita su vasta scala per le vetture della Serie 3, per saldare la pelle del tetto alle fiancate. Attualmente, la saldatura al laser viene utilizzata con successo per la Serie 5. Sono stati depositati senza intoppi quasi 12 milioni di metri di cordoni di saldatura. Anche l'alluminio viene saldato al fascio laser; l'impianto relativo consiste in una sorgente laser al CO₂ da 9 kW con sistema flessibile di guida del fascio, robot e testa a saldare con sensore ottico.

ARCO ELETTRICO E FASCIO DI ENERGIA

Tutte le sorgenti di calore per saldare per fusione presentano vantaggi e inconvenienti. Dunque, perché non combinarle? Il fascio laser, che ha grande capacità di penetrazione, non può superare



giuntare lamiera di acciaio prima del magazzino di ingresso ad impianti di zincatura di nastri (per cui è richiesta un'alimentazione continua) è stata sostituita dalla saldatura di testa al laser; si evitano così difetti della banda zincata permettendo poi, in carrozzeria, di passare da una fase del processo all'altra senza difficoltà. Sono molto popolari le applicazioni per giuntare lamiera sottili sovrapposte. In impiantistica, si sono saldate lamiera trapezoidali a lamiera piane per ricavarne piastre per scambiatori di calore. Le piastre per scambiatori di calore possono venir realizzate in un altro modo: si saldano insieme due lamiera di acciaio al Cr-Ni lungo la periferia in punti predisposti; l'insieme viene poi 'gonfiato' idraulicamente per formare un cuscino. Giunti del genere sono, per il laser a CO₂ da 2kW, facili da eseguire. Un laser a diodi da 1,5 kW, montato sul braccio di un robot, serve invece a saldare acciaio al Cr-Ni alla

la distanza tra i lembi, che invece riesce all'arco MIG. Dalla combinazione dei punti di forza dei due procedimenti è nata la saldatura MIG-laser, nota in genere come 'saldatura laser ibrida'. Il laser ibrido viene già impiegato in alcune fabbriche di automobili per le portiere e il tetto della carrozzeria di vetture. Rispetto alla pura saldatura laser, questo processo supera molto meglio il gioco tra lembi, ha una migliore penetrazione e richiede minor potenza. Inoltre, si può agire metallurgicamente sul bagno di saldatura con il materiale d'apporto. Che però si tratti di indicazioni che necessitano di verifica è dimostrato dall'esempio di una portiera d'auto con 7 saldature MIG, 11 laser e 40 laser-ibride.

Per alcune immagini utilizzate, l'autore ringrazia Fronius Schweißmaschinen di Wels, Austria, rappresentata in Italia da Arroweld Italia.

Geometria del cordone ottenuto con diversi procedimenti a eguale penetrazione (P_L = potenza del laser; V_d = Velocità di alimentazione del filo; V_s = velocità di saldatura) (da H. Stauffer/Fronius).