



Foto ESAB

Una tecnologia in **evoluzione**

Lo sviluppo della saldatura attualmente si basa su tre direttrici: i materiali da saldare, l'impiego di automazione e robot e la riduzione dell'energia impiegata per i procedimenti. Dai molti contributi presentati alle Giornate Nazionali di Saldatura, organizzate dall'IIS, risulta evidente la continua evoluzione tecnologica e il ruolo sempre crescente dei processi

Le 'Giornate Nazionali di Saldatura', che si svolgono ogni due anni grazie all'organizzazione dell'Istituto Italiano della Saldatura - IIS e al contributo di numerosi sponsor, sono state riproposte per la quarta volta a fine ottobre come evento culturale di riferimento

nel mondo della fabbricazione dei prodotti saldati.

Accanto ai sei workshop dedicati a: **Strutture saldate di carpenteria in acciaio austeno-ferritico e in leghe di alluminio;** **Brasatura;**

Affidabilità degli impianti;

Sviluppi e tendenze dei processi di saldatura tradizionali;

Le nuove frontiere dei processi laser, SW e EB;

Materiali base e d'apporto di ultima generazione,

si sono svolti anche numerosi corsi e incontri tecnico commerciali che hanno affrontato le più attuali problematiche che interessano il mondo della saldatura.

Prima di presentare i contenuti di alcune relazioni lette nei workshop, innanzitutto una premessa.

Il mondo della saldatura si è dato, come altri comparti, una scadenza importante: Target 2020, un titolo scelto per indicare gli obiettivi di una ricerca internazionale volta a trarre l'applicazione del processo speciale 'saldatura' nella fabbricazione di prodotti industriali nel 2020. E sono stati individuati tre target fondamentali:

materiali progettati per essere saldabili: come parte di una completa integrazione della saldatura nel processo di fabbricazione;

riduzione di un terzo dei costi medi di saldatura ottimizzando la scelta dei processi, aumentando l'uso di automazione e robot, riducendo riparazioni e scarti;

riduzione del 50% dell'impiego di energia riducendo i volumi di saldatura, utilizzando processi a elevata efficienza e bassi apporti termici, limitando la necessità di pre e post riscaldi e di trattamenti termici.

Come opportunamente nota Mauro Scasso, autore della succinta ma penetrante monografia dedicata alla saldatura all'inizio del terzo millennio: "Gli intenti potrebbero apparire scontati, ma con un'osservazione più approfondita appare invece evidente che i propositi segnalati sono rivoluzionari e tali da richiedere una rilevante modifi-

ca dell'approccio alla realizzazione dei prodotti saldati, sia dal punto di vista tecnico che organizzativo.

Per quanto riguarda l'approccio tecnico, la difficoltà maggiore risiede nella metallurgia dei materiali, di regola elaborati per soddisfare requisiti progettuali sempre più avanzati, lasciando ai tecnici di saldatura la soluzione dei problemi di fabbricazione.

Al contrario, elettronica, informatica e sensoristica risolveranno gli aspetti riguardanti la costanza della qualità, i costi e i risparmi energetici.

Circa l'approccio organizzativo, l'impiego diffuso dell'automazione e dei processi di saldatura avanzati porterà l'acquisizione di conoscenze specifiche, parzializzando le competenze e attraverso percorsi formativi più specializzati".

STRUTTURE SALDATE DI CARPENTERIA IN ACCIAIO AUSTENO-FERRITICO E IN LEGHE DI ALLUMINIO

In questo workshop sono state presentate le relazioni:

Panoramica su applicazioni e problematiche legate all'impiego di acciai austeno-ferritici e di leghe di alluminio nelle strutture saldate di Stefano Botta, Francesco Masetti e Sergio Scanavino - IIS; Confronto tra saldatura Saw e laser applicate a strutture in duplex per ponti di Stefano Sorrentino, Maurizio Fersini, Giuliana Zilli - Centro Sviluppo Materiali Roma;

Resistenza a fatica di strutture saldate in acciaio austeno-ferritico di Paolo Ferro, Franco Bonollo, Alberto Tiziani -

DTG Università di Padova;

Impiego delle leghe d'alluminio nella costruzione di strutture civili di L. Ermini - Soc. Hermes e S. Mueller - IIS;

Approdo dell'alluminio nel campo delle macchine agricole: un esempio dell'incremento netto di efficienza di Daniele Furlani Soc. Caffini, Verona e Mario Volpone - IIS;

Resistenza a fatica di strutture saldate in leghe di alluminio Bruno Atzori e Barbara Rossi - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Università di Padova.

Gli interventi di S. Botta, F. Masetti S. Scanavino dell'IIS, di P. Pistoletti di Seteco, così come quella dei relatori del CSM di Roma, S. Sorrentino, M. Fersini, G. Zilli si sono riferiti alla costruzione dei ponti.

Per l'arco del ponte di Malizia (Figura 1) costituito da un tubo circolare di diametro esterno pari a 800 mm e spessore 35 mm in acciaio austeno-ferritico SAF 2304 le saldature longitudinali sono state eseguite con procedimento automatico ad arco sommerso con preparazione a X.

Le saldature cinconfenziali in officina e in cantiere e le altre saldature sia eterogenee sia omogenee sono state realizzate con elettrodi rivestiti.

Le precauzioni usate sono state in particolare: nessun preriscaldamento; $interpass \leq 150 \text{ }^\circ\text{C}$; elettrodi e flussi conservati in fornelli e forni a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ dopo l'apertura delle confezioni sigillate; rispetto dei parametri adottati in qualifica di procedimento. Sui giunti è stato eseguito il controllo della percentuale di ferrite in superficie zona fusa, che è

Figura 1. Arco del Ponte di Malizia (Siena), progetto dello Studio Seteco di Genova e dell'Ingegnere Raffaello Fontani del Comune di Siena. Campata unica, 50 m, su due appoggi in acciaio S355 J2 G1 W autopatinabile.

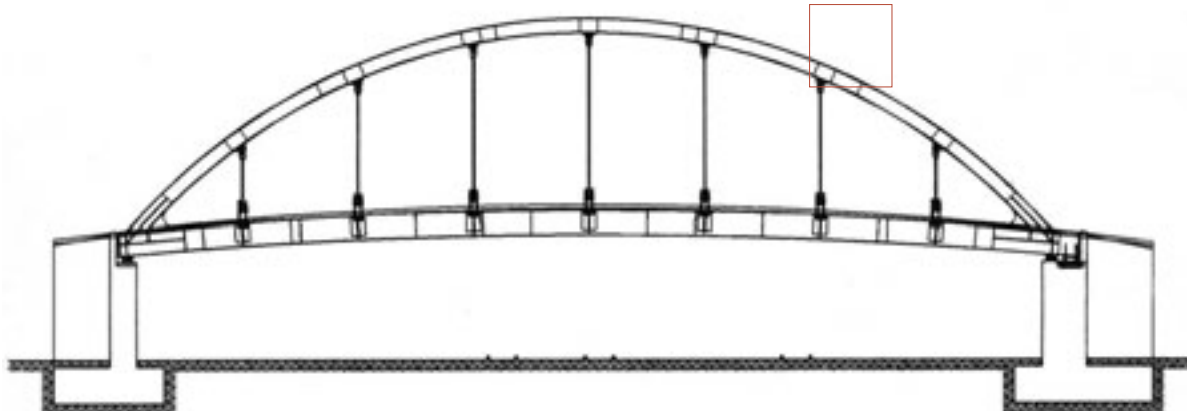




Figure 2 e 3. Alcuni particolari della costruzione e saldatura.

risultata compresa tra il 30 e il 70%, come richiesto.

Gli obiettivi della progettazione si proponevano di:

definire specifiche per procedure di saldatura ponti in acciaio inossidabile Duplex al fine di realizzare le prestazioni richieste da qualsiasi genere di struttura saldata;

valutare il comportamento meccanico in condizioni statiche e dinamiche (fatica) di alcuni giunti saldati critici, suffragandolo anche con l'analisi numerica; definire comportamento a rottura (ten-

so-corrosione, fatica-corrosione).

Tenendo presente che gli acciai Duplex sono stati a lungo considerati di non facile saldabilità, oggi si può affermare che questi acciai possano essere saldati con elevata affidabilità anche a livello industriale, e si è solo in attesa dei risultati della ricerca che ufficializzerà l'idoneità del Duplex per impalcati in acciaio soggetti a fatica, come le piastre ortrope (Figure 2 e 3). Nell'ambito di un progetto europeo, la relazione del CSM di Roma ha trattato la possibilità di sostituire la saldatura

longitudinale SAW dei rinforzi trapezoidali dell'impalcato di un ponte di grande luce con un giunto saldato con processo Laser-MIG (LB-GMAW).

Grazie all'utilizzo combinato della sorgente laser e dell'arco elettrico è stato possibile ottenere un giunto perfettamente penetrato con produttività elevata e minori preoccupazioni per la presenza d'imperfezioni nella preparazione del giunto.

I giunti saldati LB-GMAW mostrano una completa e costante penetrazione al rovescio che si presenta privo di

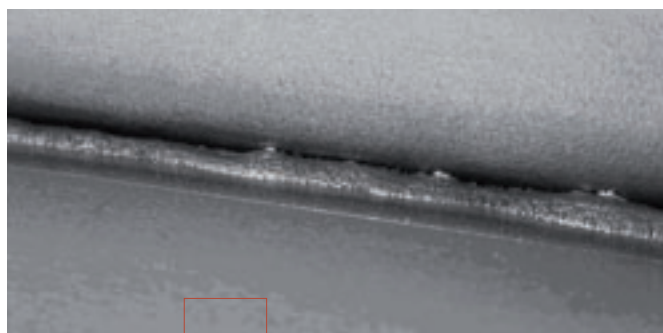


Figura 4. Aspetto del rovescio del giunto LB GMAW (UNS S32205, $v=1,20$ mm/min, $Q=0,77$ kJ/mm), dopo decapaggio del cordone.



Figura 5. Macrografia del giunto LB GMAW (UNS S32205, $v=1,20$ mm/min, $Q=0,77$, ER2209, attacco elettrolitico con acido osalico).

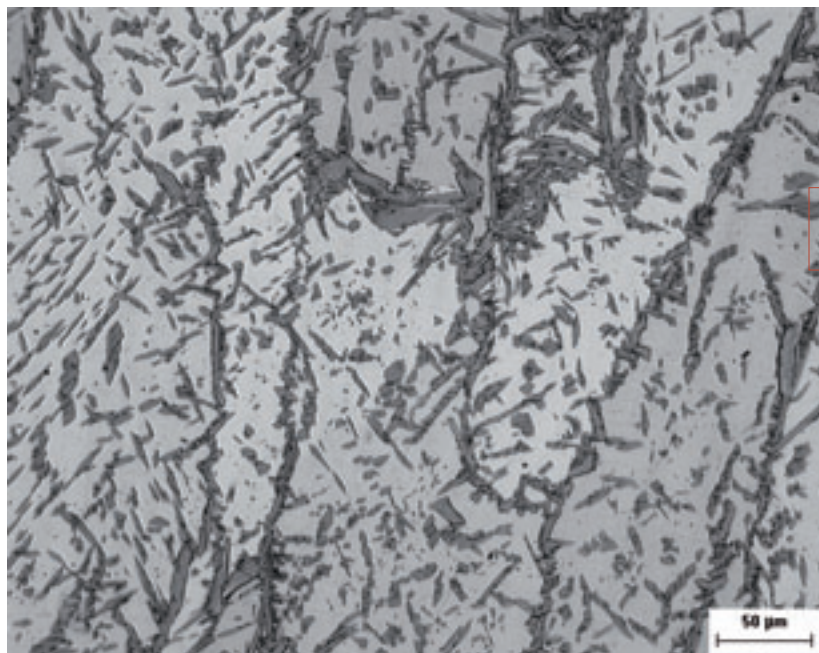
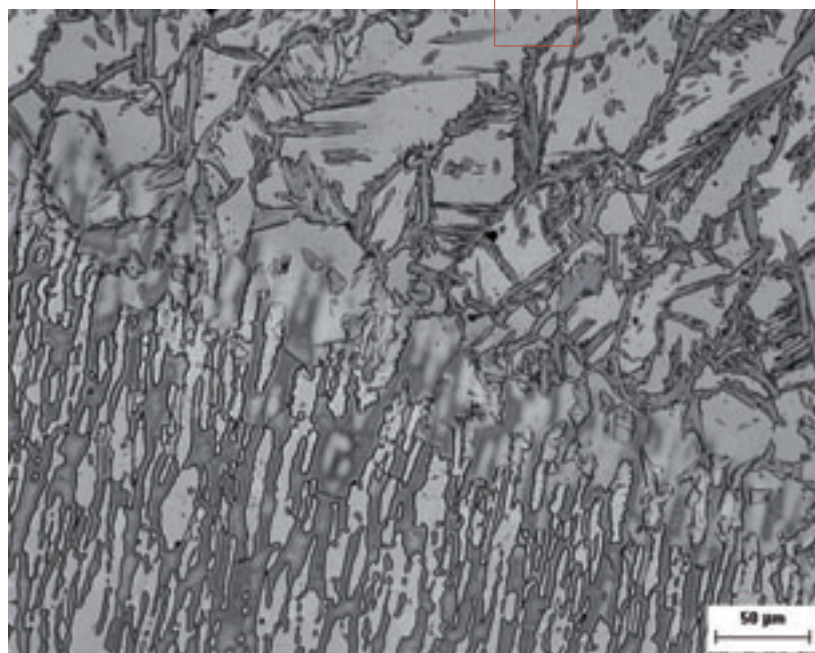


Figura 6. Microstruttura della ZF del giunto saldato con filo ER2209, (UNS S32205, $v=1,20$ mm/min, $Q=0,77$ kJ/mm), scuro austenite; chiaro ferrite; attacco elettrolitico con acido ossalico.

Figura 7. Microstruttura della ZTA (basso MB, alto ZF) del giunto saldato con filo ER2209, (UNS S32205, $v=1,20$ mm/min, $Q=0,77$ kJ/mm).



scaglia accentuata, nonostante l'assenza di protezione gassosa. Ciò è da attribuirsi alle piccole dimensioni del sovrametallo alla radice e alla veloce solidificazione (Figura 4).

La Figura 5 del giunto saldato con procedimento LB GNAW presenta al vertice e alla radice un sovrametallo convesso. Questa forma, visivamente non ottimale, è purtroppo il risultato di una procedura di saldatura messa a punto per conciliare molteplici esigenze e non è stato possibile, con l'impianto a disposizione, migliorare ulteriormente la forma del cordone senza peggiorare significativamente produttività e/o microstruttura del giunto.

All'osservazione al microscopio ottico, le uniche fasi presenti sono austenite e ferrite, non vi sono evidenze di fasi fragili (σ , X eccetera) né di carburi (Figura 6 e 7).

Per quanto attiene alla resistenza a fatica, il contributo del DTG dell'Università di Padova ha evidenziato l'effetto della composizione chimica e il contributo indotto dall'ambiente di esercizio sulla resistenza ai carichi ciclici nelle giunzioni saldate in acciaio austeno-ferritico.

In termini di fatica ad alto numero di cicli non si sono osservate significative variazioni rispetto ad altre tipologie di acciai in quanto il fattore geometrico sembra mascherare l'influenza del

materiale. Tuttavia, in caso di rasatura dei campioni saldati testa a testa, la resistenza a fatica dei Duplex risultava superiore a quella dell'acciaio austenitico. Alcuni test di fatica sono stati effettuati sia su campioni intagliati di metallo d'apporto (SAF 2208), per determinare la velocità di propagazione della cricca, sia su giunti a croce per la determinazione delle curve S-N (Figura 8).

L'impiego di leghe d'alluminio per la costruzione di una macchina per l'agricoltura (Figura 9) è stato scelto dalla società Caffini di Palù per un'uni-

tà altamente automatizzata atta alla distribuzione polverizzata di fitofarmaci su colture a pieno campo.

La macchina consiste di due bracci o barre articolate ed estensibili che, in opera, si proiettano lateralmente sui due lati del mezzo agricolo in posizione orizzontale e a sbalzo (Figura 10). Il vantaggio dell'impiego di leghe d'alluminio risiede nel fatto che, pesando meno, si può incrementare la lunghezza dei bracci e quindi in una singola corsa il mezzo 'copre' una larghezza di campo maggiore, dunque maggiore efficienza economica, maggiore sta-

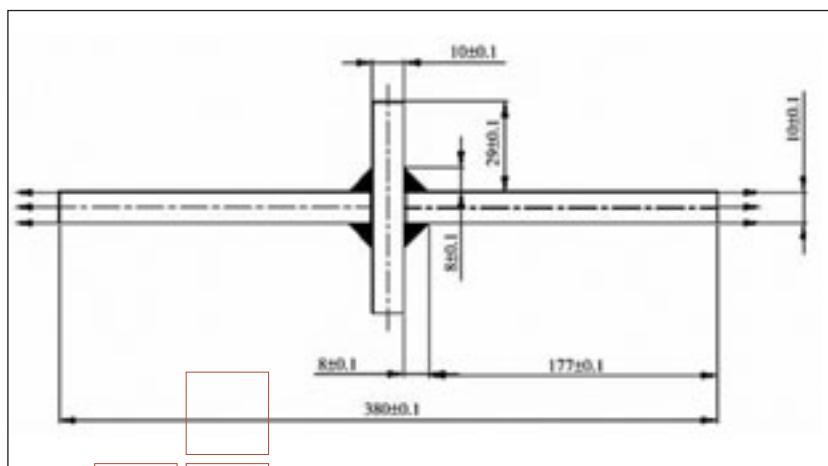


Figura 8. Geometria dei campioni per le prove di fatica.

bilità dinamica durante la sua andatura e minor manutenzione, in quanto non produce ruggine (Figura 11).

LA BRASATURA

Nelle relazioni presentate in questa sezione i temi esaminati hanno trattato diversi argomenti:

L'uso innovativo del basso apporto termico in saldatura (Giancarlo Rutili - IIS, Gimmi Lorenzin - Arroweld);

L'indurimento delle superfici tramite depositi di carburi di tungsteno per contrastare l'abrasione sui particolari meccanici (Mauro Azzoni - Salteco);

Le giunzioni testa-testa di conduttori

raffreddati col metodo del riscaldamento a induzione (relazione di AGS Superconductors);

L'impiego di un induttore elettromagnetico quale sorgente termica (Massimo Morlotti - Casram e Mario Volpone - IIS);

L'unione di lamiere di materiali metallici diversi tramite arco voltaico (Jean Pierre Bergmann - Jenoptik, Johannes Wilden e Sebastian Reich - Università Illmenau e Sven Goecke - EWM Welding).

Per l'uso innovativo del basso apporto termico in saldatura, Gimmi Lorenzin ha illustrato la sperimentazione con-

dotta dall'Arroweld con il processo CMT (Cold Metal Transfer, trasferimento di metallo a freddo), una nuova tecnica sia per quanto riguarda l'apparecchiatura, sia per l'applicazione. Il processo CMT non è solo un processo completamente nuovo, ma consente ambiti applicativi sinora impensabili, quale ad esempio è la saldatura di acciaio e alluminio, finora non possibile. La sperimentazione Arroweld condotta nel laboratorio Processi Speciali di Saldatura dell'IIS era inerente al 'cladding' (con leghe a elevata resistenza alla corrosione) e alla brasatura di spessori sottili. Con questo processo ciò che cambia, a confronto con il processo GMAW, è l'apporto termico rispetto al caratteristico arco corto conosciuto, vale a dire che la corrente di corto circuito è veramente molto bassa e l'altezza del cordone realizzato in relazione alla larghezza dello stesso diventa rilevante.

Con il processo ad arco corto tradizionale è l'elevata intensità di corrente durante la fase di corto circuito che produce la fusione del filo e l'apertura successiva dell'arco. La fase di fusione e la seguente apertura dell'arco produce il trasferimento di metallo: fenomeno che avviene in modo poco controllato e conseguentemente con una elevata quantità di spruzzi di metallo fuso. Nel processo CMT la cor-

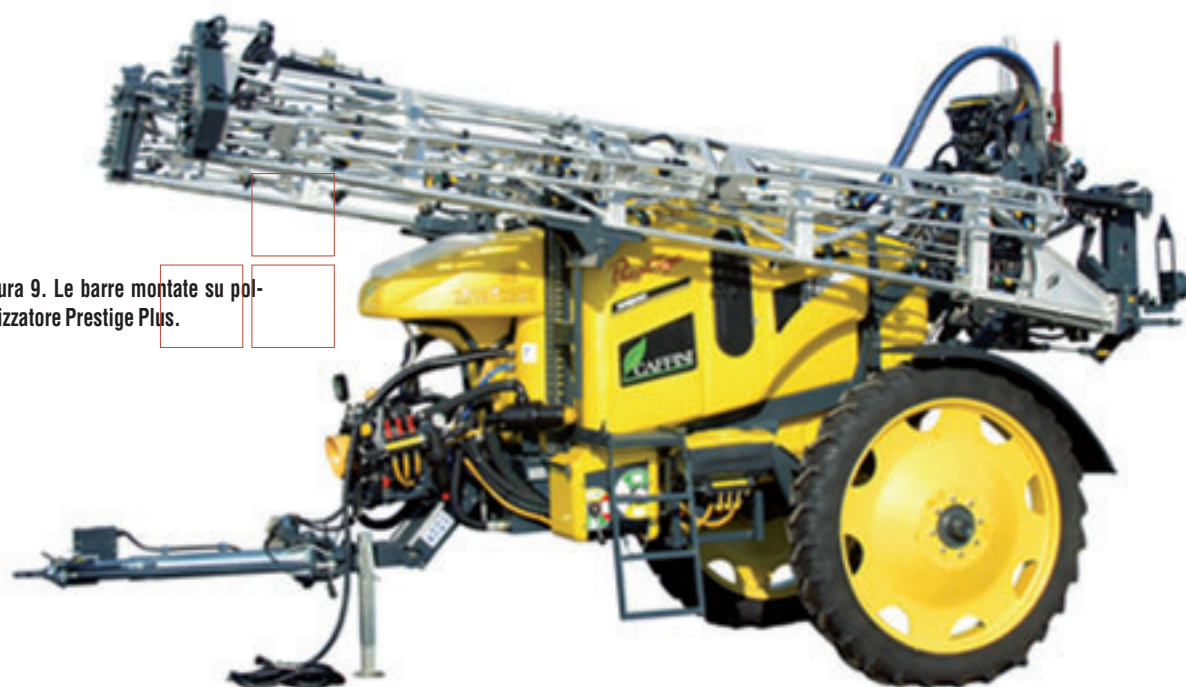


Figura 9. Le barre montate su polverizzatore Prestige Plus.



Figura 10. Barra in posizione di utilizzo.

rente durante la fase di corto circuito può essere mantenuta a un livello molto basso, inoltre la riapertura dell'arco avviene attraverso il movimento di allontanamento del filo, in modo perfettamente controllato. Questa gestione produce una saldatura brasatura pressoché senza spruzzi, in presenza di una sostanziale riduzione dell'apporto termico: con ciò si realizza anche l'azzeramento delle costose attività di pulizia dei pezzi dagli spruzzi di metallo fuso.

Mauro Azzoni di Salteco nella sua memoria ha analizzato la tipologia delle fasi dure da impiegare nei depositi di brasatura contro l'abrasione che, come noto, rappresenta una delle forme più significative che si manifestano sui particolari meccanici per l'azione delle particelle dure che si muovono parallelamente alle superfici, sotto l'effetto di pressioni più o meno significative.

Con il sistema del deposito, attraverso brasatura, di carburi di tungsteno quale mezzo antagonista dell'abrasione, si rendono le superfici interessate più dure delle particelle che generano l'abrasione o, quanto meno, si capovolge il rapporto tra la durezza dell'abrasivo e quella del metallo interessato.

SVILUPPI E TENDENZE DEI PROCESSI DI SALDATURA TRADIZIONALI

Il variegato panorama dell'innovazione dei processi tradizionali è basato su aggiornamenti e sviluppi tecnologici (generatori, impianti), metallurgici

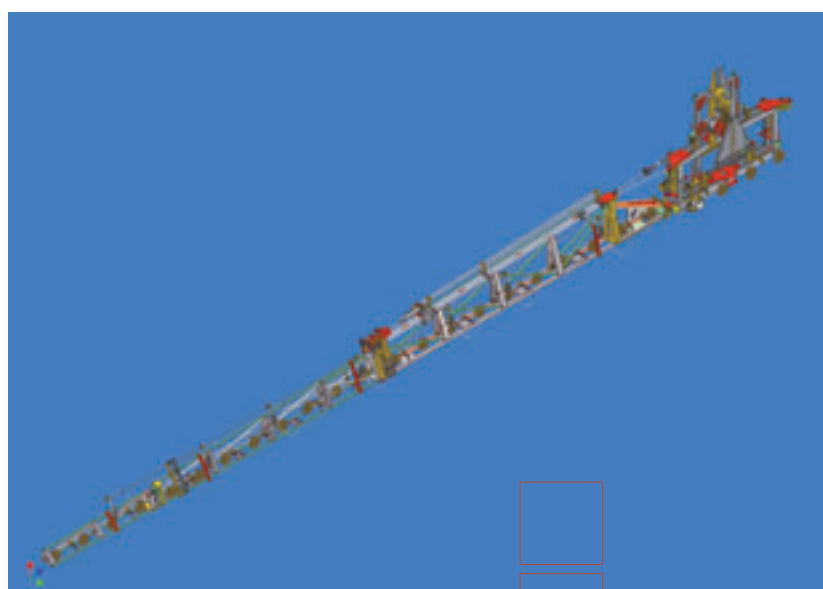


Figura 11. Disegno d'insieme di una delle due barre del polverizzatore.

(consumabili e fenomeni coinvolti nella saldatura) e sulla innovazione propriamente detta (cioè basata su concetti nuovi), e in questo panorama si inseriscono diverse relazioni, oltre a una rassegna delle applicazioni più recenti letta da Luca Costa dell'IIS: La saldatura in arco sommerso Tandem Twin presentata dal gruppo Esab (Svezia e Italia);

Il processo Synchronised Tandem Wire Welding applicato alla saldatura di lamiere strutturali illustrato da Maurizio Fersini e Susanna Matera del Centro Sviluppo Materiali di Roma;

I generatori AC/DC con il controllo della forma d'onda: l'innovazione nella saldatura ad arco sommerso a cura di Giovanni Pedrazzo e Carmela Andrea

Barone della Lincoln Electric Italia e da Gianluca Rutili -Istituto Italiano della Saldatura;

L'applicazione del processo di saldatura ad elettroscoria per la placcatura interna di apparecchi a pressione (Fausto Feroni, Michele Musti, Nicola Maestri di Belleli Energy C.P.E. Mantova, Marcello Mandina -Istituto Italiano della Saldatura e Carlo Canepari);

Il procedimento di saldatura TIG Keyhole: una valida alternativa per la giunzione di materiali pregiati (Laurie Jarvis, CSIRO Adelaide Australia e Carlo Rosellini -Istituto Italiano della Saldatura).

In collaborazione con i maggiori produttori di torri eoliche, Esab ha realizzato una specifica combinazione di

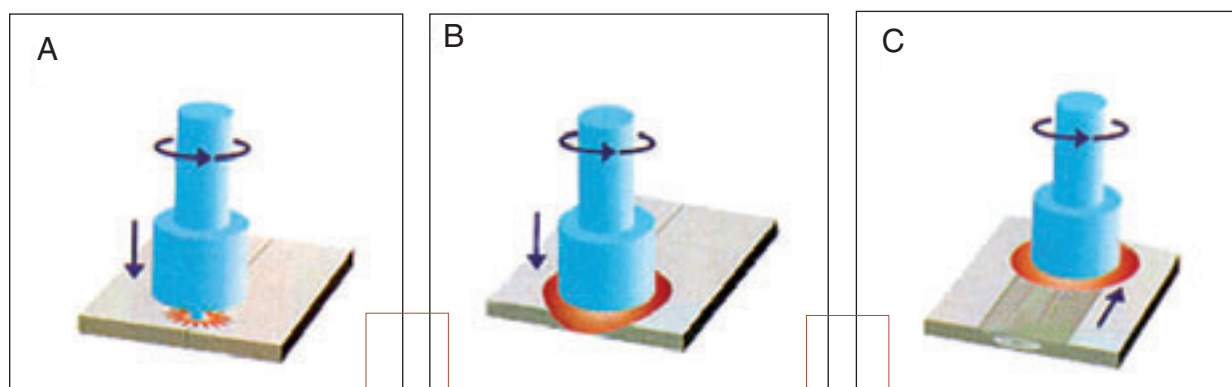


Figura 12. Fasi del processo Friction Stir Welding (FSW).

materiali di consumo e impianti dedicati alla saldatura in arco sommerso denominato Tandem Twin.

Sebbene la saldatura nella produzione di torri eoliche sia solo uno dei tanti passaggi produttivi necessari alla realizzazione della torre, essa risulta cruciale per ottenere il successo di questo tipo di produzioni, se si considera che il 'peso' della saldatura varia dai 700 ai 1500 kg per ogni singola torre, per strutture che possono arrivare a pesare anche 100 t.

Basato sulla combinazione della tecnologia Tandem (due distinte torce nel medesimo bagno di saldatura per ottenere alti depositi) con la tecnologia Twin Arc (due fili in una singola torcia di saldatura per ottenere alte velocità di deposito), il Tandem Twin sfrutta la combinazione della tecnologia Tandem e quella di Twin Arc, entrambe in arco sommerso.

Il Tandem prevede due distinte teste di saldatura in sequenza, ognuna con il suo generatore, una vicina all'altra, la prima in corrente continua e la seconda in corrente alternata, i cui rispettivi bagni di saldatura sono così vicini e uniti da risultare un unico bagno. Già da sola questa tecnologia garantisce, a parità di diametro e tipologia di filo, tassi di deposito circa doppi rispetto a un filo singolo, sempre in arco sommerso. Il Twin Arc, invece, prevede che in una singola torcia di saldatura si trovino due fili distinti ma elettrificati dal medesimo generatore. Se si valuta che un filo pieno da 4 mm di diametro ha una sezione inferiore a quella di 2 fili da 2,5 mm di diametro, intuivamo che sarà possibile utilizzare correnti di saldatura legger-

mente più alte o che a parità di correnti otterremo velocità di saldatura più alte.

L'adozione di sistemi di generatori di potenza basata sull'uso di inverter di ultima generazione a elevata efficienza, unitamente a un controllo della forma d'onda sia per quanto riguarda la frequenza e la durata del periodo nonché il rapporto tra le semionde positive e negative, fanno sì che si possano concepire processi di giunzione con esecuzione mista AC/DC. È proprio questo l'aspetto preso in considerazione dalla relazione presentata da Lincoln Electric: Giovanni Pedrazzo, Carmela Andrea Barone e Gianluca Rutili dell'IIS che illustra come regolando opportunamente i parametri che controllano la forma dell'onda si possano ottenere risultati interessanti e misurabili in termini di produttività, forma del cordone e penetrazione, apporto termico e distorsioni.

Questa tecnologia è stata applicata con successo in diversi comparti industriali per la saldatura di recipienti in pressione su un'ampia gamma di materiali e spessori, per la saldatura di strutture e carpenteria pesante, per la saldatura di tubazioni per il trasporto di gas e tubazioni per applicazioni strutturali.

LE NUOVE FRONTIERE DEI PROCESSI LASER, FSW E EB

Nel settore dei processi 'ibridi' (che afferiscono a sorgenti di saldatura basate su principi fisici diversi) si sono registrate importanti novità e sviluppi molto interessanti provengono dai processi di giunzione allo stato solido.

Un ruolo primario va comunque riservato al processo forse più promettente: la 'Friction Stir Welding', processo brevettato dal TWI, a cui è dovuta la sua introduzione e la successiva industrializzazione, sulla base di corpi programmi di sviluppo e ricerca condotti con ampie collaborazioni su scala internazionale.

Nel workshop 'Le nuove frontiere dei processi', proprio a questo processo erano dedicate tre delle relazioni che comprendevano:

Recenti sviluppi nei processi di saldatura ad energia concentrata e Friction Stir Welding (Marcello Consonni e Dave Harvey -TWI Cambridge);

Friction Stir Welding sui pannelli sandwich acciaio/alluminio (Stefanie Mueller e Luis Mario Volpone -IIS);

Viblade: Friction Stir Welding per materiali plastici (Agostino Scialpi, Mike Troughton e Scott Andrews -TWI, Luigi De Filippis -DIASS Politecnico di Bari);

Applicazioni delle nuove sorgenti laser in fibra alla lavorazione di acciai altoresistenziali per il settore automotive (Eduardo Capello, Daniele Colombo, Barbara Previtali -SITEC Politecnico di Milano);

Panorama sulle applicazioni laser nel campo aeronautico (Mauro Penasa -RTM);

Saldatura circonferenziale di tubi per gasdotti mediante tecnologia ibrida con trasporto del fascio laser in fibra (Maurizio Fersini, Giuseppe Demofonti, Stefano Sorrentino, Elisabetta Meccozzi-Centro Sviluppo Materiali Roma).

Il processo noto come Friction Stir Welding (FSW), può essere schematicamente rappresentato secondo la Fi-

gura 12. Nel riquadro A un utensile cilindrico composto di due diametri diversi viene posto in rotazione e sotto carico assiale a contatto col materiale da saldare in corrispondenza della linea di giunzione. Per effetto dell'attrito, la porzione di materiale sottostante si riscalderà al punto tale che il materiale diventerà plastico.

Successivamente (riquadro B), un aumento del carico assiale fa sì che l'utensile penetri all'interno dello spessore del materiale, il diametro maggiore dell'utensile si appoggia sulla superficie fungendo da 'tappo' e aggiungendo altro attrito.

Raggiunto un quadro ottimale (riquadro C), l'utensile trasla lungo la linea di contatto lasciando dietro di sé un giunto uniforme e compatto, composto da una successione di fini scie di materiale 'spalmato'.

Questa nuova tecnologia si è rilevata subito molto interessante per l'aerospaziale in cui più che alla saldatura si ricorre alla rivettatura.

MATERIALI BASE E D'APPORTO DI ULTIMA GENERAZIONE

In questa sessione le relazioni riguardavano:

Caratteristiche, applicazioni e saldabilità del nuovo acciaio inossidabile Lean Duplex LDX 2101 di Fredrik Hägg, Martin Laréen-Avesta Welding e Pierangelo Bonalumi - Böhler Thyssen Saldatura; Materiali d'apporto per la saldatura di serbatoi LNG in acciaio al 9 % nickel di Stefano Angelotti e Peter van Erk - Lincoln Electric Italia e Lincoln Electric Europe; La riparazione di getti in acciaio 12Cr-Mo-Ni-V per impieghi ad alta temperatura: saldatura in regime austenitico e martensitico per differenti stati di fornitura del materiale di Mauro Forno - Ansaldo Energia e Marcello Mandina - IIS;

Acciai basso legati per la produzione di energia: i giunti dissimili di G.Cumino, S. Caminada-Tenaris Dalmine, G.Rutili - IIS, A. Bertoni - Air Liquide Welding Verona, C. Choviet - Air Liquide CTAS;

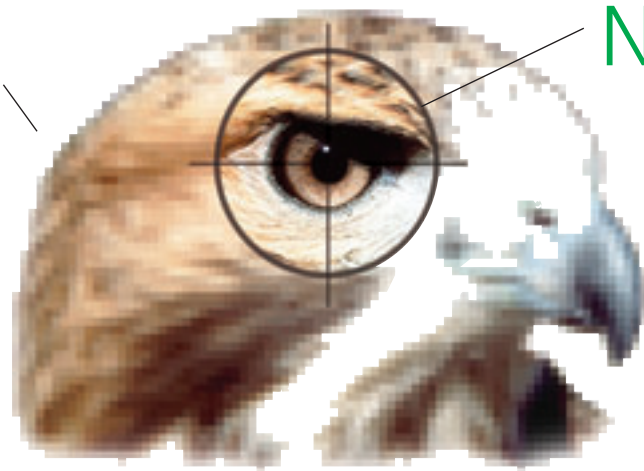
Applicazione industriale per la nastra-

tura ad alto rendimento con acciai austenitici ad alto tenore di molibdeno di Luca Possenti e Adriano Volpi - ATB Riva Calzoni Roncadelle, Gabriele Gallazzi - Esab Saldatura.

Questa ultima relazione ha trattato gli aspetti relativi all'esecuzione di un riporto inossidabile Tp.317L, con analisi garantita a 3.2 mm di profondità nello spessore depositato, eseguito con procedimento elettroscoria su materiale 2,25Cr 1Mo 0,25V. Più specificatamente è stato descritto l'esecuzione di un riporto 'bistrato' di cui il primo eseguito con nastro 90x0.5 mm tipo 24.13L (EQ309L) e il secondo strato, con nastro delle stesse dimensioni, in 19.13.4L (317L) utilizzando per l'esecuzione di entrambi il flusso ad alta velocità e alta densità di corrente. Tale procedimento, rispetto alle normali applicazioni di riporto a nastro (elettroscoria con flussi tradizionali), permette di abbassare i tempi di realizzazione del riporto di saldatura, garantendo una eccellente qualità volumetrica e metallurgica.

readerservice.it n.26

Gli Altri.



Noi.

1958 - 2008
Vision
ENGINEERING

www.visioneng.it

+39 02 6129 3518

readerservice.it n.20329

Quando la precisione è essenziale, i sistemi di misura Hawk® raggiungono sempre l'obiettivo.

A differenza degli altri sistemi di misura, Hawk garantisce immagini ottiche reali con un'ineguagliabile precisione e ripetibilità. La tecnologia Dynascope di Hawk consente, infatti, la valutazione visiva e la misura di complessi particolari a basso contrasto. Nero su nero? Bianco su bianco? Non ci sono problemi.

Le vostre misurazioni saranno accurate e ripetibili. Questo è Hawk.

Chiamate oggi stesso per una dimostrazione gratuita.

Dopo tutto, a cosa serve un sistema di misura se non è preciso?

