Istituto Italiano della Saldatura - Lungobisagno Istria, 15 - 16141 Genova (Italia) - Tariffa R.O.C.: "Poste Italiane SpA- Sped. A.P.-D.L.353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n.46) art.1 comma 1, DCB Genova" Tassa Pagata - Taxe Perçue ordinario - Contiene IP Bimestrale Gennaio-Febbraio 2008 ISSN:0035-6794

RIVISTA ITALIANA della SALDATURA

1948 - 2008
60° anno di pubblicazione

Organo Ufficiale dell'Istituto Italiano della Saldatura - anno LX - N. 1 * 2008

Numero 1
2008

In questo numero:

Panorama sulle applicazioni laser nel campo aeronautico

Panoramica su applicazioni e problematiche legate all'impiego di acciai austeno-ferritici e di leghe di alluminio nelle strutture saldate

Acciai basso legati per la produzione di energia: i giunti dissimili

Didattica
Qualificazione e verifica dei prodotti per il controllo con liquidi penetranti

Tecnologia ESAB per i serbatoi sferici costruiti da Paresa SpA in Kuwait

SIAD Metal Fabrication:
uno strumento, molti servizi.

themagenzia.it

L'innovazione, le competenze tecniche e l'elevato know-how nel settore dei gas da saldatura e taglio, hanno portato SIAD ad ottenere una riconosciuta posizione di leadership. Da oltre 80 anni il team Metal Fabrication si dedica alla ricerca ed alla produzione, secondo i più elevati standard qualitativi, per offrire prodotti certificati ed una gamma di servizi adatti a soddisfare ogni tipo di esigenza.
SIAD Metal Fabrication: uno strumento, molti servizi.

SIAD S.p.A.
Gas, tecnologie e servizi per l'industria.

www.siad.com

SIAD

COMMERSALD

MATERIALI DI APPORTO

SINCERT
CERMET
SISTEMA DI GESTIONE CERTIFICATO
REG. N. 141
UNI EN ISO 9001:2000

azienda con sistema qualità certificato secondo UNI EN ISO9002-94 per il commercio di materiali di apporto per saldatura

KOY® COMMERSALD
MATERIALI E IMPIANTI PER SALDATURA

IMPIANTI PER SALDATURA

Saldatrici PTA
Movimentazioni cartesiane per saldatura
Preriscaldatori a induzione
Svolgitori turet per robotica
Affilatrici per elettrodi TIG

Commersald Spa - Via Bottego, 245 - Cognento 41010 Modena - Italy
Tel. 059/348411 - Fax 059/343297
www.commersald.com - info@commersald.com

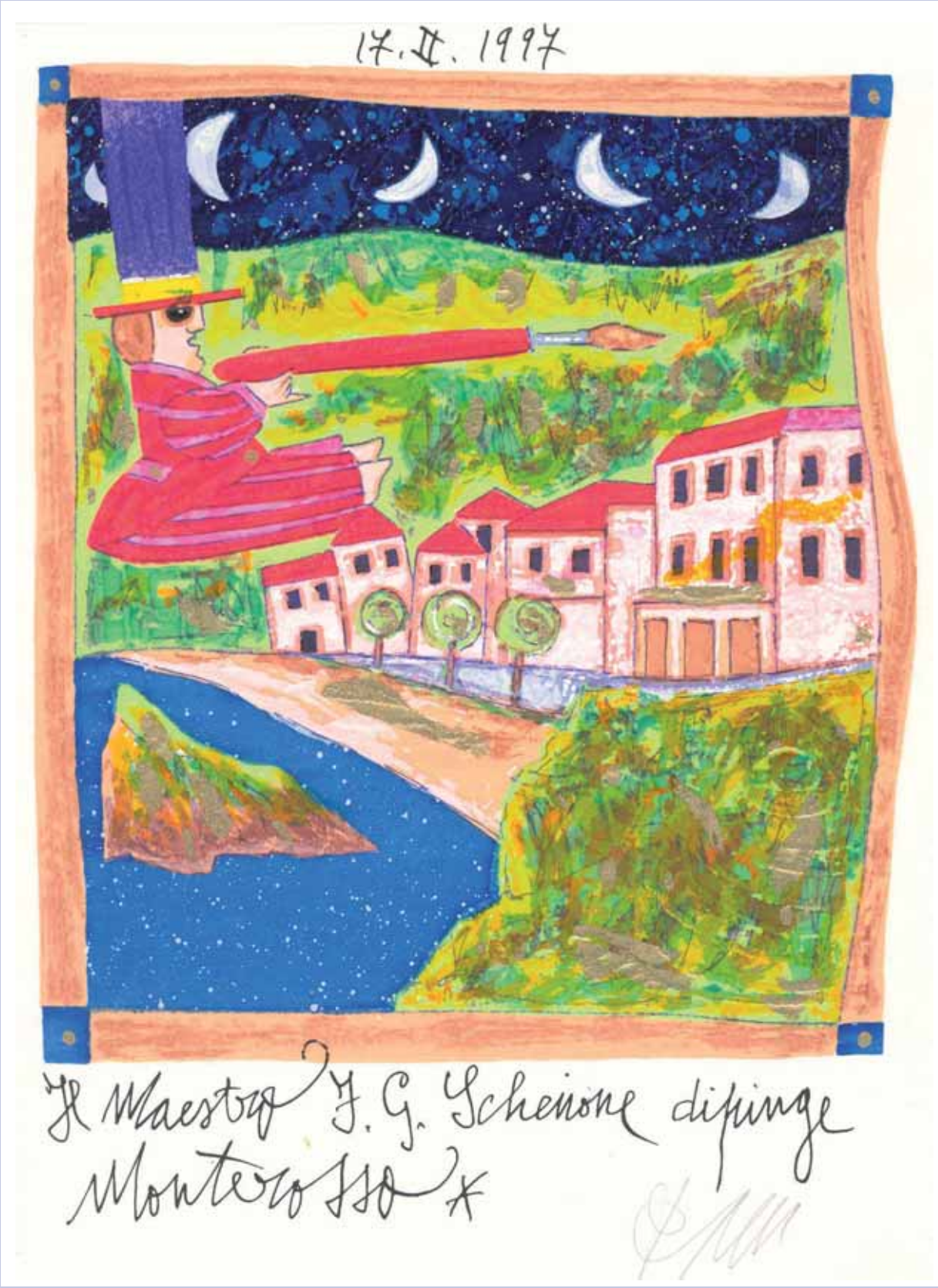
Datemi
Conarc® One
e vi salderò il mondo

25° LINCOLN ELECTRIC ITALIA

Lincoln Electric Italia Srl
Via Fratelli Canepa, 8 - 16010 Serra Riccò - Genova
Tel. +39 010 754 11 20 - Fax +39 010 754 11 50 - E-mail: infoit@lincolnelectric.eu

www.lincolnelectric.eu

“Cerchiamo di rendere migliore il vostro lavoro e la vostra vita.”



DELVIGO COMMERCIALE Supporti ceramici per la saldatura
MATAIR Forni, aspirazione e riciclaggio dei flussi
CETh, trattamenti termici

DELVIGO COMMERCIALE Loc. Cerri, 19020 Ceparana di Follo SP
Tel. 0187931202 fax 0187939094 e-mail info@delvigo.com www.delvigo.com

200.000 volte informati

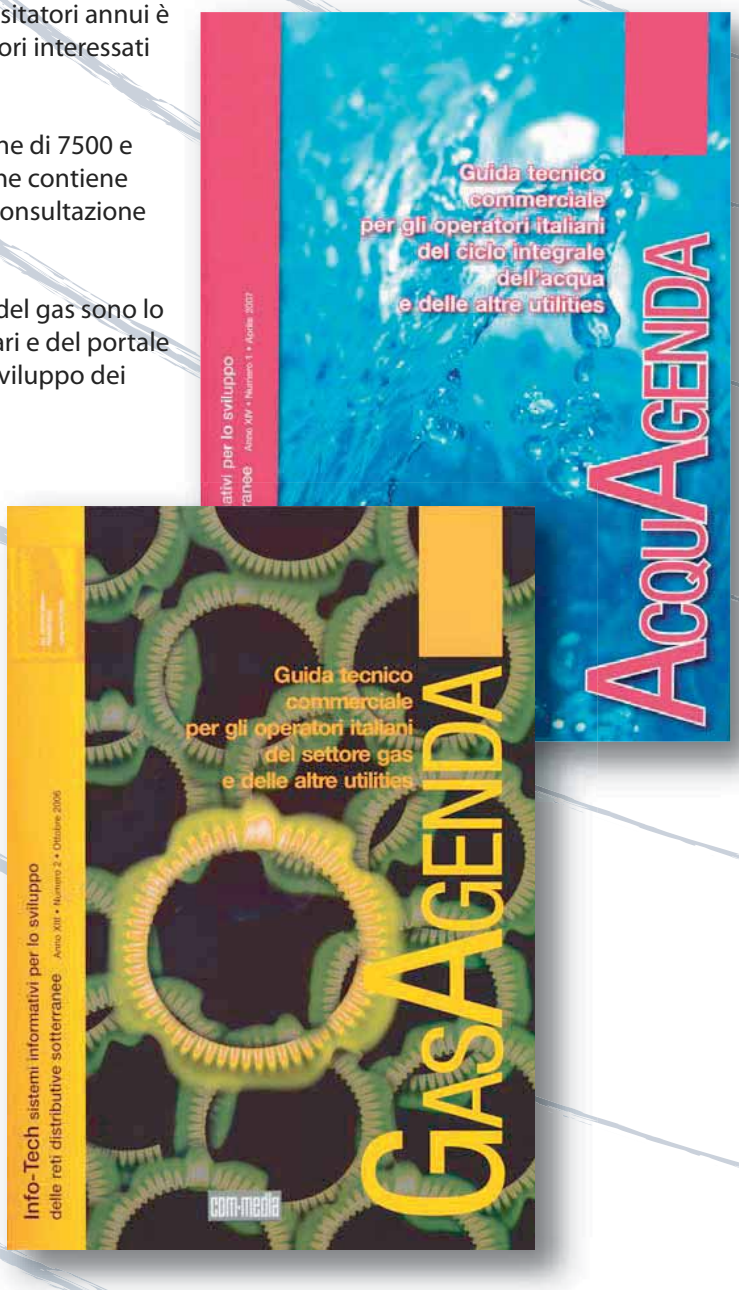
Il sistema di informazione e di marketing messo a punto da Com-Media S.r.l. per lo sviluppo dell'industria idrica e del gas viene utilizzato ogni anno da oltre 200.000 operatori italiani ed esteri

Il portale internet www.watergas.it con oltre 200.000 visitatori annui è lo strumento di informazione e lavoro per tutti gli operatori interessati allo sviluppo dell'industria dell'acqua e del gas in Italia;

Gli annuari AcquAgenda e GasAgenda con una diffusione di 7500 e 5000 copie rispettivamente, sono la versione stampata che contiene tutti i dati presenti sul portale www.watergas.it per una consultazione rapida e sempre disponibile;

Le banche dati dei gestori italiani dell'industria idrica e del gas sono lo strumento per trasformare la visibilità offerta dagli annuari e del portale internet in programmazione dell'attività di marketing e sviluppo dei contatti.

700 aziende che offrono prodotti e servizi per la progettazione, costruzione e gestione delle reti e degli impianti per l'industria dell'acqua e del gas già utilizzano gli strumenti del sistema informativo di Com-Media per mantenere o attivare i contatti con i propri clienti attuali e potenziali.



La tua azienda è già presente nell'elenco dei "Prodotti e Fornitori" di www.watergas.it ?
Inserire i dati di contatto della tua azienda e abbinarli alle categorie dei prodotti offerti è facile, libero e gratuito.

La tua azienda è già presente sugli annuari di Com-Media o ha mai usato i censimenti dei gestori delle reti idriche e gas?
Questi e altri strumenti per dare visibilità alla tua azienda e per creare le condizioni favorevoli allo sviluppo della tua attività commerciale sono disponibili a tariffe particolarmente convenienti.

watergas.it

LA COMUNITA' ON LINE DEI TECNICI PROFESSIONISTI DELL'INDUSTRIA ITALIANA DEL GAS E DELL'ACQUA

Com-Media S.r.l. - via Serio, 16 - 20139 Milano (MI) - Tel. 02 56810171- Fax 02 56810131 - info@watergas.it - www.watergas.it

GILARDONI

NEXUS : Rilevatore ultrasonoro multicanale basato su scheda US / PCI

RADIOSCOPIA INDUSTRIALE : Impianti con intensificatori di brillanza,catena televisiva e sistema di movimentazione pezzi automatizzato; gli impianti utilizzano apparecchi radiologici ad alta frequenza.

UWG 1000: Piattaforma flessibile e modulare per controlli non distruttivi ultrasonori.

DG51 - DG51B: Rilevatori utrasonori di nuova generazione con elevata capacità di memorizzazione.

Sonde utrasonore: sonde dritte a contatto, doppie dritte, ad immersione angolate, sonde speciali.

Rilevatori RDG 450/500: Serie di rilevatori ultrasonori portatili digitali ad elevata affidabilità.

MHF: Impianti ad alta frequenza da 200 KV e 300 KV con monoblocco raffreddato a gas, peso contenuto con fascio direzionale o panoramico.

CHF: Sistemi radiologici ad alta frequenza da 160, 225, 320, 350 e 450 kV per scopia, grafia e dosimetria; gestibili a Pc tramite porta seriale.

NDT SCANNER: Impianto per ispezione a raggi-X per alta produttività con array lineare

CSQ IQNet ISO 9001:2000

Direzione e stabilimenti: Via Arturo Gilardoni, 1
23826 Mandello del Lario (LC) - Italy
tel. (+39) 0341 - 705.111
fax (+39) 0341 - 735.046
e-mail: gx@gilardoni.it www.gilardoni.it

GILARDONI

mcm days

Mostra Convegno della Manutenzione Industriale.

L'APPUNTAMENTO PER I PROFESSIONISTI DELLA MANUTENZIONE

Manutenzione predittiva e diagnostica

Con le odierne tecniche di monitoraggio e di diagnostica, si procede ad acquisire tutte le informazioni possibili sullo stato di salute delle macchine e dei processi al fine di:

- individuarne sul nascere i difetti,
- seguirne la loro evoluzione nel tempo
- programmare con il corretto anticipo (e la giusta flessibilità) le azioni correttive necessarie.

Con la manutenzione predittiva si riducono le perdite di produzione per stop indesiderati agli impianti, e per l'esecuzione di interventi non necessari; si aumenta la vita residua di macchinari e componenti; si riducono i costi di manutenzione e si risparmia sui costi energetici.

La giornata di Milano farà il punto sulle varie tecniche diagnostiche, presentando *case histories* di manutenzione insieme a workshop tecnico-formativi delle più importanti aziende.

Manutenzione & Diagnostica

3ª Edizione

Milano, 17 Aprile 2008 - Crowne Plaza Hotel

Ingresso gratuito per gli operatori professionali, buffet e coffee break offerti dagli sponsor

www.mcmonline.it/days

Media Sponsor Ufficiale

Manutenzione

Edit by THOMAS Industrial Media

Organizzato da EIOM

con il Patrocinio di Associazione Italiana Manutenzione A.I.MAN.

MEDIAPOINT & COMMUNICATIONS

rappresenta all'estero la RIVISTA ITALIANA della SALDATURA

If you are interested in advertising on RIVISTA ITALIANA della SALDATURA please get in touch with

MEDIAPOINT & COMMUNICATIONS

MEDIAPOINT&COMMUNICATIONS SRL
Corso Buenos Aires 8 - Corte Lambruschini, 5° piano, interno 7 - 16129 Genova
Tel. 010.5704948 (3 linee r.a.) Fax 010.5530088 - info@mediapointsrl.it
www.mediapointsrl.it

Our time is the future.

Technology, experience and
team spirit leave their mark.
Leading the way to the future.

ASG
Superconductors
GRUPPO MALACALZA

ASG Superconductors spa
16152 Genova - Italy
Corso F.M. Perrone, 73r
Tel +39 010 6489111 - Fax +39 010 6489277
www.as-g.it - e-mail: info@as-g.it

SINCERT

Böhler Thyssen
WELDING

We are the World of Welding Solutions.

Böhler Thyssen Saldatura S.p.A. ha fornito materiali speciali nell'arco del 2005 a diverse aziende di primo livello nel panorama nazionale e internazionale che operano nel settore petrolchimico.

Siamo fieri di essere stati tra i primi e di continuare a essere fortemente presenti, come fornitori di materiali consumabili per saldatura di step cooling.

Tra i nostri migliori clienti 2005:

- ATB RIVA CALZONI S.p.A.
- BELLELI ENERGY S.p.A.
- KOCH HEAT TRANSFER Co.
- MANGIAROTTI S.p.A.
- OFFICINE LUIGI RESTA S.p.A.
- NUOVA OMA S.r.l.
- ROLLE S.p.A.
- ROSETTI MARINO S.p.A.
- SICES S.p.A.

Abbiamo fornito la nostra competenza e consulenza anche nell'ambito della saldatura su progetti, engineering e committenti finali:

- MITSUBISHI SOHAR
- SINOPEC - CINA
- CHEVRON - TEXACO
- FORMOSA PETROCHEMICAL Co. - CINA (EXXON - MOBIL)
- FORTUM - FINLANDIA
- NYNAS REFINING - SVEZIA (TECHNIP)
- CHEVRON PRODUCTS Co.
- AGIP - UK

Tutto questo si riassume in grandi volumi di materiali utilizzati per importanti commesse, dove è fondamentale la combinazione di materiali specifici e perfettamente idonei a tali lavorazioni.

Ringraziamo le aziende che ci hanno accordato la loro fiducia e, forti di queste esperienze, pensiamo di avere i mezzi per aumentare la nostra presenza e la nostra consulenza in questo settore.

Böhler Thyssen Saldatura S.p.A.
Via Palizzi, 90 - 20157 Milano
Tel. 02 390171 - Fax 02 39017246
www.btw.it

Member of the BÖHLER-UDDEHOLM Group

CHARTA

QUALITÀ ED EFFICIENZA UNITE SALDAMENTE DAL 1951

ESARC

www.esarc.it

ELETTRODI E MATERIALI PER SALDATURA

ESARC S.p.A. 20137 Milano Via Cadibona, 15 - tel. 0255184820 r.a. - fax 025516280 - E-mail info@esarc.it

ASPIRMIG®

Welding & Safety

... la saldatura senza fumo

ASPIRMIG® s.r.l. • Via Podi, 10 • VIRLE P.te (TORINO)
Tel. +39.011.973.99.63 • Fax +39.011.973.92.89 • www.aspirmig.com • E-Mail: aspirmig@unonet.it

GUARDA OLTRE

MATRIX AC/DC

MATRIX 200 AC/DC 230V • MATRIX 250 AC/DC 400V • MATRIX 400 AC/DC 400V

Serie di impianti inverter in corrente continua DC
e corrente alternata AC per la saldatura TIG di alta qualità
di tutti i metalli.

- Controllo digitale di tutti i parametri di saldatura
- Memorizzazione di programmi personalizzati di saldatura
- Possibilità di utilizzare diverse forme d'onda in TIG AC
  (onda quadra – onda mista – onda sinusoidale)
- Innesco dell'arco con energia regolabile
- Regolazione dei parametri di saldatura
  direttamente dalla torcia
- Pulsazione integrata
- Spegnimento automatico della ventilazione
  e del raffreddamento della torcia
- Compensazione automatica
  della tensione di rete +15%-20%
- Consumo di energia ridotto

GUARDA OLTRE...
Tecnologicamente innovative
Curate nel design
Saldano perfettamente
Semplici da usare

CEA

WELDING TOGETHER

CEA COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE ANNETTONI s.p.a. - 23900 LECCO - ITALIA - Tel. 0341 22322 - cea@ceaweld.com - www.ceaweld.com

Da sempre

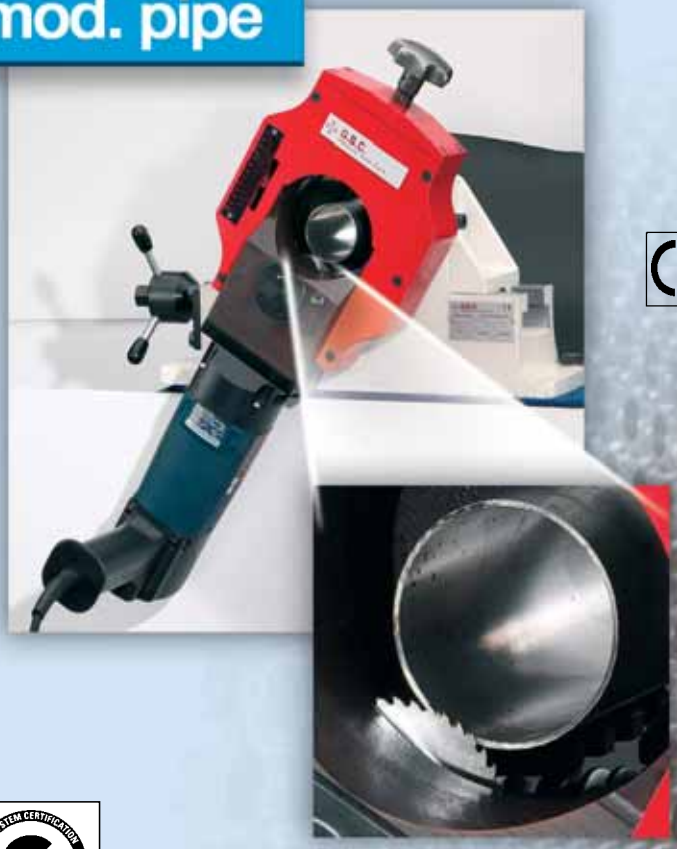
G.B.C.
Industrial Tools S.p.A.

garantisce il meglio

GBC è, da sempre, leader nelle soluzioni per il taglio e lo smusso di tubi e lamiere a freddo. La Nostra gamma copre i diametri da 1/2” a 60” per tutti i tipi di tubi in metallo, lasciando un ottimo grado di finitura. Leggere, semplici, facili da utilizzare, le Nostre macchine sono un solido partner su cui fare ogni giorno affidamento.

mca mini cutter

tagliatubi mod. pipe



CE

mini auto

G.B.C.
Industrial Tools S.p.A.

VIA ARTIGIANI, 17
25030 TORBIATO DI ADRO (BS) - ITALY
TEL. +39-030-7451154 - FAX +39-030-7356629
www.gbcindustrialtools.com sales@gbcindustrialtools.com

FLUIDTRANS COMPOMAC

27-30 maggio 2008

fieramilano - Rho

Progettate e date potenza al vostro business

Biennale Internazionale della Fluidotecnica, Trasmissioni di Potenza e Movimento, Comandi, Controlli, Progettazione

Il mondo della potenza fluida si incontra all'evento internazionale degli operatori del settore, un'imperdibile opportunità di business, aggiornamento professionale e confronto con il mercato. In più la rinnovata concomitanza con Mechanical Power Transmission & Motion Control, BIAS e BI.MAN creerà un unico grande evento fortemente sinergico, la Technology Exhibitions Week, che riunirà tutta la filiera di prodotti e soluzioni per l'industria di processo e manifatturiera.

Progettate e date potenza al vostro business con FLUIDTRANS COMPOMAC 2008.

Promosso da

assofluid · FIERA MILANO TECH · FIERA MILANO

Con il patrocinio di

FIPI · cetop · EPTDA · EUROTRANS

Organizzato da

F&M Fiere & Mostre

F&M Fiere & Mostre Srl - Via Caldera 21/C - 20153 Milano
Tel. +39 02 40922400 - Fax +39 02 40922450
promo.ftc@fieremostre.it

www.fieremostre.it

In contemporanea con

Mechanical Power Transmission & Motion Control · BIAS · Manuf@cturing Solutions · BI.MAN

Speedglas™

Mettetevelo in testa

Non potrete più farne a meno

Modello Speedglas SL Superlight

3M Speedglas™

Tecnologia all'avanguardia, design accattivante, eccezionale comfort, ideale ergonomicità, estrema leggerezza, alta traspirabilità, straordinaria resistenza, assoluta sicurezza, massima semplicità di funzionamento e manutenzione.

La perfezione esiste e si chiama 3M Speedglas™, la linea più innovativa di schermi per saldatura auto-oscurante.

©3M 2007. All Rights Reserved

Scoprite tutto di 3M Speedglas™ sul sito:

www.3msicurezza.it

3M

Hai gli attrezzi adatti?

Performance elevate ed affidabilità, sono le parole d'ordine dei prodotti TECNOELETTRA per soddisfare ogni professionista della saldatura e chiunque ha come obiettivo l'efficacia e la durata del proprio lavoro. Perchè la resistenza e la qualità di una saldatura sono il diretto risultato di tutte le componenti utilizzate nel processo.

TECNOELETTRA: 30 anni di tecnica Made in Italy, prodotti, assistenza e soluzioni in costante evoluzione per i professionisti della saldatura.

TECNOELETTRA S.p.A. - via Nazionale, 50a - 70 - 23885 Calco -LC- Italy - tel. +39 039 9910429 - fax +39 039 9910431 - info@tecnosa.it - www.tecnosa.it

TECNOELETTRA

Welding Tools & Protection

OERLIKON

Un sistema di packaging innovativo per flussi per arco sommerso

OERLIKON presenta DRYBAG, un nuovo sistema di packaging per flussi che impedisce l'assorbimento di umidità consentendone l'uso in modo pratico ed efficace e riducendo i costi di stoccaggio e ricondizionamento. Qualsiasi siano le condizioni climatiche infatti, questo sistema di imballaggio garantisce uno stoccaggio sicuro e prolungato nel tempo consentendo di utilizzare il flusso senza alcun trattamento di ricondizionamento.
DRYBAG è realizzato in materiale composito di alluminio-polietilene estremamente resistente e sviluppato in particolare per applicazioni di packaging sottovuoto.
Per aumentare la sicurezza, durante l'imballaggio del flusso viene prodotto nel DRYBAG un parziale grado di vuoto che consentirà di identificare le confezioni integre e isolare facilmente quelle che hanno eventualmente subito dei danni.
Oerlikon DRYBAG offre livelli di sicurezza simili a quelli del packaging in fusto.
DRYBAG è disponibile in formati da 25 / 800 e 1000 kg.
Il DRYBAG da 25 kg può essere immagazzinato, trasportato e pallettizzato come i normali sacchi di flusso, mentre le confezioni più grandi arrivano su pallet.

DRYBAG: protezione in profondità.

L'innovativo packaging dei flussi per arco sommerso.

ETC OERLIKON S.p.A.
Via Vo' di Placca, 56 - 35020
DUE CARRARE - PADOVA
Tel.: +39 049 91 99 411 - Fax: +39 049 91 99 405
E-mail: info@etc.it - www.oerlikon.it

AIR LIQUIDE WELDING

tecnedit edizioni tecniche

■ SERVIZI A RETE

dedicato alle utilities ai comuni ed ai tecnici delle imprese per la gestione del sottosuolo

■ PLASTIC PIPES & FITTINGS

la distribuzione dei servizi con la materia plastica: dalla casa alle grandi opere

■ COMPOSITI MAGAZINE

un mondo in forte crescita per materiali altamente tecnologici.
Organo ufficiale di Assocompositi

20144 Milano - Via delle Foppette, 6
Tel. 02 365171.15 - Fax 02 365171.16
e-mail: tecnedit@tecneditedizioni.it
www.tecneditedizioni.it

RIVOIRA

Dal 1920 ci prendiamo **cura** di formulare **soluzioni** complete per un **mercato** in continua **evoluzione**

METAL FABRICATION
Gas, tecnologie e servizi per il taglio
e la saldatura dei metalli

RIVOIRA CUSTOMER CARE
Via Cardinal Massaia, 75/L 10147 Torino
Tel 199.133.133. Fax 800.849.428
CRM_rivoira@praxair.com www.rivoiragas.it

precision.

Precision machines and tools for tube and pipe preparation.

Nuova generazione tagliatubi e smussatrici

GF 4 (AVM/MVM)

Fissiamo nuovi standard!
Clienti soddisfatti da oltre 40 anni in tutto il mondo – ecco le tagliatubi di nuova generazione con il sistema di taglio orbitale sviluppato da Orbitalum Tools (ex +GF+), ora disponibile con un nuovo design ergonomico e completa di funzionalità innovative: Estremità del tubo perpendicolare e priva di bave e deformazioni • Lavorazione a freddo, taglio in pochi secondi • Esecuzione dello smusso simultanea o separata dalla fase di taglio • Incremento della produttività • Prolungamento della durata frese.

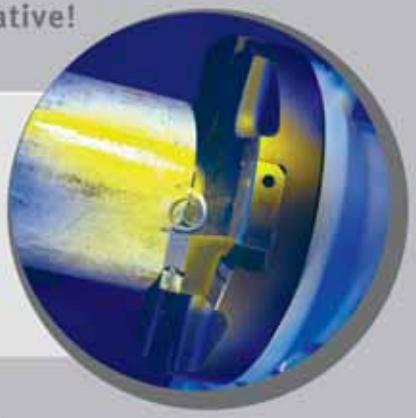
Tagliatubi portatili: Nuovo design più possibilità di impiego!

PS 4.5, PS 6.6

Il taglio è ancora più facile! Tagliare tubi in acciaio inox e curve di piccolo spessore con taglio orbitale è ora più facile. Serraggio antideformazione grazie a ganasce reversibili in ghisa rivestite di alluminio: Ottima maneggevolezza grazie al peso ideale per l'uso in cantiere (solo 23/26 kg). Perraggio anti-deformazione di tubi di piccolo spessore. Per il taglio di tubi e curve di piccolo spessore. Taglio di tubi in acciaio inox con diametro esterno ‹ 120 mm (PS 4.5) o ‹ 170 mm (PS 6.6). Non richiede ulteriori lavorazioni grazie al taglio perpendicolare e privo di bave. Processo di taglio a freddo. Puntatore laser integrato per l'individuazione del punto di taglio.

Macchine smussatrici per tubi – Sempre più utili, sempre più innovative!

REB 6, REB 14, REB 20 e BRB 2, BRB 4



Realizzazione di giunti di saldatura di alta precisione su estremità di tubi in acciaio inox, al carbonio e non legato per mezzo dell'innovativo sistema placchetta-porta-placchette QTC® (quick tool change) per placchette multifunzionali, rivestimento antiusura Balinit® Futura, sistema di serraggio rapido placchetta. Queste innovazioni tecniche consentono riduzione dell' usura utensili, riduzione dei costi di lavorazione, incremento della produttività nella realizzazione di giunti precisi e riproducibili, in cantiere come in fase di prefabbricazione.

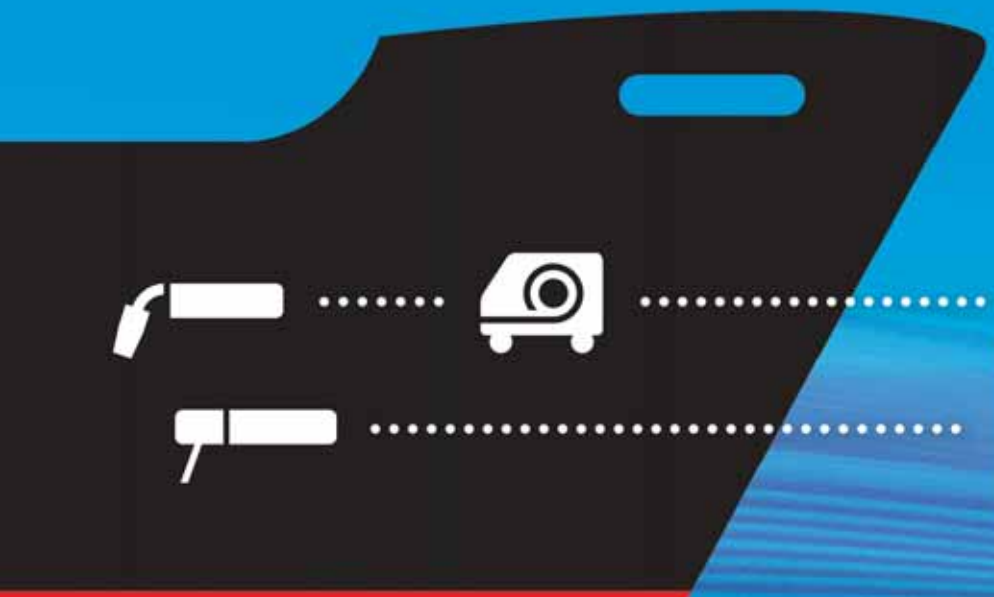
Informazioni:
Orbitalum Tools GmbH (An ITW Company), Freibühlstraße 19, 78224 Singen, Germania
Tel. +49-(0)7731-792-523, Fax +49-(0)7731-792-524
www.orbitalum.com, tools@orbitalum.com

orbitalum
tools for piping systems

ex Georg Fischer Rohrverbindungstechnik
+GF+

Sol Welding

OFF-SHORE
SYSTEM



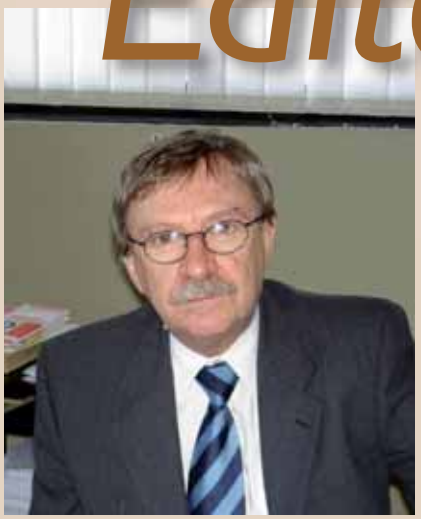
Convertitore di potenza

Tensione di sicurezza < 100 V Fino a 200 m

Generatore

Sol Welding Srl
36030 Costabissara (Vi) Italy - Via Meucci 26
tel. +39 0444 290411 - fax +39 0444 557460
solwelding@solwelding.com
www.solwelding.com

Editoriale



Ritorno a casa?

Avevano lasciato l'Italia, soprattutto fra la fine degli anni '90 e l'inizio degli anni 2000, portando capitali, attività e capacità imprenditoriale nei Paesi dell'Europa dell'Est e oltre; attirati, da un lato, da condizioni d'ingresso spesso molto appetibili e dal basso costo del lavoro e spinti, dall'altro, da istituzioni nazionali non proprio attente ai problemi dell'impresa.
Sono i delocalizzatori. Soprattutto i piccoli delocalizzatori.
Per quanto concerne i grandi: le ragioni, le possibilità e le convenienze delle delocalizzazioni sono talmente diverse e evidenti che molti fra essi hanno adottato caratteristiche e comportamenti da quasi-finanziarie. Si sono ormai delocalizzati in regime permanente effettivo.
Per i piccoli delocalizzatori, il discorso è diverso: non vivono economie di scala, non hanno opportunità o prospettive finanziarie determinanti.
Sono dei "fabbricanti" con interessi prevalenti sui "margini di contribuzione".
Pertanto, ai piccoli delocalizzatori si adattano due argomenti, spesso ricordati in questo contesto, assolutamente determinanti: l'impiego dei processi tecnologici avanzati ed il controllo del processo di fabbricazione.
I processi tecnologici avanzati si propongono per il differenziale positivo che comportano relativamente a qualità, ripetibilità, velocità, sicurezza, affidabilità e, se facciamo mente locale, ad altro ancora.
Il controllo del processo di fabbricazione emerge come indispensabile sia ai fini dell'ottimizzazione del processo stesso (se non si conosce a fondo il proprio processo di fabbricazione non si può migliorarlo) sia ai fini di un efficace controllo di gestione (dove e come si originano i costi, dove e come si originano i ricavi).
Tutto questo, quando applicabile, comporta risparmi tecnologici, organizzativi, commerciali e legali ben aldilà dei costi d'investimento in attrezzature e competenze.
E poiché i prezzi li fa il mercato, una riduzione dei costi comporta, almeno, un incremento del "margine di contribuzione", configurando forse le ragioni per restare o, se già partiti, per tornare.
Gli esempi al riguardo non sono irrilevanti.
Una porzione di piccoli e medi fabbricanti hanno scelto questa via che appare, fra l'altro, correttamente orientata per il futuro: quando processi tecnologi avanzati e controllo del processo di fabbricazione saranno stati metabolizzati nel sentire comune.
Ovviamente l'entità di applicazione, e pertanto l'efficacia, di questo approccio dipende largamente dal tipo di processo/prodotto a cui si fa riferimento, essendo elemento discriminante non tanto, o meglio non solo, il valore aggiunto quanto la complessità del processo stesso.
Laddove il processo di fabbricazione è complesso, allora tecnologia, automazione e controllo assumono importanza determinante.
Citare globalizzazione e concorrenza è, come per tutte le verità di cui si è abusato, soltanto controproducente, in quanto mette l'interlocutore in una condizione psicologica di disagio. E tuttavia nell'attuale contesto, i processi tecnologici avanzati ed il controllo del processo di fabbricazione sono strumenti con cui occorrerà aver a che fare: oggi per coloro che sono restati, domani per coloro che sono partiti.

Dott. Ing. Mauro Scasso
Segretario Generale IIS

RIVISTA ITALIANA della SALDATURA

Pubblicazione bimestrale

DIRETTORE RESPONSABILE: Ing. Mauro Scasso
REDATTORE CAPO: Geom. Sergio Giorgi
REDAZIONE: Sig.ra Deborah Testoni, P.I. Maura Rodella
PUBBLICITÀ: Sig. Franco Ricciardi

Organo Ufficiale
dell'Istituto Italiano della Saldatura

Abbonamento annuale 2008:
Italia: ..... € 90,00
Estero: ..... € 155,00
Un numero separato: ..... € 20,00

La Rivista viene inviata gratuitamente ai Soci dell'Istituto Italiano della Saldatura.

Direzione - Redazione - Pubblicità:
Lungobisagno Istria, 15 - 16141 Genova
Telefono: 010 8341333
Telefax: 010 8367780
e-mail: deborah.testoni@iis.it
web: www.iis.it

Rivista associata USPI

Registrazione al ROC n° 5042 - Tariffa R.O.C.: "Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1, DCB Genova" - Fine Stampa Febbraio 2008
Aut. Trib. Genova 341 - 20.4.1955

Progetto grafico: Marcs & Associati srl - Rozzano (MI)

Fotocomposizione e stampa: ALGRAPHY S.n.c. - Genova
Tel 010 8366272, Fax 010 8358069 - www.algraphy.it

L'istituto non assume responsabilità per le opinioni espresse dagli Autori. La riproduzione degli articoli pubblicati è permessa purché ne sia citata la fonte, ne sia stata concessa l'autorizzazione da parte della Direzione della Rivista, e sia trascorso un periodo non inferiore a tre mesi dalla data della pubblicazione. La collaborazione è aperta a tutti, Soci e non Soci, in Italia e all'Estero. La Direzione si riserva l'accettazione dei messaggi pubblicitari. Ai sensi dell'art. 10 della Legge 675/96, i dati personali dei destinatari della Rivista saranno oggetto di trattamento nel rispetto della riservatezza, dei diritti della persona e per finalità strettamente connesse e strumentali all'invio della pubblicazione e ad eventuali comunicazioni ad esse correlate.

ANNO LX
Gennaio-Febbraio 2008
1

Sommario

Articoli

27 GNS4: in 756 sotto la Lanterna per le Giornate Nazionali di Saldatura 4, incontro biennale IIS sulla fabbricazione saldata - G. COSTA

43 Panorama sulle applicazioni laser nel campo aeronautico - M. PENASA

57 Panoramica su applicazioni e problematiche legate all'impiego di acciai austeno-ferritici e di leghe di alluminio nelle strutture saldate - S. BOTTA, F. MASETTI, S. SCANAVINO

71 Sistema di brasatura a induzione per giunzione di conduttori raffreddati - A. LAURENTI et al.

81 Acciai basso legati per la produzione di energia: i giunti dissimili - G. CUMINO et al.

93 Resistenza a fatica di strutture saldate in leghe di alluminio - B. ATZORI, B. ROSSI

International Institute of Welding (IIW)

105 State of the art of inline non-destructive weld inspection of pipelines by ultrasonics - G. DOBMANN, O.A. BARBIAN, H. WILLEMS

IIS Didattica

115 Qualificazione e controllo dei liquidi penetranti

Rubriche

123 *Scienza e Tecnica*
Applicazioni della saldatura ad ultrasuoni per la sigillatura e l'unione di materiali termoplastici - F. LEZZI

125 *IIS News*
Comitato Direttivo
Coinvolgimento dell'IIS in due nuovi Progetti Europei
Una nuova serie di servizi per l'Ingegneria di Processo
Formalizzato l'accordo di collaborazione con la più grande Agenzia per il lavoro italiana per il reclutamento di saldatori qualificati provenienti dall'estero

129 *IIW-EWF Notizie*

135 *L'opinione*
Luci ed ombre della standardizzazione in Europa - F. LIDONNICI

139 *Dalle Aziende*

145 *Notiziario*
Letteratura tecnica
Codici e norme
Corsi
Mostre e convegni

153 *Ricerche bibliografiche da IIS-Data*
La saldatura del titanio e delle sue leghe

158 *Elenco degli Inserzionisti*

In copertina

Tecnologia ESAB per i serbatoi sferici costruiti da Paresa SpA in Kuwait

Per i grandi impianti petrolchimici di Al-Shualba, in Kuwait, Paresa ha costruito due serbatoi sferici, uno per polipropilene, in acciaio al C, da 24 metri di diametro, spessore 34-38 mm, capacità di 7200 m^3, formato da 70 conci e l'altro per etilene, da 22 metri di diametro, in acciaio inossidabile SA240M tipo 304, spessore 30 mm, capacità di 5500 m^3, formato da 62 conci.
ESAB ha fornito l'impianto per il taglio al plasma dei conci, basato sulla macchina Suprarex SXE-P dotata della speciale testa VBA Expert per il taglio perpendicolare ed a cianfrino, ed i materiali d'apporto per la saldatura, in particolare gli elettrodi inossidabili OK 61.35 in confezione sottovuoto Vac-Pac.

First Announcement

EUROJOIN 7

Seventh European Congress on Joining Technology

GNS5

Quinta Edizione delle Giornate Nazionali di Saldatura

21-22 Maggio 2009
Venezia Lido

L'Istituto Italiano della Saldatura (IIS) e l'European Welding Federation (EWF) hanno il piacere di invitare tecnici e ricercatori interessati al mondo della saldatura a partecipare alla manifestazione congiunta **EUROJOIN 7 / GNS5** che si terrà il 21 e 22 Maggio 2009 al Lido di Venezia presso il Centro Congressi del Palazzo del Casinò.

Nel corso del Congresso saranno trattati, in Sessioni parallele, i seguenti temi principali:

Tema 1: Materiali avanzati di base e d'apporto.
Tema 2: Automazione, robotica e sensoristica.
Tema 3: Processi di saldatura avanzati e sviluppi dei processi tradizionali.
Tema 4: Gestione della fabbricazione di prodotti saldati.
Tema 5: Affidabilità di componenti e strutture saldate.
Tema 6: Diagnostica e PND su componenti e strutture saldate.

Sono previste, inoltre, una Sessione Poster ed una Esposizione riservata agli Sponsor.

Per ulteriori informazioni rivolgersi a:

Istituto Italiano della Saldatura - Lungobisagno Istria, 15 - 16141 Genova (I)
PRN - Area Manifestazioni Tecniche
sergio.giorgi@iis.it - +39 010 8341 386
franco.ricciardi@iis.it - +39 010 8341 389
sabrina.storari@iis.it - +39 010 8341 373

GNS4: in 756 sotto la Lanterna per le Giornate Nazionali di Saldatura 4, incontro biennale IIS sulla fabbricazione saldata

G. Costa *

Sommario / *Summary*

GNS4 è il logo delle Giornate Nazionali di Saldatura 2007, giunte quest'anno, il 25 e 26 Ottobre, alla quarta edizione, svoltasi come quella precedente nel Centro Congressi Magazzini del Cotone del Porto Antico di Genova.
Alla manifestazione, organizzata dall'Istituto Italiano della Saldatura con il motto "la competenza è una conquista", hanno partecipato 756 persone dall'Italia e dall'estero, appassionate di saldatura o provenienti dall'Industria, dall'Università, dagli Istituti di ricerca, dagli Organismi di certificazione, dalle Società di servizi.
Tutti sono stati coinvolti a tempo pieno nel mondo della saldatura e della fabbricazione saldata ed hanno potuto partecipare ad un'importante occasione di studio e di aggiornamento, comprendente una serie notevole di proposte di trasferimento scientifico e tecnologico, di livello veramente attuale e innovativo, tra cui informazioni e dibattiti, corsi e seminari, dimostrazioni e presentazioni, nonché punti di incontro IIS, CEC e UNI.
La prossima edizione di questa manifestazione, GNS5, è prevista nel 2009.

GNS4 is the logo of National Welding Days 2007, got this year, on 25 and 26 October, as far as the fourth edition in the "Cotton Warehouse Congress Centre" of the Old Harbour of Genoa.
The event, organised by Italian Institute of Welding (IIS) with the slogan "the competence is a conquest", was attended by 756 people from Italy and abroad, welding fans or coming from Industry, University, Research Institutes, Certification Bodies, Service Companies.
All attendees were full time involved in the world of welding and welded fabrication and could participate in an important occasion of study and updating, including a considerable series of proposal of scientific and technological transfer at a really current and innovative level, included information and discussions, courses and seminars, demonstrations and presentations, as well as IIS, CEC and UNI meeting points.
The next edition of this event, GNS5, is foreseen in 2007.

Keywords:
EWF; IIS; IIW; simposia.

* *Istituto Italiano della Saldatura - Genova.*

GNS4, la quarta edizione delle Giornate Nazionali di Saldatura, organizzata dall'Istituto Italiano della Saldatura (www.iis.it), si è svolta il 25 e 26 Ottobre 2007, con il noto motto "la competenza è una conquista", nella straordinaria cornice del Centro Congressi Magazzini del Cotone del Porto Antico di Genova, situato sul mare vicino allo storico faro della Lanterna, simbolo della città.

In effetti il porto di Genova si è sviluppato a partire dall'VIII secolo a.C. all'interno di una insenatura naturale delimitata ad est dalla collina di Castello (castrum) e ad ovest dalla collina di Promontorio (in origine circondata dal mare su tre lati); la città è inizialmente cresciuta a levante attorno alla collina di Castello, spingendosi poi verso ponente. La Lanterna è sorta sulla sommità della collina di Promontorio; nel 1128 venne edificata la prima alta torre, sulla cui sommità venivano accesi fasci di steli secchi di erica o di ginestra. La prima lucerna, alimentata ad olio di oliva, venne installata nel 1326: "fu fatta una grande lanterna affinché con le lampade in essa accese, nelle notti oscure, i naviganti conoscessero l'adito alla nostra città"; ancora, nel Portolano del XVI secolo si legge: "vi è una lanterna altissima e dà segni alli vascelli che vengono a piè di detta lanterna".

Dopo le lampade a stoppino, di metallo e di vetro, senza riflettore prima e con riflettore metallico poi, nel 1840 venne posta in opera un'ottica rotante su carro a ruote con lente di Fresnel. Seguirono ulteriori ammodernamenti fino al 1936, quando il faro fu elettrificato con una lampada ad incandescenza. Nel 1956 tutti gli impianti furono sostituiti con quelli odierni, cui sono stati più recentemente aggiunti ulteriori sistemi di orientamento elettromagnetico; le principali caratteristiche dell'attuale struttura sono:

- altezza dello scoglio su cui poggia la Lanterna 40 m;
- altezza complessiva della Lanterna 77 m;
- altezza complessiva sul livello del mare della sommità 117 m;
- sorgente alogena da 1000 Watt, pari alla potenza luminosa di 871.920 candele decimali;
- portata nominale di 25 miglia e geografica di 27 miglia, pari a 50 km in condizioni meteo ottimali;
- radiofaro circolare di atterraggio per la radionavigazione;
- faro elettronico indipendente di riserva con portata di 15 miglia.

Da parte loro gli ottocenteschi Magazzini del Cotone, che costituiscono uno degli esempi più affascinanti della prima architettura Liberty per uso industriale, sono stati ristrutturati dall'architetto Renzo Piano in un grande spazio espositivo, che comprende un moderno centro congressi situato nella parte prospiciente il mare in un ambiente ideale per concentrazione, comodità e servizi tecnologici, ben collegato con tutti i sistemi di trasporto per aria, mare e terra e nel contempo riparato dal caos della città e a misura d'uomo.

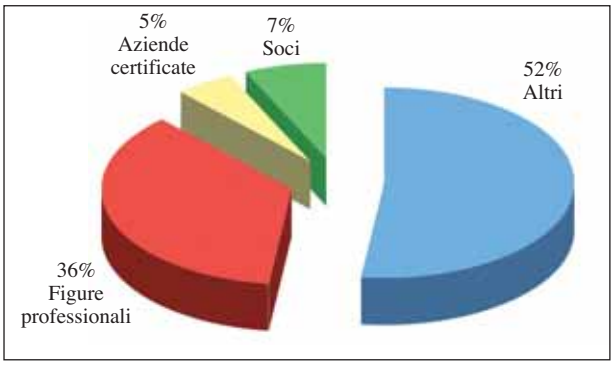


Figura 1 - Provenienza dei partecipanti.

Hanno partecipato 756 persone (Tab. I), provenienti da tutte le regioni italiane e dall'estero, in rappresentanza dell'Industria (costruttori, fabbricanti, esercenti, utilizzatori), dell'Università, degli Istituti di ricerca, degli Organismi di certificazione, delle Società di servizi.

Nei due giorni della manifestazione i convenuti sono stati coinvolti a tempo pieno nel mondo della saldatura e della fabbricazione saldata ed hanno potuto

TABELLA I - Partecipazione alle quattro edizioni delle Giornate Nazionali di Saldatura

Logo	Anno	Presenti	Sede
GNS1	2001	350	Milano
GNS2	2003	493	Milano
GNS3	2005	553	Genova
GNS4	2007	756	Genova

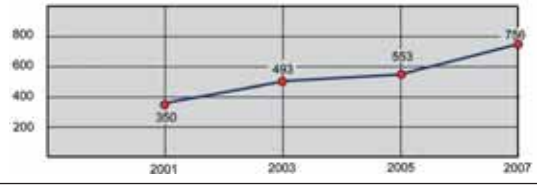


TABELLA II - Struttura delle Giornate Nazionali di Saldatura

<table>
<tr><th>Mattino</th><th>Pomeriggio</th></tr>
<tr><td colspan="2">Giovedì 25 Ottobre</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Inaugurazione</td><td rowspan="6">Convention dell'IISclub
-----
Premio "Angela Cevenini"
Premio "GNS"</td><td colspan="2">Strutture saldate in acciaio austeno-ferritico e in leghe di alluminio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Brasatura</td></tr>
<tr><td>Saldatura e trattamento termico degli acciai basso legati per servizio ad alta e bassa temperatura</td><td>Saldatura e riparazione dei placcati</td></tr>
<tr><td>Dall' anidride carbonica alle miscele quaternarie, SIAD nella storia della saldatura</td><td>Full rent per la sadatura automatica. Il servizio Easy Robot: la proposta globale innovativa del Gruppo Sol</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sessione poster</td></tr>
<tr><td colspan="2">Punto di consulenza IIS
Punto di diffusione UNI
Punto di incontro CEC</td></tr>
<tr><td colspan="4">Venerdì 26 Ottobre</td></tr>
<tr><td colspan="2">Affidabilità degli impianti</td><td colspan="2">Sviluppi e tendenze dei processi di saldatura tradizionali</td></tr>
<tr><td colspan="2">Le nuove frontiere dei processi a fascio elettronico, laser e Friction Stir Welding</td><td colspan="2">Materiali base e d'apporto di ultima generazione</td></tr>
<tr><td>La fatica nei giunti saldati</td><td>Saldabilità dei non ferrosi</td><td>Risk management nella fabbricazione saldata</td><td>Esame delle norme europee per la stesura delle WPS e confronto con l'ASME IX</td></tr>
<tr><td>Tecnologia e saldabilità del filo animato tubolare: aspetti tecnici e applicativi</td><td>Saldatura di alta qualità? Helistar GV</td><td>Nuove tecnologie ESAB per saldatura e scriccatura SUPERPULSE™, Q-SET™, Q-WAVE™, Scriccatura plasma</td><td>Controlli con Liquidi Penetranti e Particelle Magnetiche: fattori influenzanti i tempi ed i costi</td><td>La radiografia digitale CR (Computed Radiography) e gli standard di qualità</td></tr>
<tr><td colspan="4">Sessione poster</td></tr>
<tr><td colspan="4">Punto di consulenza IIS
Punto di diffusione UNI
Punto di incontro CEC</td></tr>
<tr><td colspan="4">LEGENDA:</td></tr>
<tr><td>WORKSHOP</td><td>CORSI</td><td>INCONTRI TECNICO-COMMERCIALI</td><td>SESSIONE POSTER</td><td>CONSULENZA DIFFUSIONE INCONTRO</td></tr>
</table>

partecipare ad un'importante occasione di studio e di aggiornamento, comprendente dimostrazioni e presentazioni, corsi e seminari, dibattiti e informazioni, nonché punti di incontro IIS, CEC e UNI su argomenti scientifici e tecnici di assoluta attualità ed interesse.

In totale le giornate, cui hanno aderito 29 sponsor con 26 stand, hanno offerto ai 756 partecipanti in rappresentanza di 336 Società (274 figure professionali, 41 aziende certificate, 55 soci e altre 386 persone, Fig. 1) 6 workshop, 36 memorie, 6 corsi, 12 poster, 7 incontri tecnico-commerciali (Tab. II).

Se "la competenza è una conquista", le GNS4 hanno rappresentato certamente per i presenti, che al termine hanno ricevuto un Attestato di partecipazione (Fig. 2), una grande opportunità per conquistare nuovi spazi di competenza, che "non si raggiungono facilmente e neppure subito, in quanto è richiesto impegno, costanza, umiltà intellettuale e soprattutto interesse, poiché non si può essere competenti su argomenti che non interessano".

Istituto Italiano della Saldatura

Attestato di partecipazione alle

Giornate Nazionali di Saldatura

GNS4

GIULIO COSTA

Figura 2 - Attestato di partecipazione dell'autore.

TABELLA III - Indirizzi di benvenuto e presentazione delle GNS4

Benvenuto del Dott. Ing. Ferruccio Bressani, Presidente dell'IIS

Le GNS, che sono giunte alla quarta edizione e si tengono per la seconda volta a Genova, sede dell'IIS, vogliono essere, come già nel passato, veicolo di aggregazione, di informazione e di formazione nel pieno rispetto di quella che è la missione affidata all'IIS e richiamata dalle regole statutarie.
L'IIS è infatti una associazione che si propone, in accordo con lo statuto, di promuovere e favorire in Italia "il progresso della saldatura in ogni suo campo e di contribuire alla sua conoscenza e diffusione".

È quindi importante ricordare i settori in cui opera l'IIS: Formazione; Ingegneria / Laboratorio / Diagnostica e PND; Assistenza tecnica; Informazione e divulgazione; Certificazione; Ricerca; Normazione / Pubblicazioni / Manifestazioni.

La molteplicità delle competenze e dei campi di applicazione coperti rendono l'IIS un organismo flessibile, in grado di attuare interventi completi e tecnicamente validi.

Inoltre la partecipazione a organismi internazionali, quali IIW e EWF, fa sì che l'IIS rappresenti un prezioso veicolo in uscita e in ingresso per la trasmissione delle informazioni.

L'IIS ha utilizzato in maniera molto proficua gli asset a propria disposizione, mantenendo sempre una buona valenza tecnica e flessibilizzando l'impiego delle competenze esistenti al proprio interno.

Questa azione è stata resa possibile facendo leva su tecnici di notevole capacità e fortemente legati all'azienda.

Oggi la situazione del mercato internazionale denota un forte sviluppo soprattutto nei settori collegati all'energia (a questo campo collego anche il mercato petrolchimico). Nel nostro paese invece il fenomeno non ha la rilevanza che assume all'estero per motivi collegati ai problemi politici, decisionali e compartecipativi, che però andranno a mio avviso a risolversi gradatamente.

Anche il settore delle grandi opere infrastrutturali, in particolare quelle che riguardano la mobilità e la sicurezza della stessa, dovrebbe crescere. L'Italia è in forte ritardo sempre per i motivi succitati e sembra venir superata a breve da paesi molto più rapidi nel decidere e nell'attuare, qualunque sia il colore politico della compagine governativa.

L'IIS gode di una notevole fiducia da parte delle grandi authority operanti nel campo delle infrastrutture (come Italferr e ENI), fatto che gli consente di operare in condizioni di relativa sicurezza, ma la sfida che gli si presenta in un mercato in costante evoluzione è quella di essere pronto per rispondere alle richieste, forte dell'esperienza acquisita con personale convenientemente formato e con l'utilizzo di un sistema gestionale veloce, credibile e al passo con i tempi e con la concorrenza.

Saluto del Dott. Ing. Mauro Scasso, Segretario Generale dell'IIS

Le Giornate Nazionali di Saldatura si ripropongono, per la quarta volta, come evento culturale di riferimento nel mondo della fabbricazione dei prodotti saldati.

I contenuti scientifici e tecnologici di questa edizione sono stati curati attentamente.

Attenzione particolare è stata posta alla scelta degli argomenti da sviluppare, dei temi da discutere, delle novità da presentare, avendo attualità e valenza applicative quali criteri conduttori.

Se "la competenza è una conquista", le Giornate Nazionali di Saldatura rappresentano certamente un'opportunità rilevante di crescita.

Un grazie a tutti coloro che si sono adoperati per la riuscita della manifestazione, dagli autori ai relatori, dalle società sponsor -mai così numerose- a coloro che hanno prenotato la loro partecipazione.

Il programma della manifestazione comprende, in due intense giornate di lavoro, una serie notevole di proposte di trasferimento scientifico, tecnologico e tecnico - commerciale, di livello veramente avanzato e innovativo, nonché punti di incontro IIS, CEC e UNI, curati da specialisti della Sede di Genova dell'Istituto.

Benvenuti e buon lavoro a tutti, dò già un primo arrivederci alle prossime GNS5 per il 2009 e dichiaro aperti i lavori.

Sessione inaugurale

La manifestazione è stata inaugurata ufficialmente dal Dott. Ing. Ferruccio Bressani, Presidente dell'Istituto, che ha calorosamente salutato i numerosi partecipanti e tratteggiato competenze, sviluppo e prospettive future dell'IIS, con particolare riguardo alla situazione internazionale (Tab. III).
Successivamente il Dott. Ing. Mauro Scasso, Segretario Generale dell'Istituto, ha brevemente introdotto le GNS4 come un evento biennale rilevante per il mondo della fabbricazione saldata (Tab. III), che si svolge per la seconda volta a Genova, con un significativo incremento di partecipazione rispetto alle precedenti edizioni. Quindi, ringraziati gli autori e gli sponsor commerciali (la maggior parte delle più importanti aziende italiane operanti in vari settori merceologici, Tab. IV), che hanno tutti contribuito al successo dell'iniziativa, ha dichiarato aperti i lavori, dando già un primo arrivederci alle prossime GNS5 per il 2009.
A questo punto ha portato il suo saluto il Dott. Daniel Beaufils, Amministratore Delegato dell'International Institute of Welding (IIW), che ha sottolineato il prezioso contributo offerto dall'IIS ai lavori europei ed internazionali negli ultimi 60 anni nel campo scientifico, della ricerca, della normazione e della certificazione (Tab. V).
È seguito l'indirizzo dell'Ing. German Hernandez Riesco, Presidente dell'European Welding Federation (EWF), che ha ringraziato l'IIS per il rimarchevole supporto concettuale, gestionale e operativo fornito all'EWF fin dalla sua fondazione originaria (Tab. V).

TABELLA IV - Sponsor delle Giornate Nazionali di Saldatura 2007

- 3M Italia
- AEC Technology
- ASG Superconductors
- Böhler Thyssen Saldatura
- CGM Technology
- CIA Mathey Italiana
- Del Vigo Commerciale
- Dimart
- Esab
- Esarc
- Fazi Battaglia
- Fiera di Essen
- Fileur Trafilerie di Cittadella
- GBC Industrial Tools
- Gruppo SOL
- ITW Miller
- Lansec
- Lincoln Electric Italia
- NDT Italiana
- Nuova Tecnica
- ETC Oerlikon
- Orbitalum Tools
- Rivoira
- SAF-FRO
- Salteco
- Semat Italia
- SIAD
- Svizzera Ricevimenti
- WEC / Società Spin Off del Politecnico di Bari

TABELLA V - Presentazione dell'IIW e dell'EWF

Indirizzo del Dr. Daniel Beaufils, Amministratore Delegato dell'International Institute of Welding

È un gran piacere trovarmi di nuovo a Genova per le Giornate Nazionali di Saldatura 2007 e sono felice di porgere a tutti i più cordiali saluti della comunità internazionale della saldatura.

L'IIW (www.iiw-iis.org) è un organizzazione internazionale senza scopo di lucro di legge francese con sede a Parigi, fondata nel 1948 da 13 Paesi, tra cui l'Italia che è rappresentata dall'IIS.

L'IIW, che sta festeggiando nel 2007 il suo sessantesimo anniversario, quello di diamante, conta attualmente 51 Paesi Membri, anzi quasi 52 perché il Vietnam sta entrando in questo momento.

Queste GNS4 danno l'opportunità di ringraziare non soltanto l'IIS, per la sua partecipazione all'IIW fin dalla sua fondazione, ma anche tutti i colleghi italiani che hanno contribuito al suo successo.

Penso soprattutto al Dott. Ing. Ugo Guerrera" (Presidente della Commissione XV "Concezione e fabbricazione delle strutture saldate" dal 1960 per 8 anni e Presidente dell'IIW dal 1957 per 3 anni), cui l'IIW decise di rendere omaggio, dopo la scomparsa, creando nel 1997 il Premio Guerrera, attribuito ogni 3 anni "per la progettazione o la fabbricazione di una struttura saldata fuori dell'ordinario". Altri nomi mi vengono in mente, quello del Dott. Ing. Ubaldo Girardi", Vice-Presidente dell'IIW dal 1970 al 1973, Presidente dell'IIW dal 1978 al 1981, Presidente del Comitato Tecnico dal 1982 al 1985, e, più vicino a noi, quello del "Dott. Ing. Giulio Costa", che ha continuato la collaborazione tra l'IIS e l'IIW, assumendo le cariche di Presidente della Commissione XV dal 1985 per 11 anni, Tesoriere dell'IIW dal 1990 per 6 anni, Membro del Consiglio di Amministrazione dell'IIW dal 1998 al 2001. Voglio anche salutare tutti quelli che oggi continuano la collaborazione fra l'IIS e l'IIW e il mio pensiero va al "Dott. Ing. Mauro Scasso", Membro del Consiglio di Amministrazione dell'IIW dal 2003 al 2006, al "Dott. Ing. Alberto Lauro", al "Dott. Ing. Luca Costa", al "Dott. Ing. Stefano Morra", al "Dott. Ing. Michele Murgia" e a tutti i loro colleghi.

L'IIW offre molte occasioni agli esperti del mondo della saldatura di ritrovarsi durante numerose manifestazioni, come l'Assemblea Annuale, dove si riuniscono da 500 a 800 esperti mondiali e dove si prendono tutte le decisioni riguardanti la vita dell'IIW,

la Conferenza Internazionale, che si svolge nell'ambito dell'Assemblea Annuale e che viene organizzata su un tema particolare, i Congressi Internazionali, dove si possono incontrare anche esperti non membri dell'IIW, per presentare lavori di ricerca, le riunioni internazionali specifiche, dove sono preparate raccomandazioni tecniche e bozze di norme internazionali ISO.

Uno dei più importanti obbiettivi dell'Assemblea Annuale (l'ultima si è tenuta a Dubrovnik in Croazia, con la partecipazione come sempre molto attiva della delegazione italiana) è la promozione dello scambio di conoscenze. Ogni anno, circa 400 documenti tecnici sono analizzati da 20 Unità di lavoro e quest'anno 82 documenti sono stati raccomandati per pubblicazione, sia sulla rivista dell'IIW "Welding in the World", sia come libri o opuscoli.

La nostra rivista "Welding in the World" è stata pubblicata per la prima volta nel 1961. Attualmente una decina di articoli sono pubblicati in ognuno dei sei numeri che compaiono ogni anno; nel 2008 saranno pubblicati per la prima volta articoli approvati da esperti internazionali, perché la registrazione della rivista nel "Science Citation Index" è uno dei nostri obbiettivi.

Fra gli altri obbiettivi dell'IIW, vorrei ricordare: la pubblicazione del Libro Bianco sulla saldatura; lo sviluppo delle attività dell'IIW nelle diverse parti del mondo; il miglioramento dell'immagine della saldatura; lo sviluppo del sito dell'IIW; lo sviluppo del sistema di formazione, qualificazione e certificazione dell'IIW.

La Direzione dell'IIW è effettuata da un Consiglio di Amministrazione, composto da 12 Direttori, eletti dai Paesi Membri, che ha la responsabilità del "Technical Management Board" e dell' "International Authorization Board" e ha stabilito tre Gruppi di Lavoro ("Communication and Marketing", "Regional Activities" e "Standardization").

Il "Technical Management Board" organizza le Unità di lavoro ed è responsabile di tutte le questioni tecniche all'interno dell'IIW.

L' "International Authorization Board" (IAB) ha l'incarico di sviluppare il sistema di Formazione, Qualificazione e Certificazione dell'IIW. Questa struttura è collegata ai lavori dell'European Welding Federation e preferisco lasciare al suo Presidente, il mio amico Ing. German Hernandez Riesco, la presentazione di questo importante aspetto della nostra attività.

Il Gruppo di lavoro "Communications and Marketing" è responsabile della pubblicazione della rivista "Welding in the World" e del sito internet, www.iiw-iis.org, dove si trovano molte informazioni sulla vita dell'IIW. Il sito comprende due parti, una accessibile al pubblico e una riservata; se volete collegarvi al sito per scaricare uno dei 4500 documenti tecnici che contiene, dovete chiedere all'IIS la password, che è consegnata solo ai membri dell'IIW. Il sito permette anche di eseguire ricerche sulla nostra banca dati o sul nostro catalogo, di accedere alla nostra rivista "Welding in the World" e al Thesaurus dell'IIW, per conoscere le parole chiave da utilizzare negli articoli sulla saldatura. Il Gruppo di lavoro "Regional Activities" è responsabile della preparazione dei Congressi Internazionali e dei Seminari su questioni tecniche. Per concludere, durante queste GNS4 saranno discussi vari temi che interessano tutto il mondo della saldatura, ma i vostri problemi sono forse già stati discussi anche nelle Unità di lavoro dell'IIW; dunque, siete i benvenuti all'IIW e nella Delegazione nazionale italiana; questa è sotto la responsabilità dell'Istituto Italiano della Saldatura e quindi tutti quelli che desiderano raggiungere l'IIW devono mettersi in contatto con l'IIS.

Come Amministratore delegato dell'IIW auspico che queste Giornate Nazionali di Saldatura 2007 siano un grande successo e spero che sarete interessati a partecipare alla prossima Assemblea Annuale dell'IIW, che si terrà nel Luglio 2008 a Graz in Austria, o a uno dei Congressi Internazionali previsti nei prossimi mesi.

Indirizzo dell' Ing. German Hernandez Riesco, Presidente dell' European Welding Federation

Sono molto lieto di trovarmi ancora una volta a Genova per queste GNS4 e di porgere i più sinceri auguri della comunità europea della saldatura.

L'EWF (www.ewf.be) è un organismo internazionale senza scopo di lucro di legge belga, con sede a Bruxelles, i cui scopi principali sono: -collaborare nello studio e nella soluzione dei problemi collegati alla saldatura; -contribuire alla rimozione delle barriere tecniche; -agire come rappresentante della comunità della saldatura in Europa.

L'inizio di una più stretta collaborazione tra i principali istituti di saldatura europei, al di là di quella allora già in corso nell'ambito internazionale dell'IIW, risale al 1971, quando l'IIS e altri quattro istituti del vecchio MEC (Mercato Comune Europeo) fondarono il Comitato Europeo per la Ricerca Cooperativa in Saldatura (CERCS); questo già nel 1972 divenne, con otto membri, il Comitato Europeo di Cooperazione in Saldatura (CECS) e nel 1992 fu formalmente costituito come European Federation of Welding Joining and Cutting (EWF); questa comprende oggi una trentina di Paesi, della UE e limitrofi, come l'Iran, la Russia e l'Ucraina. La gestione dell'EWF è effettuata da un "Consiglio d'Amministrazione" composto da 7 Direttori eletti su proposta dei Paesi Membri dell'EWF; ne fa parte l'Ing. Mauro Scasso, che ricopre la carica di Tesoriere, e che in questa occasione ringrazio calorosamente, in particolare per aver sviluppato il sistema di certificazione aziendale, insieme a tutto l'IIS, uno

dei membri chiave dell'EWF per il rimarchevole supporto fornito alla federazione fin dalla sua fondazione originaria.

Dal Consiglio dipendono: -un "Secretariat", gestito dall'Amministratore Delegato Prof. Luisa Quintino, responsabile della gestione ordinaria, del sito internet e della pubblicazione semestrale "EWF Newsletter"; -un "Technical Committee", che ha il compito di seguire tutti i lavori tecnici in corso, collegato con l' "International Authorization Board" (IAB), cui fanno capo un certo numero di gruppi di lavoro, come "Environment health and safety in welding fabrication", "Ewf best practices", "Plastics welding"," Resistance welding", "Surface protection", "Underwater welding", "Welders passport".

Una fondamentale attività dell'EWF è stata la creazione di tre sistemi per la qualificazione e certificazione del personale e delle aziende, che hanno consentito l'emissione di diplomi e certificati europei, che attualmente hanno anche valore mondiale, in quanto una parte importante del sistema è ora gestita in collaborazione con l'IIW, tramite il già citato International Authorization Board (IAB), cui partecipano anche Paesi extra europei come Australia, Canada, Cina, Iran, Giappone, Sudafrica, Tailandia e Stati Uniti, per un totale di 37 membri.

Storicamente, il primo sistema messo a punto è stato quello per la qualificazione del personale di saldatura e di ispezione, cui ha fatto seguito un secondo sistema per la certificazione del personale suddetto, che fornisce un mezzo semplice e sicuro per valutare, riconoscere e dimostrare le capacità sul lavoro, in quanto la certificazione si riferisce alla competenza corrente, che comprende l'esperienza oltre ai traguardi di qualificazione precedentemente raggiunti, e deve quindi essere periodicamente rinnovata; il numero di diplomi e certificati europei emessi supera i 104.000.

I due sistemi di qualificazione e certificazione del personale sono gestiti da un segretariato comune fra l'EWF e lo IAB, per cui i Paesi membri dell'EWF e dell'IIW hanno la possibilità di creare, tramite lo IAB, il loro ANB, Authorized National Body (uno per ogni Paese e l'IIS per l'Italia), che è controllato dall'EWF e dall'IIW e ha a sua volta il compito di controllare nel proprio Paese l'applicazione dei programmi europeo e rispettivamente internazionale di qualificazione e certificazione del personale; il numero totale di attestati internazionali emessi supera i 36.000.

Il terzo sistema messo a punto è il sistema integrato per la certificazione delle aziende che fabbricano prodotti saldati, relativamente ai requisiti di saldatura secondo ISO 3834 (già EN 729), alla gestione del sistema ambientale secondo ISO 14001 e alla gestione del sistema di sicurezza e salute. Anche questo sistema di certificazione delle aziende è gestito da un segretariato comune fra l'EWF e lo IAB, per cui i Paesi membri dell'EWF e dell'IIW hanno la possibilità di creare, tramite lo IAB, appositi Authorized National Body for Company Certification, ANBCC (uno per ogni Paese e l'IIS per l'Italia).

Con lo sviluppo di questi sistemi l'EWF ha svolto un ruolo pioneristico, attualmente seguito da molte altre associazioni professionali, che ha comportato la creazione di una rete che coinvolge, a livello europeo ed internazionale, più di 6000 aziende e 50.000 tecnici e che è altamente apprezzata in tutto il mondo. Notevole è stato anche l'impegno gestionale dell'EWF per lo sviluppo della rete europea di ricerca in saldatura, tramite attività effettuate in collaborazione tra istituti di saldatura, organismi di ricerca, università e industrie di diversi Paesi, che hanno compreso più recentemente programmi come Globalmat, Pro-Knowledge, Railsafe, Sim-Twb, Sme-Hamster, Vircouns.

Per concludere, auguro il miglior successo a queste Giornate Nazionali di Saldatura 2007 e mi auguro di rincontrarvi alla prossima Conferenza Europea Eurojoin 7, un'altra delle attività sponsorizzate dall'EWF, che si terrà in Italia, probabilmente nel Giugno 2009.

Convention dell'IIS Club

Il Dott. Ing. Luca Timossi, Responsabile della Divisione Certificazione dell'IIS (www.certificazionesaldatura.it), ha brevemente ricordato le caratteristiche e le finalità dell'IIS Club, che raccoglie le Figure Professionali certificate dall'IIS in Saldatura e PND, nonché le Aziende certificate dall'IIS per i sistemi di gestione qualità e ambiente, con l'obbiettivo primario di costituire un polo di aggregazione e trasferimento di informazioni atto a consentire un costante ed efficace aggiornamento in un settore tecnologico così specialistico, quale quello della saldatura e dei controlli non distruttivi.

L'Ing. Timossi ha quindi coordinato la presentazione di due memorie:

- Sviluppo di nuove competenze e nuovi strumenti didattici per l'aggiornamento professionale (Dott. Ing. Michele Murgia, IIS);
- Applicazione secondo EWF della UNI EN ISO 3834: come tenere sotto controllo il processo di fabbricazione mediante saldatura (Dott. Ing. M. Scasso, IIS).

La Convention ha raggiunto in questo modo il suo principale obbiettivo, quello di costituire un importante momento di aggiornamento e di verifica, incrementando nel contempo il senso di appartenenza dei soci dell'IIS Club ad una realtà tecnologicamente avanzata e ricca di contenuti scientifici (Tab. VI).

Al termine l'Ing. Timossi ha consegnato alle Aziende certificate dall'IIS secondo lo schema europeo, con una certificazione decennale, le targhe di riconoscimento dell'EWF (Tab. VII).

TABELLA VI - Spunti dalle memorie presentate alla Convention dell'IIS Club

L'Ing. Michele Murgia, Responsabile della Divisione Formazione dell'IIS (www.formazione-saldatura.it), ha analizzato le attuali tendenze nello sviluppo di prodotti formativi armonizzati a livello internazionale, con particolare riferimento alle proposte potenzialmente utili al mantenimento delle conoscenze acquisite e alla disponibilità di corsi di formazione a distanza.

Le attuali linee di sviluppo nella formazione armonizzata, trascurando i continui aggiornamenti cui sono sottoposte le guideline EWF-IAB/IIW più note (Welding Coordination Personnel e Welding Inspection Personnel), possono quindi essere suddivise in due tipologie fondamentali:

a) programmi di continuous education rivolti a personale già in possesso di una formazione di base, come ad esempio Welding Engineer o Technologist, per approfondirne le competenze in specifiche materie; tali programmi non sono organicamente strutturati in ambito internazionale (EWF o IIW, in particolare) ma possono riferirsi a guideline definite da tali organizzazioni;
b) programmi di formazione a distanza, come parziale alternativa ai tradizionali corsi di formazione tenuti con docenza frontale; come noto, tali programmi di formazione (Distance Learning Course, DLC), inizialmente messi a punto per esigenze di nazioni, come ad esempio l'Australia, con specificità territoriali per consentire agli studenti più lontani l'accesso ai corsi di formazione, in un secondo tempo hanno raccolto ulteriore interesse, con particolare riferimento agli allievi non in grado di lasciare il proprio posto di lavoro per periodi prolungati.

Il Consiglio Europeo di Lisbona nel Marzo 2000 ha affidato all'Unione Europea l'obiettivo strategico, ribadito nel Consiglio Europeo di Stoccolma del Marzo 2001, di diventare l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo.

Gli elementi chiave della strategia volta a raggiungere tale obiettivo sono l'adattamento dell'istruzione e della formazione, onde offrire opportunità di apprendimento su misura ai singoli cittadini in tutte le fasi della loro vita, nonché la promozione dell'occupabilità e dell'inclusione sociale mediante l'investimento nelle conoscenze e competenze dei cittadini e la creazione di una società dell'informazione per tutti, oltre all'incoraggiamento della mobilità.

Nella sostanza, é necessario modificare le modalità con cui l'istruzione e la formazione vengono impartite, se si desidera che siano disponibili per tutti; rendere l'apprendimento più attraente, collegare l'offerta alla domanda; garantire che i contenuti siano adatti all'esigenza di tutti.

EWF e IAB/IIW - anche a causa della enorme varietà che caratterizza i singoli paesi membri - non hanno affrontato in modo organico le esigenze della continuous education o del lifelong learning; tuttavia, sono state approvate in tempi molto recenti, o sono in fase di approvazione, alcune guideline che possono risultare di notevole interesse per coloro che intendono aggiornare e/o approfondire alcune delle materie affrontate durante i corsi svolti per il conseguimento della propria basic knowledge:

- Personnel with the responsibility for Macroscopic and Microscopic Metallographic Examination of Structural Materials and their Joints Prepared/Produced by Welding and Allied Techniques, strutturata sui tre consueti livelli Comprehensive, Standard e Basic;
- International Welded Structures Designer, articolata sui due livelli Comprehensive e Standard;
- Personnel with the responsibility for Welded Joints Heat Treatment, strutturata sui tre livelli Comprehensive, Standard e Basic;
- DLC - Distance Learning Training Courses, possibilità che risulta di interesse per chi abbia oggettive limitazioni nella partecipazione a lezioni in aula e possa dedicarsi alla materia solo in determinate fasce d'orario: in termini generali, ogni corso conforme alle Guideline IIW / EWF può essere strutturato attraverso percorsi di DLC, tuttavia lo IAB/IIW ha definito regole di carattere gestionale per disciplinare l'argomento, poiché le Guideline tradizionali sono state originariamente concepite per lezioni in presenza.

Sono già quindi disponibili proposte per l'ampliamento delle competenze acquisite o il loro approfondimento in specifiche materie, con metodi di formazione armonizzata tradizionale o a distanza, ma lo sviluppo di prodotti per quest'ultima comporta un importante investimento economico, che in un contesto di autorizzazione ad operare deve essere giustificato da congruenti richieste da parte dei potenziali fruitori.

L'Ing. Mauro Scasso, Segretario Generale dell'IIS (www.iis.it), ha messo in rilievo come per molto tempo un numero non insignificante di persone abbia ritenuto (e forse continua tuttora a ritenere) che un livello di qualità predefinito nella realizzazione di prodotti o servizi avrebbe potuto essere raggiunto attraverso l'implementazione formale di un manuale e diverse procedure scritte, considerando un argomento d'importanza secondaria la competenza tecnica relativa al processo di fabbricazione applicato. Il risultato di questa mentalità è stata la nascita della "qualità virtuale", dove la corrispondenza fra la qualità certificata e la qualità reale dei prodotti o servizi, è un

evento estemporaneo. Raggiungere la "qualità sostanziale" è tuttavia facile: basta riconoscere importanza primaria alla competenza tecnica specifica in relazione al prodotto realizzato e al processo di fabbricazione applicato.

In accordo a quanto sopra, il "trend" internazionale circa la gestione della qualità si sta chiaramente orientando da un approccio di sistema ad un approccio di prodotto/processo, richiedendo al Fabbricante di mostrare una competenza che può essere resa evidente tramite un percorso certificativo specifico e specializzato.

Stabilito che il Fabbricante è responsabile della conformità del prodotto realizzato ai requisiti di legge e contrattuali, un controllo competente ed effettivo dell'intero processo di fabbricazione diventa strumento essenziale, sia dal punto di vista delle responsabilità che della redditività d'impresa. Ciò è particolarmente vero quando è coinvolto un "processo speciale" come la saldatura, con le sue discipline connesse, quali trattamenti termici e controlli non distruttivi.

Un controllo idoneo sull'intero ciclo di fabbricazione rappresenta non solo il modo migliore di far fronte alle responsabilità contrattuali, ma anche l'approccio migliore per adempiere ai requisiti contrattuali e di legge del prodotto commercializzato, eliminando sprechi o extra costi. L'EWF, perfettamente consapevole delle esigenze industriali, ha definito, nella sua costante ricerca di una "qualità sostanziale", uno specifico Schema di certificazione della fabbricazione riferito alla norma UNI EN ISO 3834, nel cui ambito tutte le questioni proprie della norma sono state interpretate prendendo in debita considerazione ciascun aspetto tecnico e organizzativo dell'intero processo di fabbricazione tramite saldatura.

I prodotti saldati sono stati diversamente trattati in funzione della specificità del processo di fabbricazione con cui sono stati realizzati e supplementi specifici, relativi alle principali famiglie dei prodotti saldati, da integrarsi entro lo Schema di certificazione di base, sono stati appositamente formulati onde guidare la gestione del processo di fabbricazione specificamente interessato: -Attrezzature a pressione; -Strutture metalliche; -Veicoli e componenti ferroviari.

Da parte loro le Direttive europee, adottate sulla base del Nuovo approccio, presentano il duplice obiettivo di garantire la libera movimentazione delle merci a fronte di un'armonizzazione tecnica e garantire un sistema di salvaguardia del pubblico interesse di alto profilo. Tra i principi innovativi della legislazione, volta all'introduzione della marcatura CE, si annoverano la definizione di requisiti regolamentari essenziali e l'implementazione di idonee procedure di valutazione della conformità.

Conformemente al Nuovo approccio, al Fabbricante compete la responsabilità della concezione e fabbricazione di un prodotto, destinato al Mercato comunitario, nonché del controllo complessivo lungo l'intero ciclo di fabbricazione. In tal senso, il Fabbricante deve giustificare chiaramente di essere in possesso della necessaria competenza.

Le norme europee EN, elaborate su mandato della Commissione europea dal Comitato Europeo di Normazione (CEN), sono da intendersi armonizzate e forniscono, nella loro Appendice Z, una presunzione diretta della conformità ai requisiti essenziali di cui alle Direttive applicabili. Le norme europee non armonizzate, seppur non forniscano una diretta presunzione di conformità, restano nondimeno uno strumento rilevante suscettibile di garantire trasparenza e comprensione comune. Il complesso di queste norme, laddove faccia riferimento al controllo del processo di fabbricazione mediante saldatura, menziona direttamente o indirettamente la EN ISO 3834. La gestione del processo di fabbricazione implica quindi la possibilità di garantire, in modo sistematico, le caratteristiche auspicate del prodotto, entro un contesto di risparmio economico e rigorosa responsabilità. Questa capacità rappresenta, nell'ambito dell'odierno mercato internazionale, un essenziale vantaggio competitivo. È impossibile generare un qualsiasi provento industriale senza un efficace sistema organizzativo, il che equivale, in altri termini, a un'idonea gestione di tutti i mezzi correttamente assegnati.

Il controllo del processo di fabbricazione è pertanto da considerarsi un fondamentale obiettivo gestionale e merita l'investimento delle necessarie risorse.

Concludendo, nel settore della fabbricazione mediante saldatura un Fabbricante può avere il pieno controllo di questi fattori imprenditoriali e renderlo evidente alle Autorità ed ai Clienti, tramite il "EWF/IIW Manufacturer Certification Scheme", uno schema competente e specializzato, finalizzato a soddisfare ogni requisito contrattuale e di legge e gestito in ambito internazionale dall'EWF/IIW.

TABELLA VII - Consegna delle targhe di riconoscimento dell'EWF

- Alkom Alluminio S.r.l.
- Alstom Ferroviaria S.p.A. - Colleferro Plant
- Alstom Ferroviaria S.p.A. - Savigliano Plant
- Ansaldo Caldaie S.p.A.
- Ansaldobreda S.p.A. - Napoli Plant
- Ansaldobreda S.p.A. - Pistoia Plant
- Ansaldobreda S.p.A. - Reggio Calabria Plant
- Cms S.r.l.
- Cordioli & C. S.p.A.
- F.lli Bisson S.r.l.
- Finintra Engineering S.r.l.
- Man Turbo S.r.l.
- Ortolan S.p.A.
- S.i.c.e.m. Coop.A.r.l.
- T.c.m.i. S.r.l.

Attribuzione dei Premi

La cerimonia di consegna dei premi, condotta dal Dott. Ing. Franco Lezzi, Direttore della Divisione Promozione, Relazioni Esterne e Normazione dell'IIS, ha compreso due momenti, il Premio "Angela Cevenini" e il Premio "GNS".
Il primo è attribuito annualmente dal 1978, in memoria della Sig.ra Angela Cevenini a seguito di un suo legato testamentario all'IIS, agli Allievi che hanno ottenuto il miglior risultato finale ad un Corso di Controlli non Distruttivi dell'IIS.
Il premio consiste in un diploma e una somma di denaro che sono stati attribuiti:

- per l'anno 2005 al P.I. Mauro Milia della Soc. TECHINT Spa,
- per l'anno 2007 all'Ing. Giambattista Didonna della Soc. SAIPEM Spa,

che, a seguito delle qualificazioni in saldatura e PND conseguite presso l'IIS, svolgono attualmente, in Italia e all'estero, le funzioni di ispettore di fabbricazione e d'impianto.
I premi sono stati consegnati dal Dott. Michele Cevenini, pronipote della Signora Angela Cevenini.

TABELLA VIII - Attribuzione dei premi GNS

- ASG Superconductors
- Böhler Thyssen Welding
- Lincoln Electric
- Salteco
- SIAD

Il Premio GNS è stato invece attribuito alle Aziende che hanno supportato come Sponsor le Giornate Nazionali di Saldatura fin dalla prima edizione del 2001 (Tab. VIII).
Al termine della cerimonia l'Ing. Lezzi ha invitato tutti i partecipanti ad un cocktail e ad un buffet di affiatamento.

Workshop

Nel corso delle Giornate sono state presentate e approfonditamente discusse 36 memorie ad invito di carattere tecnico - scientifico, suddivise in sei workshop (Tab. IX). Le memorie e le relazioni presentate sono raccolte negli Atti delle giornate, editi in un volume che può essere richiesto alla biblioteca IIS (www.weldinglibrary.it).
Alcune di esse saranno anche pubblicate sulla Rivista Italiana della Saldatura o suoi supplementi.

TABELLA IX - Memorie presentate nei sei Workshop

1 - Strutture saldate in acciaio austeno-ferritico e in leghe di alluminio ***(Coordinatore: G. Coracina)***

- Panoramica su applicazioni e problematiche legate all' impiego di acciai austeno-ferritici e di leghe di alluminio nelle strutture saldate
  (S. Botta, F. Masetti, S. Scanavino - IIS)
- Esempi di impiego di acciai austeno-ferritici nella progettazione e fabbricazione dei ponti
  (P. Pistoletti - SETECO)
- Confronto tra saldatura SAW e laser applicate a strutture in duplex per ponti
  (S. Sorrentino, M. Fersini, G. Zilli - CSM)
- Resistenza a fatica di strutture saldate in acciaio austeno-ferritico
  (P. Ferro, F. Bonollo, A. Tiziani - Università di Padova)
- Impiego delle leghe di alluminio nella costruzione di strutture civili
  (L. Ermini - HERMES / S. Müller - IIS)
- Approdo dell'alluminio nel campo delle macchine agricole: un esempio dell'incremento netto di efficienza
  (D. Furlani - Caffini / M.L. Volpone - IIS)
- Resistenza a fatica di strutture saldate in leghe di alluminio
  (B. Atzori, B. Rossi - Università di Padova)

***2 - Brasatura** (Coordinatore: L.M. Volpone)*

- Uso innovativo del basso apporto termico - Esperienze sul "cladding" e brasatura col processo CMT®
  (G. Lorenzin - Arroweld Italia / G. Rutili - IIS)
- Orientamenti ed evoluzioni nella tipologia delle fasi dure da impiegare nei depositi di brasatura contro l'abrasione
  (M. Azzoni - Salteco)
- Sistema di brasatura a induzione per giunzione di conduttori raffreddati
  (G. Drago, A. Laurenti, G. Maggiora, P. Pesenti - ASG Superconductors)
- Incremento di qualità, efficienza e produttività in operazioni di brasatura - Impiego di un induttore elettromagnetico quale sorgente termica
  (M. Morlotti - Casram SA / L.M. Volpone - IIS)
- Metodi e soluzioni per unire lamiere di materiali metallici diversi tramite arco voltaico
  (J.P. Bergmann - Jenoptik-Automatisierungstechnik GmbH / J. Wilden, S. Reich - Technische Universität Ilmenau / S. Goecke - EWM GmbH)
- Studio dei parametri di processo nella brasatura di leghe di rame e caratterizzazione microstrutturale dei giunti
  (I. Crepaldi, M. Merlin, G. Garagnani - Università di Ferrara / L. Trebbi - Visottica Industrie)

***3 - Affidabilità degli impianti** (Coordinatore: A. Lauro)*

- Fitness-for-Service Analysis of Structures using the FITNET Procedure: An overview
  (M. Koçak - GKSS)
- Valutazione dello stato di conservazione ed efficienza dell'attrezzatura attraverso la metodica RBI
  (V. Gazzotti - Raffineria di Milazzo)
- Definizione dell' intervallo di test per le valvole di sicurezza: una analisi Risk Based per l'art. 10 del DM 329
  (R. Cozza, P. Leone, M. Serra - Saras)
- Flessibilità negli intervalli di verifica periodica sulla base dell'analisi del rischio
  (A. Barison - Sarpom)
- Esperienze nell'ispezione e nella manutenzione di serbatoi di stoccaggio di prodotti petroliferi
  (F. Bresciani, F. Peri - IIS)
- La sicurezza: Service per il cliente
  (C. Piazze - IIS)

***4 - Sviluppi e tendenze dei processi di saldatura tradizionali** (Coordinatore: M. Murgia)*

- Sviluppi e tendenze dei processi di saldatura tradizionali
  (L. Costa - IIS)
- Saldatura in arco sommerso Tandem Twin
  (A. Lord - ESAB Welding AB / A. Eriksson - ESAB Process R&D / F. Vago - ESAB Saldatura)
- Il processo Synchronised Tandem Wire Welding applicato alla saldatura di lamiere strutturali
  (M. Fersini, S. Matera - CSM)
- I generatori AC/DC con il controllo della forma d'onda - L'innovazione nella saldatura ad arco sommerso
  (G. Pedrazzo, C. Barone - Lincoln Electric Italia / G. Rutili - IIS)

- Applicazione del processo di saldatura ad elettroscoria per la placcatura interna di apparecchi a pressione
  (F. Foroni, N. Maestri, M. Musti - Belleli / M. Mandina - IIS / C. Canepari)
- Il procedimento di saldatura TIG Key-hole - Una valida alternativa per la giunzione di materiali pregiati
  (L. Jarvis - CSIRO (AUS) / C. Rosellini - IIS)

***5 - Le nuove frontiere dei processi laser e FSW e EB** (Coordinatore: M. Cantello)*

- Recenti sviluppi nei processi di saldatura ad energia concentrata e Friction Stir Welding
  (M. Consonni, D. Harvey - TWI)
- Friction Stir Welding sui pannelli sandwich acciaio /alluminio
  (S. Müller, M.L. Volpone - IIS)
- Viblade: Friction Stir Welding per materiali plastici
  (L. De Filippis - DIASS / A. Scialpi / M. Troughton, S. Andrews - TWI)
- Applicazioni delle nuove sorgenti laser in fibra alla lavorazione di acciai altoresistenziali per il settore automotive
  (E. Capello, D. Colombo, B. Previtali - SITEC)
- Panorama sulle applicazioni laser nel campo aeronautico
  (M. Penasa - RTM)
- Saldatura circonferenziale di tubi per gasdotti mediante tecnologia ibrida con trasporto del fascio laser in fibra
  (M. Fersini, G. Demofonti, S. Sorrentino, E. Mecozzi - CSM)

***6 - Materiali base e d'apporto di ultima generazione** (Coordinatore: G. Canale)*

- Caratteristiche, applicazioni e saldabilità del nuovo acciaio inossidabile Lean Duplex LDX 2101®
  (F. Hägg, M. Larén - Avesta Welding AB / P. Bonalumi - Böhler Thyssen Welding)
- Materiali d'apporto per la saldatura di serbatoi LNG in acciaio al 9% nickel
  (S. Angelotti - Lincoln Electric Italia / P. van Erk - 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
  (M. Forno - Ansaldo Energia / M. Mandina - IIS)
- Acciai basso legati per la produzione di energia: i giunti dissimili
  (A. Bertoni, C. Choviet - Air Liquide Welding / G. Cumino, S. Caminada - Tenaris / G. Rutili - IIS)
- Applicazione industriale per la nastratura ad alto rendimento con acciai austenitici ad alto tenore di molibdeno
  (L. Possenti, A. Volpi - ATB Riva Calzoni / G. Gallazzi - ESAB Saldatura)

TABELLA X - Corsi

- Saldatura e trattamento termico degli acciai basso-legati per servizio ad alta e bassa temperatura (M. Murgia)
- Saldatura e riparazione dei placcati (M. Mandina)
- La fatica nei giunti saldati (C. Servetto)
- Saldabilità dei non ferrosi (G. Canale)
- Risk management nella fabbricazione saldata (S. Morra)
- Esame delle norme europee per la stesura delle WPS e confronto con l'ASME IX (A. Pandolfo)

Corsi

Funzionari dell'Istituto Italiano della Saldatura, particolarmente esperti del tema trattato, hanno tenuto sei corsi della durata di due ore ciascuno (Tab. X), che hanno fornito ai partecipanti nozioni di base o di approfondimento e utili aggiornamenti:

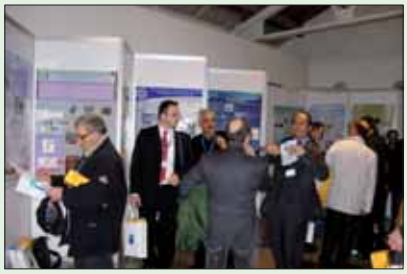
- Saldatura e trattamento termico degli acciai basso-legati per servizio ad alta e bassa temperatura
- Saldatura e riparazione dei placcati
- La fatica nei giunti saldati
- Saldabilità dei non ferrosi
- Risk management nella fabbricazione saldata
- Esame delle norme europee per la stesura delle WPS e confronto con l'ASME IX

Sessione Poster

I Partecipanti hanno potuto consultare dodici poster opportunamente collocati e incontrare gli Autori per approfondire gli interessanti argomenti trattati (Tab. XI).

TABELLA XI - Poster presentati

- Sviluppo di un impianto sperimentale GMAW in controllo adattativo (U. Natale, L. Nele, E. Sarno - Università di Napoli Federico II)
- Una unità di misura per il calcolo dell'efficienza nel processo di saldatura a Laser: Il Dau (G. Daurelio - CNR-INFM)
- Evoluzione dei processi di saldatura e nuovi traguardi applicativi: La saldatura a laser di leghe di alluminio e titanio (G. Daurelio - CNR-INFM / L. De Filippis - Politecnico di Bari / F. Memola Capece Minutolo - Università Federico II di Napoli / A. Scialpi)
- Electron Beam Welding (EBW) - Una tecnologia sempre giovane. Esempio di un'applicazione altamente innovativa (C.Vogelei - Pro-beam AG & KGaA (D) / S. Müller - Istituto Italiano della Saldatura)
- La metallografia ottica nello studio di cricche e tensioni nei giunti saldati (P. Piccardo, R. Amendola, M.R. Pinasco, M.G. Ienco, G. Pellati, M. Fabbreschi - DCCI - Università di Genova)



- Prove a fatica in grande scala
  (C. Rizzo, G. Carrera - DINTM - Università di Genova)
- Ottimizzazione delle proprietà meccaniche di un giunto FSW mediante RSM
  (R. Mishra, A. Squillace, C. Pirozzi, G. Giorleo - Università di Napoli Federico II)
- Valutazione sperimentale e previsione numerica della resistenza a fatica di giunti a sovrapposizione di lega di Al 2024 - T3 realizzati mediante FSW
  (A. Pirondi, D. Fersini - Dip. Ing. Industriale Università di Parma)
- Saldabilità di un acciaio austeno-ferritico(1.4462) in prodotti tubolari con l'impiego del processo GTAW in modalità "Keyhole"(K-TIG)
  (S. Müller, L.M.Volpone - Istituto Italiano della Saldatura / J.O. Smith - University of Portsmouth - UK)
- Progettazione assistita di giunti saldati sollecitati a fatica mediante modelli solidi e criteri 3D
  (A. Cristofori, P. Livieri, R. Tovo - Dipartimento di Ingegneria - Università di Ferrara)
- Saldatura EBW di 4 differenti tipologie di contatti a radiofrequenza per il "Large Hadron Collider" (LHC) del CERN
  (G. Barbieri, F. Cognini, M. Moncada - ENEA Dip. FIM MATTEC CR CASACCIA - RM)
- La saldatura subacquea "wet": non una novità ma una evoluzione
  (C. Colombo, G. Carminati - Lastek Italia)

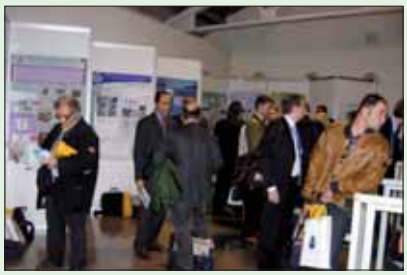


TABELLA XII - Argomenti degli incontri tecnico-commerciali

- Dall'anidride carbonica alle miscele quaternarie, SIAD nella storia della saldatura
  (Franco Coppo, Riccardo Bandieri / SIAD)
- Full rent per la saldatura automatica. Il servizio Easy Robot: la proposta globale innovativa del Gruppo Sol
  (Massimo Galli, Gianfranco Rubbo / Gruppo SOL)
- Tecnologia e saldabilità del filo animato tubolare: aspetti tecnici ed applicativi
  (Filippo Campaci, Alex Oro / Trafilerie di Cittadella)
- Saldatura di alta qualità? Helistar GV
  (Antonio Falanga, Carmen Giuliano / Rivoira)
- Nuove tecnologie ESAB per saldatura e scriccatura - SUPERPULSE™, Q-SET™, Q-WAVE™, Scriccatura Plasma
  (Andrea Palermo / ESAB Saldatura)
- Controlli con Liquidi Penetranti e Particelle Magnetiche: fattori influenzanti i tempi ed i costi
  (Maurizio Cevenini / NDT Italiana)
- La radiografia digitale CR (Computed Radiography) e gli standard di qualità
  (Michele Lauriola / DIMART)

Incontri e dimostrazioni tecnico-commerciali

Nell'ambito della manifestazione si sono svolti 7 incontri tecnico-commerciali (Tab. XII), preparati da Aziende produttrici di materiali di apporto e di apparecchiature di saldatura e di controllo non distruttivo.
Queste hanno presentato dal vivo o mediante mezzi multimediali le loro più recenti novità scientifiche e tecnologiche, suscitando vivo interesse e approfondite discussioni tra i presenti.

Punto consulenza IIS

Durante tutto l'arco delle Giornate è stato attivo un punto di consulenza nel quale esperti IIS sono stati a disposizione dei partecipanti per rispondere a quesiti tecnici e a richieste di informazioni su vari temi relativi alle costruzioni saldate, alla loro supervisione e ai servizi dell'IIS.

Punto diffusione UNI

L'IIS, che è stato riconosciuto Punto di diffusione UNI nel Marzo 2007, ha messo a disposizione dei partecipanti, per tutta la durata delle GNS4, un terminale per la consultazione diretta delle norme UNI e personale competente nella materia.

Punto incontro CEC

Il CEC, Consorzio Europeo di Certificazione, nella sua qualità di Organismo Notificato dell'IIS con riferimento alle principali Direttive Europee che riguardano Prodotti saldati (PED, TPED, ATEX), ha messo a disposizione dei partecipanti per l'intero arco della manifestazione personale specializzato per discutere problematiche inerenti la fabbricazione e l'esercizio di attrezzature ed insiemi a pressione.

Conclusione

Ancora una volta le Giornate Nazionali di Saldatura 2007 hanno rinnovato e superato il successo riscosso dall'edizione precedente.
Ai 756 convenuti le GNS4 hanno infatti offerto una visione panoramica del mondo della costruzione saldata ed una importante occasione di incontro. Erano presenti molti tra i maggiori esperti italiani nel campo della progettazione, fabbricazione, manutenzione, ispezione, studio e ricerca in saldatura e tecniche affini e connesse e molti responsabili di strutture produttive di assistenza e di controllo.
Tutti hanno potuto esaminare e discutere a fondo problematiche relative a progettazione, materiali, processi, controlli, requisiti di qualità sostanziale, affidabilità e sicurezza di prodotti e impianti e tutela ambientale.
Nel dare appuntamento alla prossima edizione GNS5, che avrà luogo nel 2009, l'Istituto Italiano della Saldatura ritiene di aver adempiuto ancora una volta ai suoi scopi istituzionali di supporto all'industria e all'economia italiana, con particolare riguardo alla trasmissione delle conoscenze e alla qualificazione del sistema produttivo del Paese.

Corso di qualificazione per International Welding Inspector

Genova 2008

L'ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA, secondo la programmazione descritta nell'**Attività Didattica 2008,** organizza presso la propria sede di Genova un Corso completo di Qualificazione ad International Welding Inspector (livello Comprehensive, IWI-C).
A tale Corso potranno partecipare anche candidati non in possesso dei requisiti di cui al punto successivo, concordando con la Segreteria le modalità per la propria iscrizione, per il conseguimento di Diplomi al livello Standard o Basic.

Requisiti di ingresso

Per iscriversi al Corso non è prevista esperienza specifica, quanto il possesso di uno dei titoli di studio previsti dalle vigenti disposizioni internazionali emanate dall'Istituto Internazionale della Saldatura (IIW) e dalla Federazione Europea della Saldatura (EWF):

- **Laurea o Diploma di Laurea in Ingegneria**; in alternativa, Laurea in Scienza dei materiali, Architettura, Fisica o Chimica, supportate da comprovata esperienza industriale in saldatura **oppure**
- **Diploma di Scuola Media Superiore ad indirizzo tecnico**.

Calendario e sede delle lezioni

Il Corso ha una struttura modulare, basata su due corsi successivi denominati Welding Technology e Welding Inspection, di carattere teorico - pratico (chi sia in possesso di un Diploma da Welding Engineer o da Welding Technologist può accedere direttamente al secondo Modulo).
Per diluire l'impegno, le lezioni saranno svolte in settimane non consecutive, secondo il seguente calendario:

Modulo **Welding Technology**:	prima settimana,	dal 5 al 9 Maggio 2008
	seconda settimana,	dal 9 al 13 Giugno 2008
	terza settimana,	dal 14 al 18 Luglio 2008
Modulo **Welding Inspection**:	prima settimana,	dall'8 al 12 Settembre 2008
	seconda settimana	dal 6 al 10 Ottobre 2008
	terza settimana,	dal 10 al 12 Novembre 2008

Il Corso sarà tenuto presso la **Sede dell'IIS di Genova**, in Via Lungobisagno Istria, 15.

Orario delle lezioni

Per consentire il raggiungimento della Sede senza spostamenti in orario festivo, il Corso sarà svolto con orario 9.00 ÷ 18.00, ad eccezione delle giornate di Lunedì (orario 14.00 ÷ 18.00) e di Venerdì (orario 9.00 ÷ 13.00).

Conseguimento del Diploma

Chi sia risultato in possesso dei requisiti di ingresso ed abbia completato il percorso formativo può accedere agli esami previsti nelle date **22 e 23 Dicembre**, presso la Sede di Genova (o, in alternativa, in qualunque altra sessione programmata successivamente).
Le domande di iscrizione agli esami dovranno essere indirizzate all'Area Certificazione Figure Professionali (tel. 010 8341307, e-mail angela.grattarola@iis.it), con un costo di iscrizione pari a € 425,00 (+ IVA).

Iscrizione al Corso

Per iscriversi al Corso è sufficiente utilizzare il modulo cartaceo fornito con l'Attività Didattica 2008 oppure procedere on - line attraverso il sito www.formazionesaldatura.it, selezionando il Corso dall'apposito motore di ricerca.
La quota di partecipazione al Corso completo è pari ad € 5.000,00 (+ IVA), comprensiva della collana delle pubblicazioni specifiche dell'IIS e del pranzo presso la mensa dell'IIS.
Sono accettate iscrizioni solo se effettuate contestualmente al pagamento della relativa quota, il cui pagamento può essere effettuato tramite bonifico bancario sul CC 4500 - Banca Popolare di Milano (ABI 05584 CAB 01400 CIN I), intestato all'Istituto Italiano della Saldatura.

Informazioni

Per ulteriori informazioni è possibile rivolgersi all'**Istituto Italiano della Saldatura** (Via Lungobisagno Istria 15, 16141 Genova), Divisione Formazione, al numero 010 8341371 (fax 010 8367780), oppure all'indirizzo di posta elettronica mariapia.ramazzina@iis.it).

Panorama sulle applicazioni laser nel campo aeronautico (°)

M. Penasa *

Sommario / *Summary*

L'industria aeronautica è da sempre all'avanguardia nelle applicazioni tecnologiche. È stata quindi una delle prime a pensare al laser per la lavorazione dei materiali, ma non ad utilizzarlo in modo generale, viste le prestazioni offerte dall'electron beam, già diffusamente impiegato dal settore.
Le applicazioni laser sono comunque cresciute negli anni, in particolare le operazioni di foratura su vari componenti, con obiettivi di raffreddamento o insonorizzazione. Solo in tempi recenti l'applicazione della saldatura laser ai pannelli di fusoliera si è affermata presso alcuni costruttori, dimostrando l'efficacia della tecnica su materiali e configurazioni piuttosto complesse. Taglio, foratura e saldatura di assemblaggio non sono poi le uniche opportunità: nuovi progetti di ricerca sono diretti alla verifica delle possibilità di formatura di strutture o di estensione della vita a fatica mediante tecniche laser.
La memoria fa una panoramica sulle applicazioni del laser in aeronautica, sui risultati ottenuti e prospettive future. Si va dagli impieghi nel campo dei motori e del relativo "refurbishment", all'applicazione sui pannelli di fusoliera, alla foratura, ai recenti studi di formatura, ottenibile con processi ad emissione continua di tipo termico, ma anche con processi impulsati che operano nel campo dello "shock peening".

Aeronautics has ever covered an advanced position about applications of innovative technologies. Thus from the beginning aeronautics took laser into account as a viable mean for material processing. However, the application of this technique was eventually limited by the existing standard techniques, primarily EBW, granting higher quality performance, or by the applicable low production rates, reducing laser advantages.
Laser's applications have anyway grown over the years, in particular drilling of turbine blades (cooling purposes) and on panels (noise reduction). Only in recent times LBW of fuselage panels, now in production at several Airbus facilities, has shown the full capability of this technique on materials and configurations relatively complex. However, cutting, drilling and welding are not the only opportunities: new R&D is dedicated to life extension and panel forming using laser based surface treatments.
This paper is a general survey of existing applications of LB processing, in aeronautics, of main results achieved and future perspectives. From applications in the field of aero-engines and related refurbishment, to LBW of fuselage panels, to cutting and drilling, to the recent studies of formability, obtained either by thermal processing or by laser shock peening, the full range of laser capabilities is briefly examined.

Keywords:
Aerospace; aluminium alloys; drilling; laser beam; laser peening; laser welding; metal working; nickel alloys; reviews; titanium alloys.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 4 - Workshop: "Le nuove frontiere dei processi laser, FSW e EB" - Genova, 25-26 Ottobre 2007.*

* *RTM - Vico Canavese (TO).*

L'analisi dello stato dell'arte evidenzia, per l'industria aerospaziale, due settori principali: Aeroengines (motori) e Airframes (strutture). Questi campi applicativi sono caratterizzati da requisiti differenti in termini di geometria (assialsimmetrica piuttosto che lineare), materiali (superleghe o leghe di titanio, piuttosto che leghe di alluminio, ed ancora di titanio), nei quali vengono solitamente impiegate tecniche alternative e concorrenti del laser (il fascio elettronico è una tecnica standard nella realizzazione di parti per motoristica, ed in alcuni casi è impiegato nella giunzione di forti spessori per elementi strutturali delle fusoliere o delle sezioni di attacco delle ali, mentre la rivettatura è la tecnica impiegata per l'assemblaggio di elementi di fusoliera - con nicchie di utilizzo di altre tecniche di giunzione per fusione, tipicamente TIG, usate in entrambi i settori produttivi).
Esistono altre tipologie di prodotto su cui viene utilizzata la saldatura e sulle quali il laser è stato impiegato a livello esplorativo, quali la realizzazione di serbatoi (o liner di serbatoi) per lo spazio, riconducibili però come geometria alle applicazioni motoristiche.
Al di fuori della saldatura le lavorazioni laser hanno finora previsto un esteso impiego del laser nella foratura di pannelli per insonorizzazione, nella foratura di palette di turbina per il raffreddamento, nel taglio di parti usurate da sottoporre a "refurbishment" (un'importante operazione nel contenimento dei costi di gestione di aeromobili), con risaldatura effettuata anche con tecniche differenti. È solo di recente sviluppo, ed ancora peraltro in fase di valutazione, l'impiego del laser nella formatura di lamiere, mentre speciali trattamenti superficiali per l'estensione della vita a fatica sono da tempo utilizzati, sebbene ancora non accettati in modo generale.

Problematiche generali della saldatura laser in campo aerospaziale

Dal punto di vista della qualità della saldatura il processo laser a keyhole lascia aperte alcune problematiche piuttosto critiche per la mentalità tipica del settore.
La tendenza a sviluppare porosità è la classica nota negativa nelle giunzioni laser, che si vanno a confrontare con saldature a fascio elettronico (EBW) che ne sono di solito prive. Dal momento che è difficile formulare conclusioni definitive sul ruolo giocato dalla porosità nelle prestazioni a fatica, e provarne la non rilevanza ai fini della durata attesa, le specifiche di accettazione sono di tipo estremamente conservativo.
La causa principale dell'insorgere della porosità in un giunto saldato è la contaminazione, tipicamente legata all'assorbimento di umidità da parte delle superfici del pezzo e dell'eventuale materiale d'apporto, alla non perfetta pulizia dei lembi del giunto, alla presenza di umidità nelle tubazioni per il gas di assistenza. Ovviamente esistono anche responsabilità del materiale stesso, in termini di impurezze contaminanti il materiale base o di elementi bassoebollenti e volatili.
L'elevata velocità di solidificazione caratteristica del processo non consente un'efficace evoluzione delle bolle di gas che possono così rimanere intrappolate in parte nel bagno fuso.
Un altro problema alquanto critico nelle giunzioni termiche di tipo autogeno è il difetto di raccordo della superficie saldata con il materiale base (undercut): nonostante molti sforzi per stimare le reali prestazioni delle giunzioni saldate mediante laser in condizioni di esercizio, questa problematica non è mai stata del tutto chiarita (e probabilmente non può esserlo in linea generale) e pertanto la saldatura laser può non essere ritenuta accettabile a causa delle sue irregolarità superficiali e del loro impatto sulla vita a fatica, per ovvie ragioni di sicurezza.
In realtà, laddove i requisiti sono particolarmente stringenti, si preferisce lavorare le superfici saldate in modo da eliminare ogni testimone di saldatura, e questo indipendentemente dalla tecnica utilizzata. Ciò comporta una perdita di competitività del laser, anche quando, con particolari procedure, sia in grado di garantire buone finiture e raccordi.
Ulteriori problematiche di carattere metallografico, quali l'insorgenza di microfessure, sono un possibile risultato nella saldatura autogena di alcune leghe, con tecniche a fascio concentrato.
Questa tipologia di difetto richiede la preparazione di opportune specifiche

Figura 1 - GP7000 aeroengine in fase di test.

Figura 2 - Strutture di aeromobili (fuselage).

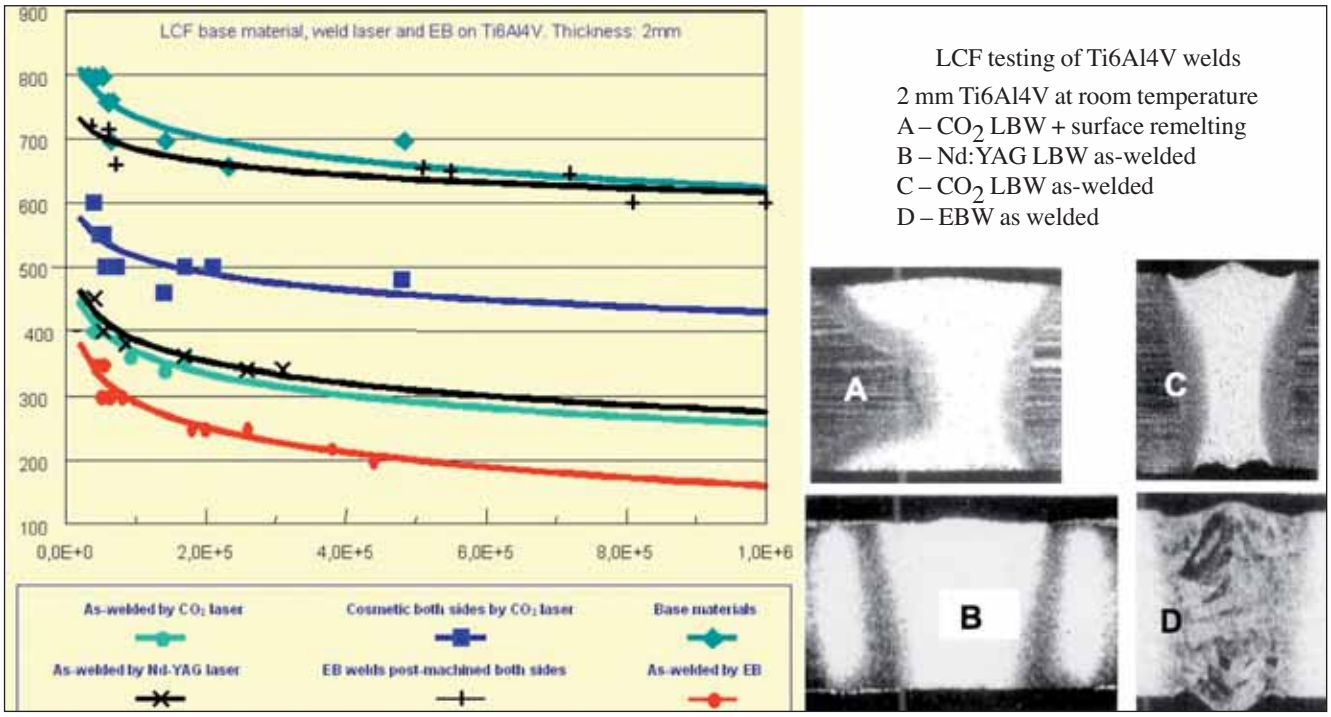


Figura 3

di accettabilità, o in alternativa lo sviluppo di particolari procedure adatte ad evitare, quando possibile, il problema.

In conclusione il vantaggio di una tecnica a fascio concentrato e bassa distorsione (e costi relativamente contenuti) come il laser viene così spesso vanificato dall'impossibilità di eliminare la ricorrenza di difetti che sono a volte di secondaria importanza sulle prestazioni del prodotto ma che pongono dei quesiti non risolvibili con immediatezza sulla vita del prodotto stesso. La produttività medio bassa tipicamente richiesta alle macchine nel campo aerospaziale fa sì che l'efficienza potenziale del laser venga ritenuta non fondamentale, per cui spesso non si giunge neanche alla qualifica di eventuali metodi di soluzione delle sue problematiche, e se ne limita di fatto l'utilizzo.

Qualità e procedure di saldatura

È possibile riscontrare una generale mancanza di standard comuni sul livello di accettabilità dei difetti nella costruzione di aeromobili. Ciascun costruttore applica specifiche interne, in accordo alla propria esperienza e ai requisiti ingegneristici. Come base comune però, si può dire che nel settore aerospaziale i requisiti qualitativi delle saldature sono tipicamente molto più severi del necessario.

La richiesta tipica è in prima battuta l'assenza totale dei difetti, mentre avrebbe più senso una dettagliata analisi dell'impatto della qualità di saldatura sulle prestazioni al fine di valutare la reale applicabilità della tecnologia (sebbene questo tipo di ricerca richieda una forte motivazione tecnico-economica).

Come già accennato, i problemi ricorrenti nei materiali possono essere riassunti come segue:

- Titanio - porosità, vita a fatica
- Superleghe - microfessurazione, porosità, vita a fatica
- Alluminio - microfessurazione, porosità, vita a fatica, corrosione.

Sebbene la vita a fatica, richiedendo verifiche lunghe e complesse, sia un argomento molto difficile da trattare, ha tanto a che fare con la caratterizzazione e la progettazione del giunto quanto la valutazione della qualità interna al giunto stesso.

Da questo punto di vista, la porosità è una sfida aperta che indica posizioni ben definite delle controparti: da una parte gli standard applicati richiedono l'assenza di pori, affermando una riduzione della vita a fatica e la perdita di prestazioni correlata a questo difetto, mentre dall'altra parte un ampio lavoro di R&D sembrerebbe dimostrare effetti trascurabili sulla prestazione a fatica.

La microfessurazione è una problematica più delicata, essendo difficile da rilevare con test non distruttivi. In alcuni casi sono state date specifiche di tentativo sulla dimensione massima ma le valutazioni del caso possono essere solo di tipo statistico.

Sono stati condotti molti studi sulle possibili cause dei difetti e sui metodi per superare i problemi sulla qualità. Come regola generale, nel settore aerospaziale il primo passo è prevenire ed evitare le contaminazioni ambientali. Cicli ben definiti vengono utilizzati in produzione per la preparazione dei componenti prima della saldatura (attacco chimico e stoccaggio controllato) per ciascun materiale utilizzato. La contaminazione da idrogeno è stata chiaramente correlata allo sviluppo della porosità diffusa nelle leghe di alluminio, e non è facile da eliminare, mentre per quanto concerne le leghe di titanio e le superleghe, la porosità tende a localizzarsi in fase di sovrapposizione di saldatura. L'utilizzo di opportune rampe di potenza durante il "fade out" non sempre garantisce il risultato in modo affidabile, ma in genere riduce sostanzialmente il problema.

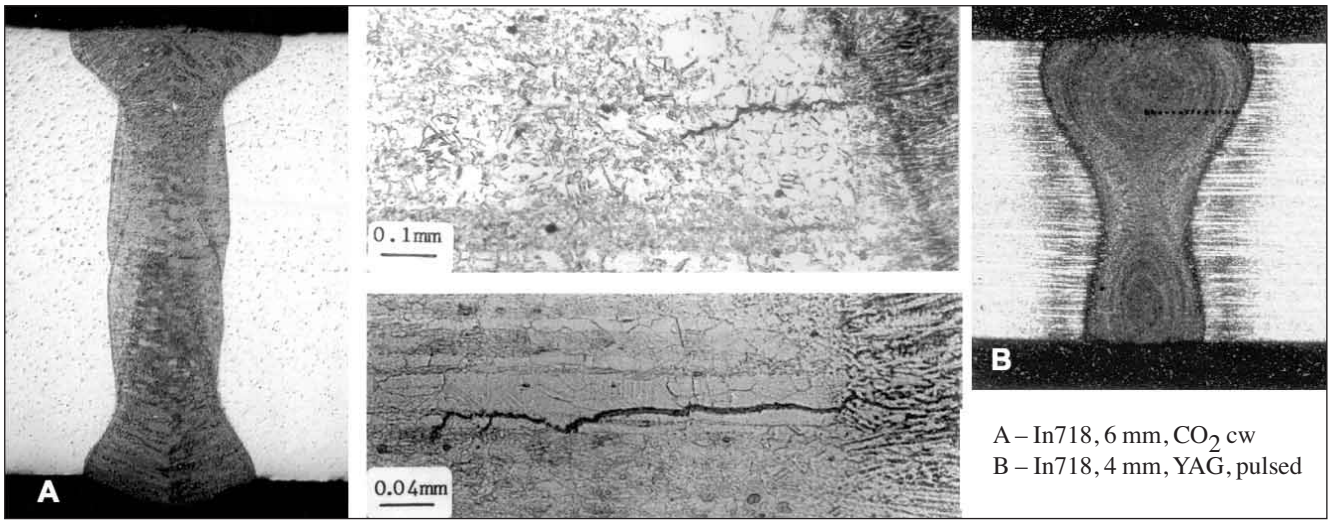


Figura 4 - Microcricche in ZTA si osservano su saldature continue su In718, grano ASTM<8 e t>3 mm.

Sulle leghe di alluminio la porosità ha anche origini differenti, essendo legata all'instabilità insita nel processo su di un materiale altoriflettente a bassa temperatura di fusione. Metodi per superare questa difficoltà si affidano all'impiego generalizzato del filo d'apporto (che aumenta l'accoppiamento e stabilizza il bagno fuso), allo sviluppo di configurazioni "twin spot" (che stabilizzano il keyhole), all'utilizzo della saldatura simultanea "dual beam" se si lavora sui due lati di un giunto (nel caso di saldatura a T si riduce la possibilità di avere difetti invece presenti nella compenetrazione di passate successive).
Per quanto riguarda la saldabilità, solamente certe leghe di alluminio sono idonee ad essere saldate in modo affidabile senza che si osservino fessurazioni del giunto. Nella maggioranza dei casi esse appartengono alla serie 6000, ma ci sono importanti leghe 2000 che danno ormai una risposta positiva ed affidabile. La saldabilità delle leghe di titanio non è invece un problema, mentre alcune superleghe pongono alcune difficoltà in termini di microcricche, in particolare nella ZTA (il cui insorgere è comunque legato alla dimensione del grano ed alla penetrazione richiesta).

Monitoraggio, controllo e automazione del processo

La garanzia di qualità coinvolge due campi principali. Il primo è relativo alla definizione del processo ed a come garantire l'affidabilità e la riproducibilità dei risultati, mentre un secondo riguarda i problemi relativi ad un efficiente controllo di processo in linea.
Per quanto riguarda la configurazione del processo di saldatura si sono sviluppati metodi efficaci per la riduzione dei difetti (porosità, spruzzi, incisioni e irregolarità, microfessurazioni) così come per il controllo della distorsione, di notevole importanza per le applicazioni strutturali, in particolar modo dell'alluminio.
Le esigenze di un ridotto livello di verifica richiedono l'adeguamento degli attuali metodi di monitoraggio on-line di processo e prodotto, che si dovrebbero migliorare per garantire le necessarie informazioni in vista dell'eventuale chiusura di un loop di controllo. La qualifica di tali metodi è uno dei problemi connessi allo sviluppo degli standard.
Il controllo del processo risulta quindi essere un requisito generale per la vasta applicazione delle tecniche LBW. Benché siano state sviluppate nuove tecniche di ispezione e siano migliorate le

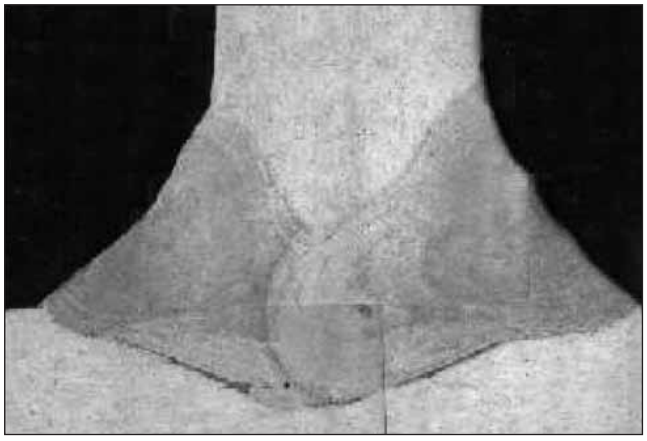


Figura 5 - 6056-T4 single beam welding.

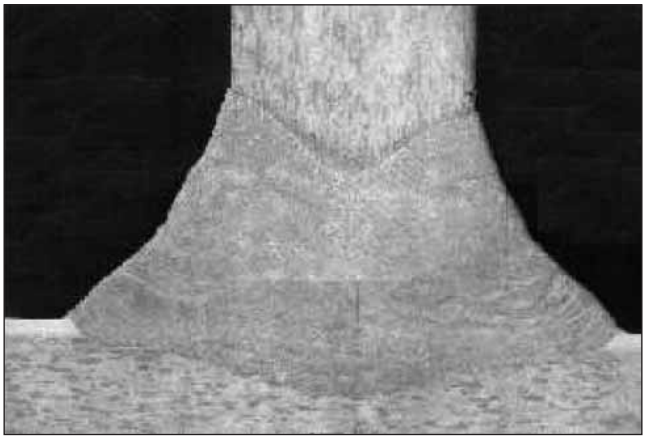


Figura 6 - 6013-T4 dual beam welding.

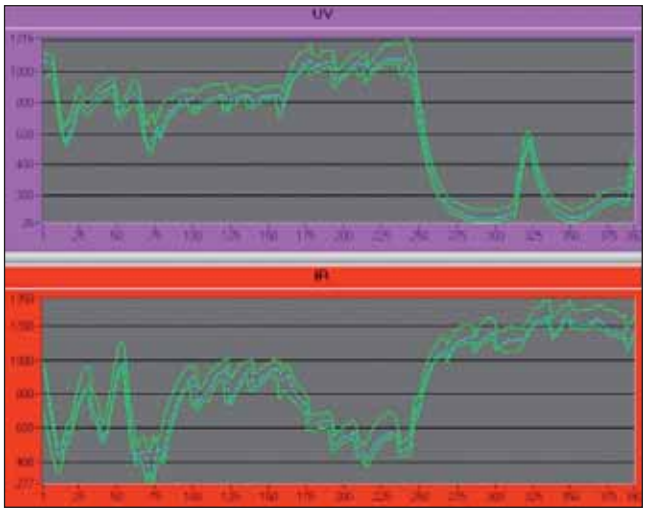


Figura 7 - Monitoraggio emissione del processo.

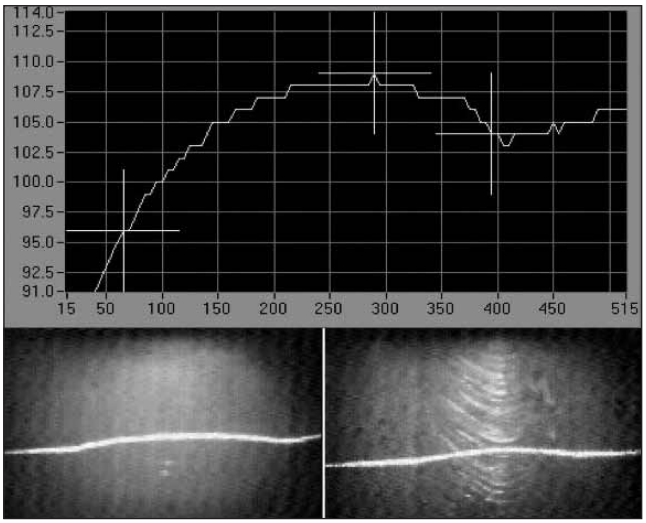


Figura 8 - Profilometria sul giunto saldato.

prestazioni dei sistemi di analisi dati a livelli rispondenti ai requisiti della produzione di massa, esistono ancora delle difficoltà.
Il monitoraggio delle caratteristiche di saldatura, delle grandezze di interesse e anche l'analisi non distruttiva del prodotto è ormai possibile in una gran parte delle situazioni anche sul 100% della produzione, compatibilmente con la sensibilità di rilievo delle tecniche impiegate. Si può ragionevolmente dire che il monitoraggio del processo è a livelli qualitativi che possono rispondere ai requisiti di una produzione esigente come quella aerospaziale.
Il controllo del processo, inteso come regolazione continua on-line e quindi effettuata in tempo reale, è invece ancora quanto mai problematico, anche a causa della velocità del processo laser, che richiede tempi di reazione molto piccoli e quindi prestazioni di sistema particolarmente spinte. Il controllo a ciclo chiuso è stato sperimentato finora in contesti relativamente semplici, ed è ancora molto lontano dall'essere applicabile.
Se da un lato si stanno comunque affrontando i problemi tecnici e non c'è ragione di pensare che non possano essere risolti in un futuro anche vicino, bisogna tener presente alcuni aspetti attinenti alla politica industriale. È quanto mai evidente che le esigenze e le specifiche dei diversi produttori industriali differiscano molto tra di loro, complicando così qualsiasi attività di ricerca ed impedendo una possibile economia di scala. C'è poi poca disponibilità da parte della produzione ad intraprendere attività di ricerca sperimentale su qualcosa di più complesso del monitoraggio on-line. Infine il controllo on-line è di fatto impedito dalla necessità di avere un referente che si prenda la responsabilità dell'intero sistema quando un segnale di "feed-back" viene dato al laser, e ciò richiede una ben definita cooperazione tra i costruttori delle differenti parti di un sistema.
Dal punto di vista del laser esistono ormai sensori veloci in grado di monitorare l'emissione di potenza e la sua distribuzione durante la lavorazione e questi dati sono potenzialmente utilizzabili per un controllo di processo. È pensabile di riuscire a discriminare tra le cause della variazione di emissione, ma questa distinzione deve essere fatta sulla base di database idonei di compilazione non facile. Il passo successivo è lo sviluppo di strategie per il controllo on-line a partire dai risultati relativi al monitoraggio del fascio, non sempre ovvio ed in genere non disponibile.

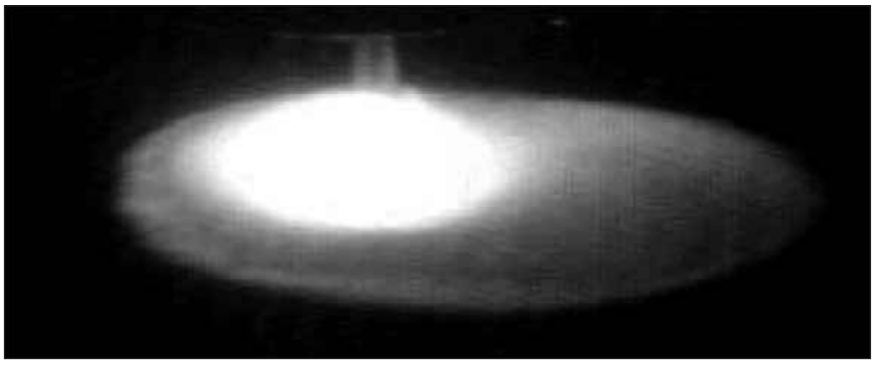


Figura 9 - Monitoraggio pozza fusa.

Applicazioni in motoristica

La saldatura laser è stata più o meno profondamente esaminata durante gli ultimi venti anni dai costruttori di motori. Peraltro la produzione di motori ha fatto un certo uso di EBW e, se il termine di confronto resta questo, non si può trovare nel laser alcun vantaggio in quanto a qualità di saldatura o modalità della distorsione. Tuttavia l'applicabilità del LBW a casi più complessi dal punto di vista geometrico e l'elevata facilità di accesso caratteristica delle operazioni in atmosfera ha spinto l'attenzione di molti costruttori verso questa tecnica. Un'ulteriore possibilità viene dal fatto che il laser può essere usato anche per il taglio, rendendolo un mezzo ideale per le attività di "refurbishment", nelle quali non è

comunque ancora sfruttato appieno (infatti difficilmente la risaldatura viene fatta con il laser).
I materiali utilizzati in motoristica sono tipicamente superleghe a base ferro o nichel, per gli stadi ad alta temperatura, e leghe di titanio, quest'ultime utilizzate negli stadi relativamente freddi di compressione. Le leghe sono scelte in accordo a specifiche proprietà, inclusa la saldabilità, e comunque possono essere vicine al limite tecnologico: mentre il comportamento delle leghe di titanio è in generale soddisfacente per il LBW, le superleghe possono talvolta avere un comportamento complesso.
Nonostante una chiara ed evidente praticabilità di alcune applicazioni di saldatura, i limiti di qualità talvolta evidenziati e la tradizione basata su tecniche concorrenti ha finora limitato il coinvolgimento della tecnica nella produzione industriale.
Nel campo della motoristica ed elementi correlati le applicazioni attuali (e potenziali) del laser possono essere riassunte come di seguito:

- Sostituzione di strutture integrali con strutture composte saldate
- Saldatura circonferenziale del casing (spessori sottili)
- Saldatura di airfoil e bordi di entrata a doppia parete
- Saldatura di liner e serbatoi
- Saldatura di componentistica varia (attuatori)
- Taglio flange per sostituzione
- Risaldatura flange
- Saldatura di riparazione di settori di palette usurate
- Riporti di ricostruzione di parti usurate di palette
- Foratura di palette di turbina.

Il volume maggiore di operazioni eseguite con il laser si riferisce storicamente alla foratura di pale turbina, eseguita sia con laser a CO_2, sia con sorgenti YAG, su rapporti di figura variabili ma tipicamente compresi tra 20 e 50 in "percussion drilling". Recentemente si è affinata la tecnica per cui è possibile ottenere una svasatura ed una forma controllata tramite operazioni successive di affinatura.
Le applicazioni di saldatura sono invece limitate sia in numero che in tipologia.
SNECMA ha utilizzato nel tempo il LBW con una sorgente a CO_2 per assemblare un "turbofan deswhirl" in Ti6Al4V, del diametro superiore a 2500 mm, al fine di ottenere una configurazione integrale "vane-disk".

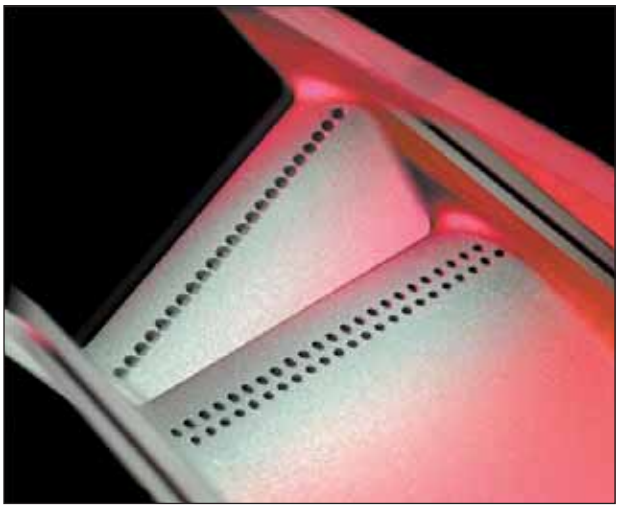


Figura 10 - Laser drilling di pale (cortesia MTU).

Il sistema utilizzato è in grado di realizzare il taglio degli alloggiamenti pala sugli anelli interno ed esterno, con la grande accuratezza necessaria ad operare poi la saldatura della palettatura senza ricorrere al materiale d'apporto.
Le palette, che possono anche essere cave, vengono posizionate negli alloggiamenti ricavati sugli anelli interni ed esterni e saldate lungo il perimetro ad una profondità che arriva ai 5 mm, con cordoni di saldatura molto vicini tra loro, e con spinti requisiti sulla distorsione risultante. Ad ultimare l'operazione vengono saldati, laddove richiesto, anche i rispettivi coperchi, ottenendo così una struttura estremamente leggera e non realizzabile per asportazione di materiale se non con notevole difficoltà.
A livello prototipale anche forti spessori di titanio sono stati saldati con buoni risultati. La possibile applicazione è il supporto cuscinetto conico, realizzabile in modo integrale per "superplastic forming", ma anche per semplice rullatura e successiva saldatura longitudinale. Successive rilavorazioni consentono la finitura del componente, con asportazione di testa e radice della saldatura e realizzazione delle tipiche tasche di alleggerimento.
La qualità ottenibile su spessori fino a 15 mm in lega di titanio è comunque buona, a parte livelli minimi di porosità.
Sugli stadi ad alta temperatura il laser viene invece impiegato per completare la realizzazione del "casing", con la saldatura di anelli di raffreddamento, ottenuti chiudendo con un anello di piccolo spessore uno scarico realizzato sul corpo turbina. Trattandosi di giunti sottili l'invasività della saldatura è contenuta ed è possibile lavorare sul finito senza troppi problemi: inoltre non si osservano microfessure quando la profondità del giunto è ridotta ed il tensionamento è contenuto. Più raramente si è tentata l'applicazione di saldatura forte dei vari anelli che costituiscono il "casing" vero e proprio, con buoni risultati ma non sufficienti a sostituire le tecniche alterna-

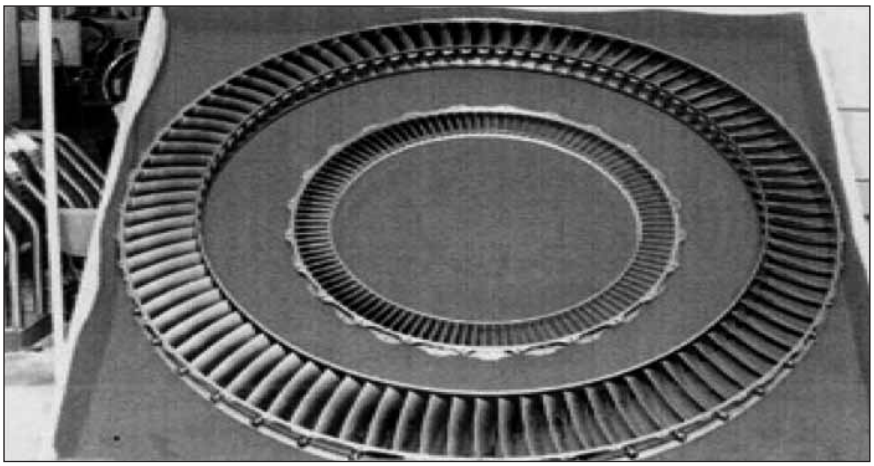


Figura 11 - Deswhirl saldato laser (cortesia SNECMA).

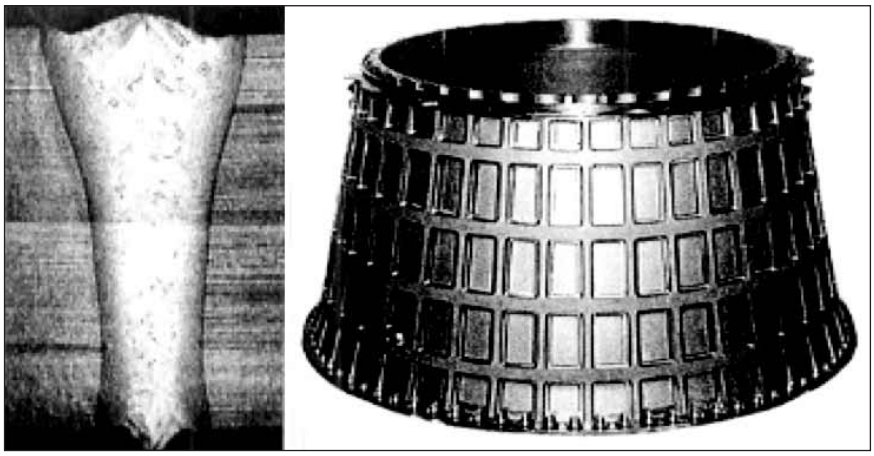


Figura 12 - Supporto cuscinetto, Ti6Al4V, 13 mm, ∅ 820 mm. All'esame RX 2 pori ∅ 0.2 su 450 mm di giunto.

tive che comprendono EBW, TIG e microplasma.
Saldature di tipologia analoga ma applicazione leggermente diversa vengono effettuate nella realizzazione dei "liner" per serbatoi aerospaziali, in cui la tenuta è demandata ad una sottile parete in lega di titanio, rivestita da uno strato in composito a fibra di carbonio, necessario a sopportare pressioni di esercizio che arrivano a centinaia di bar. Si tratta tipicamente di operazioni eseguite con microplasma o TIG, ma, nell'impossibilità di piazzare all'interno del liner la necessaria struttura di sostegno, la distorsione risultante può rivelarsi inaccettabile, per cui le tecniche LBW o EBW sono indispensabili.
Come detto anche il "refurbishment" è un tipo di operazione effettuata in condizioni produttive, anche se non sempre nell'ambito diretto del costruttore di motori quanto piuttosto del manutentore. È ad esempio il caso del taglio laser di flange di turbina (Air France), applicato in produzione e potenzialmente accoppiato alla risaldatura laser. L'operazione è di fatto richiesta su tutti i tipi di materiali che costituiscono il motore, e quindi si va dal titanio alle superleghe, a base nichel o ferro.
Le operazioni di risaldatura sono delicate più per la necessità di garantire la tolleranza geometrica e quindi l'allineamento dei lembi di saldatura, che non per le reali difficoltà di ottenere una qualità di giunzione sufficiente.
Il risparmio netto ottenibile spinge comunque ad operazioni di questo tipo che giustificano notevoli investimenti in termini di macchinario: i particolari in lavorazione possono essere di dimensioni notevoli oppure si tratta di contornature complesse. È quest'ultimo il caso della riparazione delle palette, che possono essere soggette a rimozione di interi settori con successiva risaldatura, o più in generale essere sottoposte a ricarica con polveri sulle superfici usurate. Questa è una applicazione tipica della tecnologia laser in quanto i recenti sviluppi consentono risultati molto accurati in termini dimensionali. Il processo un tempo definito come "laser sintering" ed applicato in un primo tempo a polveri rivestite di bassofondente, ha raggiunto la maturità necessaria ad effettuare una vera e propria prototipazione rapida strutturale, sempre più vicina al "net shaping" anche a partire da volumi di ricostruzione importanti e forme complesse. Se confrontato con altri processi come il plasma, il riporto laser è estremamente vantaggioso in quanto limita l'apporto termico e la distorsione risulta trascurabile.
Come ultimo esempio applicativo il laser viene utilizzato per estendere la vita a fatica di componenti di elevato valore, come ad esempio la palettatura. Questa modifica superficiale, che consente di mettere in compressione gli strati esterni fino a profondità di un certa importanza (alcuni mm), non impedisce di fatto l'insorgere di microdifetti ma ne rallenta la propagazione in modo evidente, estendendo nel tempo le prestazioni del componente con notevoli vantaggi economici. Il trattamento, denominato "Laser Shock Peening" (LSP), è analogo a quello realizzato per pallinatura meccanica, ma consente risultati più importanti ed uniformi. Non è un processo di tipo termico ma si basa sulla propagazione di onde d'urto, gene-

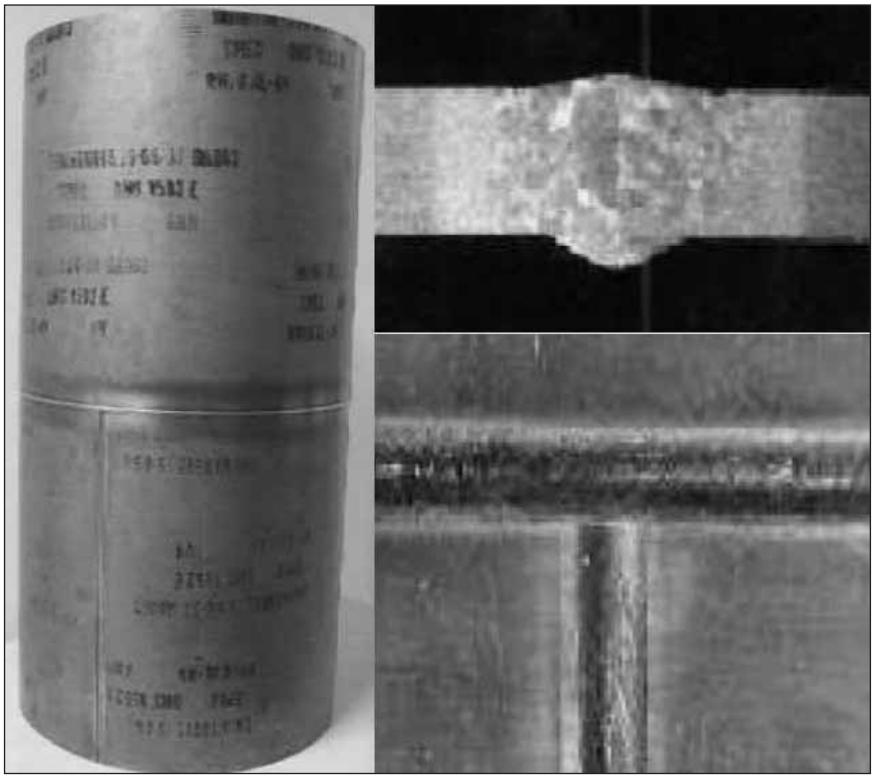


Figura 13 - Liner cilindrico in Ti6Al4V, 1.6 mm, LBW con filo, conicità 0.2/400, cerchiaggio 0.3.

Figura 14 - Turbine housing in Inconel 718 saldato laser (cortesia SNECMA).

rate dall'interazione laser su di un substrato sacrificale (impulsi con potenza di alcuni GW emessi in decine di nanosecondi), all'interno del materiale. Costi e tempi di realizzazione sono ancora importanti ma gli effetti del LSP sono ormai ben documentati e la tecnica accettata, almeno su leghe di titanio e superleghe.

Applicazioni su strutture

L'applicazione della saldatura laser su parti di aerostrutture ha una genesi più recente. I materiali sono tipicamente leghe di titanio per gli impieghi militari, e leghe di alluminio per le applicazioni civili, che coprono ovviamente un mercato molto più importante. Se per il titanio la problematica tecnologica è di minor entità e la scelta della tecnica di assemblaggio dipende in pratica dalle sezioni che devono essere unite (per cui si tende a lavorare con EBW su parti di piccole dimensioni e spessore elevato, come gli attacchi ala), nel caso dell'alluminio il discorso è diverso.

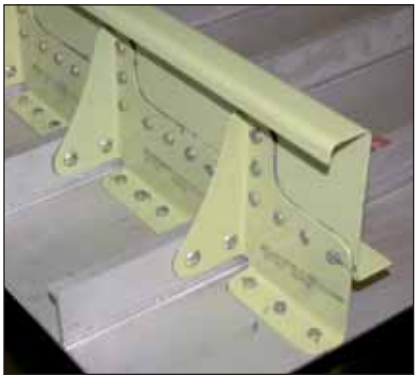


Figura 15 - Stringer saldati laser e cleat rivettati.

Dal momento che nell'industria aerospaziale la qualità non è materia di discussione, si è sempre evitato il ricorso alla giunzione di tipo termico, che presenta ovvie difficoltà per una serie complessa di motivi (difetti interni alla saldatura, distorsioni residue, perdita di prestazioni nel giunto, materiali non saldabili) a cui il laser non sfugge. Nonostante la R&D fatta sui giunti base, per molti anni non si è raggiunto un livello di confidenza sufficiente all'introduzione della tecnica, in assenza di vere motivazioni per farlo. Le strutture di aeromobili sono così da sempre assemblate per giunzione meccanica, e questa filosofia costruttiva continua ad essere applicata nella gran maggioranza delle operazioni di realizzazione di un aereo.

Ad ogni modo lo sviluppo notevole delle sorgenti nel vicino infrarosso e l'elevata qualità raggiunta da certi laser nel lontano infrarosso, hanno consentito risultati via via più rispondenti agli standard qualitativi, aumentando il livello di fiducia in questo approccio.

Verso la metà degli anni novanta DASA ha iniziato una grossa attività di R&D sul LBW applicato alle leghe di alluminio, per sostituire il processo di rivettatura tra le pelli della fusoliera e i relativi correntini di rinforzo (gli "stringer" longitudinali ed i "cleat " trasversali).

I principali obiettivi erano il contenimento del peso (un impiego esteso di pannelli saldati può portare ad un alleg-

Figura 16 - LBW (CO_2) di pannelli (cortesia Airbus).

Figura 17 - LBW (YAG) di pannelli (cortesia Alenia).

gerimento strutturale fino al 7-8%) e la riduzione delle ispezioni di manutenzione: questi vantaggi sono ottenibili attraverso l'eliminazione dell'ala di accoppiamento del rivetto (lo "stringer" tradizionale è sagomato a Z, mentre lo "stringer" saldato è ad L, e richiede un giunto di testa a T) e dei correlati fenomeni di corrosione all'interfaccia.
In poco più di 5 anni il progetto ha portato alla piena qualifica di pannellature saldate e alla conseguente accettazione del nuovo processo. Le difficoltà erano principalmente relative alla qualità delle linee di giunzione: le leghe sono soggette a sviluppare porosità se le superfici non sono ben preparate e possono mostrare delle microfessure quando non si utilizzino i corretti parametri di lavoro. Trattandosi di saldature a T con giunti contrapposti è stata da subito evidente la necessità di utilizzare filo d'apporto, utile tra l'altro a ridurre i problemi di innesco e di saldabilità delle diverse leghe utilizzate. Ulteriori problemi si sono riscontrati nella distorsione localizzata della pelle esterna che, a seconda del rapporto tra lo spessore della pelle e del correntino, può portare ad una forma finale poligonale, problema reso meno evidente dalla saldatura simultanea "dual beam".
Superata la fase di certificazione, Airbus è andata in produzione con alcuni pannelli della fusoliera dell'A320, a partire dal 2001. Al momento vengono prodotti pannelli con leghe differenti, e tipicamente la 2024, la 6013 e la 6056, con spessori di parete fresati chimicamente che nella zona di saldatura sono intorno a 2.5 mm, e con spessore di "stringer" tra 1.6 e 2 mm. È possibile anche un aumento dello spessore dello "stringer", con configurazioni oltre i 4 mm e rapporto di spessore tra "stringer" e pelle tendente ad 1. Ciò incrementa la distorsione poligonale a livello del rivestimento, più evidente al crescere del rapporto (attualmente si è tra 0.6 e 0.75).
Come detto la tecnica "dual beam" riduce la gravità del problema, dal momento che keyhole opposti e relativamente vicini riducono la loro tipica direzionalità, piegando il fuso lontano dalla superficie del rivestimento. Questo permette un netto aumento della stabilità del fuso, una migliore qualità della saldatura (porosità limitata, riduzione della tendenza a sviluppare cricche secondo la lega), una miglior distribuzione di calore e, infine, distorsioni inferiori e minori tensioni residue.

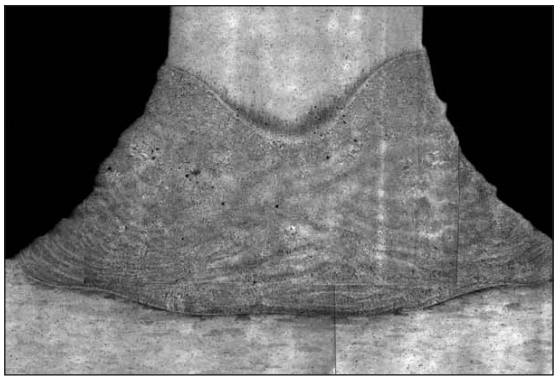


Figura 18 - Saldatura laser di pannelli di fusoliera. Dual beam, AA-6056 (cortesia Alenia).

Il passo successivo, ancora sulle fusoliere, sarebbe il LBW del "cleat", l'elemento di unione del pannello alla centinatura che costituisce il telaio della fusoliera. Questa giunzione può essere progettata similmente alla saldatura dello "stringer" alla pelle, sia in termini di geometria che di spessore.
Peraltro esistono in questo caso notevoli problemi di accessibilità per una testa di saldatura con filo d'apporto, per cui le uniche soluzioni possibili sono la colaminazione della superficie di interfaccia con un materiale simile a quello utilizzato come filo d'apporto (tipicamente la lega 4047 - AlSi12) o, più semplicemente, il preposizionamento sul giunto di strisce nello stesso materiale opportunamente sagomate, che consentirebbero la saldatura senza filo.
Come tema innovativo infine, l'utilizzo di fili d'apporto ad alta percentuale di scandio potrebbe ridurre l'impatto dell'elevato tenore di silicio che influenza negativamente il comportamento a fatica.
L'applicazione alle strutture alari (wingboxes), implica di norma l'utilizzo di spessori più importanti, tipicamente dell'ordine di 5-20 mm, in configurazione saldata di testa o a T. La qualità delle saldature su tali spessori risulta critica quando vengono affrontate mediante le tecniche a keyhole (per quanto nuove sorgenti nel vicino infrarosso, capaci di potenze superiori alla decina di kW, sembrino in grado di garantire risposte migliori). La possibilità di utilizzare invece tecniche a conduzione è stata chiaramente evidenziata da BAe System attraverso ampie verifiche con diodi laser di alta potenza (HPDL).
Gli interessanti risultati esulano dal normale punto di vista delle applicazioni laser e mostrano come un aumento del diametro dello spot di lavoro possa essere usato per accrescere la prestazione di un processo per conduzione in termini di penetrazione. Il punto fondamentale è di evitare l'evaporazione del materiale; la qualità risultante è estremamente elevata: su AA2024 T351 da 6 mm non si rilevano porosità o microfessure.
Gli inconvenienti principali sono legati all'aumento della distorsione, per il cui controllo sono possibili particolari tecniche, ed alla necessità di sostenere il bagno fuso, due fattori che complicano l'applicazione reale, unitamente ad una produttività notevolmente limitata. In configurazione ibrida HPDL-TIG si sono raggiunti anche i 12 mm con ottima qualità del giunto.
Come già fatto osservare le prospettive di sviluppo tecnologico sono legate ai benefici attesi da una determinata rivoluzione nella progettazione di un particolare e del suo ciclo realizzativo.

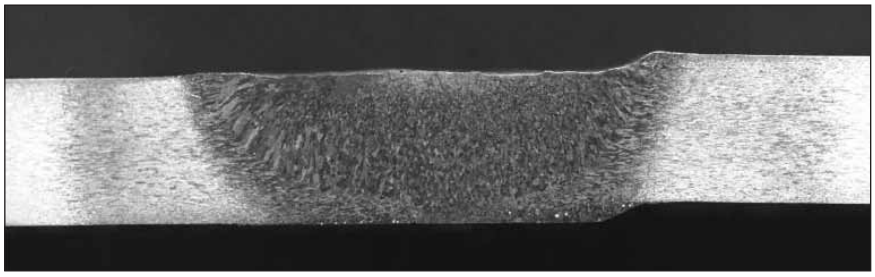


Figura 19 - Record di profondità (6.25 mm) saldata con HPDL in conduzione su AA2024 (cortesia BAe System).

La saldatura dei pannelli è diventata una realtà perché in qualche modo ha stravolto la modalità di assemblaggio utilizzata, con la possibilità di un miglior sfruttamento delle caratteristiche del LBW. Esistono altre possibilità nella scelta dei materiali in cui viene realizzato il velivolo: il composito a matrice polimerica è una di queste, ed è questa la strada su cui si stanno ora muovendo i principali costruttori, sulla scia di Boeing. Ciò ha profondamente rallentato gli sviluppi applicativi del laser, ma è probabile che la situazione si stabilizzi su di una determinata finestra di chiaro appannaggio della tecnica laser.
Altre applicazioni del laser nel settore delle strutture si trovano nuovamente nel campo della foratura, in cui alcune tipologie di pannellatura (tipicamente le gondole dei motori) vengono trattate per l'insonorizzazione.
Si tratta di operazioni a cui è richiesta una elevata produttività, con la realizzazione di fori di piccolo diametro, tipicamente tra 0.5 e 1 mm, su spessori relativamente piccoli ma con elevata densità. Il requisito di processo è pertanto legato alla velocità di lavoro della macchina piuttosto che alla penetrazione del processo stesso (da questo punto di vista la foratura delle pale di turbina è molto più critica per le profondità richieste).
Sempre sulla pannellatura recenti ricerche stanno tentando di verificare la possibilità di formatura di pannelli rinforzati di grandi dimensioni. La produzione dei pannelli viene effettuata su pelli già formate secondo la curvatura richiesta, adagiate su letti di forma corrispondente, a cui sono vincolate in depressione, e successivamente saldate con teste che posizionano lo "stringer" durante l'avanzamento del processo.
Si tratta di una configurazione robusta, che però richiede "tool" dedicati.

Inoltre la necessità di produrre pannelli a doppia curvatura per alcune parti della fusoliera si è finora scontrata con la difficoltà obiettiva di inseguimento del giunto che da lineare diventa bidimensionale. I prototipi realizzati hanno dimostrato la fattibilità di questo tipo di pannello ma anche evidenti problematiche che hanno finora sconsigliato l'applicazione in produzione. Una soluzione alternativa potrebbe essere la saldatura di pannelli piani, seguita da un trattamento di formatura laser, di tipo termico (Laser Forming) o di tipo meccanico (nuovamente il LSP, applicato questa volta su leghe di alluminio e con l'obiettivo di tradurre uno stato compressivo in deformazione permanente).
I tentativi con il "laser forming" hanno finora dato risultati interlocutori, evidenziando una risposta instabile dei pannelli e sostanziali limiti di formabilità al di sopra dei 5 mm di spessore. In particolare, pannelli a pelle sottile tendono ad andare in torsione, non recuperabile con successive passate di formatura. Al contrario, il LSP Forming ha evidenziato buone prospettive anche su lamiere spesse e sembra perfino in doppia curvatura, sebbene i tempi ciclo possano dilatarsi in maniera notevole.

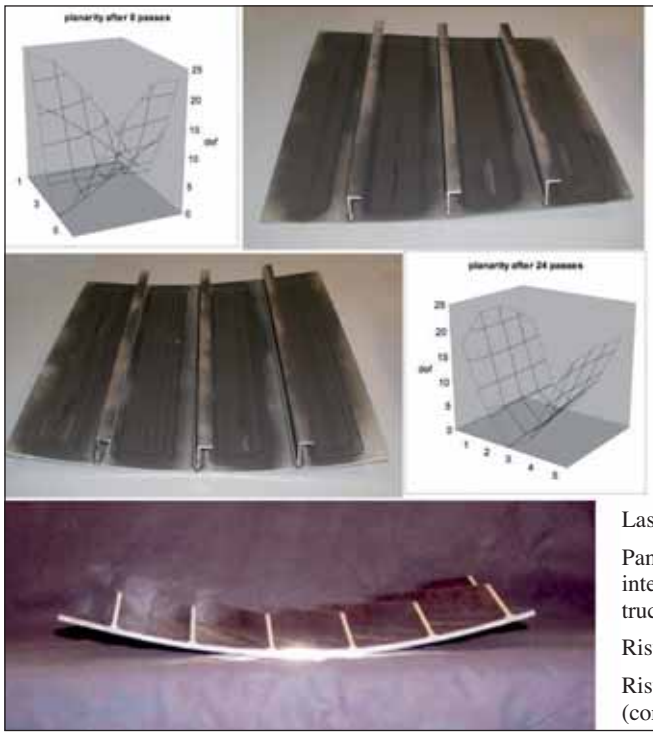
Identificazione di punti di interesse e di possibili collaborazioni

L'interesse principale del settore aerospaziale è rivolto ai problemi di qualità. Questo è un punto particolarmente rilevante per le leghe di alluminio. In generale gli obbiettivi globali delle attività di R&D in questa direzione sono così riassumibili:

- Riduzione dei difetti (porosità, spruzzi, fessurazioni interne)
- Riduzione dei controlli non distruttivi (ottenibile con un efficace controllo di processo)
- Saldatura di riparazione dei difetti e sua qualifica
- Miglioramento/ottimizzazione delle prestazioni del giunto (fatica/corrosione)
- Controllo della distorsione
- Applicazione a spessori più elevati rispetto ai tradizionali limiti (sezioni > 10 mm).

A questo proposito si possono identificare alcune tematiche per eventuali lavori di sviluppo, anche di tipo collaborativo:

- Valutazione del livello di accettabilità dei difetti, da svilupparsi su specifica



Laser Forming

Formatura di pannelli 500x500, AA-6013 e AA-2022, fresatura chimica di alleggerimento, tre stringer saldati.

Processo con CO_2, grafite usata per garantire l'assorbimento

Deformazione torsionale non accettabile su pannelli sottili (3 mm scaricati a 1.8 con doppia tasca)

Deformazione flessionale fino a valori accettabili per pannelli spessi (5 mm scaricati a 3.2 con doppia tasca)

Risultati del progetto Ecoshape (FWP6)

Laser Shock Peen Forming

Pannelli 500x500, AA-2022, struttura integrale lavorata per asportazione di truciolo (con pale inclinate)

Risultato eccellente e controllabile

Risultati del progetto Ecoshape (cortesia Dassault Aviation)

Figura 20

- Aggiornamento delle specifiche: aumento di omogeneità tra i diversi costruttori e riduzione dei requisiti ridondanti ed immotivatamente conservativi. Esame dei limiti di accettabilità (da ogni punto di vista), ed ampliamento eventuale dei campi di tolleranza correlati
- Nuovi problemi di progettazione, in relazione alle specifiche per l'integrazione del processo di saldatura laser. Ciò richiede una rilevante attività di formazione tecnica, al fine di rendere la saldatura laser uno standard di produzione
- Controllo on-line a ciclo chiuso del processo, con "feed back" in tempo reale dei parametri di rilievo, un punto molto ambizioso, ma che potrebbe costituire un fattore risolutivo
- Sviluppo di metodi per limitare le tensioni residue ed eliminare la distorsione come risultato della saldatura
- Tecniche ibride: risultati promettenti si sono ottenuti in termini di qualità di saldatura. Applicazioni in aeronautica non sono però ancora state avviate.

Conclusioni

Nonostante tutti gli sforzi per sviluppare strategie comuni al fine di aumentare la competitività dell'industria aerospaziale europea, il livello di omogeneità e collaborazione tecnica tra attuali o potenziali partners nel settore aerospaziale è da considerare ancora scarso. È possibile infatti osservare un'evidente sovrapposizione di attività R&D, che conduce ad una indubbia dispersione di risorse. D'altro canto non è nemmeno raro assistere a rincorse frettolose, ed in genere onerose, per colmare eventuali "gap" tecnologici. Pur trattandosi di un naturale fenomeno di concorrenza aziendale, quando si considera la particolare tipologia del settore ed in vista di una generale competitività europea, è chiaro che la gestione più oculata delle risorse dovrebbe essere possibile.
Per quanto riguarda il laser, la principale convenienza nelle applicazioni LBW è la riduzione delle distorsioni, per cui qualsiasi applicazione in cui la deformazione deve essere controllata e ridotta è una potenziale candidata. Peraltro, se si applica una tolleranza dimensionale molto stretta, ogni operazione di natura termica richiede lavorazioni post processo. Partendo da questo concetto esistono poche possibilità per il LBW, ma, nei casi in cui la saldatura è prevista sul componente finito, o per i quali le operazioni post saldatura sono estremamente complesse (o ancora quando si può rivoluzionare del tutto un progetto), la saldatura laser rimane di grande interesse.
Le tecnologie in competizione, nel frattempo, sono cresciute più velocemente di quanto ci si aspettasse: in particolare la Friction Stir Welding è di estremo interesse per le leghe di alluminio, anche di forte spessore. Ciò ridurrà il potenziale di applicazione del laser nel panorama degli assemblaggi di fusoliere ed aerostrutture, quantomeno per gli sviluppi delle giunzioni lineari.
Dalle necessità indicate dal settore aerospaziale, è possibile comunque una chiara definizione delle priorità per futuri lavori di collaborazione: il controllo della qualità è sempre un'esigenza impellente, così come il controllo della distorsione, considerati aree principali di sviluppo. È però evidente che "laser" non è più, nell'immaginario di chi definisce le attività di R&D e ne gestisce le risorse, quella parola magica che è stata per molto tempo.
E giustamente, nel momento in cui il laser viene visto come mezzo produttivo maturo, di cui si conoscono ed accettano limiti e vantaggi.

Mauro PENASA, laureato in Ingegneria Nucleare presso il Politecnico di Torino nel 1984, si occupa di saldatura laser dal 1990 ed è da più di un decennio il responsabile dei processi laser di RTM. Ha partecipato a numerosi progetti di ricerca sulle applicazioni laser in svariati settori industriali ed è autore di diverse memorie che illustrano le potenzialità della tecnologia laser in saldatura ed in altri campi applicativi.

ABBONATI!

METTITI A NORMA!

10 numeri
a 70,00 euro
15 numeri
+ volume
"Capire i processi"
a 115,00 euro

L'appuntamento mensile con la normazione tecnica

U&C
Unificazione&Certificazione

Mensile della Normazione e della Certificazione

the C' *comunicazione srl* tutela la riservatezza dei dati: la sottoscrizione dell'abbonamento dà diritto a ricevere informazioni ed offerte da parte di **the C'** *comunicazione srl*.
Barrare la casella solo se non si desidera ricevere tali offerte. ☐

Per il pagamento scelgo la seguente formula:

☐ Versamento su c/c p. n° 26649467

☐ Bonifico bancario su c/c n. 000000003314 intestato a:
the C' *comunicazione srl*
via Orti, 14 - 20122 Milano
su Banca Popolare di Novara
via S. Margherita, 3 - 20121 Milano
CAB 01600 ABI 05608 - CIN N

Cod. Fiscale o Partita IVA .....
(Obbligatorio)
Firma .....

BUONO DI ORDINAZIONE U&C

Desidero ricevere quanto segue:

☐ 10 numeri
€ 70,00

☐ 15 numeri
+ volume "Capire i processi"
€ 115,00

Nome .....
Cognome .....
Ragione sociale .....
Via ..... n. .....
Località .....
Prov ..... CAP .....
Tel ..... Fax .....
e-mail .....

Spedire in busta chiusa a:
the C' *comunicazione srl* - via Orti, 14 - 20122 Milano
o inoltrare al fax: 0236581173

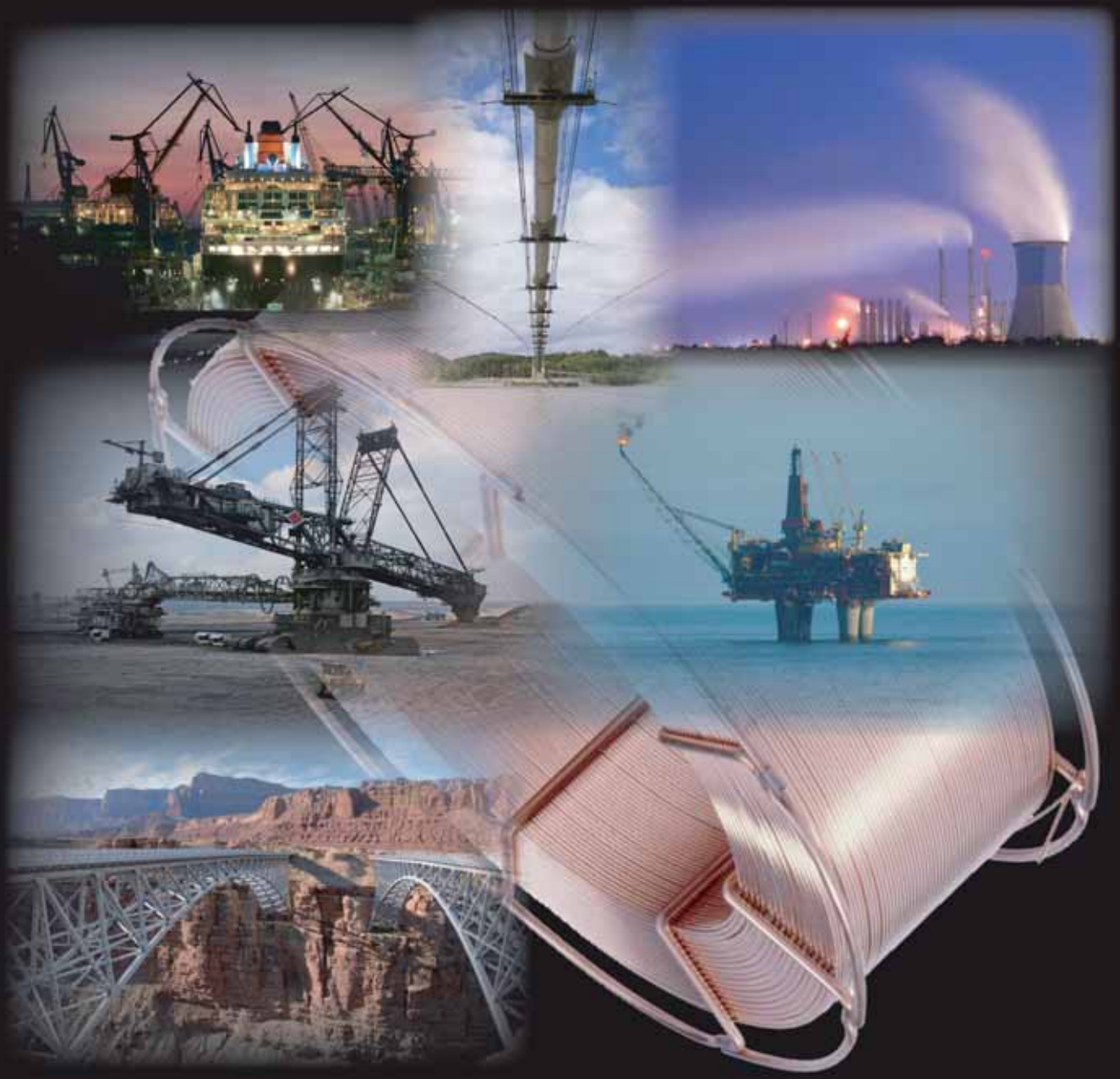
Per qualsiasi informazione chiamare l'Ufficio Abbonamenti
tel. 0236581151
e-mail: abbonamenti@the-c.it

TRAFILERIE DI CITTADELLA S.p.A.

FILEUR®

CUSTOMIZED WELDING WIRES TECHNOLOGIES

Fili animati tubolari: "FILEUR IL TUO PARTENER IDEALE"



TRAFILERIE DI CITTADELLA S.P.A - FILEUR, azienda italiana leader nello sviluppo tecnologico del filo animato tubolare a livello mondiale, dispone di vasta gamma di prodotti specifici per la saldatura semiautomatica ed automatica con procedimento MIG/MAG a filo continuo.

Tutti i fili animati tubolari della linea FILEUR sono sinonimo di elevati standard qualitativi in termini di efficienza, performance applicative, caratteristiche meccaniche e bassissimo contenuto di idrogeno diffusibile.

Questo garantisce ai nostri fili la massima resa in tutti i settori applicativi quali: off-shore, pipeline, creep-resistant, elevata resistenza, cantieristica navale e riporti antiusura.

Fili pieni per acciai al carbonio e per acciai legati ad elevato limite di snervamento completano la nostra gamma garantendovi la più ampia scelta.

TRAFILERIE DI CITTADELLA S.p.A. FILEUR®
Via Mazzini, 69 - 35013 Cittadella (PD) - ITALY - Tel. +39 0499401593 - Fax +39 0499401594
www.fileur.com - e-mail: info@fileur.com

New.

iglidur® Cuscinetti in tecopolimero innovativi.

iglidur® Z510 resiste a temperature operative fino a 260°C, utilizzabile in oscillazione con carichi fino a 300Mpa. Senza lubrificazione!

Boccola con guarnizione per protezione estrema

Si pianta, si piegano gli elementi, fatto: doppia flangia

Giunto rotante: senza manutenzione, nuove dimensioni!

Per applicazioni ad elevate velocità di rotazione

Boccola a doppia flangia con montaggio a clip

Cataloghi, file 3D e sistemi esperti online

igus®.it

plastics for longer life®

igus® srl via delle Rovedine, 4 23899 Robbiate (LC)
Tel. 039 59 06 1 Fax 039 59 06 222 igusitalia@igus.it

"igus", "iglidur" e "plastics for longer life" sono marchi registrati nella Repubblica Federale Tedesca e dove richiesto anche a livello internazionale

Panoramica su applicazioni e problematiche legate all'impiego di acciai austeno-ferritici e di leghe di alluminio nelle strutture saldate (°)

S. Botta *
F. Masetti *
S. Scanavino *

Sommario / *Summary*

In questa memoria vengono presentate le caratteristiche meccaniche e metallurgiche tipiche degli acciai austeno-ferritici per impieghi strutturali con particolare riguardo alla loro saldabilità.
Vengono inoltre forniti alcuni esempi di utilizzo di questo materiale per la costruzione di alcune strutture saldate.
La seconda parte della memoria è dedicata alle varie tipologie di leghe di alluminio e ne vengono illustrate le potenzialità e i limiti nella realizzazione di strutture saldate.
Vengono quindi fornite indicazioni di carattere generale sui processi di saldatura comunemente impiegati ed una panoramica su opere saldate realizzate con le leghe di alluminio.

In this paper the mechanical and metallurgical properties of duplex stainless steel for structural purposes are presented, with particular attention on their weldability. Some typical uses of these materials for welded structures are shown in detail.
This paper also deals with the use of aluminium alloys in welded structures pointing out advantages and disadvantages. Information about suitable welding processes are also reported.

Keywords:
Aluminium alloys; bridges; civil engineering; duplex stainless steels; fusion welding; GMA welding; mechanical properties; offshore structures; shipbuilding; weldability.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 4 - Workshop: "Strutture saldate di carpenteria in acciaio austeno-ferritico e in leghe di alluminio" - Genova, 25-26 Ottobre 2007.*

* *Istituto Italiano della Saldatura - Genova.*

1. Gli acciai austeno-ferritici per impieghi strutturali

Gli acciai austeno - ferritici a basso carbonio sono nati circa 20 - 25 anni fa e per i seguenti scopi:

- resistenza meccanica superiore agli inossidabili (fino a circa 2 volte per lo snervamento);
- resistenza al pitting (ambienti clorurati);
- resistenza alla tensocorrosione.

Essi presentano anche buona resistenza alla corrosione generalizzata ed alla corrosione in fessura (crevice).
Questi fatti li rendono particolarmente resistenti alla corrosione atmosferica anche in ambienti fortemente corrosivi (zone urbane, ambiente marino, zone con alta concentrazione industriale).
Essi quindi uniscono l'alta resistenza meccanica (R_{p02} da 400 a 530 MPa) ad un'elevata resistenza alla corrosione; detti acciai per usi strutturali sono classificati nella EN 10088.
Questi acciai contengono tenore di cromo tra il 18.5 e il 27%; nichel tra il 4 e l'8% e molibdeno tra il 2 e il 4% mentre il carbonio è minore dello 0.03% e l'azoto è tra lo 0.05 e lo 0.35%.
Attualmente essi possiedono circa il 50% di ferrite che però può anche essere compresa tra il 45 e il 60%.
Questi acciai possono essere:

- a basso tenore di lega (ambiente lievemente corrosivo) tipo l'1.4362 della EN-ASTM S 32.304 - SAF 2304 (23% Cr - 4.8% Ni - 0.3% Mo) - R_{p02} min. 400, medio 450 MPa;
- a medio tenore di lega (ambiente mediamente corrosivo) tipo l'1.4462 della EN - ASTM S 32.205 - SAF 2205 (22% Cr - 5.7% Ni - 3.2% Mo) - R_{p02} min. 460, medio 510 MPa;
- ad alto tenore di lega (ambiente fortemente corrosivo) tipo l'1.4410 della EN - ASTM S 32.750 - SAF 2507 (25% Cr - 7% Ni - 4% Mo) - R_{p02} min. 530, medio 665 MPa.

Sono stati recentemente sviluppati anche tipi come LDX 2101 (1.4162 della EN - ASTM S 32.101) che ha tenori di lega (soprattutto di nichel) inferiori al 2304, resistenza alla corrosione inferiore al 2304 e snervamento minimo di 450 MPa.
Infatti la composizione nominale è: 21.5% Cr - 1.5% Ni - 0.3% Mo - 5% Mn - 0.22% N.
I costi, fatto 100 il 2205, sono 75% per il 2304 e 60% per il 2101; i tipi più usati per strutture di carpenteria risultano attualmente il 2304 e il 2205 anche se si sta diffondendo l'uso del 2101.
Le caratteristiche di questi acciai sono attribuibili al rapporto ottimale ferrite - austenite legato ad un corretto equilibrio tra elementi austenitizzanti (Ni - N - Mn) e ferritizzanti (Cr - Mo).

2. Materiale base

Per capire la metallurgia di questi acciai ci si deve riferire ad una sezione di un diagramma ternario Fe - Cr - Ni, con Fe costante al 70% (Fig. 1).
Supponendo il Cr = 25% l'acciaio solidifica completamente in fase ferritica (δ) partendo da 1520°C. Durante il successivo raffreddamento a 1200°C comincia la trasformazione ferrite - austenite che continua fino a 800°C dove compare la fase *y* e successivamente la fase chi (*X*).

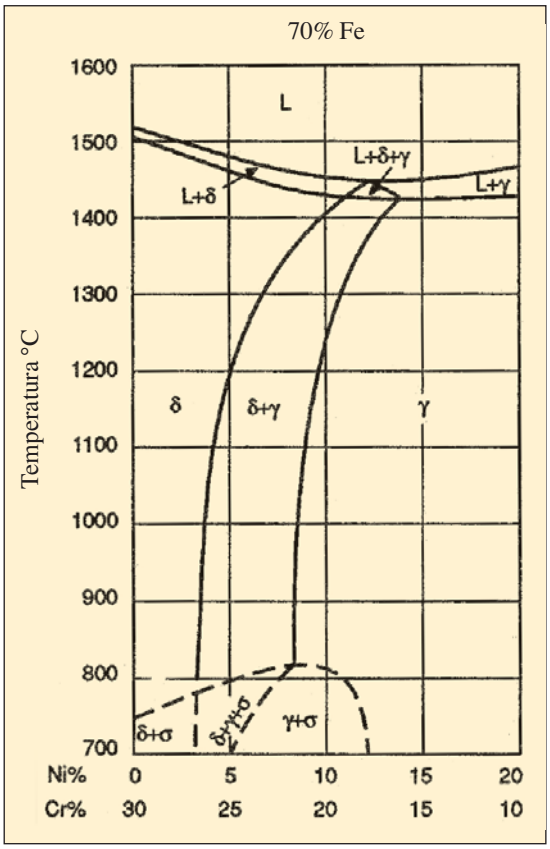


Figura 1

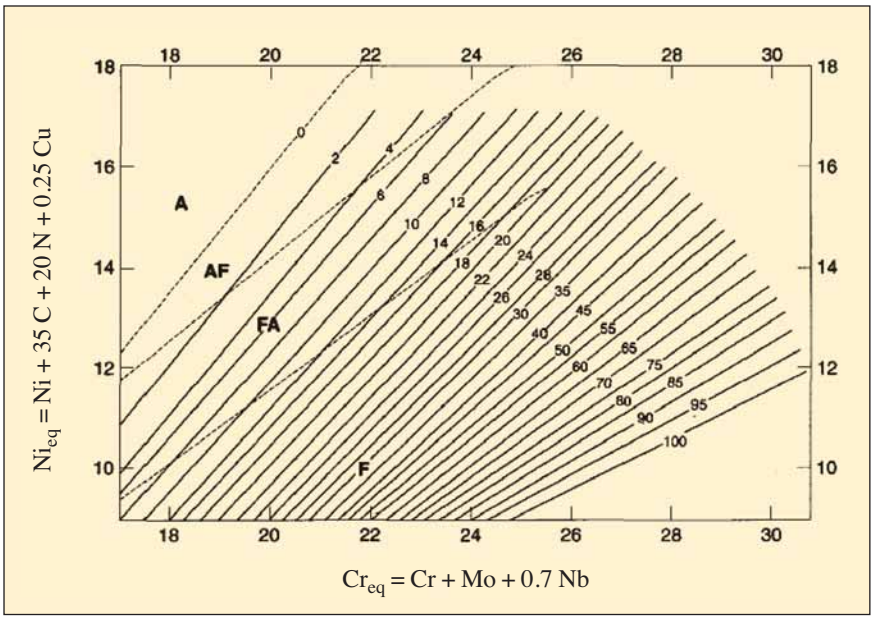


Figura 2

La presenza di più o meno ferrite dipende dalla velocità di raffreddamento ed è prevedibile col diagramma di previsione della Figura 2 valido per velocità medie di raffreddamento; è ovvio che raffreddamenti lenti consentono la trasformazione δ in y per cui tende ad aumentare l'austenite, mentre raffreddamenti veloci tendono a impedire la trasformazione δ in y e pertanto l'acciaio si arricchisce di ferrite. (Solubilizzazione a 1100°C + raffreddamento rapido per ottenere la giusta percentuale di ferrite).
Per terminare le considerazioni sul materiale base si ricorda che sono stati fatti dei paragoni dal punto di vista dei costi (materiale base più lavorazione più trasporto più assemblaggio e posa) di un acciaio austeno - ferritico rispetto ad un acciaio S460 per l'impalcato di un ponte; il primo (memoria Maiorana et al. al XIX Congresso CTA a Genova), non precisa il tipo di acciaio austeno - ferritico e giunge ad un rapporto tra i costi di 1:3.24 circa (ad es. 3500 lire al kg per S460 e 11500 lire al kg per il duplex), il secondo fa un paragone tra un S460 e un SAF 2205 (Buzzichelli, Scasso et al. - Convegno "L'acciaio nella realizzazione di grandi ponti" organizzato dall'Istituto nel Maggio 2004) e giunge ad un rapporto 1:3.44.
Entrambi considerano tre ambienti di impiego ad aggressività crescente e giungono, considerata la manutenzione (verniciatura) sull'S460, a pareggiare i costi nei tempi (Tab. I).
L'ambiente C si potrebbe applicare a ponti molto vicini al mare come ad esempio un futuro ponte sullo stretto di Messina.

3. Saldatura

Per la saldatura bisogna considerare le trasformazioni strutturali che avvengono in ZF e in ZTA sulla base del diagramma di stato già visto nella Figura 1.
Per la zona fusa bisogna fare in modo che l'equilibrio tra elementi austenitizzanti e ferritizzanti porti la ferrite tra il 60 e il 40% (sono però accettati anche valori tra il 70 e il 30%); però la percentuale di ferrite è influenzata anche dalla velocità di raffreddamento.
In pratica cicli troppo veloci possono indurre eccessivi tenori di ferrite con fragilità e rotture di ZF. Viceversa cicli molto blandi possono portare ad un eccessivo ingrossamento del grano, precipitazioni di fasi intermetalliche (nitruri di cromo) e anche il cosiddetto infragilimento a 475°C (decomposizione della ferrite in due fasi α' e α'') e comunque ridurre sensibilmente il tenore di ferrite facendo così perdere le proprietà caratteristiche del duplex.
In pratica con i vecchi materiali di apporto si potevano più facilmente verificare questi fenomeni.
I moderni materiali di apporto usano un maggiore tenore di nichel (fino al 10%) e di azoto (fino allo 0.30%); l'azoto permette di controllare l'ingrossamento del grano anche in ZTA, Ni e N austenitizzanti permettono di ottenere valori accettabili di ferrite anche con apporti termici bassi come succede saldando con elettrodi rivestiti in particolare su spessori elevati (rimangono come ovvio per alti apporti termici i problemi di infragilimento).
A questo proposito la Figura 3 fa vedere gli effetti, dell'aggiunta di azoto e nichel su tre diversi tipi di materiali (1-2-3).

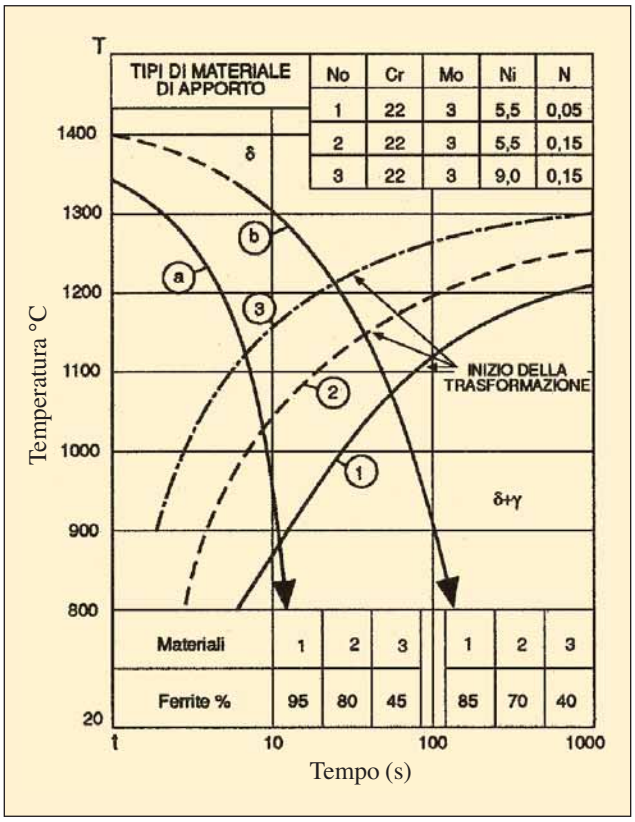


Figura 3

In pratica si verifica la ferrite col metodo metallografico in ZF, durante le prove di qualifica del procedimento: si legge sul Ferritoscope (magnetico) il numero di ferrite corrispondente e si verifica tale numero sulle saldature di produzione (ultimo strato). Per quanto riguarda la ZTA, dove sono raggiunte temperature elevate (>1200°C), si formano quantità di ferrite che si trasforma parzialmente in austenite durante il raffreddamento con gli stessi meccanismi della zona fusa.
A rigore si può distinguere una seconda parte della ZTA (T<1000°C) dove la ferrite si trasforma parzialmente in austenite che non si ritrasforma se il raffreddamento è rapido; cioè in questa seconda zona il raffreddamento rapido tende a diminuire la ferrite.
Da tutti questi elementi appare chiara l'importanza del controllo dell'apporto

TABELLA I

Ambiente	Memoria Maiorana et al.	Memoria Buzzichelli - Scasso et al.
A	84 anni	111 anni
B	55 anni	74 anni
C	33 anni	44 anni

termico e delle qualifiche di procedimento.
Le norme raccomandano per i tipi a bassa e media lega di mantenere l'apporto termico tra 5000 e 25000 J/cm e una temperatura di interpass tra 200 e 250°C; mentre per i tipi ad alta lega (che generalmente non si usano in carpenteria) raccomandano di mantenere l'apporto termico tra 2000 e 15000 J/cm e la temperatura di interpass tra 100 e 150°C.
Generalmente non si usa preriscaldo; solo per spessori molto elevati e bassi apporti termici si applica a 100°C max (anche per asciugare i lembi).
Tutti i procedimenti di saldatura ad arco possono essere usati; bisogna solo fare attenzione a quelli che danno luogo ad un raffreddamento molto rapido tipo plasma, laser, fascio elettronico e resistenza.
Arco sommerso, elettrodo rivestito e filo continuo sotto protezione di gas sono correntemente usati.
Nella saldatura con elettrodo rivestito sono da preferire, per saldatura in posizione, gli elettrodi rutil - basici.
La saldatura a filo continuo può usare come gas di protezione argo con CO_2 (max 2.5%), miscele argo - elio - ossigeno, miscele argo - elio - CO_2 (max 2.5%) o miscele con aggiunta di azoto fino a max 3%.
Gli acciai duplex sono poco soggetti a cricche a caldo; la letteratura riporta casi di cricche a caldo quando la forma nel cordone è particolarmente sfavorevole (stretta e con forte penetrazione).
La possibilità di formazione di cricche da idrogeno è considerata possibile con tenori di ferrite molto elevati (maggiori del 75%) e un alto livello di idrogeno con forti vincoli.
Sembra che acciai duplex ad alto tenore di azoto siano particolarmente sensibili alla formazione di porosità.
In ogni caso si deve curare l'essiccamento dei consumabili, l'asciugatura dei lembi ed evitare miscele di gas contenenti idrogeno (punto di rugiada minore di -50°C).
La saldatura in posizione presenta una certa difficoltà per la grande fluidità del bagno; in pratica bisogna usare elettrodi rivestiti di diametro 3.25 mm e quindi con basso tasso di deposito.
Analogamente sussistono problemi per la saldatura in posizione con filo continuo sotto protezione di gas.
L'applicazione di calde (riscaldamento localizzato) ha il problema della fragilità a 475°C tipica degli acciai ferritici ad alto cromo.
Le calde dovrebbero non superare i mille gradi ed il materiale raffreddare velocemente soprattutto fra 470 e 550°C; ma un raffreddamento rapido in alto può diminuire il tenore di ferrite.
È necessario perciò fare delle prove ed usare procedure di controllo della temperatura e della velocità di raffreddamento molto precise.
Ancora due ulteriori considerazioni:

- com'è noto gli acciai austenitici hanno un coefficiente di dilatazione lineare pari a circa 1.5 volte quello degli acciai ferritici - perlitici al C-Mn e/o microlegati; ciò può creare qualche problema in fase di progettazione per le variazioni di temperatura della struttura. Gli acciai duplex, dato il contenuto pari a circa il 50% di ferrite, hanno un coefficiente di dilatazione lineare inferiore agli acciai austenitici;
- il comportamento a fatica è ancora oggetto di ricerche e quelle fin qui effettuate e consultate danno spesso risultati discordanti; quello che sembra ormai certo è che sia gli acciai duplex che gli austenitici non hanno comportamento a fatica inferiore agli acciai ferritici - perlitici al C-Mn e/o microlegati.

Si consideri infatti che l'ultima edizione dell'Eurocodice 3 alla parte 1-9 "Fatica", punto 1.1 (3) recita: *"I metodi di verifica illustrati in questa parte sono applicabili a tutti i tipi di acciai strutturali, compresi acciai inossidabili e acciai autoprotettivi salvo diverse indicazioni nella tabella delle categorie dei dettagli. Questa parte si applica solamente a materiali che soddisfino i requisiti di tenacità di cui alla EN 1993.1.10"*.
Nel seguito vengono illustrati due esempi di costruzioni di carpenteria eseguite in acciai austeno-ferritici, dove le operazioni di saldatura sono state seguite da personale dell'Istituto che ha anche effettuato i controlli non distruttivi finali.

4. Esempi d'impiego

a) Arco del Ponte di Malizia (Siena)
Il ponte cosiddetto di Malizia, progettato dallo studio Seteco di Genova e dall'Ing. Raffaello Fontani del Comune di Siena, collega la zona di Grondaie con la zona della stazione situata alla periferia di detta città scavalcando la ferrovia.
Il ponte, la cui veduta d'assieme è riportata nella Figura 4, di lunghezza circa 50 m, campata unica su due appoggi, è in acciaio S355 J2 G1 W autopatinabile; si tratta di un ponte a piastra ortotropa che, per contenere gli ingombri verticali (altezza) ha un arco che regge 7 pendini ancorati alla mezzeria del ponte.
L'arco (Costruttore: Cimolai) è costituito da un tubo circolare di diametro esterno pari a 800 mm e spessore 35 mm in acciaio austeno - ferritico SAF 2304 (1.4362 della EN - ASTM S 32.304) di composizione nominale 23% Cr - 4.8% Ni - 0.3% Mo con snervamento (R_{p02}) minimo a +20°C di 400 MPa e carico di rottura minimo sempre a +20°C di 600 MPa.
Il tubo è stato composto in cinque parti di lunghezza uguale più due parti di estremità. Le cinque parti sono state ottenute mediante lamiera calandrata e saldata longitudinalmente.
Vi sono nel complesso quindi cinque giunzioni longitudinali più sei giunti circonferenziali tutti di tipo omogeneo

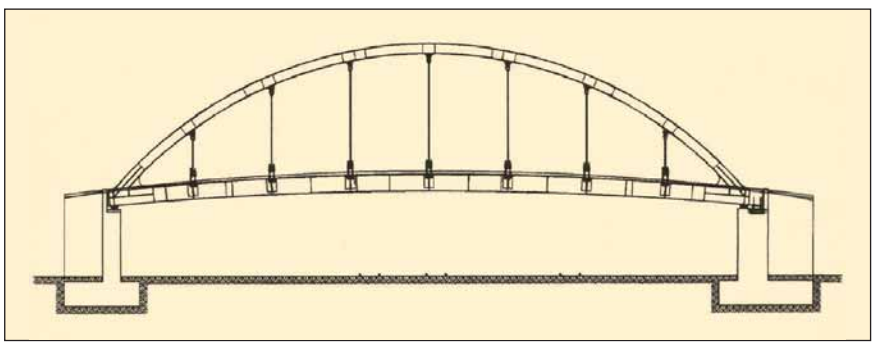


Figura 4

(cioè duplex con duplex) mentre l'attacco dell'arco sull'impalcato del ponte è costituito da cordoni d'angolo che realizzano un giunto eterogeneo (acciaio al carbonio con duplex).
Si noti ancora che le due estremità dell'arco sono realizzate in quattro pezzi (coppi) per l'aggancio alla crociera (Fig. 5) anch'essa in acciaio duplex destinata a trasmettere le spinte dell'arco.
Vi sono quindi altri giunti oltre a quelli citati e cioè i giunti omogenei longitudinali dei coppi tra loro e alla crociera ed il giunto eterogeneo tra la nervatura centrale della crociera e l'anima centrale dell'impalcato.
I giunti longitudinali di cinque spezzoni di tubo sono stati tutti realizzati in officina insieme a due giunti circonferenziali nei mesi di Gennaio e Febbraio 2005. Gli altri giunti sono stati saldati in cantiere nel mese di Marzo del 2005.
Le saldature longitudinali (a piena penetrazione) sono state saldate con procedimento automatico ad arco sommerso (121) con preparazione ad X con riempimento prima dall'interno (con attrezzatura speciale con braccio a sbalzo) e solcatura a ripresa dall'esterno.
Sono stati usati i seguenti materiali d'apporto:

- filo: OK Autrod 16.86 (23% Cr - 9% Ni - 3% Mo - 0.15% N - AWS A 5.9.ER 2209);
- flusso: OK Flux 10.393 - SA AF 2DC - EN 760 (indice di basicità 1.7).

Le saldature circonferenziali (su piatto di sostegno in AISI 304) sia in officina che in cantiere (sempre ad asse orizzontale fisso) e le altre saldature sia eterogenee che omogenee sono state realizzate con elettrodi rivestiti (111) diametro 3.25 e 4 mm tipo ETC PH RS 22.9 3 L (EN 1600 - E 22 9 3 N LR 12, Cr da 21 a 24% - Ni da 7.5 a 10.5% - Mo da 2.5 a 4% - N da 0.08 a 0.20%).
Sono state usate le precauzioni classiche di saldatura già prima esposte; in particolare:

- nessun preriscaldo;
- interpass ≤ 150°C;
- elettrodi e flussi conservati in fornetti e forni opportuni a 100°C dopo l'apertura delle confezioni sigillate;
- rispetto dei parametri adottati in qualifica di procedimento.

In precedenza i procedimenti impiegati erano stati qualificati tutti secondo EN 15614-1 con in più la determinazione della percentuale di ferrite δ su micrografia secondo il metodo "point counting" di ASME E 562 ovviamente per i soli giunti omogenei sull'ultimo strato.
L'apporto termico specifico in qualifica ha oscillato tra 7000 e 25000 J/cm per l'elettrodo.
Tutte le saldature sono state controllate da ispettori dell'Istituto al 100% VT, al 50% LP ed al 100% UT.
I liquidi penetranti sono stati eseguiti dopo rasatura dei giunti (giunti circonferenziali e longitudinali) e regolarizzazione di mola (altri giunti).
Gli ultrasuoni sono stati eseguiti dopo gli LP, adottando sonde angolate in onde longitudinali e taratura di sensibilità secondo blocchi campione ricavati dai saggi di qualifica di procedimento.
Tutti i controlli non hanno messo in evidenza difetti inaccettabili (livello B - EN 25817 e corrispondenti secondo EN 12062).
Sui giunti è infine stato eseguito con il metodo magnetico (Ferritoscope MP 30 E - S con sonde EGAB 1.3 F.E.) il controllo della percentuale di ferrite in superficie zona fusa, che è risultata compresa tra il 30 ed il 70% come richiesto.

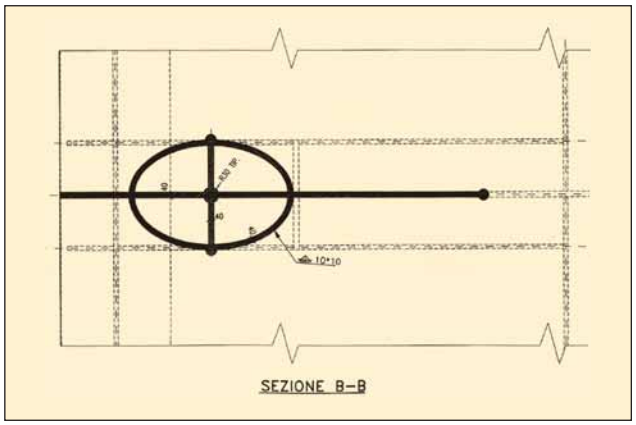


Figura 5

Per la taratura dello strumento si sono usati i campioni forniti con lo strumento stesso; si è poi verificata la congruenza tra il valore di ferrite rilevato con lo strumento e quello rilevato (sempre sull'ultimo strato) con il metodo ASME sulle micrografie in sede di qualifica procedimento.

b) Passerella Pedonale in località Ruffolo (Siena)

Il sovrappasso pedonale della Via Salaria in località Ruffolo (Siena) è stato progettato e costruito per conto del Comune di Siena al fine di collegare la zona circolo ARCI con la zona Renaccio.
Il sovrappasso è stato progettato dall'Architetto Laura Ermini ed il progetto delle strutture è opera degli Ingg. Massimo Bagoni e Pierangelo Pistoletti; quest'ultimo ha anche effettuato la Direzione Lavori.
Il sovrappasso, la cui veduta d'insieme è riportata nella Figura 6, è una struttura mista in acciaio calcestruzzo strallata con campata centrale di lunghezza di circa 60 m e due rampe di accesso di lunghezza di circa 15 m.
L'impalcato è costituito da due travi longitudinali a doppio T di altezza 500 mm opportunamente innervate e munite di traversi anch'essi costituiti da travi a doppio T di altezza 300 mm.
La struttura è di tipo strallato con due torri portastralli inclinate di altezza 11.7 m poste in corrispondenza delle due pile di appoggio; ogni torre ha quattro

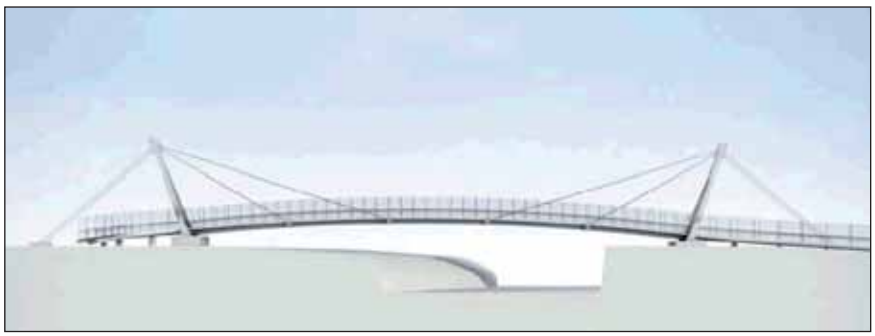


Figura 6

stralli (due per parte) costituiti da tondi Ø 60 o 70 mm. Gli stralli sono ancorati al ponte lateralmente secondo quanto indicato nella Figura 7.

Caratteristica particolare del ponte è quella di essere interamente costruito in acciaio austeno - ferritico LDX 2101 (1.4162 della EN - ASTM S 32.101) ad eccezione delle barre tonde in acciaio austeno - ferritico SAF 2205 (1.4462 della EN - ASTM S 32.205).

Com'è noto l'acciaio LDX 2101 (uno tra quelli sviluppati più recentemente) ha composizione chimica nominale pari a 21.5% Cr - 1.5% Ni - 0.3% Mo - 0.22% N e 5% Mn.

L'elevato contenuto di azoto dell'LDX 2101 permette di ottenere caratteristiche elevate già prima indicate; infatti si ha R_{po2} minimo a +20°C pari a 450 MPa e carico di rottura minimo a +20°C di 650 MPa, mentre il SAF 2205 ha le caratteristiche già prima riportate.

L'acciaio LDX 2101, ha un costo sensibilmente inferiore ad altri duplex di pari resistenza a causa del basso tenore di nichel, ed è perciò anche definito un acciaio duplex di tipo "povero".

La presenza di N conferisce all'acciaio buone caratteristiche tensili e consente il rapido riformarsi dell'austenite durante la saldatura; esso presenta quindi in generale una minore quantità di ferrite in corrispondenza del giunto saldato a parità di condizioni.

Secondo la letteratura il rischio di formazione di cricche di solidificazione dovrebbe essere molto basso data la struttura mista (come per tutti i duplex) così com'è molto lenta la formazione di fasi intermetalliche (ad es. fase sigma).

Tornando al cavalcavia, i pioli di collaborazione col calcestruzzo sono invece di acciaio al carbonio S 235 J2 G3.

Le antenne sono state costruite interamente in officina, mentre l'impalcato è stato realizzato in conci (5 per la campata centrale) poi uniti al montaggio mediante giunti saldati testa a testa.

Le giunzioni testa a testa degli stralli sono state realizzate parte in cantiere e parte in officina.

Gli spessori dell'impalcato sono dell'ordine dei 10 - 12 mm, mentre sull'antenna sono presenti anche spessori di 20 mm e di 35 mm (piastre attacco stralli).

Nel complesso su tutto il cavalcavia sono presenti solo giunti omogenei testa a testa e con cordoni d'angolo con eccezione dei giunti eterogenei a cordoni d'angolo piolo - impalcato.

La costruzione dell'opera sia in officina che in cantiere è stata affidata alla Società MMI di S.Marco Evangelista (Caserta).

Per la saldatura sono stati usati i seguenti procedimenti qualificati in base alla EN 15614-1:

- procedimento semiautomatico a filo continuo pieno sotto protezione di gas (135) usato in officina sia per i giunti testa a testa dell'impalcato sia per i giunti a T con cordoni con i seguenti consumabili:
  - Filo ETC 22.9.3L (G22 9 3 NL - EN 12072) Ø 1.2
  - Gas miscela 98% Ar - 2% O_2;
- procedimento manuale con elettrodi rivestiti (111) usato per i giunti testa a testa da eseguire in cantiere, con l'elettrodo: ETC PH RS 22.9.3L (E 22 9 3 H LR 12 - EN 1600) - Ø 3.25 e 4;
- lo stesso procedimento di cui sopra (111) è stato qualificato per giunti eterogenei con cordoni d'angolo, vale a dire per la saldatura dei pioli di acciaio al carbonio all'impalcato;
- lo stesso procedimento (111) è stato qualificato per i giunti testa a testa degli stralli.

Nella qualifica di giunti omogenei, come per l'arco di Malizia, è stato determinato il tenore di ferrite δ sull'ultimo strato su sezione micrografica secondo ASME E 562. I valori dell'apporto termico specifico in sede di qualifica hanno oscillato tra i 7000 e 12000 J/cm per il procedimento 135 e fra i 6000 e 10000 J/cm per il procedimento 111.

Per la saldatura sono state usate tutte le precauzioni già indicate per l'arco di Malizia.

Per la saldatura dei giunti testa a testa degli stralli è stata adottata una preparazione a X tagliando le estremità a "becco di flauto". Sui giunti sono stati eseguiti i seguenti controlli a cura del Costruttore: 100% visivo - 100% UT (giunti a piena penetrazione) - 30% LP.

Per tutti i giunti testa a testa è stata chiesta la rasatura preventiva del sovrammetallo.

I funzionari dell'Istituto hanno eseguito il controllo visivo al 100%, il controllo LP ed UT al 10% dei giunti saldati, tranne i giunti testa a testa degli stralli e delle appendici portastralli dell'impalcato che hanno controllato al 100%.

Per questi ultimi particolari è stato adottato il livello di accettabilità B della EN 25817.

Per le altre saldature il livello C.

Il controllo visivo ha rivelato alcune

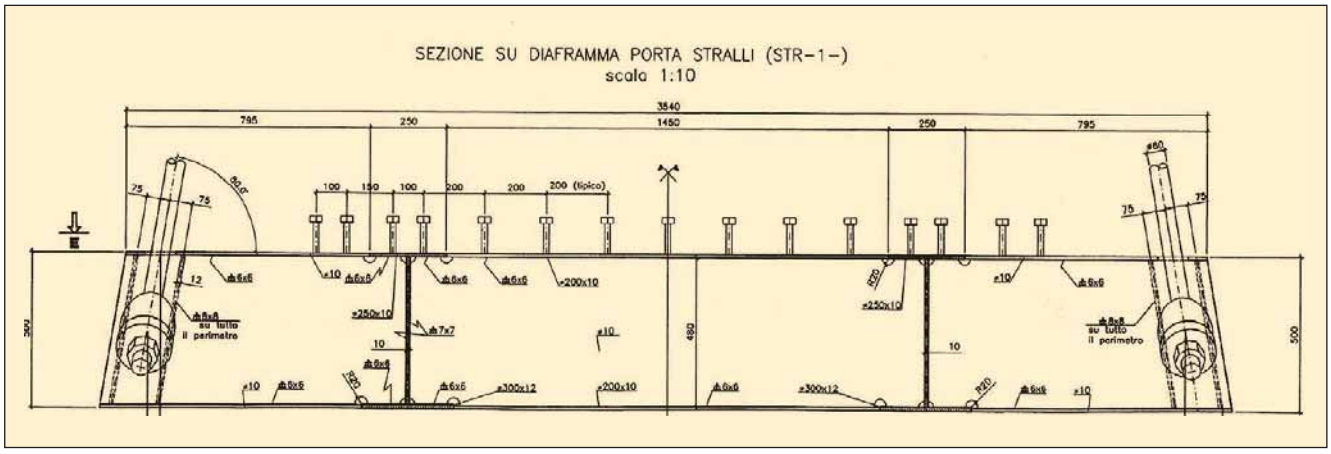


Figura 7

cricche a caldo in centro cordone su giunti con cordoni d'angolo eseguiti con procedura 135 attribuibili a probabile scarsa pulizia e ad un elevato distacco al vertice.
Il controllo ultrasonoro da parte dell'Istituto è stato eseguito con apparecchi Panametrics EPOCH IV e Krautkramer USM 25.
Sono state usate sonde piane in onde longitudinali Krautkramer MSE B4E e MB2S e sonde angolate in onde longitudinali BTD 70° e 60° e trasversali tipo C540 Panametrics; per queste ultime sonde per il controllo dei giunti degli stralli sono stati usati zoccoli in plexiglas di forma opportuna.
La taratura di sensibilità è stata realizzata con blocchi ricavati dai saggi di qualifica dei procedimenti e per gli stralli da un saggio di prova.
Le misure di ferrite δ sono state condotte su quasi tutte le saldature con strumento Ferritoscope MP 30 E - S con sonde EGAB 1.3 F.E. in superficie zona fusa registrando sempre percentuali tra il 30% ed il 70% come richiesto.
Per la taratura dello strumento si è proceduto come già esposto a proposito dell'arco nel Ponte di Malizia.

5. Le leghe di alluminio nella costruzione di strutture saldate: vantaggi e svantaggi del loro impiego

Allo stato puro l'alluminio si presenta come un materiale con resistenza meccanica piuttosto bassa (circa 80 MPa per materiale allo stato ricotto e circa 150 MPa per lo stato incrudito), caratteristica che lo rende poco appetibile, dal punto di vista tecnico, per impieghi nel campo della costruzione di strutture di carpenteria.
Tuttavia, alcune peculiarità di questo materiale hanno sempre giustificato ricerche e studi finalizzati alla realizzazione di leghe di alluminio tecnicamente interessanti ed al continuo miglioramento di queste ultime, tanto che sono ormai divenute comuni "leghe leggere" con caratteristiche meccaniche paragonabili o superiori ai tradizionali acciai da costruzione.
In particolare, le caratteristiche che più di tutte hanno sempre stimolato e stimolano l'interesse dei ricercatori, dei progettisti e dell'industria in genere, sono il basso peso specifico e l'elevata resistenza alla corrosione, sia in atmosfera sia in acqua dolce e marina, dell'alluminio e delle sue leghe.
Oltre a queste due principali caratteristiche, l'alluminio presenta eccellenti caratteristiche di formabilità; tale materiale, infatti, può essere trafilato, fucinato, stampato, laminato in spessori sottili, estruso in profili di sezioni molto complesse.
Inoltre, vista la struttura metallurgica dell'alluminio (forma cristallografica cubica a facce centrate), comune anche alle strutture austenitiche, il materiale manifesta un'ottima tenacità e duttilità legate all'elevato numero di piani di scorrimento presenti, proprietà che permangono anche a bassa temperatura, in quanto l'alluminio non manifesta comportamenti allotropici.
Nonostante questi importanti aspetti positivi, se la maggioranza delle strutture di media e grande carpenteria metallica oggi costruite sono realizzate impiegando acciai di vario genere (dai più comuni acciai al carbonio fino agli acciai termomeccanici ed ai bonificati), è chiara la presenza di alcuni svantaggi (più o meno evidenti) legati all'impiego delle leghe di alluminio, che influiscono in modo determinante sulle scelte di progettisti e costruttori.
I principali aspetti negativi che, fino ad ora, hanno limitato l'impiego delle leghe di alluminio per la costruzione di medie e grandi strutture di carpenteria metallica sono suddivisibili in aspetti tecnologici ed aspetti economico-culturali.
Dal punto di vista tecnico, le principali caratteristiche negative delle leghe di alluminio sono:

- la ridotta resistenza a fatica, pari a circa un terzo di quella dell'acciaio;
- l'elevato coefficiente di dilatazione termica, circa doppio rispetto a quello dell'acciaio;
- il ridotto modulo di elasticità, pari circa ad un terzo di quello dell'acciaio;
- la scarsa resistenza al fuoco ed alle alte temperature in genere.

Gli aspetti economico-culturali che condizionano la diffusione dell'impiego delle leghe di alluminio nel campo delle strutture di carpenteria sono:

- l'elevato costo iniziale delle strutture in alluminio, in relazione al costo di analoghe strutture realizzate in acciaio;
- il limitato numero di scuole tecniche ed università che promuovono la divulgazione delle regole di progettazione e delle conoscenze relative all'impiego delle leghe di alluminio e la conseguente limitata quantità di ingegneri e progettisti con adeguata dimestichezza nell'impiego di tali materiali e nella progettazione di strutture "leggere".

6. Principali tipi di leghe di alluminio impiegate nella costruzione di strutture saldate

Nonostante l'alluminio allo stato puro presenti il più alto grado di resistenza alla corrosione, in genere si preferisce l'impiego delle sue leghe per i motivi di seguito evidenziati:

- maggiore resistenza e più elevato limite elastico;
- maggiore resistenza alla corrosione (in ambienti particolari) ed all'usura;
- maggiore resistenza allo scorrimento a caldo;
- maggiore limite di resistenza a fatica.

Attraverso il controllo della composizione chimica, del processo di fabbricazione e dei trattamenti termici si possono ottenere caratteristiche meccaniche e proprietà fisiche variabili in ampi campi.
Si possono suddividere i prodotti in alluminio e in lega di alluminio sostanzialmente in due grandi famiglie:

- leghe da fonderie per la fabbricazione di getti;
- leghe da lavorazione plastica per la produzione di laminati, estrusi, fucinati.

Un'altra importante suddivisione indipendente dalla precedente riguarda le modalità del trattamento di fornitura; si distinguono:

- le leghe da incrudimento, in cui le caratteristiche della lega sono legate a particolari processi di lavorazione plastica a freddo;
- le leghe da trattamento termico (o da bonifica), in cui le caratteristiche meccaniche e fisiche della lega sono legate ad opportuni trattamenti termici di tempra strutturale e al successivo invecchiamento.

Il sistema di designazione numerico adottato dalla norma italiana UNI EN 573, suddivide le varie leghe di

alluminio in "serie" identificate da un numero di 4 cifre.
La prima delle quattro cifre indica il gruppo di leghe:

- Alluminio 99,00%
  1XXX (serie 1000)

Leghe raggruppate secondo i principali elementi di lega:

- Rame
  2XXX (serie 2000)
- Manganese
  3XXX (serie 3000)
- Silicio
  4XXX (serie 4000)
- Magnesio
  5XXX (serie 5000)
- Magnesio e Silicio
  6XXX (serie 6000)
- Zinco
  7XXX (serie 7000)
- Altri elementi
  8XXX (serie 8000)

I meccanismi con cui si migliorano le caratteristiche meccaniche delle varie leghe sono, come già accennato, di due tipi: per incrudimento oppure per trattamento termico, secondo il processo di solubilizzazione, tempra ed invecchiamento.
Le *leghe da incrudimento* comprendono, oltre all'alluminio puro, le leghe della serie 3000 e 5000 e alcune leghe della serie 4000 che contengono solo silicio. La resistenza iniziale di queste leghe è legata principalmente all'effetto indurente degli elementi di lega quali il silicio, il ferro, il manganese e il magnesio, i quali o precipitano come seconde fasi disperse o entrano in soluzione solida nel reticolo dell'alluminio. Il processo di incrudimento, cioè la lavorazione plastica a freddo, determina un aumento della resistenza per lo più accompagnato da riduzione di duttilità e aumento di durezza. Per ridurre questi ultimi effetti dell'incrudimento tali leghe possono essere ricotte ad una temperatura nel range di 340÷410°C.
Le *leghe da trattamento termico* (anche dette da bonifica) comprendono le leghe della serie 2000, 6000, 7000 ed alcune leghe della serie 4000. La resistenza iniziale di queste leghe dipende dalla composizione chimica: elementi come rame, magnesio, zinco e silicio, sia singolarmente, sia combinati fra loro, mostrano un marcato aumento della loro solubilità allo stato solido nella matrice dell'alluminio all'aumentare della temperatura; con opportuni trattamenti termici (solubilizzazione seguita da una sorta di tempra) è allora possibile portare in soluzione tali elementi e congelare la struttura ottenuta sino a temperatura ambiente. Tale struttura metastabile tende a modificarsi nel tempo e la alta resistenza finale è legata ai precipitati finemente dispersi che si formano al passare del tempo; questo fenomeno prende il nome di invecchiamento e può essere naturale (cioè avviene a temperatura ambiente e si protrae per un certo tempo) oppure artificiale, cioè accelerato dal mantenimento a temperature opportune.
In base al sistema di designazione sopra elencato, si riassumono brevemente le caratteristiche delle varie leghe di alluminio, considerando i campi di impiego propri di ogni serie.

Alluminio puro (serie 1000)

Commercialmente viene impiegato puro al 99.8% e presenta ottime caratteristiche in termini di conducibilità termica ed elettrica, lavorabilità e resistenza alla corrosione, ma basse proprietà meccaniche. Per questo motivo è raramente impiegato allo stato puro salvo che per operazioni di placcatura su leghe di alluminio meccanicamente più resistenti. Tipiche applicazioni sono nel campo elettrico, chimico e per scopi architettonici. Può essere fornito a diversi gradi di incrudimento per incrementare le caratteristiche di resistenza meccanica.

Leghe alluminio-rame (serie 2000)

Sono leghe da bonifica che raggiungono elevate caratteristiche di resistenza meccanica e che, per le loro caratteristiche, trovano ampio impiego in aeronautica e per parti strutturali resistenti fino a temperature pari a 150 °C quali per esempio i motori.
Presentando un ampio intervallo di solidificazione, le leghe con percentuali di rame fino al 5%, risultano particolarmente suscettibili alla formazione di cricche a caldo. Per questo motivo, tali leghe non si prestano alla realizzazione di saldature ad arco ma si preferisce adottare procedimenti di saldatura a resistenza. Fa eccezione a questo comportamento la lega 2219 contenente il 6.3% di rame che, essendo meno sensibile alla formazione di cricche a caldo, permette di essere saldata ad arco.
Il trattamento termico conseguente all'esecuzione della saldatura fa sì che vengano perse le caratteristiche meccaniche legate al processo di bonifica e bisogna pertanto tenere conto di tale riduzione in fase di dimensionamento.

Leghe alluminio-manganese (serie 3000)

Tali leghe presentano come alligante principale il manganese ma, il più delle volte, vengono aggiunti altri elementi quali il rame ed il magnesio volti ad incrementare ulteriormente le caratteristiche meccaniche della lega stessa.
Sono spesso utilizzate per la costruzione di recipienti e serbatoi o per applicazioni domestiche ed architettoniche.
Possono essere fornite a diversi gradi di incrudimento per incrementare le caratteristiche di resistenza meccanica.

Leghe alluminio-silicio (serie 4000)

L'alligante principale è il silicio che, aggiunto in quantità opportune (fino al 12%), produce una diminuzione dell'intervallo di temperatura in cui avviene la solidificazione. Per questo motivo le leghe alluminio - silicio sono utilizzate come materiali d'apporto per la saldatura; quando vengono utilizzate nella saldatura di leghe da trattamento termico esse tendono ad assorbire da queste ultime alcuni dei costituenti e risultano in parte sensibili ai trattamenti termici post-saldatura.

Leghe alluminio-magnesio (serie 5000)

Risultano ampiamente impiegate a fini strutturali, per applicazioni criogeniche e in campo navale. Le leghe maggiormente impiegate in quest'ultimo campo risultano quelle con un tenore di magnesio tra il 2.5% e il 6%, in quanto presentano una buona resistenza alla corrosione marina.
La lega 5154 contenente il 3.5% di magnesio, risulta avere ottima resistenza alla corrosione marina ed industriale mentre la lega 5086, contenente il 4.4% di magnesio, presenta già allo stato ricotto valori di resistenza oltre 250 MPa, ottime proprietà anticorrosive in acqua marina ed ottima tenacità alle basse temperature. Quest'ultima risulta largamente impiegata per la realizzazione di sovrastrutture navali e per serbatoi usati per il trasporto di gas liquefatti.

Come già sopra evidenziato, pur presentando una buona resistenza già allo stato ricotto in funzione del tenore di magnesio presente, le leghe della serie 5000 possono essere fornite a diversi stati di incrudimento.
Le loro proprietà meccaniche risultano superiori rispetto a quelle delle leghe delle serie 1000, 3000 e 4000 ed inoltre dispongono di buone caratteristiche di saldabilità limitando la riduzione delle caratteristiche meccaniche in zona termicamente alterata.

Leghe alluminio-magnesio-silicio (serie 6000)

Presentano un'ottima resistenza all'ossidazione atmosferica, caratteristiche meccaniche discrete, elevate doti di finitura superficiale, buona formabilità, lavorabilità e facile saldabilità.
Risultano particolarmente adatte per impieghi a fini strutturali, architettonici e decorativi.
Trattandosi di leghe tipiche da trattamento termico, esse possono essere fornite con diversi livelli di trattamento termico atti ad incrementarne le caratteristiche tensili.
Tra le diverse leghe disponibili all'interno della serie 6000, si possono ricordare la 6060 e la 6063, che hanno elevate caratteristiche di estrudibilità e hanno buona resistenza alla corrosione in ambienti mediamente aggressivi.
La lega 6005, composta da alluminio-magnesio e percentuali di silicio compresi tra lo 0.6% e lo 0.9%, ha un livello di alligazione maggiore rispetto ad altre leghe della stessa serie e di conseguenza maggiori valori di resistenza meccanica; tale lega si presta quindi ad impieghi di tipo strutturale.
Le leghe 6061 e 6082 (ben nota con il nome commerciale Anticorodal) presentano le migliori caratteristiche, in termini di resistenza meccanica e di tenacità, tra le leghe della serie 6000.

Leghe alluminio-zinco-magnesio (serie 7000)

Sono leghe da bonifica che raggiungono caratteristiche di resistenza maggiori rispetto alle leghe della serie 5000; esse risultano maggiormente a rischio di fenomeni tensocorrosivi.
Risultano di largo impiego in carpenteria, in aeronautica e per le strutture ferroviarie.

7. Saldabilità delle leghe di alluminio e processi di saldatura impiegati

Dal punto di vista della saldabilità, uno dei problemi principali legati alla realizzazione di giunti saldati tra leghe leggere è legato all'effetto del ciclo termico in zona termicamente alterata (ZTA).
Il ciclo termico di saldatura determina infatti, sia nelle leghe da bonifica sia nelle leghe da incrudimento, un trattamento di solubilizzazione o di ricristallizzazione.
Pertanto nella ZTA vengono parzialmente ridotte quelle qualità meccaniche ottenute proprio mediante bonifica e incrudimento.
Di questo effetto è indispensabile tenere conto soprattutto dal punto di vista progettuale, dal momento che, per dimensionare correttamente le strutture in lega di alluminio saldate, sarà necessario considerare gli elementi saldati come costituiti da materiale allo stato ricotto.
In generale, per le leghe da incrudimento, si verificano fenomeni di ricristallizzazione e di ingrossamento del grano. Il tempo di mantenimento in temperatura e la velocità di raffreddamento non sono di importanza per queste leghe, cosicché la resistenza trasversale del giunto non è influenzata dal processo di saldatura impiegato. Per le leghe da incrudimento, per le quali le alterazioni della ZTA sono irreversibili, il sistema per considerare, in sede di progetto, l'indebolimento della zona termicamente alterata consiste nel posizionare la giunzione lungo sezioni meno sollecitate.
Per quanto riguarda le leghe da trattamento termico, esse contengono elementi di lega che hanno solubilità diversa al variare della temperatura. Le elevate caratteristiche di queste leghe sono, come visto, legate al trattamento di solubilizzazione e al successivo invecchiamento che provoca una precipitazione controllata dei microcostituenti nella matrice. Il ciclo termico di saldatura provoca in ZTA una risolubilizzazione di tali costituenti seguita da una riprecipitazione non più controllata durante il raffreddamento, con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche originarie della lega. Le proprietà della ZTA sono più complesse da esaminare per questa tipologia di leghe, rispetto a quelle da incrudimento, perché gli effetti in ZTA variano con la temperatura raggiunta e il tempo di mantenimento e quindi dipendono fortemente dal procedimento e dalla tecnica di saldatura utilizzata. In generale si possono distinguere diverse zone a partire dalla linea di fusione: nella prima zona (zona solubilizzata), che raggiunge elevate temperature, si avrà una risolubilizzazione completa dei precipitati; tale zona dispone di caratteristiche di resistenza intermedie e di buona duttilità. La seconda zona, che raggiunge temperature inferiori a quella di solubilizzazione ma superiori a quella di invecchiamento, mostra vari gradi di invecchiamento e diverse caratteristiche di indurimento e duttilità in funzione del tempo di mantenimento a tali temperature. Tale zona (soprattutto in adiacenza della prima zona) dispone delle più basse caratteristiche di resistenza ed è poco sensibile ai trattamenti di invecchiamento post-saldatura.
Per le leghe da trattamento termico, il giunto saldato per ripristinare le proprietà originarie del materiale base deve essere sottoposto ad un trattamento di solubilizzazione ed invecchiamento; quando non è possibile eseguire questo trattamento completo si deve comunque prevedere un trattamento di invecchiamento che ha però solo effetto sulla zona solubilizzata.
Un altro problema di saldabilità dell'alluminio e delle sue leghe è legato all'elevata conducibilità termica dell'alluminio che ostacola la fusione localizzata del materiale e comporta, pertanto, un surriscaldamento del materiale base in prossimità del giunto con conseguenti deformazioni vistose sul pezzo. È pertanto opportuno, al fine di ridurre le dispersioni e le deformazioni, usare sorgenti termiche molto potenti e concentrate.
Inoltre, poiché l'alluminio tende facilmente ad ossidarsi dando luogo alla formazione di allumina (Al_2O_3) altamente refrattaria e prima responsabile di incollature, è necessario provvedere ad un'adeguata pulizia dei lembi (mediante solventi adeguati) prima di procedere alla saldatura dei giunti. Oltre all'accurata pulizia dei giunti, visto l'elevato calore che si sviluppa durante la saldatura ed il conseguente riscaldamento di zone del materiale distanti dalla sorgente termica e non protette dal gas di protezione, è opportuno ricorrere a procedimenti ad arco elettrico con protezione gassosa

alimentati in corrente continua e polarità inversa in modo tale da sfruttare l'effetto di "sabbiatura" ionica esercitata da tale alimentazione.
Riguardo alla preparazione dei lembi, di norma si impiegano il taglio termico al plasma o la lavorazione meccanica per asportazione di truciolo (fresatura, taglio alla sega, ecc.) evitando l'impiego di mole abrasive che possono inglobare i propri grani nel metallo in lavorazione e compromettere la qualità della saldatura.
Va inoltre ricordato che sui giunti saldati in lega di alluminio può essere necessario prevedere l'applicazione di preriscaldo a una temperatura che risulta funzione dell'apporto termico specifico (e quindi del procedimento di saldatura applicato) e dello spessore combinato del giunto. Infatti, l'applicazione di un adeguato preriscaldo riduce il rischio di incollature, difetti che avvengono sui giunti in lega leggera più facilmente che sull'acciaio per la maggiore conduttività termica del materiale.

8. Procedimenti di saldatura

I procedimenti di saldatura convenzionali più impiegati sono: il procedimento MIG con protezione di gas inerte con alimentazione in corrente continua e polarità inversa e il procedimento TIG per lo più alimentato in corrente alternata.
Il *procedimento di saldatura* MIG, nelle applicazioni semiautomatiche o automatiche, è utilizzabile, di norma, per la realizzazione di giunti di spessore uguale o superiore a 3 mm, salvo la passata di vertice nei giunti a piena penetrazione senza la possibilità di ripresa a rovescio. Con questo processo di saldatura è raccomandabile l'uso di macchine sinergiche, dotate di meccanismo di trascinamento del filo tipo "push-pull".
Il *procedimento TIG* è da utilizzare di regola nella versione manuale su elementi di spessore inferiore a 3 mm, per la puntatura di assiemaggio e per interventi di riparazione a seguito della rimozione di difetti di saldatura o per la correzione di eventuali anomalie di profilo dei cordoni; inoltre il procedimento TIG è prescritto per l'esecuzione delle passate di vertice dei giunti a piena penetrazione senza ripresa al rovescio.
Come gas di protezione, usualmente si impiegano Ar per il procedimento TIG, Ar o miscele Ar-He con percentuale di Ar non inferiore al 75% per il procedimento MIG.
La purezza del gas di protezione è di estrema importanza per il buon esito della saldatura: è raccomandata una temperatura di rugiada inferiore o uguale a -60°C; al fine di non contaminare il gas, il circuito di adduzione deve essere sottoposto a periodica manutenzione.
Per la saldatura delle leghe di alluminio si adottano anche altri processi di saldatura come la saldatura al plasma (nelle versioni meccanizzate o automatizzate) che consente una elevata produttività ed una elevata penetrazione sfruttando la tecnica "keyhole" (foro-guida) e la saldatura a resistenza, che grazie al basso apporto termico specifico induce alterazioni termiche molto contenute, limitando il decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale di base; quest'ultimo processo richiede tuttavia una pulizia molto spinta delle superfici di contatto in quanto l'ossido presente determina difficoltà di passaggio della corrente ed elevata suscettibilità alle incollature.
Oltre ai procedimenti di saldatura tradizionali, in questi ultimi anni hanno preso sempre più campo alcuni procedimenti di saldatura "speciali" che consentono prestazioni molto interessanti sia dal punto di vista produttivo sia da quello strettamente tecnico. Tra questi si citano:

- il processo di saldatura a fascio elettronico (EBW), che garantisce elevate velocità di saldatura ed elevata penetrazione e che, visto il basso apporto termico tipico dei processi ad energia concentrata, garantisce le migliori proprietà meccaniche dei giunti saldati, nella condizione "as welded" (soprattutto nelle leghe da invecchiamento) e consente di limitare al minimo le distorsioni;
- il processo di saldatura LASER (LBW), per il quale, tuttavia, a causa dell'elevata riflettività dell'alluminio sono richieste fonti di elevata potenza che garantiscano elevate densità di energia ($10^6 W/cm^2$); anche con questo processo di saldatura il basso apporto termico specifico consente di limitare al minimo le distorsioni. Si adottano anche processi di saldatura integrati MIG-LASER ("LASER ibridi") che consentono di sfruttare le migliori caratteristiche di entrambi i processi di saldatura;
- il processo di saldatura FRICTION STIR WELDING (FSW), saldatura allo stato solido mediante plasticizzazione, per attrito, del materiale base. Tale processo, interamente automatico, che non produce né fumi di saldatura né radiazioni luminose né rumori, presenta notevoli vantaggi sia in termini di riduzione della presenza di difetti metallurgici, sia in termini di miglioramento della resistenza a fatica dei giunti saldati, vista l'assenza di sovrammetallo di saldatura. Per la saldatura FSW delle leghe di alluminio non occorrono preparazioni particolari dei lembi da giuntare ma soltanto angoli retti ben accostati, non occorre materiale d'apporto né gas di protezione; le parti giuntate mediante FSW non presentano distorsioni apprezzabili ed il livello di tensioni residue è alquanto basso (circa un quarto dei valori abituali con processi di saldatura tradizionali a parità di spessori). Infine, non essendoci fenomeni di solidificazione, il processo FSW è notevolmente indipendente dalla natura chimica degli elementi di lega presenti sui lembi e della loro compatibilità metallurgica, quindi si possono giuntare materiali alquanto dissimili (ad esempio acciaio - alluminio).

9. Cenni sull'impiego delle leghe di alluminio nel campo delle strutture saldate

Da indagini condotte, se si escludono il campo delle costruzioni aerospaziali ed aeronautiche e quello della costruzione di carrozze ferroviarie (settori non propriamente accomunabili a quello delle strutture di carpenteria metallica propriamente dette), nel panorama italiano risulta molto scarsa la presenza di medie e grandi strutture in alluminio ed il numero dei manufatti si restringe ancor di più se si considerano le sole strutture in alluminio assemblate mediante saldatura. Mentre la saldabilità dell'alluminio e delle sue leghe è stata oggetto di studi e di sperimentazioni anche da parte di molti Costruttori e di molti Enti di ricerca italiani, tra i quali l'Istituto Italiano della Saldatura, poco si è fatto nel nostro Paese per promuovere l'applicazione di tali studi nel campo delle medie e grandi strutture di carpenteria.

In mancanza di esperienze dirette in tal senso ci si limita, nel seguito, ad accennare brevemente ad alcuni esempi (anche tratti dalla letteratura internazionale) di strutture di carpenteria metallica realizzate in alluminio, suddivise per tipologia di manufatti.

Realizzazione di ponti in lega di alluminio

Alcune tra le prime applicazioni delle leghe di alluminio nel campo delle carpenterie per ponti risalgono all'incirca agli anni '30 in America. Nel 1933, a Pittsburg, un vecchio ponte a struttura mista legno e acciaio (lo Smithfield Street Bridge) di circa 100 m di lunghezza venne parzialmente integrato con una struttura a lastra ortotropa chiodata realizzata in lega di alluminio serie 2014-T6. La struttura in alluminio del ponte rimase in servizio senza problemi per 34 anni, fino al 1967, quando fu sostituita da una nuova lastra ortotropa in alluminio realizzata, questa volta, con lamiere in lega 5456-H321 saldate a profili estrusi in lega 6062-T6.
Sempre in America, nel 1946 venne realizzato il primo ponte ferroviario, lungo 30.5 m, interamente realizzato in lega di alluminio mediante chiodatura di travi in lega 2014-T6.
Successivamente (1950) in Canada venne realizzato sul fiume Saguenay il primo ponte stradale interamente in lega di alluminio, di lunghezza pari a 88 m con struttura ad arco. Negli anni successivi altre sperimentazioni dell'impiego delle leghe di alluminio per la costruzione di ponti portarono anche alla realizzazione di strutture miste alluminio-cemento, con struttura portante composta da travi in alluminio e deck realizzato in calcestruzzo.
Parallelamente, anche in altri Paesi come l'Inghilterra, la Germania, la Svizzera, la Francia dagli anni 1948-1950 in avanti vennero realizzati i primi ponti in lega di alluminio, per lo più destinati al passaggio pedonale.
Sebbene nel corso degli anni si siano estese in tutto il mondo le applicazioni e le sperimentazioni dell'uso delle leghe di alluminio per la costruzione di ponti, al giorno d'oggi l'impiego di tali materiali conserva ancora un carattere di eccezionalità, giustificato dalla necessità di poter trasportare e mettere in opera in tempi strettissimi grandi strutture preassemblate (interi ponti vengono trasportati su camion e varati nel giro di poche ore) o dal bisogno di incrementare le prestazioni o le dimensioni di impalcati in acciaio o cemento armato esistenti con l'aggiunta di decks resistenti e leggeri.

Le leghe leggere nel campo delle strutture Off-Shore

Nel campo delle costruzioni Off-Shore l'impiego delle leghe di alluminio è limitato alle strutture accessorie alle piattaforme vere e proprie: piattaforme per l'atterraggio degli elicotteri ("Elideck"), strutture di supporto degli alloggi abitativi e degli uffici, scale ponti, passerelle, ecc.
Tutto ciò che non è soggetto ad elevati stress strutturali (e a sollecitazioni a fatica) viene realizzato in leghe di alluminio per i motivi già analizzati: la resistenza alla corrosione, qualità che in ambiente marino diventa preponderante, e peso contenuto delle costruzioni realizzate, che non vanno ad influire (o lo fanno in maniera minore) sul comportamento delle strutture principali (realizzate in acciaio) delle piattaforme.

Edifici e costruzioni civili in lega di alluminio

Nel campo delle costruzioni civili, intendendo con questo edifici, hangar, capannoni industriali, silos, ecc., si ricorre all'impiego delle leghe di alluminio soprattutto per la realizzazione di coperture e tettoie, sfruttando il peso contenuto delle travi e contando sull'assenza (in generale) delle sollecitazioni a fatica.
In questo tipo di costruzioni le giunzioni tra travi, tiranti e pannelli in lega leggera sono spesso realizzate mediante rivettatura o bullonatura con bulloni in inox o in acciaio zincato che tuttavia introducono problematiche legate alla formazione di coppie galvaniche e, dunque, alla possibile comparsa di corrosione localizzata.
Per quanto riguarda le strutture portanti degli edifici, una forte limitazione all'impiego delle leghe di alluminio è rappresentata dalla scarsa resistenza al fuoco, che renderebbe assai vulnerabili tali strutture: già a 300 °C le leghe di alluminio perdono una parte consistente delle loro caratteristiche di resistenza meccanica. D'altra parte, l'impiego di un'idonea coibentazione ignifuga, visti i materiali ad alte prestazioni necessari, tenderebbe da un lato a ridurre i vantaggi della leggerezza intrinseca dell'alluminio, dall'altro ad aumentare il costo complessivo delle strutture realizzate.

Realizzazione di scafi navali in alluminio

Interi scafi, anche di grandi dimensioni, o parti di essi, vengono oggi realizzati impiegando lamiere e profili estrusi in leghe di alluminio. Soprattutto, in questo ambito viene fatto larghissimo uso di pannelli sandwich di varie tipologie e spessori per la realizzazione di piani di coperta leggeri e rigidi. Tali pannelli sono preassemblati mediante saldatura automatica robotizzata e, a tal proposito, trova sempre più larghi campi di applicazione il processo di saldatura Friction Stir Welding cui si è accennato in prece-

Bibliografia

- Subodh K. Das, Gilbert Kaufman J.: «Aluminium alloys for bridges and bridge deck», TMS - The Minerals, Metals & Materials Society, 2007.
- Lanza M., Lauro A., Scanavino S.: «Problematiche di fabbricazione e di saldabilità di strutture in alluminio e sue leghe», Istituto Italiano della Saldatura, 2001.
- Volpone L.M., Mueller S.: «Tecnologia delle leghe di alluminio», Istituto Italiano della Saldatura, 2006.
- Eugenio M., Giuliani G.C.: «The aluminium stair and lift load-bearing core of the Barcelona Airport Tower», Exclusive consultants Redesco srl, Milano.
- Giuliani G.C.: «Strutture innovative in alluminio», Ingegnere Strutturista, Milano.
- Ferraris S., Grillo R., Mueller S., Volpone L.M.: «Lightweight metallic structures in large high speed vessels: established technologies and future trends».

denza, che consente anche la saldatura eterogenea di sandwich compositi acciaio/alluminio.
Evidenti sono i vantaggi, in termini di peso e di resistenza alla corrosione dell'impiego di leghe di alluminio delle Serie 5000 (Al-Mg) e 6000 (Al-Mg-Si), le tipiche serie adottate per la realizzazione di scafi leggeri: la riduzione di peso dello scafo consente la realizzazione di imbarcazioni più veloci o con soluzioni progettuali più "ardite" (si pensi agli aliscafi o alle imbarcazioni multiscafo), mentre l'ottima resistenza alla corrosione riduce considerevolmente le problematiche di manutenzione tipiche dei tradizionali scafi in acciaio.

10. Conclusioni

Per gli acciai duplex è stata esposta la situazione attuale dei prodotti laminati e materiali d'apporto.
Sono stati illustrati in modo particolareggiato due importanti applicazioni da cui risulta con i moderni materiali d'apporto la buona saldabilità con i procedimenti 111 - 121 e 135 e la possibilità di ottenere i tenori di ferrite desiderati e giunti privi di difetti.
È stata inoltre sperimentata la possibilità di eseguire controlli con ultrasuoni sui giunti con sonde normali in quanto i duplex hanno ottima trasparenza e non presentano gli inconvenienti degli acciai a matrice austenitica.
Per quanto riguarda le leghe di alluminio, nonostante gli indubbi vantaggi in termini di leggerezza e resistenza alla corrosione per la realizzazione di carpenterie metalliche, come si è potuto illustrare alcune caratteristiche fisiche e meccaniche non ottimali per la realizzazione di strutture nonché rilevanti aspetti economici hanno sempre costituito un ostacolo alla realizzazione di medie e grandi strutture metalliche in leghe di alluminio.
Questo è tanto più vero per la realtà italiana, nella quale l'impiego delle leghe leggere deve competere, in termini economici, non solo con l'utilizzo dell'acciaio (già di per sé più economico dell'alluminio) ma anche con il larghissimo e preferenziale uso che si fa nel nostro Paese del cemento armato, il cui costo è assai più contenuto delle leghe leggere.

Stefano BOTTA, laureato in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Genova nel Novembre 2002. Attualmente in forza alla "Divisione AST", si occupa di revisione dei progetti di saldatura e svolge attività di assistenza tecnica in campo per le strutture di carpenteria metallica (nuove ed esercite). Possiede la certificazione di International Welding Engineer, Coating Inspector (Level II - NACE), nonché certificazione al Livello 2 secondo EN 473 nei metodi VT, PT, MT, RT e UT.

Francesco MASETTI, attualmente Consulente dell'Istituto Italiano della Saldatura, si è laureato in Ingegneria Elettrica all'Università di Genova ed è stato assunto dall'Istituto nel 1967. Nel 1983 è stato nominato Dirigente e Responsabile del Settore Carpenteria. Dal 1990 al 1996 è stato Vice-Segretario Generale e Segretario Generale dal 1997 al 2000 data del suo pensionamento. Dal 1990 al 2000 è stato anche Direttore della Divisione CSC (Consulenza, Sorveglianza e Controlli). Membro della Commissione CNR-UNI per le norme delle costruzioni in acciaio dal 1990 fino alla sua chiusura è attualmente membro della Sottocommissione 3 "Strutture in acciaio" della Commissione "Ingegneria strutturale" dell'UNI e fa parte del Consiglio Direttivo del CTA (Collegio dei Tecnici dell'Acciaio).

Sergio SCANAVINO, laureato in Ingegneria Elettrotecnica presso l'Università di Genova nel 1981. Funzionario dell'Istituto Italiano della Saldatura dal 1983, attualmente è Dirigente Responsabile della Divisione Assistenza Tecnica (AST). Esperienza pluriennale nel settore della costruzione e dell'ispezione di componenti di strutture metalliche, di ponti in particolare, in Italia e all'estero.

Nuovo! Hypertherm®

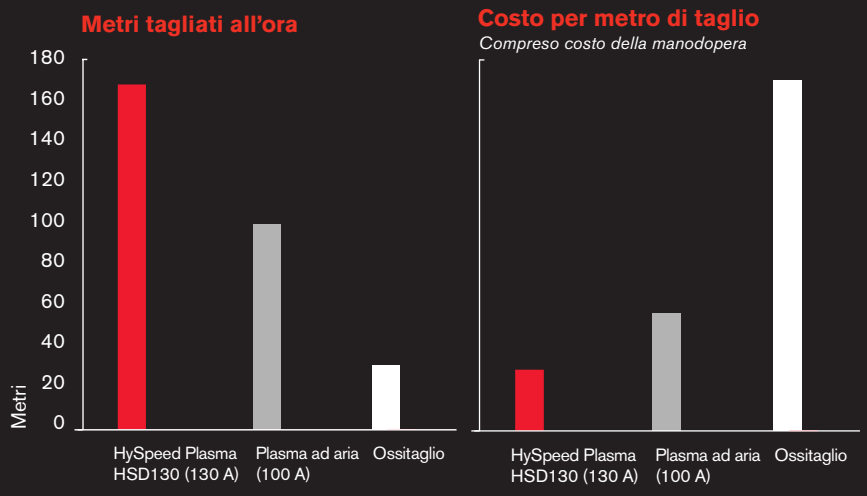
HySpeed® Plasma HSD130™

Passaggio al nuovo sistema di taglio Plasma Hypertherm HySpeed HSD130

Qualunque sistema di taglio del metallo stiate usando – ossitaglio, plasma tradizionale ad aria o comunque plasma di precedenti generazioni - il nuovo HSD130 aumenterà sensibilmente la vostra produttività riducendo i costi operativi … È semplice!

- Velocità di taglio decisamente superiore
- Nessuna perdita di tempo per preriscaldare il metallo
- Design avanzato del generatore a garanzia di maggiore affidabilità
- Tecnologia LongLife e design avanzati dei consumabili per una durata superiore
- Semplicità di funzionamento: basta impostare la potenza d'uscita, il processo, la pressione del gas … e state già tagliando. Facilissimo!

Plasma HySpeed HSD 130 … facile, affidabile ed incredibilmente produttivo



Per richiedere una brochure gratuita e un campione di taglio, contattateci al **HTEurope.info@hypertherm.com**

www.hypertherm.com/eu

nerosubianco.com

Lasciati attrarre da **Subfornitura.**

Perché è così importante venire all'edizione 2008 di Subfornitura? Semplice: 1.063 aziende espositrici; 26.233 visitatori; 23 viali tematici; 47 miniconferenze; 17 convegni; 5 unità dimostrative. Ecco tutti i numeri di una grande fiera, dinamica e innovativa, che ogni anno ti offre **l'opportunità di trovare partner efficienti** per risultati di alto livello qualitativo, senza sprechi e a costi ovviamente contenuti. Entra da protagonista in Subfornitura 2008, un mondo di opportunità e innovazione, **dove venire a prendere l'idea che cerchi!**

*dati edizione 2007

FIERE DI PARMA
3/5 APRILE 2008

Iscriviti e stampa la tua
tessera gratuita
sul sito **www.senaf.it/mec.tessera1**

FIEREdiPARMA
CARIPARMA CRÉDIT AGRICOLE

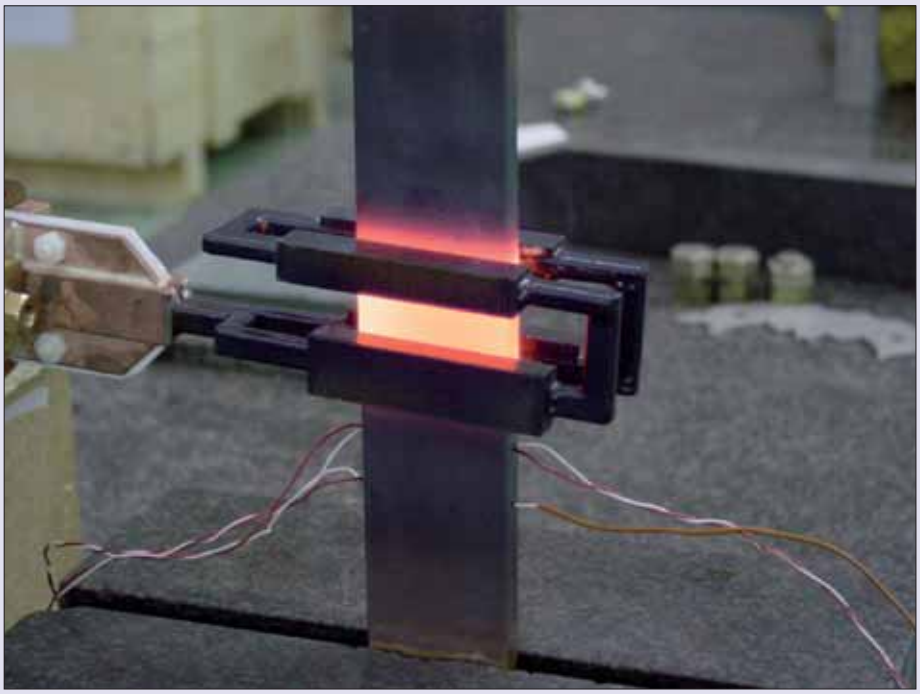
Nell'ambito di:
MECSPE
MECCANICA SPECIALIZZATA

Per info **Senaf Mestiere Fiere**: www.mecspe.com - subfornitura@senaf.it

SUBFORNITURA

Sistema di brasatura a induzione per giunzione di conduttori raffreddati (°)

A. Laurenti *
G. Drago *
G. Maggiora *
P. Pesenti *



Sommario / *Summary*

Questo articolo si basa sull'esperienza acquisita nelle attività di sviluppo e messa a punto di un processo di brasatura forte di giunzioni testa a testa con metodo di riscaldo ad induzione, utilizzato per la realizzazione di pezzature di conduttore in rame a sezione rettangolare, avente due canali di raffreddamento incorporati.
Tale conduttore è stato utilizzato da ASG Superconductors per l'avvolgimento delle bobine resistive dei magneti dipolo del sincrotrone per la terapia oncologica che CNAO sta realizzando presso il Policlinico S. Matteo di Pavia. L'apparato sarà il primo in Europa e si distinguerà per la tipologia di particelle utilizzate (adroni) e per i livelli di energia applicati.
Nel documento sono illustrate le richieste contrattuali, le fasi di selezione dell'impianto di brasatura, la descrizione delle attrezzature utilizzate per la costruzione e per i test, la descrizione del processo finale adottato e i risultati ottenuti.

This paper is based on the experience gained in the development and setting up of a hard brazing procedure of butt joints by induction heating method, adopted for the manufacturing of copper conductor lengths of rectangular section, with two cooling channels inside.
Such conductor has been used by ASG Superconductors for the winding of the resistive coils of the dipole magnets for the Synchrotron Ring at the "Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica" of Policlinico S. Matteo Hospital in Pavia.
This will be the first such machine in Europe and shall distinguish for the type of particles used (hadrons) and the energy levels applied.
This paper describes the contractual requirements, the phases of the selection of the brazing machine, the jigs and tools used for the manufacturing and the tests, the final process adopted and the results obtained.

Keywords:
Brazing; butt joints; copper; induction brazing; leads; mechanical properties; process parameters.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 4 - Workshop: "Brasatura" - Genova, 25-26 Ottobre 2007.*

* *ASG Superconductors - Genova.*

1. Generalità

Viene illustrata l'esperienza acquisita nelle attività di sviluppo e messa a punto di un processo di brasatura forte di giunzioni testa a testa con metodo di riscaldo ad induzione, utilizzato per la realizzazione di pezzature di conduttore in rame a sezione rettangolare, avente due canali di raffreddamento incorporati.
Tale conduttore è stato utilizzato da ASG Superconductors per l'avvolgimento delle bobine resistive dei magneti dipolo del sincrotrone per la terapia oncologica che CNAO sta realizzando presso il Policlinico S. Matteo di Pavia. L'apparato sarà il primo in Europa nel suo genere e si distinguerà per la tipologia di particelle utilizzate (adroni) e per i livelli di energia applicati.
Questo processo di brasatura, ormai consolidato da molti anni in azienda [1÷4], ha raggiunto un alto grado di perfezionamento, grazie soprattutto alle possibilità offerte dall'utilizzo delle macchine induttrici di nuova generazione, oggi estremamente funzionali, leggere, flessibili e molto pratiche nell'uso, tali da garantire cicli di lavorazione relativamente semplici, affidabili, ripetibili e di elevata qualità.

2. Requisiti contrattuali

La specifica del Cliente CNAO prescrive per la giunzione:
- esecuzione di brasatura forte, senza flussante;
- lega brasante di tipo AWS-ASTM BCUOP-5, o equivalente;
- preferenza per il processo di brasatura a resistenza, o a induzione, per ragioni di miglior controllo termico;
- canali di raffreddamento protetti da flusso di gas inerte durante il processo di riscaldamento;
- la completa penetrazione della lega brasante su tutta la superficie del giunto, senza la presenza di vuoti e perdite;
- l'assenza di eccessi di lega brasante nei canali del conduttore;
- ragguagliatura della superficie esterna;
- la trazione monoassiale nella sezione trasversale all'80% della tensione di rottura del materiale base, senza che si manifestino difettosità;
- non è ammessa la riparazione della giunzione.

Condizioni da soddisfare per la qualifica:
- costruzione di 3 provini per ogni brasatore, da sottoporre ai seguenti test:
  - macrografie della sezione fresata su uno dei tre, per verifica del completo riempimento di lega, assenza di vuoti e assenza di ostruzioni all'interno dei canali trazione;
  - trazione monoassiale all'80% della tensione di rottura del materiale base (200 N/mm^2), sui rimanenti due, facendone seguire l'esame visivo esterno e la prova di tenuta con cercafughe ad elio, pressurizzando il circuito a 10 bar.

Test di accettazione durante la produzione su tutti i giunti:
- trazione monoassiale all'80% della tensione di rottura del materiale base (200 N/mm^2);
- esame visivo esterno;
- prova di tenuta con cercafughe ad elio, pressurizzando il circuito a 10 bar.

3. Tipologia di giunzione

Si tratta della giunzione testa a testa con preparazione dei lembi ad angolo retto di un conduttore in rame CuOF /CW008A (040) da 50 x 12,5 mm, avente due fori incorporati longitudinali con diametro 6 mm e inserti in Cu posti all'interno dei canali e con interposizione lamina di SILFOS (80Cu/15Ag/5 P), come indicato nella Figura 1.

4. Qualifica del processo di brasatura

Sulla base dell'esperienza ASG è stato definito un giunto brasato con accoppiamento testa a testa e inserto in Cu all'interno del canale di raffreddamento, avente il doppio scopo di proteggere da colature di lega nel canale durante l'operazione di brasatura e proteggere la giunzione dall'azione del fluido di raffreddamento in corso d'opera.

Ricerca lunghezza minima del provino

Per l'esecuzione dei provini di qualifica è stata prima individuata la loro lunghezza minima necessaria (Fig. 2), attraverso prove di riscaldamento eseguite in bianco, utilizzando l'attrezzatura di produzione finale. In questo modo si è definita una lunghezza del campione di 500 mm, avendo riscontrato un differenza di

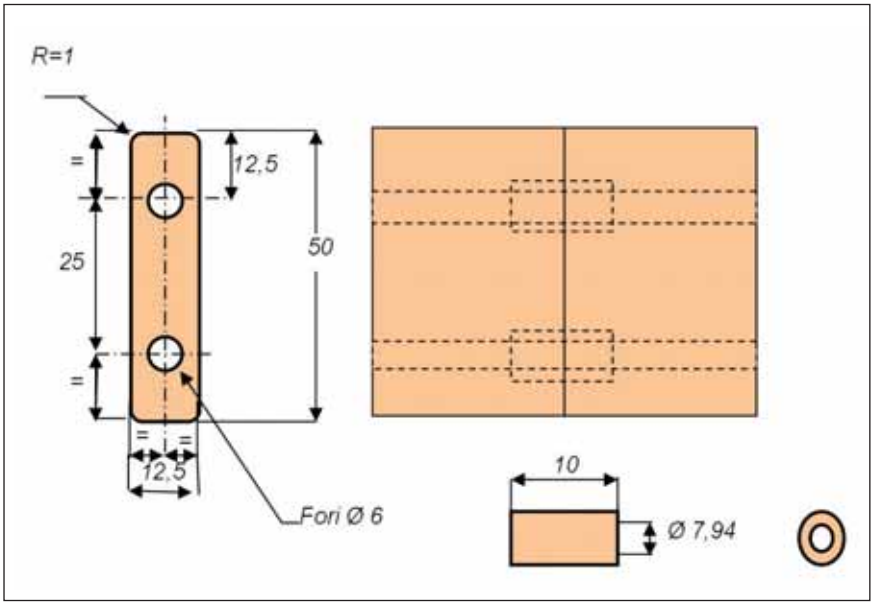


Figura 1 - Geometria della giunzione.

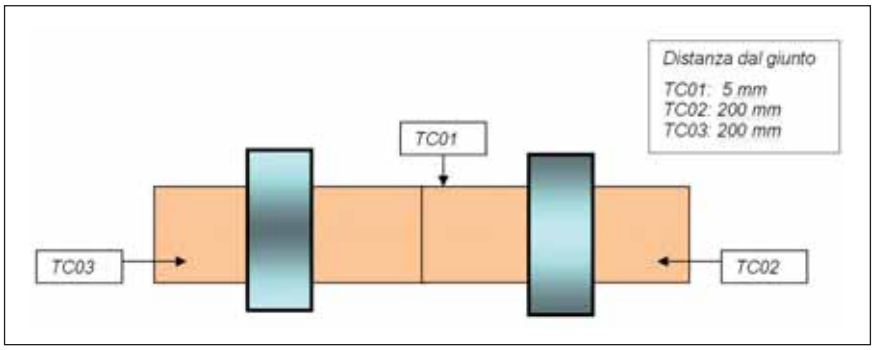


Figura 2 - Posizione termocoppie.

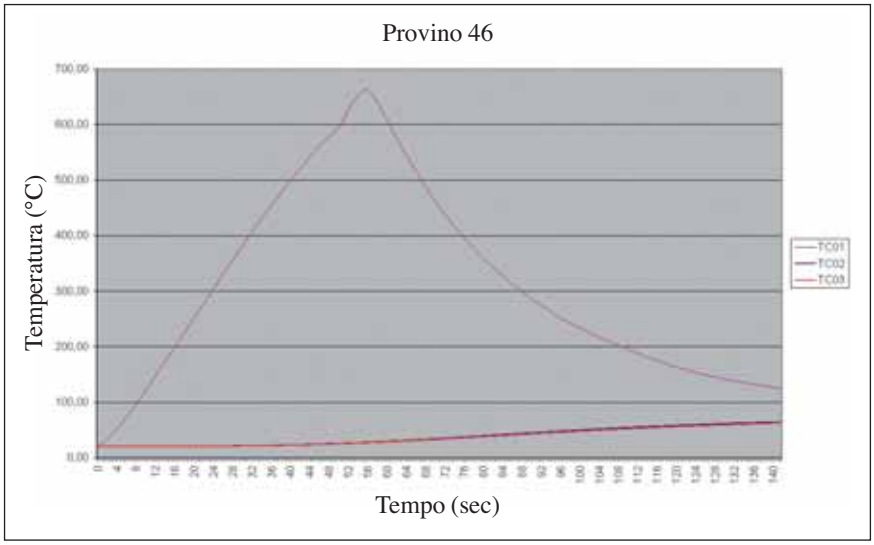


Figura 3 - Ciclo termico.

soli 8 °C tra le termocoppie, in seguito alla simulazione del ciclo termico finale analogo a quello indicato nella Figura 3.

Ricerca parametri di brasatura con prove di riscaldamento in bianco

Dopo aver strumentato la giunzione con una serie di termocoppie in assenza di lega brasante, si sono ricercati quei parametri di corrente nell'induttore che permettessero di ottenere l'uniformità necessaria per rimanere all'interno dello scarto di temperatura consentito dalla lega brasante (compreso tra 704 e 816 °C).
Il risultato migliore è riportato nella Tabella I, utilizzato per l'esecuzione dei provini di qualifica.

Ripetibilità del processo

Utilizzando su più provini i parametri della tabella precedente si è verificato che il processo è ripetibile con uno scarto max di 30 gradi circa.

Prove di tenuta con gas tracciante

Per la prova è stato utilizzato uno spettrometro di massa e gas tracciante elio ad accumulo, posizionando un sacchetto di plastica nella zona del giunto e pressurizzando i canali di raffreddamento del conduttore a 10 bar (Figg. 4 e 5).

Figura 4 - Cercafughe Leybold L200.

Figura 5 - Sistema di pressurizzazione.

TABELLA I

N° Segmento	Tipo	Corrente (A)	% [fondo scala 400 A]	Tempo [s]	TC01 raggiunta [°C]	Frequenza [kHz]
1	Salita	149	37	45	730	17
2	Sosta	128	32	10	750	17
3	Discesa	-	-	-	-	-

TABELLA II

N° Campione	Sezione cond. Disegno/Misurato [mm^2]	Rottura min. Nominale/Rilevata [kN]	Rottura min. Nominale/Rilevata [N/mm^2]	Risultato
47	568 / 559	90.95 / 100.53	160 / 179	Positivo
48	568 / 563	90.95 / 111.00	160 / 197	Positivo
49	568 / 565	90.95 / 110.30	160 / 195	Positivo
50	568 / 567	90.95 / 99.21	160 / 175	Positivo

Figura 6 - Provino numero 48 dopo trazione.

Figura 7 - Provino numero 49 dopo trazione.

Era richiesto un livello di fuga ammissibile inferiore 1.0 E-5 mbar x l/sec, intesa come differenza tra il tasso di fuga letto all'inizio della prova e dopo 1 minuto.

Prove meccaniche

Tutti i provini hanno superato il test meccanico a trazione come riportato nella Tabella II. Come si può anche notare dalle foto nelle Figure 6 e 7, la rottura è avvenuta esclusivamente sul materiale base.

Esame macrografico

L'esame macrografico ha lo scopo di esaminare visivamente le zone di giunzione testa a testa e quelle di collegamento tra conduttore e inserti attraverso un microscopio a 40 ingrandimenti (Fig. 8). Nei casi sotto qualifica si è evidenziata una buona penetrazione della lega brasante sia sulla giunzione testa a testa che nell' intorno degli inserti.

Conclusione

Sulla base dei risultati positivi ottenuti con i test eseguiti sui provini si può considerare conclusa la qualifica di processo. Con ciò sono stati ulteriormente qualificati anche 3 operatori che hanno costruito con successo la serie di campionature previste.

Figura 8 - Macro 40X.

Figura 9 - Macchina a induzione.

Figura 10 - Induttore.

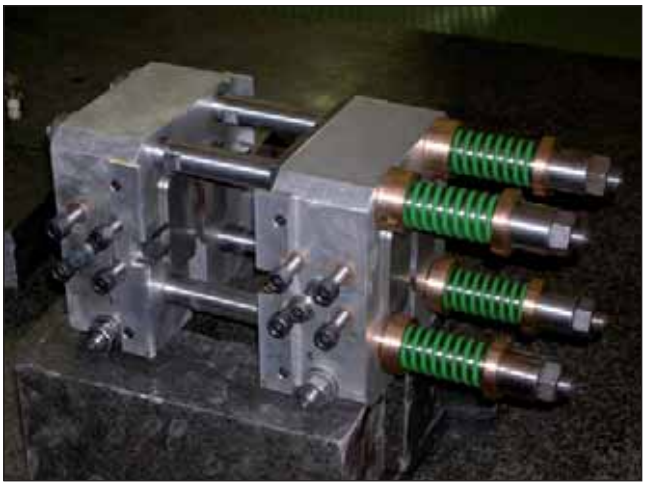


Figura 11 - Attrezzo di posizionamento giunzione.

Figura 12 - Reparto produttivo dipoli CNAO.

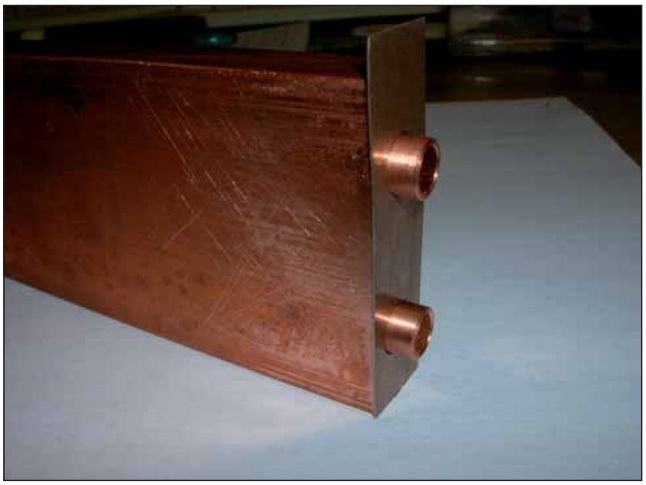


Figura 13 - Superficie accoppiamento con inserti.

5. Attrezzature / Impianti

Sistema di riscaldo ad induzione

Viene utilizzato un sistema di riscaldo ad induzione di ultima generazione MINAC 50/80 della ditta EFD (Fig. 9) avente potenza massima di 80 kW / 10-40 kHz, integrato da un sistema induttore appositamente costruito per questa specifica applicazione, in grado di svolgere il ciclo in automatico secondo parametri preimpostati e guidati da un controllo in temperatura tramite un sensore fissato sulla giunzione stessa.

Induttore

L'induttore (Fig. 10) è costituito da una bobina in rame raffreddata ad acqua e dimensionata con geometria tale da distribuire quanto più uniformemente possibile la corrente indotta nel giunto, quindi la temperatura, aiutata per questo scopo anche con inserti magnetici laminati.
La bobina è attraversata da una corrente ad alta frequenza, impostata nel nostro caso a 17 kHz.

Attrezzatura di posizionamento

È un attrezzo che permette di mantenere le due estremità del conduttore saldamente unite durante la brasatura e consentire la dilatazione differenziale durante il riscaldamento (Fig. 11), mantenendo costante la pressione meccanica che insiste sulle due superfici accoppiate al valore di circa 0.6 kg/mm^2.
Questo attrezzo è dotato di una cameretta di materiale trasparente in modo da mantenere la zona riscaldata protetta da atmosfera inerte.

Durante la fase di messa a punto del ciclo di brasatura sono state definite le pressioni ottimali di bloccaggio trasversale con le viti laterali attuate con chiave dinamometrica (Fig. 12).

6. Processo produttivo

Il ciclo di brasatura si articola secondo quanto illustrato di seguito.

Preparazione del conduttore

Il conduttore, che si presentava in barre lunghe 7,5 m è stato così preparato:

- intestatura ortogonale su entrambi i lati;
- allargamento fori da 6 a 8 mm per alloggio inserti;
- carteggiatura delle superfici di accoppiamento con carta abrasiva;

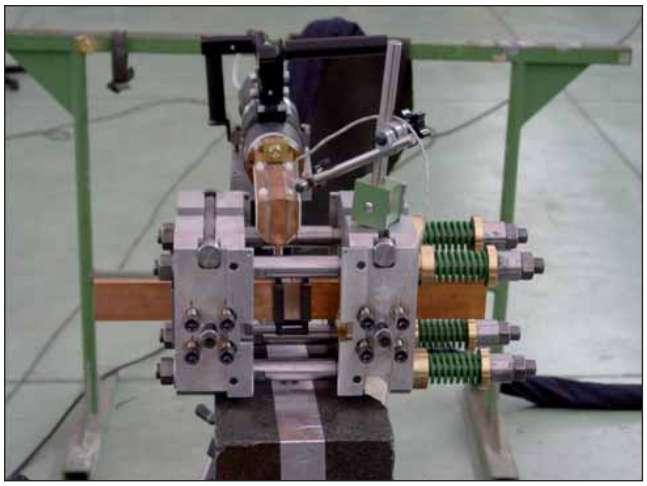


Figura 14 - Assemblaggio giunzione.

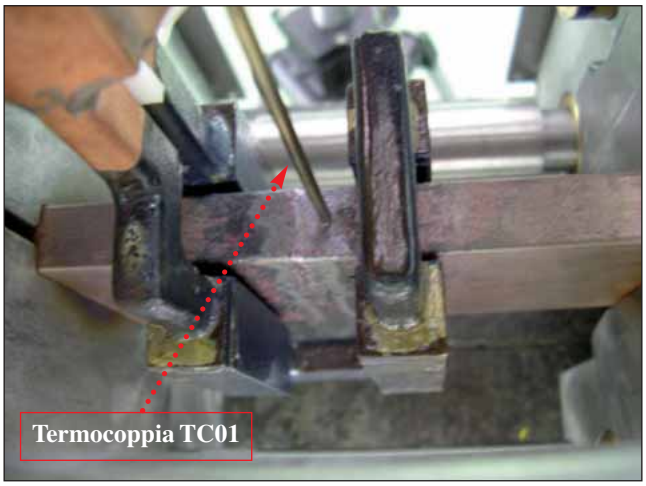


Figura 15 - Posizionamento termocoppia.

- nuova leggera carteggiatura, facendo seguire lo sgrassaggio con solvente, immediatamente prima di effettuare la brasatura.

Preparazione della lega brasante e inserti

Le lamine di Silfos e gli inserti sono stati anch'essi carteggiati e poi sgrassati con solvente subito prima della brasatura.

Assemblaggio giunto

La giunzione è stata preparata per la brasatura secondo le modalità che seguono (Figg. 13-14):

- posizionamento e bloccaggio della giunzione + inserti + lamina Silfos all'interno dell'attrezzatura di fissaggio;
- applicazione del bloccaggio ortogonale;
- applicazione della compressione assiale;
- verifica gap zero tra le superfici di accoppiamento;
- posizionamento dell'induttore;
- fissaggio superiore della termocoppia di regolazione TC01 a 5 mm dal giunto (Figg. 15-16);
- avvio del flussaggio con gas inerte per protezione della superficie interna dei canali di raffreddamento;
- attivazione del ciclo automatico di brasatura, attraverso il comando presente sulla pulsantiera del sistema induttivo, secondo i parametri indicati al punto 4;
- rimozione dell'attrezzatura;
- pulizia finale della superficie esterna da eccessi di lega (Fig. 17).

Ciclo di stressaggio

Questo ciclo ha lo scopo sia di esaltare ed evidenziare eventuali difettosità nella giunzione, sia di ripristinare in parte le caratteristiche meccaniche della zona che ha subito la ricottura in seguito all'esecuzione del ciclo termico (Fig. 18).

7. Test e risultati finali

Sono state eseguite con successo circa 1000 giunzioni distribuite negli avvolgimenti relativi a 30 magneti dipolo.
Test finali di portata e tenuta idraulica sono stati quindi eseguiti con esito positivo su tutti gli avvolgimenti, attualmente in fase di assemblaggio sui gioghi magnetici, dopo la costruzione del sistema d'isolamento elettrico.

Figura 16 - Sistema acquisizione dati.

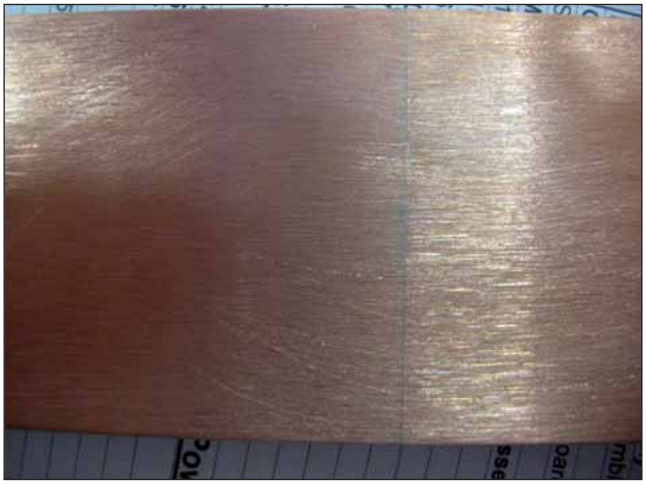


Figura 17 - Provino.

Figura 18 - Predisposizione per stressaggio.

Soltanto due giunzioni sul totale della produzione sono state tagliate e ricostruite (lo 0,2%) a testimonianza della bontà di un processo che ha usufruito di una sapiente e accurata fase di messa a punto.

8. Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la società EDF che ha fornito un contributo importante per la definizione del sistema di riscaldamento induttivo con particolare riferimento alla progettazione ed alla costruzione degli induttori.

Bibliografia

[1] Angius S. et al.: «Manufacturing of a TF coil for ignitor», SOFT 18, Karlsruhe '94.

[2] Dolgetta N. et al.: «JET divertor coils, mfc, assembly and testing», MT-11, Vancouver '93.

[3] Pizzuto A. et al.: «The FTU toroidal magnet», Energia Nucleare, anno 6, n. 1, Gennaio-Aprile '89.

[4] Laurenti A. et al.: «Different mfc process of internal connections of TFC», SOFT 14, Avignon '86.

Adamo LAURENTI, laureato in Ingegneria Elettrotecnica presso l'Università di Pisa nel 1975 ha maturato 24 anni di esperienza presso Ansaldo nella fabbricazione di componenti elettromeccanici (alternatori e sistemi magnetici superconduttori), trascorsi in parte come dirigente responsabile dell'Ufficio Tecnico di Fabbricazione. Successivamente ha maturato 8 anni di esperienza come dirigente responsabile dei servizi di Ricerca e Sviluppo, Qualità, Sicurezza e Ambiente presso Ansaldo Superconduttori, divenuta poi ASG Superconductors, per la quale continua attualmente a collaborare.

Giovanni DRAGO, laureato in Ingegneria Elettrotecnica presso l'Università di Genova dove ha conseguito anche il Dottorato di Ricerca. Inizialmente in Ansaldo Energia si è occupato per alcuni anni di progettazione macchine elettriche rotanti tradizionali, quindi all'interno dell'Unità Magneti, oggi divenuta ASG Superconductors, partecipa da oltre un decennio allo sviluppo di varie applicazioni resistive e superconduttive tra le quali le più importanti hanno riguardato la costruzione dei grandi magneti per l'acceleratore LHC (CERN) e di quelli relativi al sincrotrone del centro adroterapia di Pavia (CNAO), per i quali è attualmente responsabile di produzione.

Gian Luca MAGGIORA, diplomato in Elettronica Industriale a Genova. Inizialmente ha lavorato presso la Siemens come programmatore di plc industriali dove ha automatizzato alcuni impianti per la costruzione dei grandi magneti per l'acceleratore LHC (CERN) presenti in ASG Superconductors. Dal 2001 lavora in ASG come responsabile della manutenzione degli impianti e dei controlli distruttivi e non distruttivi delle saldature effettuate sui magneti LHC. Nel 2004 ha conseguito il diploma di European Welding Technologist.

Paolo PESENTI, laureato in Ingegneria Elettrotecnica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova nel 1993, inizia la sua esperienza lavorativa presso Ansaldo Energia-Unità Magneti con incarichi legati allo studio dei processi e delle tecnologie di fabbricazione per la realizzazione di Magneti Superconduttori. Nel 1998 ha conseguito il diploma di Specializzazione di Saldatura presso l'Istituto Italiano della Saldatura. Con il passaggio alla neocostituita Ansaldo Superconduttori S.p.A. (oggi ASG Superconductors) nel 2001 ha assunto il ruolo di Coordinatore Tecnico di Saldatura della Società e successivamente quello di Responsabile dell' Unità Processi Speciali. È certificato Livello II EN 473 e nel 2002 ha conseguito la certificazione di European/International Welding Engineer.

www.lamiera.net

MACCHINE, IMPIANTI, ATTREZZATURE PER LA LAVORAZIONE DI LAMIERE, TUBI, PROFILATI,
FILI E CARPENTERIA METALLICA. STAMPI. SALDATURA. TRATTAMENTI TERMICI. TRATTAMENTO E FINITURA SUPERFICI.

Lamiera

CEU

Bologna, 14-17/5/2008

Promossa da

UCIMU
UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

BolognaFiere

022-2000

LAMIERA
RIVISTA UFFICIALE DELLA MANIFESTAZIONE

UN AFFARE DA NON PERDERE. Affermatasi come una delle più qualificate rassegne internazionali del comparto produttore di macchine lavoranti per deformazione, LAMIERA terrà la sua quattordicesima edizione, dal 14 al 17 maggio 2008, nel quartiere espositivo di Fiera di Bologna. Accanto alla sintesi esaustiva della offerta mondiale, la manifestazione promossa da UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE, l'associazione dei costruttori italiani di macchine utensili, robot e automazione, presenterà una nuova versione di Lambda, incentrata su "RTDI-in-Forming: ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione", e darà spazio al dibattito dei temi di maggior interesse e attualità settoriali. L'edizione 2008 della mostra organizzata da CEU-CENTRO ESPOSIZIONI UCIMU saprà, dunque, concentrare sui propri espositori l'attenzione degli operatori dell'industria utilizzatrice mondiale, proponendosi come irrinunciabile occasione per definire nuovi, più proficui, rapporti tecnico-commerciali. Nel 2006, LAMIERA ha registrato 23.215 visite; il 6% degli operatori è convenuto a Bologna dall'estero: Unione Europea, Europa non comunitaria, Americhe, Africa, Medioriente, Asia, per un totale di 71 paesi. Produzione di macchinari (37,6%), costruzioni metalliche (26,6%) e meccanica varia (22,5%) si sono rivelati gli ambiti operativi maggiormente rappresentati, davanti a automotive (6,5%), elettrodomestici (3,9%), energia (1,9%) e aeronautica (1%).

Le modalità di partecipazione. I costi di partecipazione alla quattordicesima edizione della mostra bolognese, affermatasi come qualificata espressione del comparto deformazione, sono: € 220,00 la tassa di iscrizione; € 175,00 al metro quadrato per superfici espositive fino a 100 metri quadrati; € 158,00 per ogni metro quadrato tra i 101 e i 200; € 140,00 per ogni metro quadrato dai 201 in su; maggiorazione lati liberi, 10% per due, 15% per tre, 20% per quattro; € 4,70 al metro quadrato quale canone servizi (pulizia posteggio, dotazione estintori a norma di legge, potenza elettrica installata fino a 6kW); € 150,00 per ogni casa rappresentata di cui siano esposti prodotti e venga fornita indicazione dal catalogo ufficiale della manifestazione. I moduli di iscrizione (disponibili presso www.lamiera.net o CEU-CENTRO ESPOSIZIONI UCIMU, +39 0226 255 230/861) vanno restituiti agli organizzatori entro il 16 novembre 2007. Nel marzo 2008, avrà inizio l'assegnazione dei posteggi, i cui riscontri saranno tempestivamente notificati agli espositori.

Il nuovo casello autostradale BOLOGNA FIERA (sulla A14) permette a quanti provengono da Ancona, Firenze, Milano di accedere direttamente all'ingresso Nord; per quanti provengono da Padova, l'uscita di della tangenziale dà accesso all'ingresso Michelino.

Ente organizzatore
CEU-CENTRO ESPOSIZIONI UCIMU SPA

In collaborazione con
Senaf srl, via Eritrea 21/A, 20157 Milano MI (Italy)
tel. +39 023 320 391, telefax +39 0239 005 289

Per informazioni
LAMIERA c/o CEU-CENTRO ESPOSIZIONI UCIMU SPA
viale Fulvio Testi 128
20092 Cinisello Balsamo MI (Italy)
tel. +39 0226 255 230/861, telefax +39 0226 255 894
www.lamiera.net lamiera.esp@ucimu.it

edimet

MULTIMEDIA NETWORK
IN THE WORLD OF METALS

via Brescia, 117 - 25018 Montichiari (BS) - tel. 030/9981045 - Fax 030 9981055

info@edimet.com - www.edimet.com

The magazines

The directories

online version in

aluplanet
www.aluplanet.com
The online periodical of metals

The books

8 volumes
or CD

The events

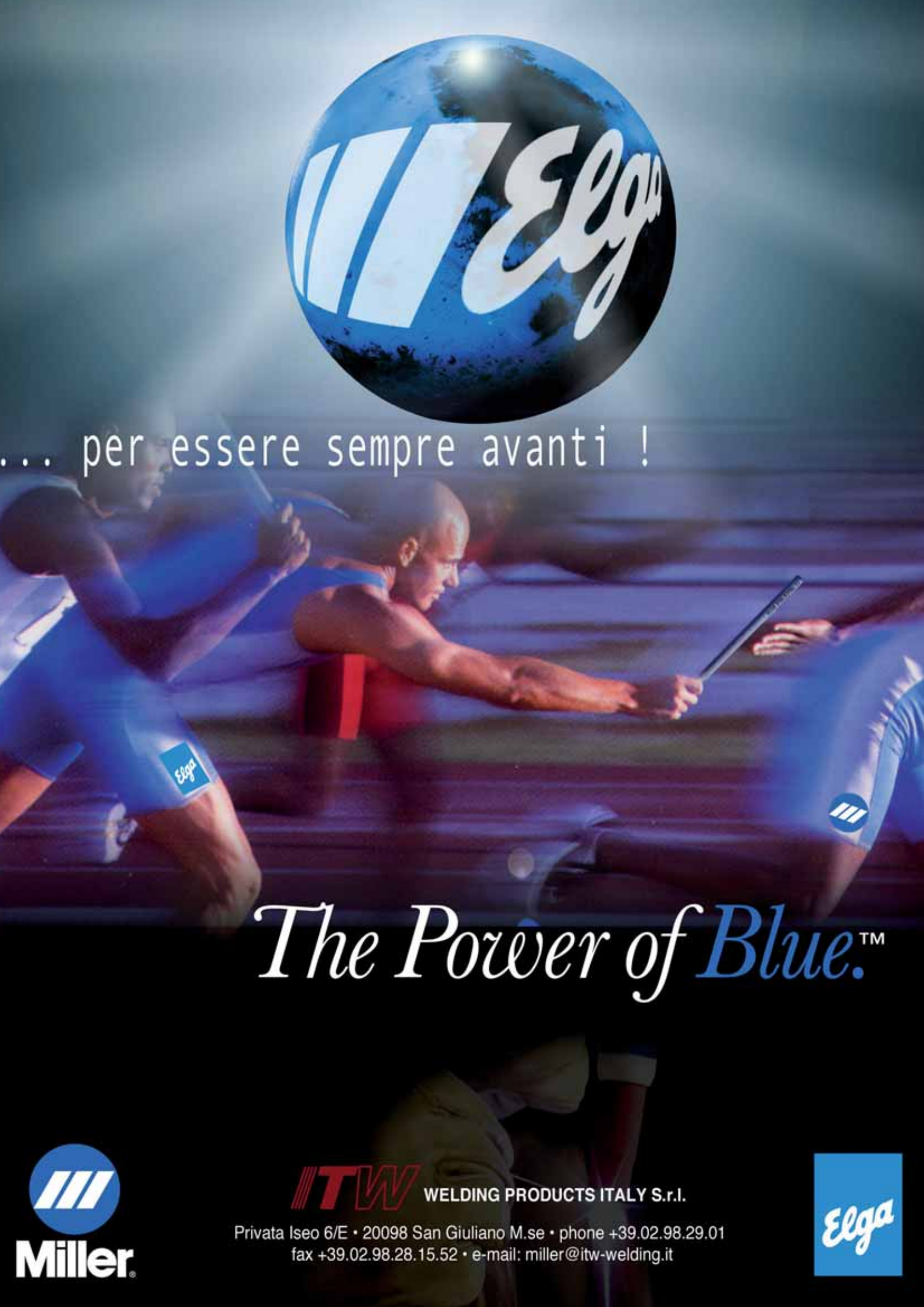
metef
www.metef.com

foundry equipment
foundeq
EUROPE
www.foundeq.com

TechFLUID
www.techfluid.com

metalriciclo
www.metalriciclo.com

ALUMEX 2007
www.alumexdubai.com


Elga
... per essere sempre avanti !
The Power of Blue.™
Miller
ITW WELDING PRODUCTS ITALY S.r.l.
Privata Iseo 6/E • 20098 San Giuliano M.se • phone +39.02.98.29.01
fax +39.02.98.28.15.52 • e-mail: miller@itw-welding.it
Elga

Acciai basso legati per la produzione di energia: i giunti dissimili (°)

G. Cumino *
S. Caminada *
G. Rutili **
A. Bertoni ***
C. Chovet ****

Sommario / *Summary*

Le attività di fabbricazione relative alla costruzione di impianti per la produzione di energia elettrica prevedono il collegamento tra linee piping di trasporto vapore che vengono esercite a temperature e pressioni differenti.
In funzione delle diverse condizioni operative lungo la linea vengono destinati all'applicazione acciai di grado diverso.
Il lavoro sviluppato in collaborazione tra Tenaris Dalmine, Istituto Italiano della Saldatura ed Air Liquide Welding ha avuto lo scopo di verificare il comportamento dei giunti che prevedevano l'abbinamento degli acciai comprendenti le seguenti classificazioni riferentesi allo Standard ASTM: A335 P91-A335 P22; A335 P91-A335 P23; A335 P23-A106 Gr C.
In questa fase del lavoro la caratterizzazione ha previsto la selezione di materiali d'apporto congruenti con l'acciaio di grado minore, così come convenzionalmente viene eseguito nella prassi della fabbricazione industriale.
La corretta selezione sia dei tempi di trattamento che del bilanciamento chimico sia del materiale base che di quello d'apporto e dei parametri di saldatura hanno portato all'ottenimento di risultati meccanici completamente soddisfacenti i requisiti tecnici.

The fabrication of power plants requires joinings of steam pipelines subjected to different pressure and temperature. Different operating conditions in piping require the use of different grade of steel.
The study carried out by Tenaris Dalmine, Istituto Italiano della Saldatura and Air Liquide Welding was aimed at verifying the behaviour of joints realized by coupling the following steels: ASTM A335 P91-A335 P22; A335 P91-A335 P23; A335 P23-A106 Gr C.
At this step of the work the characterization of welded joints was made considering a selection of filler metals corresponding to the steel of the lower grade, according to the common industrial procedures.
The right selection of the heat treatment parameters, of the parent and filler metal chemical balance as well as of the welding parameters led to the achievement of mechanical results completely fulfilling the technical requirements.

Keywords:
Consumables; creep resisting materials; dissimilar materials; GTA welding; high alloy Cr Mo steels; high temperature; low alloy Cr Mo steels; low alloy steels; mechanical properties; metallography; microstructure; MMA welding; post weld heat treatment; post weld operations; process parameters; selection; stress relieving; weldability.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 4 - Workshop: "Materiali base e d'apporto di ultima generazione" - Genova, 25-26 Ottobre 2007.*

* *TENARIS - Dalmine.*
** *Istituto Italiano della Saldatura - Genova.*
*** *Air Liquide Welding - Verona.*
**** *Air Liquide C.T.A.S. - Cergy Pontoise (Francia).*

1. Introduzione

Le sempre più stringenti normative ambientali e l'aumento del costo dei combustibili impongono che per la produzione di energia elettrica da fonti fossili venga migliorata l'efficienza degli impianti allo scopo di ridurre i consumi di combustibile e di conseguenza le emissioni nocive ed i gas ad effetto serra come la CO_2. Per ottenere questi risultati è necessario incrementare le condizioni operative in termini di pressioni e temperature. Come conseguenza nuovi materiali base e d'apporto sono stati sviluppati negli ultimi anni, quali i gradi 91, 92 e 23. Questi materiali garantiscono prestazioni più elevate in termini di caratteristiche meccaniche ad alta temperatura rispetto ai materiali convenzionali ed in particolare in termini di resistenza allo scorrimento viscoso.
Nella fabbricazione delle linee di trasporto vapore delle centrali per produzione di energia elettrica si riscontra la necessità di collegare tra loro materiali con caratteristiche meccaniche, chimiche e metallurgiche diverse nelle sezioni in cui le condizioni di esercizio della linea cambiano in modo significativo in termini di temperatura di esercizio e di pressioni.
In queste sezioni il giunto deve soddisfare i requisiti meccanici previsti per il materiale base di grado minore considerando anche il comportamento allo scorrimento viscoso del giunto [1÷5].
I giunti studiati in questo lavoro sono stati sottoposti alla caratterizzazione meccanica convenzionale con prove di trazione a temperatura ambiente ed alta temperatura, prove di tenacità CVN e valutazione del comportamento a creep in direzione trasversale.
I giunti eseguiti hanno previsto le seguenti combinazioni:

- A335 P91 - A335 P22
- A335 P91 - A335 P23
- A335 P23 - A106 Gr C

partendo da tubi delle dimensioni riportate nella Tabella I.

TABELLA I - Lista dei materiali base.

Materiale	Dimensioni ODxWT [mm]	Fornitore
ASTM A335 P91	219 x 31.75	TenarisDalmine
ASTM A335 P23	219 x 31.75	TenarisDalmine
ASTM A335 P22	219 x 31.75	TenarisDalmine
ASTM A106 GrC	219 x 31.75	TenarisDalmine

2. Processi produttivi

I tubi della TenarisDalmine sono prodotti a partire da billette realizzate nel proprio stabilimento mediante processo di colaggio in continuo o ottenute da laminazione a caldo di lingotti. Tutti gli acciai al Cr-Mo-V sono sottoposti a trattamento in vuoto del bagno liquido per migliorare la pulizia e ridurre il contenuto di gas.
Presso TenarisDalmine i tubi sono prodotti in quattro differenti laminatoi, in funzione del diametro e dello spessore del prodotto finito. Il campo operativo per il processo termomeccanico (foratura e laminazione) viene definito attraverso prove di torsione a caldo [6].
I tubi con diametro fino a 88.9 mm sono realizzati in un laminatoio continuo (FAPI); i tubi di diametro fino a 406.4 mm sono prodotti in un laminatoio multistadio (MPM) con il supporto di un mandrino [7] (Fig. 1), mentre i tubi di diametro da 406.4 fino a 711 mm sono realizzati in un laminatoio rotativo ad espansione (Expander mill).
I tubi di grosso spessore e grande diametro sono realizzati nel laminatoio pellegrino. In particolare, i tubi per Generatori di Vapore a Recupero di Calore (HSRG) prodotti nel laminatoio continuo sono disponibili fino a 24 metri di lunghezza.
I tubi in acciaio legato per alte temperature sono normalmente forniti nelle condizioni di normalizzato e rinvenuto, con raffreddamento in aria.
Gli acciai basso e alto legati al CrMo attualmente prodotti dalla TenarisDalmine sono riportati nella Tabella II. Tutte le composizioni sono in accordo con le principali norme internazionali: ASTM, ASME code cases, EN e TÜV.

3. Caratteristiche microstrutturali e meccaniche

Al fine di ottenere un buon compromesso tra la resistenza allo scorrimento, la tenacità e la deformabilità a freddo, gli acciai al Cr-Mo sono solitamente normalizzati e rinvenuti.
Il trattamento di normalizzazione fornisce una struttura martensitica (bainitica o ferritica per i gradi bassolegati) e genera una buona solubilizzazione dei carburi

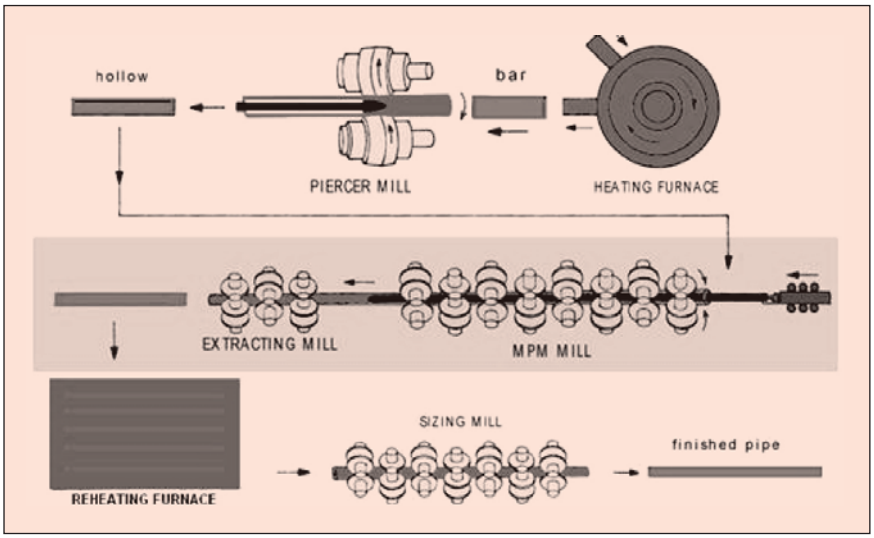


Figura 1 - Processo di laminazione nel laminatoio di medie dimensioni (max 406.4 mm OD).

nella matrice. La temperatura ottimale di austenitizzazione durante la normalizzazione dipende dalla composizione chimica e dalle proprietà che si desidera ottenere: una dimensione del grano grossolana favorisce la resistenza allo scorrimento, mentre un grano fine aumenta il carico di snervamento e la tenacità.
Gli acciai al C, quale ad esempio il grado ASTM A106 Gr C utilizzato in questa sperimentazione, sono invece forniti nello stato di "as-rolled".
Al fine di definire e ottimizzare i parametri di trattamento degli acciai legati sono stati prodotti molteplici diagrammi CCT, tenendo in considerazione differenti temperature di austenitizzazione e composizioni chimiche per ciascun tipo di acciaio. Due esempi di tali diagrammi sono riportati nella Figura 2: per il grado 91 è possibile ottenere una struttura martensitica con un ampio spettro di velocità di raffreddamento, mentre per il grado 23 tracce di ferrite possono generarsi se le velocità di raffreddamento sono troppo basse (<1°C/s).
Il successivo trattamento di rinvenimento addolcisce il materiale e promuove la formazione di precipitati del tipo $M_{23}C_6$ e degli MX di minori dimensioni che forniscono una migliore resistenza allo scorrimento.
Durante il rinvenimento i carburi $M_{23}C_6$, che mostrano una buona stabilità, nucleano prevalentemente al bordo di grano e lungo il bordo delle lamelle di martensite, aumentando la resistenza allo scorrimento e ritardando la crescita dei subgrani.
Esempi di condizioni di trattamento termico usate per acciai al Cr-Mo-V sono riportati nella Tabella III.

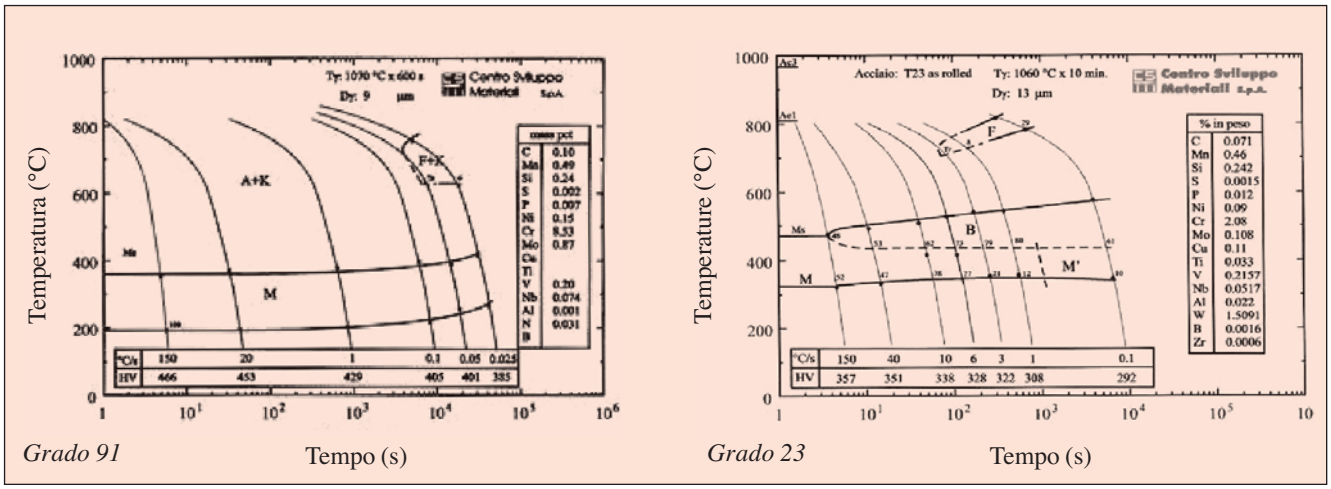


Figura 2 - Diagrammi CCT degli acciai grado 91 e 23.

TABELLA II - Composizione chimica degli acciai basso e alto legati secondo le principali normative internazionali.

Grade		C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Other
C	min	-	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	max	0.35	1.06	0.035	0.035	0.10	0.40	0.15	-	-	0.08	-	
9	min	-	0.30	-	-	0.25	8.00	0.90	-	-	-	-	-
	max	0.15	0.60	0.025	0.025	1.00	10.00	1.10	-	-	-	-	
22	min	0.05	0.30	-	-	-	1.90	0.87	-	-	-	-	-
	max	0.15	0.60	0.025	0.025	0.50	2.60	1.13	-	-	-	-	
23	min	0.04	0.10	-	-	-	1.90	0.05	1.45	0.02	0.20	0.0005	N: 0.03 max
	max	0.10	0.60	0.030	0.010	0.50	2.60	0.30	1.75	0.08	0.30	0.0060	
91	min	0.080	0.30	-	-	0.20	8.00	0.85	-	0.06	0.18	-	N: 0.03-0.07
	max	0.012	0.60	0.020	0.010	0.50	9.50	1.05	-	0.10	0.25	-	
92	min	0.07	0.30	-	-	-	8.50	0.30	1.50	0.04	0.15	0.0010	N: 0.03-0.07
	max	0.13	0.60	0.020	0.010	0.50	9.50	0.60	2.00	0.09	0.25	0.0060	
911	min	0.09	0.30	-	-	0.10	8.50	0.90	0.90	0.06	0.18	0.0003	N: 0.04-0.09
	max	0.13	0.60	0.010	0.010	0.50	10.50	1.10	1.10	0.10	0.25	0.0060	
TP347H	min	0.04	-	-	-	-	17.00	-	-	-	-	-	Ni: 9.0-12.0
	max	0.10	2.00	0.045	0.03	1.00	19.00	-	-	-	-	-	
15NiCuMo Nb5-6-4	min	-	0.80	-	-	0.25	-	0.25	-	0.015	-	-	Ni: 1.0-1.3 Cu: 0.5-0.8
	max	0.17	1.20	0.025	0.020	0.50	0.30	0.50	-	0.045	-	-	

Tutti i prodotti di TenarisDalmine sono stati caratterizzati come segue:

- microstruttura e precipitazione mediante microscopia ottica (LM), elettronica a scansione (SEM) e a trasmissione (TEM);
- qualità superficiale: valutazione della rugosità superficiale, dello spessore della zona decarburata e di quella ossidata;
- proprietà meccaniche: resistenza a trazione fino alla temperatura di esercizio, durezza, tenacità;
- formabilità a freddo;
- resistenza allo scorrimento (creep).

Nelle Figure 3, 4 e 5 vengono riportati esempi di microstrutture ottenute al microscopio ottico, al SEM e al TEM di differenti gradi di acciai nelle condizioni di trattamento termico finale.

4. Attività sperimentali

Selezione dei procedimenti di saldatura e dei materiali d' apporto

La prassi costruttiva normalmente utilizzata in questo tipo di attività di saldatura prevede l'utilizzo di processi convenzionali quali TIG ed elettrodo rivestito volendo eseguire saldature ad asse fisso orizzontale con qualifiche di tipo 5G / PF. I materiali d'apporto applicati nella saldatura vengono riportati nella Tabella IV. La scelta è stata quella di utilizzare materiali d' apporto le cui caratteristiche meccaniche soddisfacessero i requisiti del materiale base di grado inferiore.

Le bacchette TIG selezionate per l'acciaio T/P 23 sono fabbricate utilizzando la tecnologia filo animato di tipo "metal cored". Il TIG animato, nel confronto con la soluzione filo pieno, dimostra ottime caratteristiche operative e la completa affidabilità del giunto in termini di omogeneità chimica del deposito e delle relative proprietà meccaniche. Permette una maggiore flessibilità potendo adattare il bilanciamento chimico a specifiche esigenze.

Nei confronti dei fili animati per processo TIG la normativa americana e quella europea dimostrano atteggiamenti diversi; l'ASME/AWS, come riportato nella Tabella IV, ha ormai da alcuni anni standardizzato questo tipo di prodotto permettendone l'uso, mentre la normativa europea ancora non prevede questa tipologia di consumabile.

TABELLA III - Esempi di condizioni di trattamento termico per acciai al Cr-Mo-V.

Grado	Dimensione [mm x mm]	Normalizzazione		Rinvenimento	
		Temperatura [°C]	Tempo [min]	Temperatura [°C]	Tempo [min]
P23	219x31.75	1070	45	760	90
P92	219x31.75	1070	45	780	90
P91	609 x 17.5	1070	20	780	60

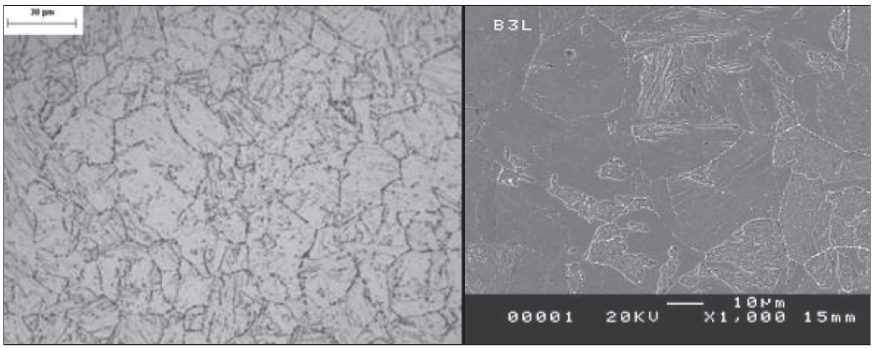


Figura 3 - Bainite rinvenuta di un tubo di Grade 23 pipe (219 mm OD x 31.75 mm WT) dopo N+T al LM e al SEM; attacco Nital.

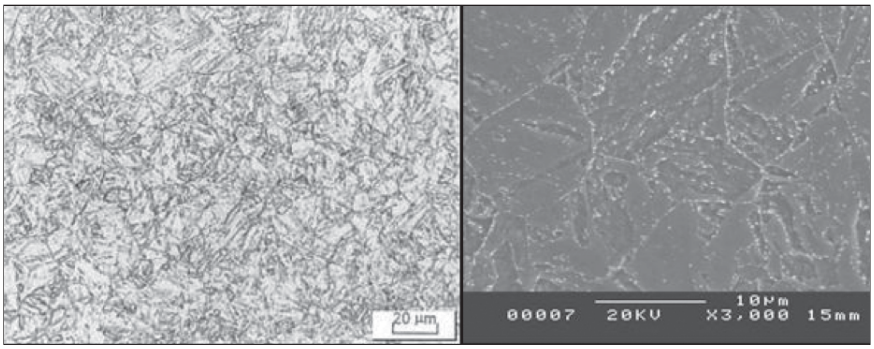


Figura 4 - Martensite rinvenuta con carburi $M_{23}C_6$ al bordo di grano e dei subgrani di tubo di Grade 91 (609 mm OD x 17.5 mm WT) dopo N+T al LM e al SEM; attacco Vilella.

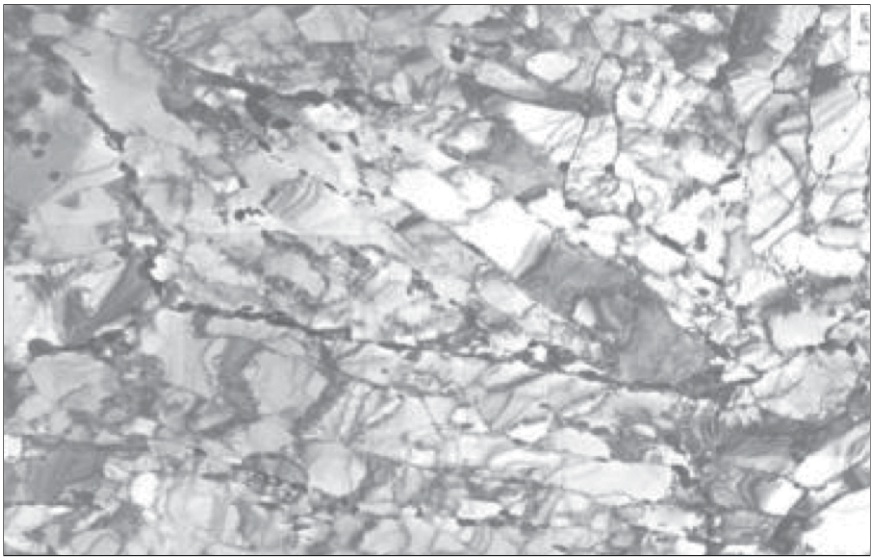


Figura 5 - Film sottile al TEM di tubo Grade 91 (ODxWT 609 x 17.5 mm) dopo N+T.

TABELLA IV - Materiali d'apporto utilizzati nel programma.

ETC Oerlikon Consumabili	Ø [mm]	Classificazione
Carborod SG2	Ø 2.4	AWS A5.18: ER70S-6
OE 56S	Ø 2.4 - 3.25 - 4	AWS A5.1: E 7016.1H4
Carborod WF 23	Ø 2.0	AWS 5.28: ER90C-G
Cromocord E223	Ø 3.25	AWS A5.5 E8015 G
Carborod KV3	Ø 2.4	AWS A5.28 ER 90S B3
OE KV3 HR	Ø 3.25 - 4	AWS A5.5 E9018 B3

Giunto	Materiale base 1	Materiale base 2	Consumabili
1	ASTM A335 P23	ASTM A335 P22	Carborod KV3 OE KV3 HR
2	ASTM A335 P22	ASTM A335 P91	Carborod KV3 OE KV3 HR
3	ASTM A335 P23	ASTM A335 P91	Carborod WF 23 Cromocord E223
4	ASTM A335 P23	ASTM A106 Gr C	Carborod SG2 OE 56S

Trattamenti termici

La selezione dei parametri di esecuzione dei trattamenti termici ha tenuto conto delle due esigenze contrastanti provenienti dai diversi materiali coinvolti nel giunto: da una parte la necessità di ottenere durezze e resilienza accettabili nella zona termicamente alterata del materiale base a più elevate caratteristiche meccaniche e di non far decadere a livelli eccessivamente bassi i valori di rottura e snervamento della zona fusa e del materiale base di grado inferiore.
Sono state verificate le temperature critiche A_{c1} dei materiali in modo da evitare la formazione di microstrutture che potessero compromettere il loro comportamento.
Nella Tabella V sono riportate le condizioni di trattamento termico (PWHT) applicate.

Condizioni operative

Le modalità di esecuzione dei giunti, in termini di parametri di saldatura, preheat, interpass utilizzati sono state piuttosto simili tra loro e in accordo con quanto riportato nella Tabella VI.
Per tutti gli abbinamenti sono state utilizzate temperature di preheat ed interpass nel campo dei 200-250°C. Bassi apporti termici e basse temperature di interpass sono stati utilizzati per favorire lo sviluppo di microstrutture aciculari, nel caso di materiali d'apporto del tipo 7016 o bainitico-martensitiche nel caso dei materiali d' apporto basso legati. Particolarmente nel caso di giunti in cui il P91 era coinvolto si sono utilizzate basse temperature di interpass per evitare la presenza di austenite residua in ZTA essendo la temperatura di Ms di circa 300°C.
L'austenite residua presente nella microstruttura a fine ciclo di saldatura verrebbe parzialmente trasformata nel raffreddamento successivo alla di-stensione dando come risultato finale una microstruttura costituita da martensite rinvenuta e martensite non rinvenuta, struttura che non favorisce l'ottenimento di una soddisfacente tenacità.
A questo scopo i giunti, prima di essere sottoposti a trattamento termico di distensione, sono stati fatti raffreddare fino alla temperatura ambiente per far completare la trasformazione in martensite.

Verifiche e controlli eseguiti sui giunti

Tutti i giunti sono stati sottoposti alle seguenti verifiche dopo esecuzione del trattamento termico:

- Controllo visivo
- Controllo magnetico
- Controllo radiografico
- Trazione trasversale a temperatura ambiente
- Piega laterale
- Prova di tenacità Charpy V eseguita a 0°C
- Durezze HV10
- Esame macrografico e micrografico

Risultati ottenuti

Di seguito vengono riportati i risultati della verifiche meccaniche eseguite sui giunti (Tabb. VII, VIII, IX e X).
Le trazioni trasversali eseguite confermano l'andamento atteso: le rotture sono avvenute nella zona termicamente alterata del materiale base con caratteristiche meccaniche minori. I valori ottenuti soddisfano i requisiti richiesti dagli standard internazionali di riferimento.
Le durezze sono state valutate considerando come valore massimo accettabile i 350 HV10 e in questo contesto tutti i

TABELLA V - Trattamenti termici di distensione.

Giunto	Materiale base 1	Materiale base 2	Consumabili	PWHT
1	ASTM A335 P23	ASTM A335 P22	Carborod KV3 OE KV3 HR	720°C x 2hr
2	ASTM A335 P22	ASTM A335 P91	Carborod KV3 OE KV3 HR	740°C x 4hr
3	ASTM A335 P23	ASTM A335 P91	Carborod WF 23 Cromocord E223	740°C x 2hr
4	ASTM A335 P23	ASTM A106 Gr C	Carborod SG2 OE 56S	630°C x 3hr

TABELLA VI - Parametri di saldatura utilizzati.

Consumabile	Ø	Ampere	Volt	cm/min	HI (kJ/mm)
Carborod WF23	2.0	70 - 100	10 - 14	60 - 90	0.5 - 1.2
Cromocord E223	3.25	90 - 120	21 - 22	100 - 120	0.9 - 1.6
Cromocord E223	4.0	120 - 150	21 - 23	120 - 140	1.2 - 2.0

valori ottenuti rispettano il limite. Anche il materiale P91 trattato a 740°C per 2h e a 740°C per 4h, rispettivamente quando saldato con P23 o P22, ha fatto riscontrare valori di durezza massima in zona termicamente alterata non superiori ai 270 HV10. Il P23 trattato a 630°Cx3h in abbinamento con l'acciaio A106 Gr C, nella zona termicamente alterata ha mostrato i valori di durezza più elevati arrivando fino ai 318 HV10.

Nella Figura 6 viene riportato, in funzione del valore del paramentro di Larson Miller, l'andamento della durezza dei materiali P23 e P91 in materiale base e in zona termicamente alterata.

La tenacità dei giunti è stata valutata considerando il limite dei 27 J alla temperatura di prova.

I risultati ottenuti con la prova CVN a 0°C hanno evidenziato, in generale, il buon comportamento delle diverse zone dei giunti e dei materiali base. La zona fusa nella quale è stato utilizzato il materiale d' apporto del tipo E223 ha mostrato un'elevata tenacità superando ampiamente il requisito imposto. Anche la zona termicamente alterata del P91 ha dimostrato un buon comportamento pur essendo stata trattata ad una temperatura di circa 20°C inferiore a quella prevista per i giunti omogenei. La tenacità dei giunti ha quindi dimostrato la buona efficienza, in termini di rinvenimento delle microstrutture, dei diversi trattamenti di distensione applicati.

Anche le prove di piega condotte a 180° hanno confermato la complessiva duttilità dei giunti.

Tutti i controlli non distruttivi eseguiti hanno evidenziato giunti sani e privi di difetti.

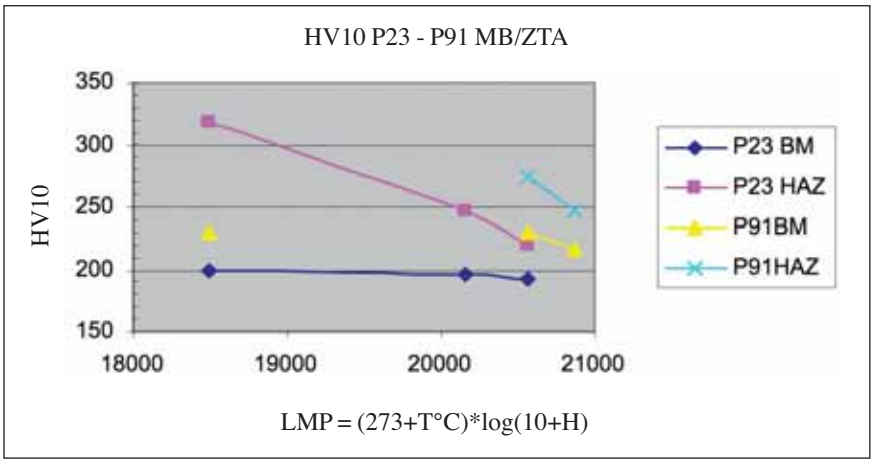


Figura 6 - Relazione tra LMP e HV10 in materiale base e ZTA per P91 - P23.

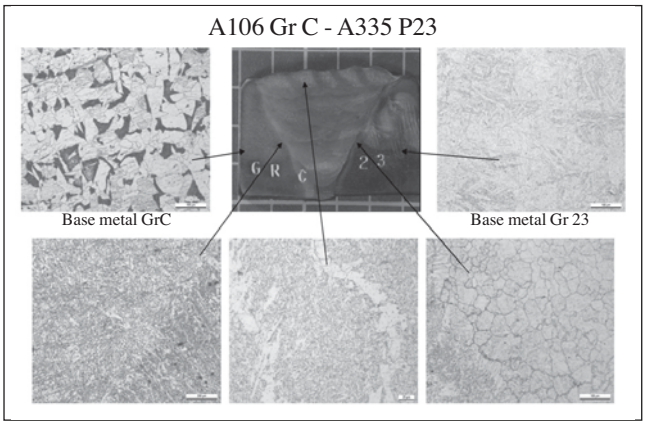


Figura 7

TABELLA VII - Risultati delle prove meccaniche sul giunto P91-P23, materiale d'apporto tipo 23.

A335 P91 A335 P23	740°C x 2h LMP 20565

Pos.	TS MPa	Piega 180°	KV 0°C (J)					HV10				
	575 - 588	OK	192	208	150	125	160	190	236 (max)	224 (max)	273 (max)	230
Rottura	MB P23		MB P23	ZTA P23	ZF (23)	ZTA P91	MB P91	MB P23	ZTA P23	ZF (23)	ZTA P91	MB P91

TABELLA VIII - Risultati delle prove meccaniche sul giunto P22-P91, materiale d'apporto tipo 22.

A335 P91 A335 P22	740°C x 4h LMP 20870

Pos.	TS MPa	Piega 180°	KV 0°C (J)					HV10				
	494 - 495	OK	170	190	137	70	162	178	198 (max)	188 (max)	247 (max)	216
Rottura	MB P22		MB P22	ZTA P22	ZF (22)	ZTA P91	MB P91	MB P22	ZTA P22	ZF (22)	ZTA P91	MB P91

Analisi metallografica: macrografia e micrografia

Le macrografie hanno confermato i risultati delle prove non distruttive e la buona esecuzione dei giunti caratterizzati da buona omogeneità e regolarità delle passate e della zona termicamente alterata.

Le microstrutture rilevate all'analisi micrografica mettono in evidenza la presenza in generale di bainite rinvenuta nei materiali basso legati sia in zona fusa che in zona termicamente alterata (Figg. 7 e 8).

Nel giunto eseguito con P91 e P23 (Fig. 9), si è riscontrata la presenza della tipica area di decarburazione nella zona fusa del P23 adiacente alla linea di fusione con la ZTA del P91. Il ben noto fenomeno della decarburazione è dovuto alla migrazione del carbonio dal mate-

TABELLA IX - Risultati delle prove meccaniche sul giunto P22-P23, materiale d'apporto tipo 22.

A335 P22 A335 P23			720°C x 2h LMP 20159									
Posizione	**TS MPa**	**Piega 180°**	**KV 0°C (J)**					**HV10**				
	507 - 514	OK	190	140	134	120	230	180	205 (max)	212 (max)	246 (max)	196
Rottura	MB P22		MB P22	ZTA P22	ZF (22)	ZTA P23	MB P23	MB P22	ZTA P22	ZF (22)	ZTA P23	MB P23

TABELLA X - Risultati delle prove meccaniche sul giunto P23-A106 Gr C, materiale d'apporto ER 7016.

A335 P23 A106 Gr C			630°C x 3h LMP 18491									
Posizione	**TS MPa**	**Piega 180°**	**KV 0°C (J)**					**HV10**				
	515	OK	100	200	210	65	213	170	186	205	318 (max)	200
Rottura	MB GrC		MB GrC	ZTA GrC	ZF (7016)	ZTA P23	MB P23	MB GrC	ZTA GrC	ZF (7016)	ZTA P23	MB P23

riale a minore contenuto di cromo, in questo caso la zona fusa del tipo 23, verso il materiale a maggiore contenuto di cromo (ZTA del P91).
Questa decarburazione non ha però comportato risultati anomali in termini di valori di resilienza e di trazione trasversale a temperatura ambiente. Certamente sarà interessante verificare il comportamento del giunto allo scorrimento a caldo, in quanto in tale prova potrà essere meglio evidenziato l'eventuale effetto di questo strato sulle proprietà meccaniche.
Là dove questo fenomeno non può essere accettato per condizioni di esercizio particolarmente gravose si ricorre all'utilizzo di materiali di saldatura inossidabili del tipo 309 a ferrite controllata o ancora meglio, dal punto di vista della riduzione delle tensioni termiche, a materiali ad alta lega di nichel.
Il procedimento prevede l'imburratura dei lembi del cianfrino, trattamento termico di distensione alla temperatura appropriata e completamento del giunto con stesso materiale d'apporto senza ulteriore distensione.

Conclusioni

Lo sviluppo e la realizzazione industriale dei materiali base e d'apporto per gli acciai resistenti allo scorrimento a caldo dedicati alla produzione di energia come T/P91, T/P92, T/P23, ha permesso di sviluppare il programma di caratterizzazione dei giunti dissimili del quale, in parte, si è trattato in questo lavoro.

Bibliografia

[1] Di Gianfrancesco A., Cumino G., Roffin A.: «ECSC Final Report EUR 15589 IT», 1996.

[2] Sikka V.K., Ward C.T., Thomas K.C.: «Ferritic steel for high-temperature applications», ASM Int. Conf. on production, fabrication, properties and applications of ferritic steels for high-temperature applications, 6-8 October 1981, USA, Ed. Ashok K. Khake, ASM 1983.

[3] Naoi H., Mimura H., Oghami M., Morimoto H., Tanaka T., Yazaki Y., Fujita T.: «Proc. new steels for advanced plant up to 620°C», Ed. E. Metcalfe, London, May 1995, EPRI, USA, 1995, p. 8.

[4] Sawarahi Y., Ogawa K., Masuyama F., Yokoyama T.: «Proc. new steels for advanced plant up to 620°C», Ed. E. Metcalfe, London, May 1995, EPRI, USA, 1995, p. 45.

segue

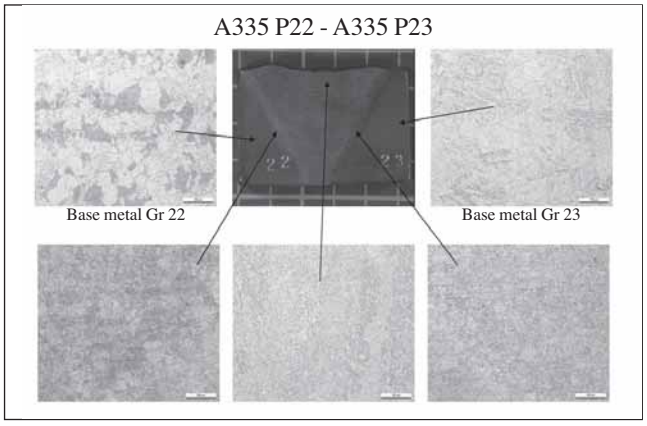


Figura 8

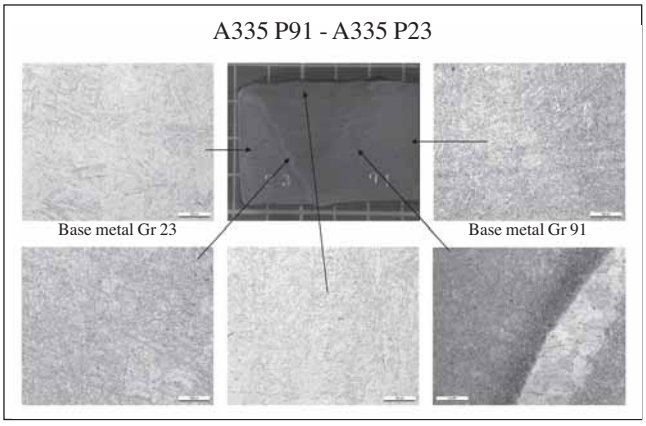


Figura 9

I trattamenti termici di distensione selezionati sono stati individuati in modo da poter trovare un equilibrato compromesso tra le diverse esigenze meccaniche dei materiali coinvolti nei giunti dissimili.
Le prove di trazione hanno sempre evidenziato la zona di rottura nella zona termicamente alterata del materiale base di minor grado.
Il trattamento eseguito a 740°Cx2h ha permesso di ottenere risultati soddisfacenti sia in zona fusa saldata con materiale d'apporto per l'acciaio tipo 23 e buone durezze e resilienze nella zona termicamente alterata del P91.
Il grado T/P23 trattato a più bassa temperatura 630°Cx3h pur raggiungendo valori di durezza in ZTA di 318 HV10 ha comunque assicurato un livello di tenacità (65 J) del tutto accettabile alla temperatura di prova di 0°C.
I bassi apporti termici e le temperature di interpass selezionate hanno favorito la formazione di microstrutture atte all'ottenimento di tutte le proprietà meccaniche.
I materiali base ed i materiali d' apporto hanno dimostrato di soddisfare completamente i requisiti tecnici per il loro utilizzo nella fabbricazione dei nuovi impianti supercritici e ultra supercritici.
La caratterizzazione dei giunti dissimili verrà completata con l'esecuzione di prove di scorrimento a caldo che andranno ad integrare i dati relativi a quelli eseguiti per i giunti omogenei [8,9,10] dando così un quadro completo dell'affidabilità di queste fabbricazioni. È prevista infine anche la caratterizzazione di giunti simili e dissimili basati sul grado 92, materiale sempre più utilizzato per la realizzazione dei più moderni impianti ultra supercritici.

[5] Vanstone R.W.: «Alloy design and microstructural control for improved 9-12%Cr power plant steels», Annex A, COST 522 Steam Power Plant, Final Report, 1998-2003.

[6] Poli A., Spigarelli S.: «Analysis of effect of chemical composition on hot forming operations of P91 steel», Proceding of super high strenght steels Conf, 2-4 November 2005, Rome, Italy.

[7] Anelli E., Cumino G., Gonzalez G.C.: «Proceedings from Materials Solutions '97», Indianapolis 15-18 Sept. 1997, p. 67.

[8] Bertoni A., Baunè E., Bonnet C., Leduey B.: «Development of consumables dedicated to the welding of new 2¼Cr materials T/P23, T/P24», AFIAP European Symposium on pressure equipment», Paris, September 2004.

[9] Cumino G., Poli A., Caminada S., Bertoni A., Baunè E., Galand E., Leduey B., Cirilli F., Di Gianfrancesco A.: «Grade 23 and 24 tubes, pipes and welded joints production: materials, consumables and process developments», EPRI Welding and Repair Conference, Florida, USA, June 2006.

[10] Bonnet C., Leduey B., Bertoni A.: «L'acciaio grado 92: sviluppo dei materiali di consumo e procedure di saldatura», Giornate Nazionali di Saldatura 3, Genova, 27-28 Ottobre 2005.

Giuseppe CUMINO, Chemical Engineer gratuated in Politecnico Torino on 1972. Actually Global Product Leader in Tenaris for power generation and petrochemical applications products.

Stefano CAMINADA, laureato in Ingegneria Meccanica presso il Politecnico di Milano nel 2003, lavora nel dipartimento di R&D di Tenaris Dalmine occupandosi in particolare dei materiali per alte temperature (Power & Process). Partecipa ai progetti europei di ricerca COST 536 e Aloas ed è autore di 19 pubblicazioni tecniche sulla resistenza a creep, l'evoluzione microstrutturale e la saldabilità degli acciai ferritico-martensitici per impieghi ad alta temperatura.

Gianluca RUTILI, laureato in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Genova. Funzionario dell'Istituto Italiano della Saldatura dal 2001, attualmente è in forza all'Area Ricerca Processi Speciali Saldatura. Si occupa di ispezione, assistenza e sviluppo dei processi di saldatura manuali ed automatizzati e svolge attività di ricerca sulla saldatura di materiali avanzati e sui procedimenti di saldatura innovativi con particolare indirizzo sui sistemi a filo continuo, ad arco sommerso, laser, saldatura/taglio plasma e friction stir welding.

Aldo BERTONI, laureato in Ingegneria Mineraria presso l'Università "La Sapienza" di Roma. European Welding Engineer. Metallurgista della saldatura e dei materiali base. È stato Responsabile del settore Sviluppo e Industrializzazione per la fabbricazione di elettrodi rivestiti. Attualmente Responsabile Air Liquide Welding del progetto materiali basso legati resistenti allo scorrimento a caldo - gamma AL CROMO. Responsabile Marketing Air Liquide Welding Italia per i prodotti di consumo processo arco sommerso. Autore di circa 15 articoli tecnici relativi alla metallurgia della saldatura e prodotti di consumo.

Corinne CHOVET, Engineer Degree obtained at Ecole Centrale de Lyon. PhD in Materials Science obtained at Ecole des Mines de St Etienne. Since 2000, works in AIR LIQUIDE -CTAS. Actually AL group expert in metallurgy and in charge of metallurgy group in CTAS.

***Nome**: Falco Peregrinus*
***Max velocità in picchiata:** 340 km/h*
***Campo visivo:** 300 gradi*

SPECIE DOMINANTI

LA PIU' VELOCE
La sua rapidità di oscuramento elimina i rischi di irraggiamento e di affaticamento dell'occhio.

IL CAMPO VISIVO PIU' AMPIO
Il campo visivo Mega permette una visione ottimale delle lavorazioni e facilita i movimenti.

VISORE "3 in 1"
Ideale per qualsiasi lavorazione grazie all'integrazione nell'LCD del sistema 3 in 1: funzione saldatura, funzione molatura (din 3 fisso) e funzione plasma (din 5 fisso).

***Nome**: Maschera auto oscurante BOSS*
***Velocità di oscuramento:** 0,04 ms*
***Campo visivo:** 98x88 mm*

LANSEC ITALIA Srl - Tel. 02 99785118 - www.lansec.it

Pubblicazioni IIS - Novità 2008

Metallurgia generale e della saldatura

A seguito dell'armonizzazione a livello internazionale dei percorsi di qualificazione degli "Ingegneri e dei Tecnologi di Saldatura", meglio identificati, con la terminologia ufficiale, come International Welding Engineer e International Welding Technologist, l'IIS, organismo nazionale autorizzato (sia dall'European Welding Federation che dall'International Institute of Welding) all'implementazione dei corsi per il conseguimento dei suddetti Diplomi di Qualificazione, ha ritenuto opportuno raccogliere gli argomenti delle lezioni dei corsi in una nuova collana di dispense intitolata "Saldatura: aspetti metallurgici e moderne tecnologie di fabbricazione". I diversi volumi affrontano il complesso tema della saldatura in tutti i suoi aspetti, dalla metallurgia generale e saldabilità delle leghe ferrose e non ferrose ai più recenti ed avanzati processi di giunzione, dando ampi approfondimenti sulle più innovative tendenze tecnologiche e sul comportamento metallurgico di materiali di ultima generazione.
Essi rappresentano, quindi, il mezzo didattico più idoneo per la preparazione multidisciplinare del personale addetto al coordinamento delle attività, spesso complesse, di fabbricazione mediante saldatura, ma sono anche un valido strumento per la diffusione della conoscenza tecnico-scientifica nell'ambito di Università, Organizzazioni di ricerca e di tutte le realtà industriali ove si vogliano approfondire tali problematiche.
Questo primo volume, dedicato alla metallurgia generale e della saldatura, è stato elaborato dagli ingegneri della Divisione Formazione dell'IIS.

Indice

1. **ELEMENTI DI METALLURGIA**
   - Struttura dei metalli
   - Metalli monomorfi e polimorfi
   - Solidificazione dei metalli
   - Imperfezioni e difetti
   - Leghe: soluzioni solide - composti intermetallici e interstiziali
   - Fenomeni di diffusione
   - I diagrammi di stato
   - Influenza degli elementi aggiunti al sistema ferro-carbonio
2. **TRASFORMAZIONI ALLO STATO SOLIDO E TRATTAMENTI TERMICI**
   - Effetto della velocità di raffreddamento
   - Trasformazioni strutturali isoterme ed anisoterme
   - Principali trattamenti termici
3. **CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE LEGHE METALLICHE E DEI GIUNTI SALDATI**
   - Proprietà chimico - fisiche
   - Proprietà meccaniche
4. **METALLURGIA DELLA SALDATURA E DEI GIUNTI SALDATI**
   - Zona fusa
   - Zona termicamente alterata (ZTA)
   - Effetti dell'idrogeno
   - Strappi lamellari
5. **IMPERFEZIONI DI SALDATURA**
   - Classificazione delle imperfezioni in saldatura
   - Pericolosità delle imperfezioni e criteri di accettabilità

2008, 112 pagine, Codice: 101094, Prezzo: € 50,00

Soci IIS - Membri IIS Club, Prezzo: € 40,00

ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA

Divisione PRN
Maura Rodella

Lungobisagno Istria, 15
16141 GENOVA

Tel. 010 8341385
Fax 010 8367780

Email: maura.rodella@iis.it
www.weldinglibrary.com
www.iis.it

CENTRICUT®

Innovation. Integrity. Hypertherm

Cinque buone ragioni per usare la tecnologia Centricut SilverLine® per il vostro sistema Kjellberg

- Durata e prestazioni equivalenti a costi inferiori
- Disponibilità dei ricambi assicurata
- Assistenza telefonica per l'individuazione dei guasti tecnici – GRATUITA
- Formazione ed ottimizzazione del sistema sul campo
- Tecnologia avanzata dei consumabili per il vostro attuale sistema Kjellberg

www.centricut.com

Per richiedere una brochure gratuita, contattateci al HTEurope.info@hypertherm.com

Hypertherm®

www.hypertherm.com/eu

Core business: accessori saldatura
e prodotti di protezione
Caratteri: dal 1960, made in Italy, alto
livello di qualità, performance ed esperienza

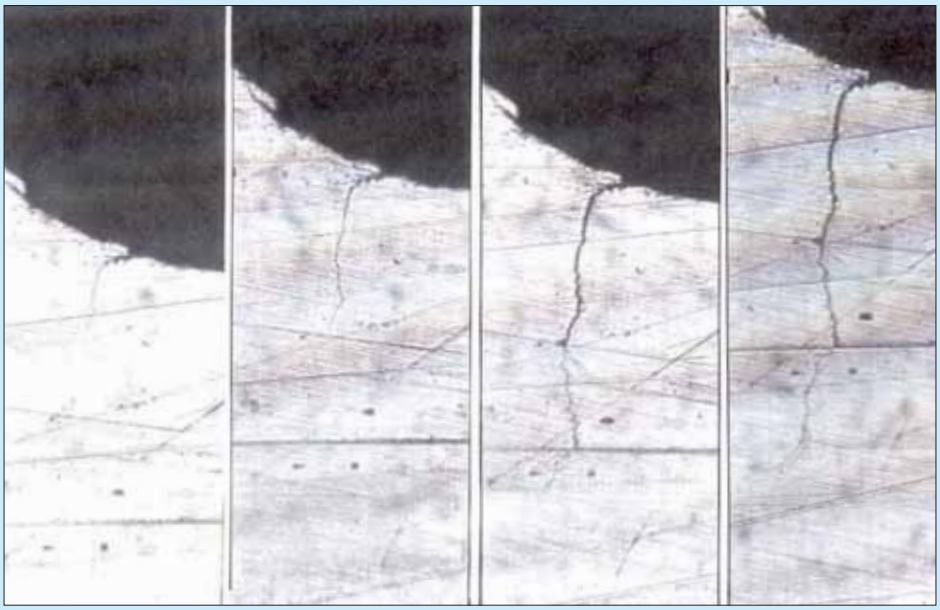
Products: *welding accessory and safety protection products*
Details: *since 1960, made in Italy, highest level of quality, performance and reliability*

SACIT®
WELDING & SAFETY
ACCESSORIES MANUFACTURER

Sacit srl
36020 Castegnero - Vicenza - Italy
tel. +39 0444 739800 - fax +39 0444 739899

Resistenza a fatica di strutture saldate in leghe di alluminio (°)

B. Atzori *
B. Rossi *



Sommario / *Summary*

Con riferimento alla vasta attività di studio sviluppatasi negli ultimi 30 anni nel campo delle strutture in lega leggera, il presente lavoro si propone di sintetizzare lo stato dell'arte sia dal punto di vista degli studi teorici esistenti che da quello delle normative di progettazione, italiane ed europee, susseguitesi nel corso degli anni. In primo luogo vengono riassunte le principali tappe che hanno contraddistinto lo sviluppo dell'attività di ricerca sul comportamento a fatica delle giunzioni saldate dagli anni '70 ad oggi, evidenziando in particolare i più recenti risultati ottenuti sulla base di approcci di tipo locale.
In seguito vengono analizzate e confrontate tra loro tre normative ad oggi utilizzate per la progettazione di strutture in lega leggera soggette a carichi variabili nel tempo, mettendo in luce le notevoli differenze presenti ed evidenziando come spesso, nelle recenti normative europee, i risultati teorici, anche se accuratamente dimostrati e di facile utilizzo, fatichino ad essere riconosciuti e a trovare spazio.

On the basis of a wide research program developed in the last 30 years about aluminium alloy structures, the aim of this work is to present the state of art on both the theoretical studies and the existing standard procedures for the design of aluminium structures. First of all the principal theoretical results on the fatigue behaviour of welded joints are discussed, especially as regards the most recent studies based on local approaches. Then three standard procedures for the design of aluminium structures under variable loads are analysed and compared. In such a way, a lot of differences, not only in the structure but also in the fatigue resistance data, are found and the lack of application of reliable theoretical results is pointed out.

Keywords:
Aluminiun alloys; computation; cruciform joints; design; Europe; fatigue loading; fatigue strength; light metals; local effects; notch effect; standards; stress analysis; welded joints.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 4 - Workshop: "Strutture saldate di carpenteria in acciaio austeno-ferritico e in leghe di alluminio" - Genova, 25-26 Ottobre 2007.*

* *Dipartimento di Ingegneria Meccanica - Università di Padova.*

Introduzione

Nelle strutture saldate di qualunque tipo il punto più critico per quanto riguarda la resistenza a fatica si trova in genere in prossimità di qualcuna delle giunzioni saldate su di esse presenti.
Questo avviene perché la giunzione saldata introduce un effetto locale molto elevato, anche se di limitata estensione, di concentrazione delle tensioni (causato dal piede del cordone di saldatura o dalla sua radice) in zone in cui è già presente una forte concentrazione delle tensioni di tipo strutturale (dovuta quindi alla geometria complessiva della struttura e, in particolare, alla disposizione delle lamiere da collegare mediante saldatura). In prossimità delle giunzioni saldate sono inoltre presenti tensioni residue molto elevate (di tipo sia locale che strutturale), nonché zone termicamente alterate in cui le caratteristiche del materiale sono ben diverse da quelle del materiale utilizzato per la struttura.
Tralasciando poi l'ipotesi di saldature malfatte (o addirittura non fatte, come alle volte capita di riscontrare nella realtà applicativa), in quanto legata non a problematiche di progettazione, bensì di controllo e certificazione della qualità, è ben nota la variabilità delle caratteristiche geometriche dei cordoni di saldatura, non solo al variare dell'operatore, ma anche in condizioni di omogeneità di tutti i parametri.
Ne consegue la difficoltà di definire una "geometria tipo" del cordone di saldatura, che consenta di analizzare il problema su basi analitiche, e lo scetticismo con cui gli ingegneri "veri" guardano alle analisi ed alle ipotesi dei ricercatori.
La conseguenza di questa complessità è stata, in passato, la convinzione che solo la pratica potesse consentire di realizzare una struttura saldata capace di resistere a fatica (le prime normative di progettazione a fatica delle strutture in lega leggera sono apparse solo negli anni '80). Oggi, poi, pur essendo stati fatti progressi notevolissimi sulla comprensione e sulla analisi del comportamento a fatica delle giunzioni saldate, non solo le modalità di approccio, ma anche le conseguenze più ovvie e dimostrate delle analisi teoriche, faticano ad essere riconosciute e a trovare spazio nelle normative di progettazione.
Mentre questo fatto può non rappresentare un problema nel caso delle strutture in acciaio, vista la amplissima esperienza maturata nel campo, gli scriventi ritengono che, al contrario, possa rappresentare un reale ostacolo nel caso delle strutture in lega leggera, specie in relazione alla possibilità di utilizzare al meglio le caratteristiche che differenziano questi materiali dagli acciai.

Basi teoriche

A conoscenza degli scriventi, il primo studioso che intuì la possibilità di interpretare razionalmente ed in modo unitario le caratteristiche di resistenza delle strutture saldate fu E. Haibach che nel 1968, con riferimento alle strutture in acciaio, mostrò come la rilevazione dello stato locale di deformazione in prossimità del piede del cordone di saldatura consentisse di uniformare il comportamento a fatica di collegamenti saldati di geometria anche molto differente [1].
Su basi completamente fenomenologiche, egli definì pertanto una banda di dispersione unificata per le giunzioni saldate in acciaio, riportata nella Figura 1, che ancora oggi può essere presa come punto di riferimento sia per le applicazioni pratiche che per le analisi teoriche.
L'estensione di questo approccio alle strutture in lega leggera, sempre su basi fenomenologiche, fu effettuata da B. Atzori sotto la guida di E. Haibach [2, 3] nel 1974. Anche in questo caso si pervenne alla definizione di una banda di dispersione unificata, valida per le giunzioni in lega leggera, riportata nella Figura 2. Come per gli acciai, questa banda di dispersione è capace di interpretare i risultati di prove di fatica su giunti di geometrie e dimensioni assolute diverse, purché la cricca si inneschi al piede del cordone di saldatura. Nel caso che i risultati siano riportati in funzione della tensione nominale, la banda di dispersione trasla semplicemente in senso verticale, parallelamente a sé stessa, per adattarsi alle diverse condizioni di tensione strutturale relative alle diverse geometrie o alle diverse dimensioni assolute. La stessa banda di dispersione è stata utilizzata, senza peraltro citare la fonte, in una rianalisi di dati sperimentali del 1986 [8], come uno dei tre metodi utilizzati per l' interpretazione delle singole serie di prove sperimentali.
Malgrado l'ampiezza dell'indagine, i risultati riportati nel voluminoso report

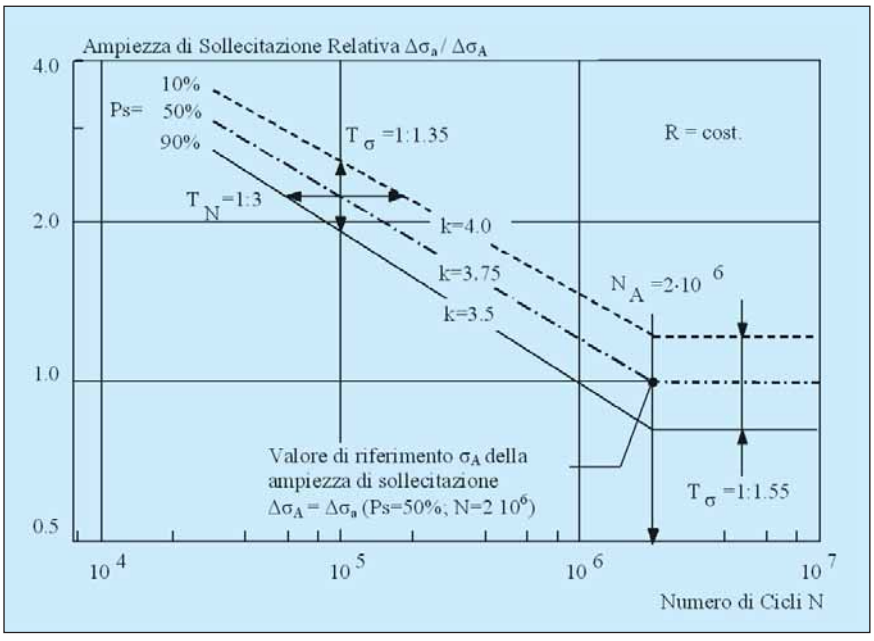


Figura 1 - Banda di dispersione relativa alle giunzioni saldate in acciaio [1].

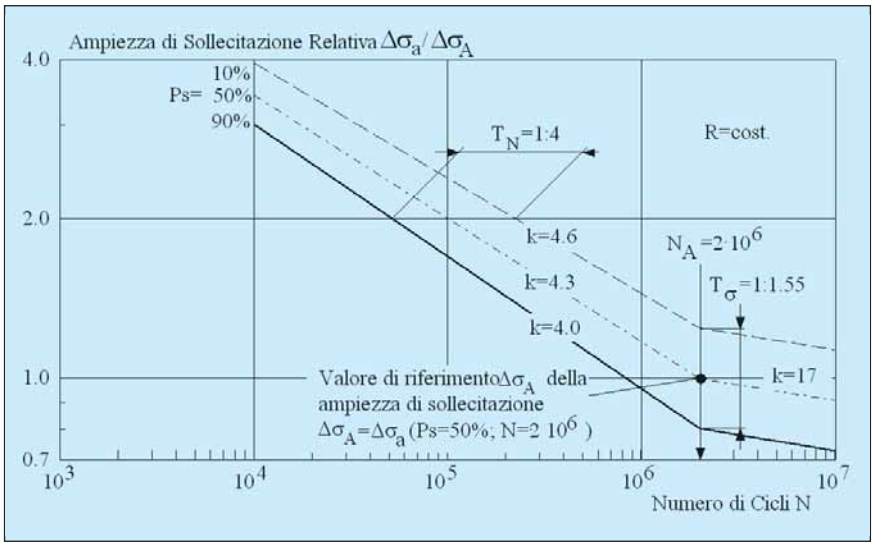


Figura 2 - Banda di dispersione relativa alle giunzioni saldate in lega leggera [2].

appaiono di poca utilità, in quanto le analisi statistiche sono state effettuate (con un'unica pendenza nel diagramma di Wöhler doppio logaritmico) sulle intere popolazioni dei dati delle singole serie, e non solo su quelli pertinenti al tratto intermedio di pendenza costante.

Le prime analisi da noi effettuate, limitate a leghe Al Mg, furono estese, presso l'Università di Bari, a leghe Al Zn Mg e Al Mg Si, dimostrando l'invarianza della banda di dispersione individuata al variare del tipo di lega leggera, e costituirono poi la base per la stesura della parte relativa alla fatica [5] della UNI 8634-85 [6], in assoluto una delle prime normative sulle strutture in lega leggera a contenere dati per la progettazione a fatica.

Per giustificare da un punto di vista teorico i risultati riscontrati nella realtà sperimentale, sia rianalizzando numerosissimi risultati sperimentali di prove di fatica su giunzioni saldate reali, sia effettuando misurazioni molto accurate, mediante estensimetri, delle deformazioni unitarie ε in prossimità del piede del cordone di saldatura, era a questo punto necessario poter effettuare dei calcoli, e pertanto definire una geometria standard del cordone di saldatura [4, 9]. Poiché questo risultava più facile per i cordoni d'angolo che non per giunti di testa, la maggior parte delle analisi sviluppate negli anni seguenti si riferisce appunto a giunzioni con cordoni d'angolo. Sulla base dell'evidenza sperimentale fu assunto un raggio di raccordo nullo al piede del cordone di saldatura. Inoltre, pur nella consapevolezza del variare delle dimensioni e dell'inclinazione del cordone di saldatura, si assunse uno spessore ed una inclinazione di 45° costanti. A sostegno di queste ultime assunzioni stavano i numerosissimi risultati raccolti in letteratura e rianalizzati negli anni precedenti, nei quali la pur presente variabilità di tutti i parametri portava ad una variabilità del comportamento a fatica compreso nella ampiezza della banda di dispersione unificata.

La scelta di considerare il piede del cordone di saldatura come un intaglio acuto, con raggio di raccordo nullo, portò a legare le problematiche delle giunzioni saldate a quelle degli intagli acuti in generale, rendendo applicabili concetti analoghi a quelli della meccanica della frattura, in maniera del tutto innovativa [7].

Numerose indagini, sviluppate su queste basi (si vedano ad esempio le referenze [10÷15]), consentirono di generalizzare e di trovare fondamento teorico a quanto era in parte già emerso dalle rianalisi dei risultati sperimentali, ed in particolare di confermare le seguenti conclusioni [20]:

1) è possibile definire una banda di dispersione unificata, illustrata nella Figura 2, capace di individuare dispersione e pendenza (in scala doppio logaritmica) del comportamento a fatica dei giunti saldati in lega leggera;
2) la diversa tipologia del giunto causa una semplice traslazione verticale della banda di dispersione unificata se le tensioni considerate sono quelle nominali calcolate sulla lamiera principale;
3) a parità di tipologia del giunto e di geometria, un diverso comportamento a fatica (evidenziato ancora da una traslazione verticale della banda di dispersione unificata) può essere causato dalle diverse dimensioni assolute (effetto scala), e può essere valutato con una espressione del tipo:

$$\frac{\Delta\sigma_{A1}}{\Delta\sigma_{A2}} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^{0.326} \qquad (1)$$

4) a parità di tipologia del giunto un diverso comportamento a fatica (evidenziato ancora da una traslazione verticale della banda di dispersione unificata) può essere causato da una variazione dei parametri geometrici e può essere previsto con il calcolo. Le variazioni di tipo tecnologico (spessore ed inclinazione del cordone di saldatura) sono in genere già incluse nella ampiezza della banda di dispersione unificata;
5) a parità di geometria, una variazione dei parametri di saldatura o del tipo di lega leggera costituente il giunto non causa variazioni della resistenza a fatica;
6) a causa dell'elevato stato di tensioni residue presenti nella zona di innesco cricca, la resistenza a fatica delle strutture saldate reali può considerarsi indipendente dal rapporto di sollecitazione $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ applicato. Un certo effetto di R è invece presente nel caso di prove eseguite su giunti saldati semplici.

In particolare, si ritiene utile riportare nella Figura 3 l'esito dell'analisi teorica di risultati di prove di fatica (con rotture a partire dal piede del cordone di saldatura) su giunti saldati a croce, interpretati come intagli acuti con angolo di apertura pari a 135° [25]. In ordinata pertanto sono riportati, invece dei campi di tensione $\Delta\sigma$, i campi ΔK_I^N del fattore di intensificazione delle tensioni di intaglio di modo *I* (apertura).

I risultati dell'analisi teorica confermano la validità dell'ipotesi di una banda di dispersione unificata per le leghe leggere e di una, differente, per gli acciai, con valori di pendenza e di dispersione molto prossimi a quelli determinati in

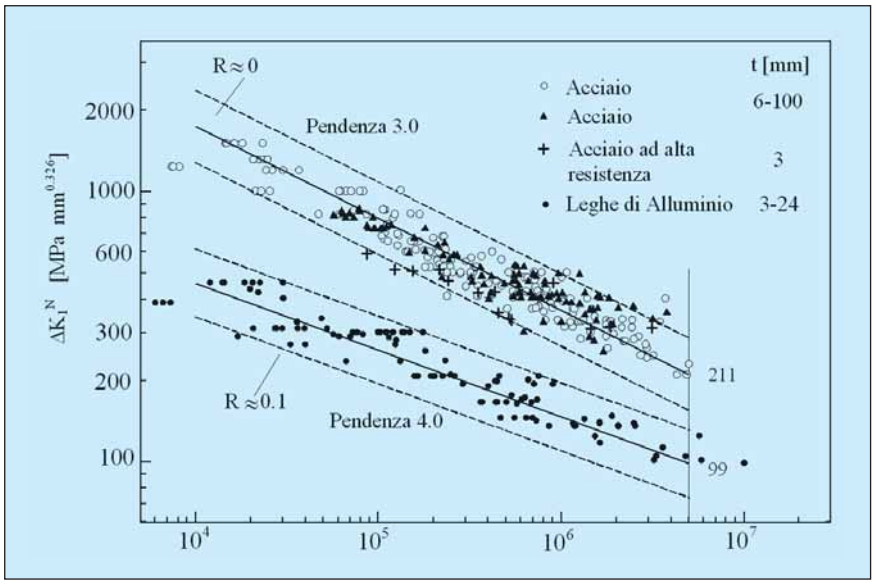


Figura 3 - Resistenza a fatica di giunti a croce in acciaio e lega leggera in funzione del fattore di intensificazione delle tensioni di intaglio di modo I ΔK_I^N [25].

passato e riportati nelle Figure 1 e 2. Detti risultati mostrano inoltre che, se i punti sperimentali sono riportati non in funzione delle tensioni nominali, bensì delle tensioni locali immediatamente prossime alla zona di innesco cricca, le curve si compattano, eliminando la traslazione verticale dovuta alle differenti concentrazioni di tensione strutturale. Consentono infine di avere un confronto visivo immediato delle differenze di comportamento per giunzioni saldate in acciaio ed in lega leggera, con rapporti delle resistenze a fatica che si riducono da circa 3.3 nella zona della fatica oligociclica, a circa 2.1 nella zona ad elevato numero di cicli *($N=5\cdot10^6$)*.

Negli ultimi venti anni le ricerche e gli studi sulla valutazione della resistenza a fatica dei giunti saldati, sulla base dell'analisi del campo di tensione locale, si sono moltiplicati e la loro analisi esula dagli scopi di questa presentazione. Una sintesi molto ampia e completa può essere trovata sul libro di D. Raday del 2006 [21] completamente dedicato all'argomento. In questa sede si vuole solo evidenziare come, ancora oggi, il termine di "approccio locale" generi confusione, essendo spesso usato per definire due concetti completamente diversi. Quello a cui si riferisce la Figura 3 analizza l'effettivo campo di tensione locale, imputabile sia all'intaglio acuto al piede del cordone di saldatura, sia all'intaglio strutturale dovuto alla geometria complessiva della giunzione. Quello più utilizzato nella pratica, e presente in diverse normative, spesso chiamato di "hot-spot", analizza invece solo il campo di tensione strutturale dovuto alla geometria complessiva della giunzione, escludendo gli effetti dell'intaglio acuto al piede del cordone di saldatura. La prima differenza tra i due approcci è di tipo pratico: solo il primo tiene conto anche delle dimensioni assolute, mentre il secondo non ne tiene assolutamente conto. La seconda differenza è invece di tipo scientifico: mentre il primo approccio ha in ogni caso solide basi scientifiche, il secondo approccio dovrebbe essere accuratamente validato caso per caso, dal momento che i due campi di sollecitazione, locale e strutturale, in genere sono sovrapposti, e quindi non separabili, rendendo molto complessa non solo la valutazione ma anche la definizione stessa di tensione di "hot -spot".

Normative di progettazione

Le normative di progettazione delle strutture in lega leggera sono apparse molto più tardi di quelle per le strutture in acciaio. Come già accennato in precedenza, la norma italiana UNI 8634, emanata nel 1985 e tuttora in vigore, è stata una delle prime in assoluto a contenere dati relativi alla resistenza a fatica di particolari strutturali di diverso tipo. In ambito europeo invece solo alla fine degli anni '80 è iniziata la stesura di una normativa in ambito CEN su tematiche analoghe. Presidente della Commissione CEN incaricata della preparazione della norma era il Prof. Federico Mazzolani; rappresentante italiano nel gruppo incaricato di sviluppare la parte relativa alla progettazione a fatica era il Prof. Bruno Atzori. I lavori hanno portato nel 2002 alla emissione di una norma sperimentale (ENV 1999-Eurocode 9: Design of aluminium alloy structures) [19], la cui parte 2 (Structures susceptible to fatigue) era dedicata alla progettazione a fatica. Tale norma è stata sottoposta ad inchiesta pubblica e successivamente riportata in Commissione CEN per la preparazione della versione finale. A Marzo 2007 si è finalmente arrivati alla definizione della Norma Europea (EN 1999-Eurocode 9: Design of aluminium structures) [22], che dovrebbe essere emanata a breve e successivamente recepita dall'Italia in sostituzione della UNI 8634. Poiché tra la norma sperimentale e la norma sono intercorsi cambiamenti sostanziali per quanto riguarda la resistenza a fatica dei giunti saldati, la nuova versione risulta difficilmente confrontabile con la vecchia [24], con la possibilità quindi di generare confusione nei progettisti che avessero già incominciato ad utilizzare le indicazioni fornite dalla norma sperimentale (ENV). La difficoltà aumenta ulteriormente nel caso di progettisti abituati all'utilizzo della UNI 8634, in quanto la normativa europea, in entrambe le versioni, ha un formato completamente diverso dalla norma italiana [23], ed in quanto la norma europea fa riferimento, per i valori di resistenza a fatica, a rianalisi di risultati sperimentali ottenuti su strutture reali e non su provini.

La UNI 8634 sintetizza i dati di resistenza a fatica relativi a prove effettuate su provini in un'unica curva (Fig. 4) che riporta in scale relative, ovvero riferite alle coordinate del ginocchio della curva stessa, l'ampiezza di sollecitazione $f_{d,a} = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2$ al variare del numero di cicli n. Tale curva, che nella sua forma generale è valida per tutti i materiali, i tipi di giunti saldati e le condizioni di sollecitazione, va particolarizzata in base al tipo di lega, alla geometria del giunto e al rapporto di

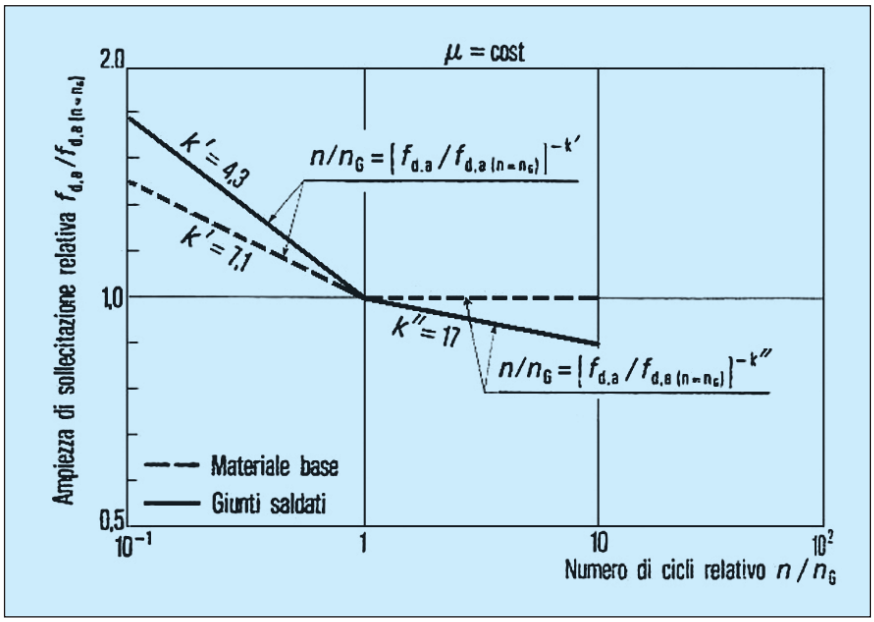


Figura 4 - Curva di resistenza a fatica per giunti saldati in lega d'alluminio secondo UNI 8634.

sollecitazione di ogni caso particolare tramite gli opportuni valori numerici di n_G e di $f_{d,a}$.

A questo scopo la norma fornisce per i vari gruppi di giunti saldati il valore di n_G e il valore della resistenza di progetto $f_{d,-1(}n=n_{G)}$, relativo ad un rapporto di sollecitazione $\mu=\sigma_{min} / \sigma_{max} = -1$ e ad una probabilità di sopravvivenza del 97.72%.

Sulla base di questo valore è possibile calcolare, tramite un tradizionale diagramma di Smith, la resistenza di progetto $f_{d,\mu\,(}n=n_{G)}$ relativa al particolare rapporto di sollecitazione μ considerato e ottenere quindi il valore dell'ampiezza $f_{d,a(}n=n_{G)}$.

Si noti che la posizione del ginocchio della curva di resistenza a fatica della Figura 4 varia a seconda della tipologia di giunto considerata, viceversa le pendenze *k'* e *k''* dei tratti inclinati restano costanti qualsiasi sia il dettaglio strutturale considerato, in accordo con le analisi teoriche precedentemente discusse.

Inoltre non si considera definibile un limite di fatica. Nella norma italiana la resistenza a fatica risulta dipendente dal rapporto di sollecitazione μ, in accordo a quanto evidenziato dai risultati ottenuti sui provini saldati; viceversa non viene indicato come tener conto dell'effetto delle dimensioni assolute per nessun tipo di giunto, né viene indicata la possibilità di utilizzare tecniche di tipo "hot-spot" nel caso di strutture complesse.

Essa non contiene, inoltre, dati sulla resistenza delle giunzioni mediante bulloni, che sono stati da noi determinati successivamente [16, 18] per l'Eurocodice 9.

Per quanto riguarda le normative europee, nella versione ENV sperimentale dell'Eurocodice 9 (2002) i dati di resistenza a fatica, relativi a risultati ottenuti su strutture reali, anziché su provini come nel caso della norma italiana, sono presentati facendo riferimento a delle curve standard, la cui forma generale, ovvero valida per tutte le categorie strutturali e particolarizzabile per ciascun dettaglio tramite gli opportuni valori numerici, è illustrata nella Figura 5.

Tale curva descrive, su scala doppio logaritmica e con riferimento ad una probabilità di sopravvivenza del 97.72%, l'andamento della resistenza a fatica in termini di range di tensione $(\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min})$, in funzione del numero di cicli *N*.

Nel diagramma, valido per un numero di cicli *N* compreso tra 10^5 e 10^8, si possono distinguere tre punti particolari: il punto *C* $(N_C=2x10^6\ cicli/\Delta\sigma_C)$, utilizzato come valore di riferimento per definire la categoria del dettaglio, il punto *D* $(N_D=5x10^6\ cicli/\Delta\sigma_D)$, e il punto *L* $(N_L=10^8\ cicli/\Delta\sigma_L)$.

Per $N<5x10^6$ cicli, la relazione $\Delta\sigma$-*N* è descritta dall'Equazione 2 (come specificato nell'Annex F della norma si tenga presente che nel caso di fatica a basso numero di cicli, ovvero $N<10^5$, tale equazione può risultare, in particolare per alcuni dettagli e rapporti di sollecitazione, eccessivamente conservativa):

$$N_i = \left(\frac{\Delta\sigma_C}{\Delta\sigma_i}\cdot\frac{1}{\gamma_{Ff}\gamma_{Mf}}\right)^{m_1} 2\cdot 10^6 \qquad (2)$$

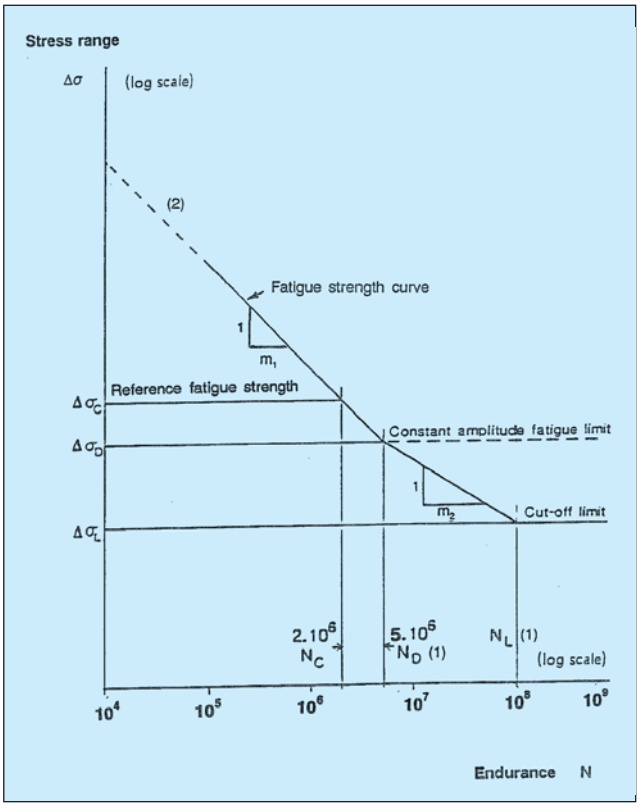


Figura 5 - Forma generale della curva di resistenza a fatica per componenti in lega leggera secondo ENV 1999-2 Eurocodice 9 (2002).

dove:
- N_i è il numero previsto di cicli di resistenza a fatica per un generico range di tensione $\Delta\sigma_i$;
- $\Delta\sigma_C$ è il valore di riferimento per la resistenza a fatica a $2x10^6$ cicli, dipendente dalla categoria del particolare;
- m_1 è la pendenza inversa della curva $\Delta\sigma$-N;
- Y_{Ff} è un coefficiente di sicurezza che tiene conto delle incertezze nello spettro di carico e nell'analisi della risposta;
- Y_{Mf} è un coefficiente di sicurezza che tiene conto delle incertezze nel materiale e nell'esecuzione.

Nella curva $\Delta\sigma$-N della Figura 5, il punto D rappresenta il limite di fatica per storie di carico ad ampiezza costante o ad ampiezza variabile nelle quali non venga mai superato il valore $\Delta\sigma_D$. Viceversa nel caso di storie di carico in cui venga superato $\Delta\sigma_D$, anche se solo per pochi cicli, il limite di fatica a $5x10^6$ cicli sparisce e la curva $\Delta\sigma$-N prosegue oltre il punto D con pendenza inversa $m_2=m_1+2$. Diversamente da quanto previsto dalla norma italiana UNI 8634, l'Eurocodice ammette invece l'esistenza di un limite di fatica; si ritiene infatti che sollecitazioni di ampiezza inferiore a $\Delta\sigma_L$ (cut-off limit) non influenzino la vita a fatica del componente.

Come ulteriori differenze concettuali rispetto alla norma italiana si noti che:
- la pendenza della curva e i valori di $\Delta\sigma_C$, $\Delta\sigma_D$, $\Delta\sigma_L$ dipendono dalla categoria del particolare (e quindi dalla geometria e dal tipo di collegamento) ma non dal rapporto di ciclo $R = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ e neanche dal tipo di lega di alluminio (tranne nel caso di dettagli strutturali per materiale base in lega 7020);
- i valori di N_C, N_D, N_L restano costanti per tutte le categorie di dettagli strutturali.

Si noti come, diversamente da quanto dimostrato dalle analisi teoriche riportate al paragrafo precedente, la pendenza della curva di resistenza a fatica non sia standardizzata per tutti i dettagli strutturali ma vari a seconda della particolare geometria di collegamento considerata. Allo scopo di stabilire un numero finito di categorie di riferimento per la classificazione dei dettagli strutturali è stata definita una serie di valori standardizzati di $\Delta\sigma_C$ (Tab. I), validi qualsiasi sia il valore medio della tensione applicata al componente.

In generale viene indicata la possibilità di rivalutare o penalizzare di una o due categorie (passando cioè al $\Delta\sigma_C$ standardizzato immediatamente superiore o inferiore rispetto a quello caratteristico del dettaglio considerato e mantenendo invece m_1 costante) alcune tipologie di dettagli strutturali. Questo modo di procedere viene applicato, ad esempio, per tener conto dell'effetto scala nel caso di dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali, o per saldature di testa o d'angolo, con innesco cricca al piede del cordone di saldatura, all'aumentare della lunghezza L della parte aggiunta e dello spessore T del dettaglio su cui è saldata.

Per quanto riguarda l'effetto della tensione media, ovvero la possibilità di rivalutare, rispetto ai valori di $\Delta\sigma_C$ standardizzati, la resistenza di alcuni dettagli strutturali nel caso in cui siano sottoposti a cicli con parti in compressione, è necessario distinguere:
- materiale base e giunti bullonati: il range di tensione applicato al componente, a patto di avervi aggiunto gli effetti delle tensioni residue, può essere ridotto sottraendo il 40% della parte di ciclo in compressione;
- giunti saldati: la resistenza a fatica non può essere aumentata rispetto ai valori standardizzati tranne nei casi in cui test sperimentali in grado di rilevare l'effettivo stato di tensione finale sul componente (incluse tensioni residue) dimostrino un aumento della resistenza a fatica al diminuire della tensione media applicata, oppure nei casi in cui il componente sia stato sottoposto a tecniche di miglioramento della resistenza a fatica in grado di produrre uno stato finale di tensione di compressione che non viene annullato dall'applicazione del range di tensione di esercizio;
- giunti incollati: non sono concesse rivalutazioni.

Nel caso di giunti di geometria particolarmente complessa, ove risulti difficile la definizione della tensione nominale o la discontinuità strutturale non sia classificabile in nessuna delle categorie definite, la normativa prevede la possibilità di utilizzare tecniche di tipo "hot-spot" per la valutazione della resistenza a fatica, a patto che l'innesco cricca sia al piede del cordone di saldatura. Per questi casi viene fornita una serie di valori di $\Delta\sigma_C$ standardizzati che dipendono dallo spessore del componente (Tab. II), tuttavia per quanto riguarda la determinazione delle tensioni di "hot - spot", la norma non fornisce indicazioni esplicite (che sono invece presenti nell'Eurocodice definitivo) ma si limita a suggerire studi del modello fisico, analisi agli elementi finiti o formule semi empiriche - parametriche.

Nel passaggio alla stesura definitiva dell'Eurocodice (EN 1999-1-3 Eurocodice 9, 2007) vengono mantenuti inalterati i principi base della versione ENV sperimentale; difatti i dati, ottenuti da strutture reali, vengono sintetizzati in una curva generale di resistenza a fatica assolutamente analoga a quella della normativa del 2002. Ciò che invece differenzia l'attuale Eurocodice dal precedente sono la classificazione e i valori di resistenza a fatica dei dettagli strutturali, nonché i valori standardizzati di $\Delta\sigma_C$ ai quali fare riferimento per la

TABELLA I - Valori standardizzati di $\Delta\sigma_C$ [N/mm^2] secondo ENV 1999-2 (2002).

12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 31, 35, 39, 44, 49, 55, 62, 69, 77, 86, 96, 108, 121, 135

TABELLA II - Valori di $\Delta\sigma_C$ di riferimento nel caso di utilizzo di metodi di tipo hot spot.

Spessore del componente tensionato [mm]	$\Delta\sigma_C$ [N/mm^2]
0<T≤4	44
4<T≤10	39
10<T≤15	35
15<T≤25	31
25<T≤40	28
T>40	25

TABELLA III - Valori standardizzati di $\Delta\sigma_C$ [N/mm^2] secondo EN 1999-1-3 (2007).

12, 14, 16, 18, 20, 23, 25, 28, 32, 36, 40, 45 ,50, 56, 63,71, 80, 90, 100, 112,125, 140

TABELLA IV - Effetto scala per dettagli con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali.

Lunghezza L (mm)	> ≤	0 20	20
Tipo di dettaglio		3.1	3.2
Categoria $\Delta\sigma_C$	t ≤ 4	32	25
m_1= 3.4 per tutti i tipi	4 < t ≤ 10	32	23
	10 < t ≤ 15	32	20

definizione delle categorie. Tali valori, riportati nella Tabella III, sono ricavati da storie di carico con rapporto di ciclo $R \geq 0.5$ e risultano aumentati in percentuale variabile tra lo 0 e il 4.7% rispetto ai valori della norma ENV sperimentale.
Per quanto riguarda l'effetto scala, viene mantenuto il meccanismo di penalizzazione già visto per ENV 1999-2 (ovvero variazione di $\Delta\sigma_C$ a pendenza inalterata) ma viene applicato solo per dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali con innesco cricca a piede cordone, lontano dai bordi (dettagli 3.1-3.2) in cui, all'aumentare della lunghezza L della parte aggiunta e dello spessore t del dettaglio su cui è saldata, $\Delta\sigma_C$ diminuisce secondo le modalità illustrate nella Tabella IV.
Nel caso di innesco cricca sull'angolo (dettagli strutturali 3.3-3.4) rimane valido l'andamento di $\Delta\sigma_C$ in funzione delle dimensioni illustrato nella Tabella IV, tuttavia tutti i valori vanno penalizzati di una categoria.
Per quanto riguarda l'effetto della tensione media, nell'Annex G si specifica che, per storie di carico con rapporto di ciclo $R<0.5$, è possibile sostituire al valore di riferimento per la resistenza a fatica $\Delta\sigma_C$, il valore $\Delta\sigma_{C(R)}$ così definito:

$$\Delta\sigma_{C(R)} = f(R) \cdot \Delta\sigma_C \qquad (3)$$

dove $f(R)$ è un fattore di incremento della resistenza a fatica che dipende dal rapporto di ciclo R e dalla categoria del dettaglio strutturale considerato. Infatti:

- materiale base: $f(R)=1.2-0.4R$;
- giunti saldati e bullonati dove sia possibile determinare la tensione residua σ_{res}: una volta calcolato l'effettivo rapporto di ciclo, $R_{eff} = (2\sigma_{res}-\Delta\sigma)/(2\sigma_{res}+\Delta\sigma)$, il valore di $f(R)$ da utilizzare è: $f(R)=0.9-0.4R$;
- giunti saldati e bullonati dove non sia possibile determinare la tensione residua σ_{res}: $f(R)=1$ (ovvero la resistenza a fatica non può essere aumentata);
- giunti incollati: la resistenza a fatica non può essere aumentata rispetto ai valori standardizzati tranne nel caso in cui test specifici dimostrino il contrario.

Come accennato in precedenza, l'attuale Eurocodice definisce con precisione un approccio di tipo "hot-spot" da utilizzare nei casi di innesco cricca a piede cordone in giunti di geometria complessa dove non sia definibile chiaramente una tensione nominale. Si rimanda all'Annex K della normativa per la descrizione dettagliata del procedimento. Si tenga presente che, come già messo in luce al paragrafo precedente, tale approccio analizza solo il campo di tensione strutturale dovuto alla geometria complessiva della giunzione, escludendo invece gli effetti dell'intaglio acuto al piede del cordone di saldatura, che, da quanto emerso dagli studi teorici, risultano al contrario fondamentali per la previsione di resistenza a fatica. Confrontando le tre norme analizzate tra loro [26], si nota innanzitutto come, passando dalla norma italiana a quelle europee, in particolare all'Eurocodice del 2007, il numero dei dettagli strutturali considerati aumenti, come si evince da quanto riportato nella Tabella V.
Il confronto tra i dettagli strutturali delle diverse norme, reso complicato dalla struttura disomogenea delle tabelle di classificazione, non è sempre effettuabile con certezza a causa delle diverse posizioni del punto di innesco cricca, pur su dettagli apparentemente omologhi dal punto di vista della tipologia di saldatura e delle caratteristiche delle parti collegate (dettagli 7.3.1÷7.4.3 e 9.2-9.3 di EN 1999-1-3), o a causa della diversa influenza imputata all'effetto scala (dettagli 3.1÷3.4, 3.6, 3.7, 7.6, 9.1, 9.4 e 9.5 di EN 1999-1-3).
Dal punto di vista dei valori di resistenza forniti per dettagli omologhi dalle tre norme considerate, si farà riferimento, per quanto riguarda l'UNI 8634, ai valori corrispondenti ad $R=0$, in quanto la maggior parte dei risultati sperimentali utilizzati per la redazione di tale normativa erano riferiti a $0<R<0.1$. Inoltre si utilizzeranno le grandezze, i simboli e la numerazione adottati in EN 1999-1-3 (2007).
Ciò che si nota è che l'attuale Eurocodice fornisce mediamente dei valori di resistenza a fatica maggiori rispetto alla versione ENV sperimentale, con un aumento percentuale del valore di $\Delta\sigma_C$ che può arrivare al 157% (dettaglio 7.6,

TABELLA V - Confronto tra le tipologie di dettagli strutturali considerate nelle tre norme.

Tipologia di dettagli strutturali	EN 1999-1-3 (2007)	ENV 1999-2 (2002)	UNI 8634
Materiale base	Tav. J.1	Tav. 5.1.1	A
Parti aggiunte tramite cordoni trasversali	Tav. J.3	Tav. 5.1.2(a)	D, G
Saldature longitudinali	Tav. J.5	Tav. 5.1.2(b)	C
Giunti saldati di testa	Tav. J.7	Tav. 5.1.3	B, D, F
Saldature d'angolo	Tav. J.9	Tav. 5.1.3	F
Collegamenti con bulloni	Tav. J.15	Tav. 5.1.4	-
Giunti incollati	Tav. E.1	Tav. 5.1.5	-
Travi saldate	Tav. J.11	-	-
Parti aggiunte su travi saldate	Tav. J.13	-	-

per $t>40mm$ e $L>200mm$). Fanno eccezione i prodotti di fusione e i dettagli 1.3 e 9.3, inoltre per particolari combinazioni dimensionali tra la lunghezza L delle parti aggiunte per saldatura e lo spessore t dei dettagli, la resistenza a fatica può risultare maggiore nella norma ENV sperimentale anche nel caso dei dettagli 3.2 (es. $L=25mm$, $t=12mm$), 3.4, 9.4, 9.5.

La norma italiana fornisce invece valori di resistenza inferiori a quelli dei due Eurocodici nel caso del dettaglio per materiale base 1.1 (per valori di N non superiori a 10^7), nel caso dei dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali, limitatamente alle tipologie 3.6, 3.7, 3.8 e nel caso di dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni longitudinali, tipologia 5.1 (per valori di N non superiori a 10^7). Viceversa la UNI 8634 prevale sulle altre normative nei dettagli per materiale base 1.2-1.4, nei dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali (tipologie 3.1÷3.5), in quelli con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni longitudinali, tipologie 5.3-5.5, nei giunti saldati di testa (unicamente per $N>5\cdot10^6$ circa, nel caso dei dettagli 7.2.1 e 7.6) e d'angolo (per $N>10^6$). Si riporta nella Figura 6 il confronto tra le tre norme per i giunti saldati di testa (limitatamente al dettaglio strutturale 7.1.1).

Si evidenzia come la UNI 8634, essendo basata su risultati ottenuti su provini, dovrebbe fornire valori sempre superiori ai corrispondenti degli Eurocodici (basati su dati da strutture reali) sia per effetto scala che per le diverse tensioni residue presenti. Inoltre si noti come, ad esempio nel caso delle saldature d'angolo, l'approccio in tensioni nominali, adottato da tutte e tre le normative, conduca ad una notevole dispersione dei risultati dal punto di vista dei valori di $\Delta\sigma_C$, viceversa, come illustrato nella Figura 3, l'utilizzo di un approccio di tipo locale, basato ad esempio sugli N-SIF (Notch-Stress Intensity Factors ovvero fattori di intensificazione delle tensioni di intaglio), permetterebbe di compattare i risultati. Inoltre si evidenzia come l'Eurocodice, in entrambe le versioni, non arrivi a sintetizzare la pendenza delle curve di resistenza a fatica in un unico valore, così come suggerito dagli studi teorici e già ampiamente dimostrato (nonché recepito in precedenza dalla UNI 8634), rendendo ulteriormente complicato il confronto dei valori di resistenza dei vari dettagli e in definitiva più difficile l'applicazione della norma.

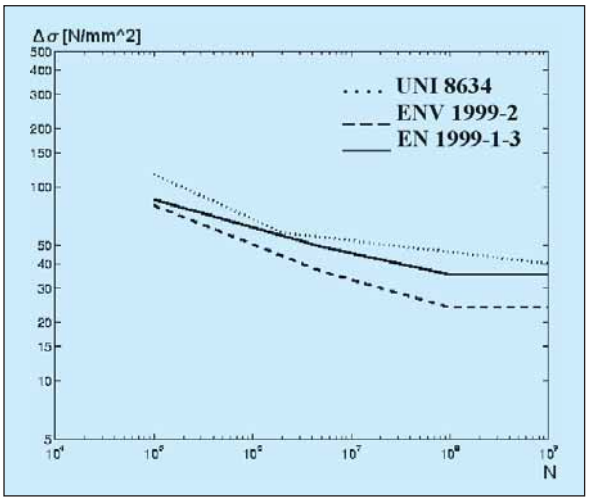


Figura 6 - Confronto delle curve di fatica per giunti saldati di testa (dettaglio 7.1.1).

Per quanto riguarda l'effetto scala, il confronto tra le tre norme è possibile in modo completo nel caso dei dettagli strutturali con parti aggiunte per saldatura tramite cordoni trasversali con innesco cricca al piede del cordone di saldatura (dettagli strutturali 3.1-3.4): il confronto riportato nella Figura 7 (a sinistra) fa riferimento ad uno spessore t di 12 mm e a tre differenti lunghezze delle parti aggiunte per saldatura, ovvero L=10, 30 e 60mm. Come già evidenziato in recenti lavori [27], è bene tener presente come l'attuale Eurocodice sottostimi l'effetto scala. Difatti, considerando le variazioni di resistenza a fatica a causa dell'effetto scala previste per i dettagli 3.2 e 3.4, e riconducendole ad un'espressione analoga alla (1), l'esponente dell'equazione, anziché 0.326 risulta essere, in media, circa 0.17. Tale evidenza risulta ancor più pronunciata, oltre che ovviamente nella UNI 8634 dove l'effetto scala non è considerato, nella versione ENV sperimentale della norma europea, dove la variazione di spessore veniva ulteriormente sottostimata.

Infine, per valutare l'effetto della tensione media occorre rendere omogenei gli approcci presenti nelle tre norme. L'UNI 8634 fornisce direttamente tabulati i valori di resistenza a fatica in termini di σ_{max} per diversi rapporti di ciclo, risulta pertanto sufficiente tradurre tali valori in termini di $\Delta\sigma$. Come precedentemente detto invece, per quanto riguarda la versione ENV sperimentale dell'Eurocodice, l'effetto di una tensione di compressione viene considerato modificando il range di tensione applicato al componente, il che equivale a modificare la curva $\Delta\sigma$-N lasciando inalterato il carico applicato. Per quanto riguarda l'attuale Eurocodice è necessario invece calcolare il fattore $f(R)$. Il confronto è stato fatto per materiale base considerando tre differenti rapporti di ciclo ovvero $R=-1$, $R=-0.6$, $R=0$, ed è riportato nella Figura 7 (a destra) per quanto riguarda il confronto completo delle curve e nella Tabella VI per quanto riguarda i valori numerici.

Conclusioni

Negli ultimi trenta anni le conoscenze sulla resistenza a fatica delle strutture saldate si sono notevolmente sviluppate. Specie in relazione a questa problematica è stato proposto e verificato un ap-

TABELLA VI - Confronto tra i valori di resistenza a fatica (materiale base) al variare del rapporto di sollecitazione R.

	UNI 8634	ENV 1999-2 (2002)	EN 1999-1-3 (2007)
R	$\Delta\sigma_C$ [MPa]	$\Delta\sigma_C$ [MPa]	$\Delta\sigma_C$ [MPa]
-1	166	151	200
-0.6	148	142	180
0	111	121	150

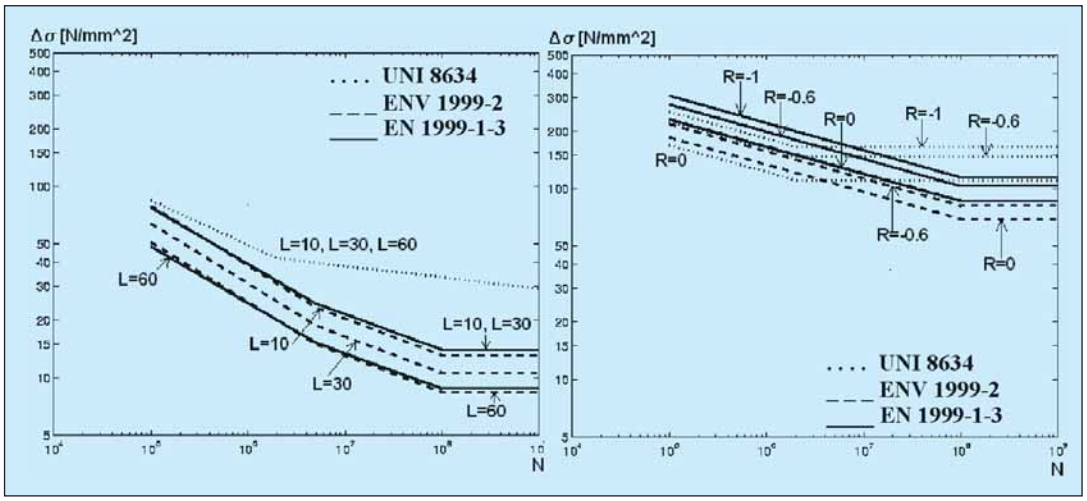


Figura 7 - Confronto delle curve di fatica per quanto riguarda l'effetto scala (a sinistra, per dettagli 3.1 e 3.2) e l'effetto del rapporto di sollecitazione R (a destra, per materiale base).

proccio, chiamato Meccanica dell'Intaglio, analogo a quello della Meccanica della Frattura Lineare Elastica, ma relativo ad intagli acuti con angolo di apertura non nullo (in particolare pari a 135° per i giunti a croce) che si è dimostrato capace di interpretare e giustificare le differenze di numerosissimi risultati sperimentali tratti dalla letteratura.

In questo modo è stato possibile non solo individuare i parametri che influenzano la resistenza a fatica, ma anche dare adeguata spiegazione delle cause, proponendo in alcuni casi formule semplificate per poterne prevedere l'effetto.

Sia i parametri influenti che i loro effetti si sono dimostrati analoghi per i giunti saldati in acciaio e per quelli in lega leggera, con una differenza delle resistenze a fatica che, a parità di geometria e di dimensioni assolute, si traduce in un rapporto di circa 3 (pari quindi a quello dei pesi specifici dei due materiali). In realtà tale rapporto risulta variabile da circa 3.3 per la fatica oligociclica, a circa 2.1 per la fatica ad elevato numero di cicli. Le normative di progettazione per le leghe leggere, più recenti di quelle per gli acciai, sono sempre state sviluppate in modo da non risultare dissimili, come interpretazione, da queste ultime, in maniera da agevolarne l'applicazione da parte di professionisti presumibilmente già esperti nella progettazione di strutture in acciaio. Per questa ragione la UNI 8634 risulta ormai obsoleta, in quanto ripete l'impostazione della vecchia UNI 10011 per le strutture in acciaio, ormai sostituita da circa 30 anni da una versione completamente diversa della stessa norma e, dal 2004, dal recepimento della Normativa Europea (Eurocodice 3).

I formati delle due versioni dell'Eurocodice 9 sulle strutture in lega leggera (la più recente delle quali dovrebbe a breve sostituire la UNI 8634) sono tra loro notevolmente diversi.

Gli scriventi ritengono molto più utile quello della versione più recente, in quanto riprende il formato dell'Eurocodice 3 sulle strutture in acciaio, risultando quindi di utilizzo più agevole per le ragioni sopra esposte.

Anche in questa versione manca invece un riconoscimento dell'effetto scala e mancano chiare indicazioni su come tenerne conto, benché questo punto sia stato ormai chiarito teoricamente e le conclusioni siano state confermate dalla rianalisi di numerosi risultati sperimentali.

Non risulta inoltre in alcun modo giustificato, né utile, aver mantenuto una variabilità delle pendenze delle curve di Wöhler al variare della geometria del giunto, contrariamente a quanto fatto nell'Eurocodice 3 per gli acciai. Anche in questa versione, infine, è suggerito, per i casi più complessi, un approccio di tipo "hot-spot".

Benché le modalità di applicazione dell'approccio indicato nella ultima versione dell'Eurocodice 9 appaiano più giustificate e corrette, da un punto di vista teorico, rispetto a quelle contenute in altre normative, la sua applicazione risulta sempre complessa e possibile fonte di errori.

È auspicabile perciò che questo approccio venga sostituito al più presto, nella pratica applicativa e nelle normative, con metodologie di valutazione numerica o sperimentale dell'effettivo campo di tensione locale basate sui concetti della Meccanica dell'Intaglio. Tale approccio, non richiedendo una artificiosa separazione tra coefficienti di concentrazione delle tensioni locali e strutturali, risulta infatti molto più facile da definire e da applicare anche nel caso di giunzioni saldate complesse.

Bruno ATZORI, titolare della Cattedra di Costruzione di Macchine dell'Università di Padova dal 1984; è stato prima presso l'Università di Bari e presso il Politecnico di Torino. Ha iniziato ad occuparsi di strutture saldate in lega leggera nel 1974 presso l'L.B.F. di Darmstadt, sotto la guida del Prof. E. Haibach.

Barbara ROSSI, laureata in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Padova nel 2006, è iscritta al secondo anno della Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale, indirizzo Progettazione Meccanica e Ingegneria Motociclistica.

Bibliografia

[1] Haibach E.: «Die Schwingfestigkeit von Schweissverbindungen aus der Sicht einer örtlichen Beanspruchungsmessung». LBF Report No. FB-77, Darmstadt, 1968.

[2] Haibach E. e Atzori B.: «A statistical re-analysis of fatigue test results on welded joints in Al Mg 5. Description of the procedure and documentation of the evaluated test series». LBF Report No. FB-116, Darmstadt, 1974.

[3] Haibach E. e Atzori B.: «Ein statistischer verfahren für das erneute Auswerten von Ergebnissen aus Schwingfestigkeitsversuchen und für das Ableiten von Bemessungunterlagen, Angewandt auf Schweissverbindungen aus Al Mg 5». Aluminium, April 1975.

[4] Atzori B. e Haibach E.: «Deformazioni locali al piede dei cordoni di saldatura d'angolo e loro correlazione con la vita a fatica del giunto». 7° Convegno AIAS, Cagliari, 1979.

[5] Atzori B. e Dattoma V.: «Fatigue strength of welded joints in aluminium alloy: a basis for the Italian design rules». Proc. IIW Annual Assembly, IIW Doc. XIII-1088/83, Porto, Portugal, 1983.

[6] UNI 8634-85: «Strutture di leghe di alluminio: Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione». Dicembre 1985.

[7] Atzori B.: «Meccanica della frattura o effetto di intaglio nella progettazione a fatica». Il Progettista Industriale, Dicembre 1985.

[8] Kosteas D., Kiron I. and Sanders W.W.: «Fatigue behaviour of aluminium alloy weldments». Report with data from the Committee on aluminium fatigue data exchange and evaluation (CAFDEE), August 1996.

[9] Atzori B., Blasi G. e Pappalettere C.: «Evaluation of fatigue strength of welded structures by local strain measurement». Exper. Mech., 1985; 25 (2): pp. 129-139.

[10] Lazzarin P. e Tovo R.: «A notch intensity factor approach to the stress analyses of welds». Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1998; 21: pp. 1089-1103.

[11] Atzori B., Lazzarin P. e Tovo R.: «From a local stress approach to fracture mechanics. A comprehensive evaluation of the fatigue strength of welded joints». Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1999; 22 (5): pp. 369-381.

[12] Atzori B., Lazzarin P. e Tovo R.: «Stress field parameters to predict the fatigue behaviour of notched components». J. Strain Anal. Eng., 1999; 34: pp. 437-453.

[13] Lazzarin P. e Livieri P.: «Notch stress intensity factors and fatigue strength of aluminium and steel welded joints». Int. J. Fatigue, 2001; 23: pp. 225-232.

[14] Atzori B. e Meneghetti G.: «Fatigue strength of fillet welded structural steels: finite elements, strain gauges and reality». Int. J. Fatigue, 2001; 23 (8): pp. 713-721.

[15] Atzori B., Meneghetti G. e Susmel L.: «Estimation of the fatigue strength of light alloy welds by an equivalent notch stress analysis». Int. J. Fatigue, 2002; 24: pp. 591-599.

[16] Atzori B., Lazzarin P. e Tovo R.: «Fatigue strength of aluminium symmetric double bolted joints». Proc. Sixth International Conference on Aluminium Weldments - INALCO 95, Cleveland, Ohio, 1995, pp. 243-254.

[17] Atzori B. e Meneghetti G.: «A physical interpretation of the scale effect in fatigue of fillet welded aluminium alloys». 7th Int. Conf. of Joints in Aluminium, INALCO, Cambridge, UK, April 1998.

[18] Atzori B. e Ramirez J.L.: «Experimental investigation and evaluation of aluminium bolted connections». Stahlbau 67, Sonderheft Aluminium, 1998.

[19] UNI ENV 1999-2 Eurocodice 9. Progettazione delle strutture di alluminio. Parte 2: Strutture sottoposte a fatica, 2002.

[20] Atzori B.: «Criteri di progettazione di strutture in leghe d'alluminio». Rivista Italiana della Saldatura, LII, n. 1, pp. 27-30.

[21] Raday D., Sonsino C.M. and Fricke W.: «Fatigue assessment of welded joints by local approaches». Second edition, Woodhead Publ. Lim. , 2006.

[22] EN 1999-1-3 Eurocode 9: Design of aluminium alloy structures, Part 1-3: Structures susceptible to fatigue, 2007.

[23] Atzori B. e Heuler K.: «Confronto tra l'Eurocodice 9 e l'UNI 8634 per quanto riguarda la resistenza a fatica». Internal report CM 07/1, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Padova, Aprile 2007.

[24] Atzori B. e Rossi B.: «La progettazione a fatica delle strutture saldate in lega leggera secondo l'Eurocodice 9: confronto tra prenorma (UNI ENV 1999-2, 2002) e normativa definitiva (EN 1999-1-3, 2007)». Internal report CM 07/2, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Padova, Giugno 2007.

[25] Atzori B., Lazzarin P. e Meneghetti G.: «Fatigue strength assessment of welded joints: from the integration of Paris's law to a synthesis based on the Notch Stress Intensity Factors of the uncracked geometries». Engineering Fracture Mechanics, 2007.

[26] Atzori B., Rossi B. e Heuler K.: «La progettazione a fatica delle strutture saldate in lega leggera secondo l'Eurocodice 9». 36°Convegno AIAS, Napoli, 2007.

[27] Atzori B., Meneghetti G. e Ricotta M.: «Confronto tra la resistenza a fatica delle strutture in acciaio ed in lega leggera negli Eurocodici». 36°Convegno AIAS, Napoli, 2007.

mmbf.it

TECNOLOGIA
AFFIDABILITÀ
ESPERIENZA

Welding consumables >>

Welding machines product range >>

Dischi Abrasivi >>

Fondata nel 1950, **INE** S.p.A. è diventata, nel corso degli anni, **leader sul mercato internazionale** con lo sviluppo di una vasta gamma di consumabili e saldatrici.
L'attività è iniziata con la produzione di elettrodi e fili per saldatura, espandendosi in seguito con la realizzazione di **fili bassolegati**, **fili animati**, **dischi abrasivi da taglio e da sbavo** e **saldatrici**.
Tutti i prodotti sono caratterizzati da un'alta qualità e rispondono agli standard internazionali.

INE

INE SpA - Via Facca, 10 - 35013 Cittadella - Padova - Italy
Tel. +39 049 9481111 - Fax +39 049 9400249 - ine@ine.it - www.ine.it

EDITORIA PER LA MECCANICA

A.A.A. giornale della MeccanicA Trade

Guida al commercio dei prodotti e dei servizi per l'Industria

EDITORIA WEB PER LA MECCANICA

expomec

www.expomec.it

la 1ª fiera della meccanica in internet

SubforniturA Italiana

Guida alle Aziende di Lavorazioni Industriali Conto Terzi

MECWEB

www.mecweb.com

il motore di ricerca delle aziende meccaniche

MeccatronicA® good news

Novità dal mondo della meccanica e dell'automazione

CASA EDITRICE edibit

MARKETING PER LA MECCANICA

Per pubblicare un redazionale gratuito o una pubblicità, dedicata alla tua azienda o ai tuoi prodotti, **inviaci un fax allo 051 606 11 11** con la tua richiesta e i tuoi dati. Un nostro consulente ti contatterà.

State of the art of inline non-destructive weld inspection of pipelines by ultrasonics (°)

G. Dobmann *
O.A. Barbian **
H. Willems **

Summary

The inline inspection of pipelines by using intelligent PIG (pipeline inspection gages) concerning the detection and sizing of metal loss (e.g. caused by corrosion) is a well established technology for liquid pipelines as well as gas pipelines. Magnetic flux leakage and ultrasonic techniques are used as inspection technology. For reliable crack detection, only the ultrasonic technique has proven suitable. Apart from manufacturing related reasons, cracking is induced in pipelines by fatigue crack growth or stress corrosion cracking. The paper reports to the state of the art of in-line crack inspection discussing typical examples with regard to weld inspection. The special emphasis is on data evaluation and interpretation.

KEYWORDS: Automatic control; fatigue cracks; fatigue strength; non-destructive testing; pipelines; pipeline steels; stress corrosion; ultrasonic testing; welded joints.

1. Introduction

Beside the inspection of metal loss, which was introduced at the beginning of the eighties [1], the in-line crack inspection of pipelines (liquid lines) by use of ultrasound has made considerable progress in the last 10 years [2, 3]. The inspection task is the early detection of cracks and crack-like defects. In the case of welded pipes the inspection of the welds and adjacent regions is of particular importance. In the majority of the cases longitudinal (axial) welds are of interest because of the loading conditions here service-induced defects can be expected. In special cases the inspection of girth welds or spiral welds is also required.
Recent modifications of inspection systems developed for the inspection of axial welds now also allow the examination of these special cases.

2. Inspection task

The requirements concerning crack inspection by use of intelligent PIG can be characterized on one hand by the ability for detection of the defects, on the other hand by the features of the inspection system. A typical specification of the ability for detection of crack-like defects is:

- Minimum length 30 mm
- Minimum depth 1 mm
- Defect orientation relative to the inspection direction max. ± 10°
- Probability of detection for the minimum defect size > 90%

Typical requirements for the inspection systems are (for example):

- Inspection distance > 100 km
- Inspection speed < 2 m/s
- Wall thickness range 2-20 mm
- Axial spatial resolution ~ 3 mm
- Temperature range 0-50°C
- Maximum Pressure < 10 MPa.

3. Inspection technique

In order to ensure sensitive crack detection during in-line inspection ultrasound is utilized applying shear waves at 45° incidence and a frequency of 5 MHz. To fully cover the circumference of the pipe the individual transducers are arranged in a distance of 10 mm using a flexible sensor carrier.
Perpendicular to the expected defect orientation two inspection directions are implemented.

(°) Doc. V-1381-07.

* Fraunhofer Institute for NDT, IZFP, Saarbrücken (Germany).
** NDT Systems & Services AG, Stutensee (Germany).

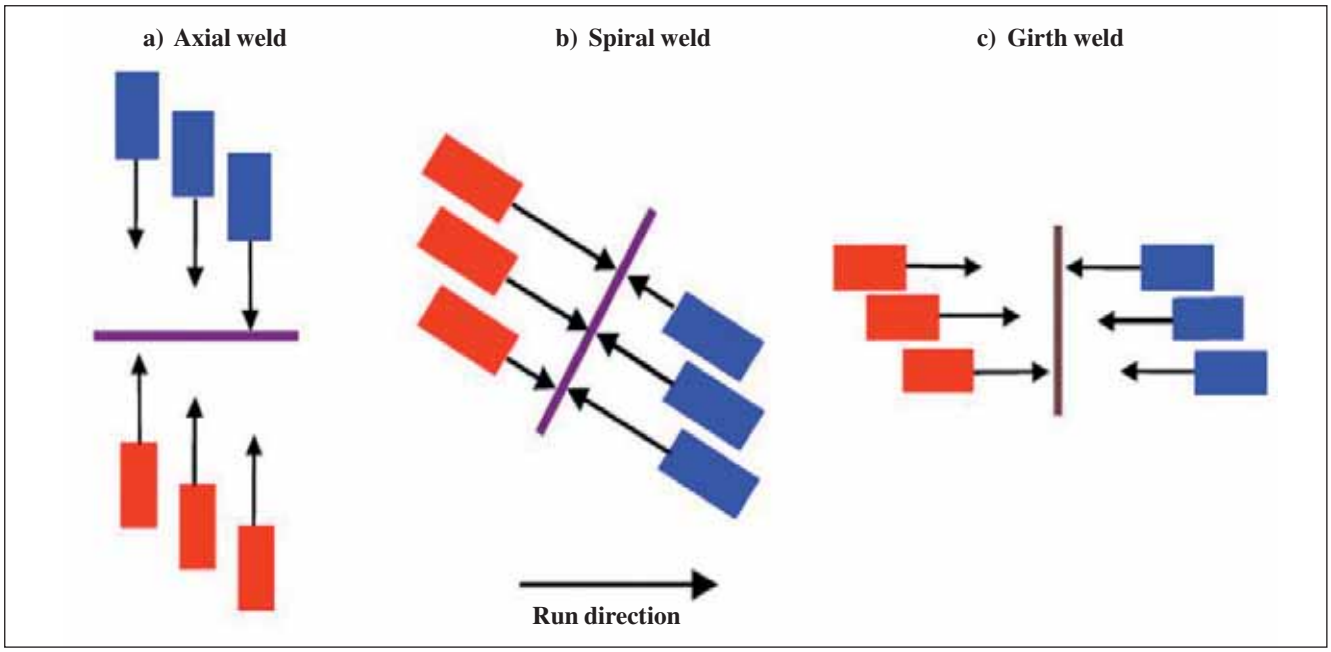


Figure 1 - Probe arrangements to inspect a) axial welds, b) spiral welds and c) girth welds.

In the case of the axial crack detection therefore the insonification is in hoop direction clock-wise and counter clock-wise.
Sensor carriers are also now available in a modified version that cracks along girth welds can be detected; insonification directions in this case are in the moving direction and in the opposite direction. In the case of spiral welds the spiral angle - compared with the axial direction - has to be taken into account. An overview to the different probe arrangements is given in Figure 1.
As coupling medium in most of the cases the medium of the liquid line is used (crude oil, diesel, kerosene, etc.). The angle of incidence of the compressive wave in the medium is selected - according to the refraction law of Snellius - that in the wall the transmission angle of the shear wave is approx. 45°.

4. In-line inspection system (ILI)

An example of an ILI inspection system (intelligent PIG) for inline crack inspection of pipelines is presented in Figure 2. Depending on the pipe diameter the system consists of two or more bodies which are connected by universal couplings. Such a system generally has the following components:

- *Battery body:* As the system - after launching in the pipeline - independently has to work the energy requirements are supplied by batteries. For longer inspection distances additional battery bodies can be used if necessary.
- *Electronic body:* This part contains the electronic devices to produce and receive ultrasound (transmitter/receiver-boards) as well as the data processing which is performed by microprocessors and high-speed logical firmware (FPGA, field programmable gate arrays). In this body also the data storage modules are integrated; nowadays solid state flash storage modules are commonly used allowing storage capacities up to 100 Gbyte at low space requirements.
- *Odometer wheels:* Depending on the pipe diameter two or three odometer wheels are applied to record the position information. In the here described technical systems the odometer information also is used to produce a distance dependent trigger signal to trigger the ultrasonic pulsers. In the standard systems by use of these triggers a spatial resolution of 3mm (axial weld inspection) and 1.5mm (girth weld inspection) are typically used.
- *Sensor carrier:* The sensor carrier is located at the end of the system. It consists of several skids made by polyurethane and connected by flexible springs. Concerning the crack inspection of a 28'' pipe 420 transducers are integrated into the carrier and in addition 28 transducers to measure the wall thickness.

The "rf" transmitting system - working in the low-frequency range - transmits a signal which can be received by so-called 'markers' positioned aboveground on the pipeline route. Signals are received when the PIG in the line passes the position of the marker. The recorded times (time stamp) are used to synchronize the inspection data. Based on the marker data the position of relevant defect data can be precisely determined that - for instance in the case of repair tasks - the localisation of the pipe is assured with sufficient precision.

5. Data evaluation and interpretation

5.1 On-line processing

During the in-line inspection the inspection data are pre-processed in the following steps:

- Digital filtering (band pass filtering)
- Data reduction according to the ALOK-algorithm [4]
- Identification of crack-like indications by pattern recognition
- Projection and selection of the inspection data according to the inspection position (axial) and the angular position in the circumferential direction.

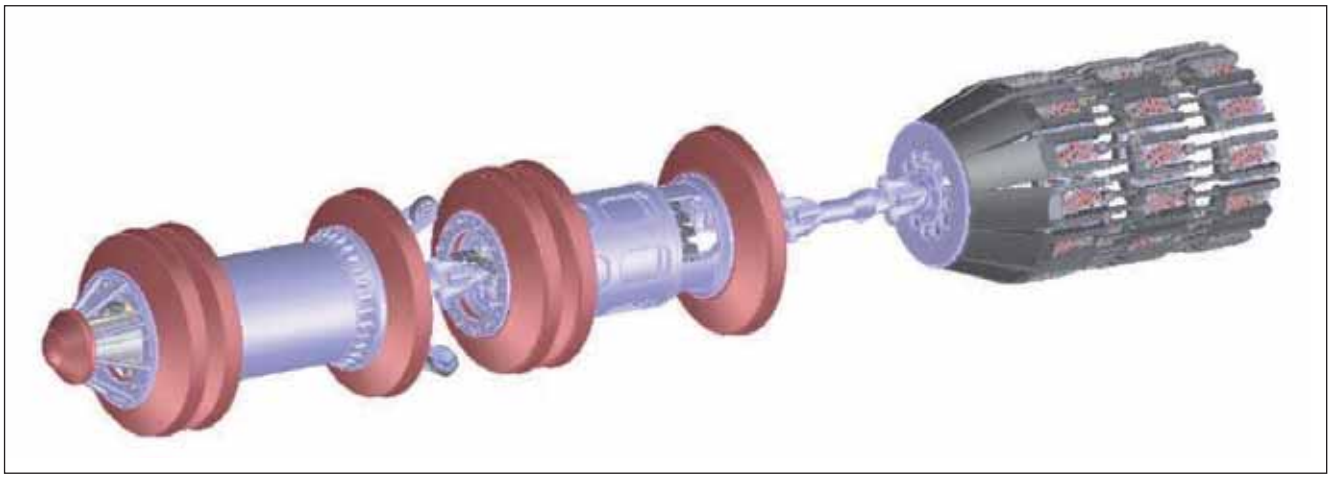


Figure 2 - Example of a typical crack inspection PIG consisting in (from left to right): battery body with rf transmitter (head), odometer wheels flanged at the battery body, electronic body and sensor carrier.

Based on the pre-processing procedure a position-true visualization of the inspection data is possible already shortly after the inspection.

5.2 Off-line processing

Before starting the data analysis an automatic evaluation is performed with the following steps:

- Search for girth weld indications in order to compile a pipe book. This pipe book contains all pipes of the inspected line together with identification number, pipe length and wall thickness
- Search for the axial weld: In the case of axial welded pipes the position of the individual weld in hoop direction is determined
- Search for features: As result a list with potential defect areas (position, length, width etc.) is compiled.

The automatically generated information is stored in a data base; a separate data base is used in order to administrate the inspections.

5.3 Data analysis

The main data analysis is still performed by human experts and by use of PC data visualization including A-, B-, and C-scans etc. Observing customer-specific requirements the automatically compiled list is evaluated step by step:

- Identification and visualization of the regions with indications (C-scan, B-scan)
- Classification of the indication (type, position in the pipe wall, position relative to the weld)
- Adoption of indication length and width, if necessary
- Estimate of defect depth in the case of crack-like indications.

An inspection report summarizes the results.

5.4 Determination of the defect length

In most cases the defect length is easily determined. In the case of axial defects the defect length basically is the distance between the beginning and the end of the indication.

In the case of circumferential defects the defect length is determined by the number of consecutive transducers which receive a signal from an individual defect times their distance in the circumferential direction.

5.5 Determination of the defect depth

In contrast to the length determination the depth cannot be directly measured. The echo amplitude of a reflected signal is - even in the case of well-defined artificial EDM notches as reflectors - not a very reliable quantity to measure the defect depth. In the depth range > 4 mm a saturation effect can be observed. By summarizing the facts one can state: the defect depth can only be estimated to a certain degree.

Different characteristics are used for the estimation.

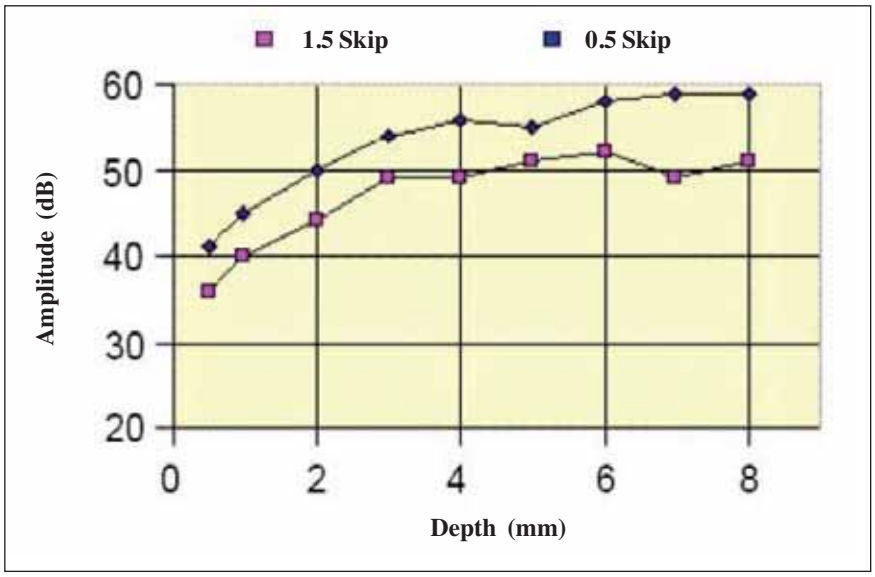


Figure 3 - Echo amplitude of the reflected signal (corner reflection) as function of the crack depth measured at a 10 mm thick steel plate with artificially introduced EDM notches (water immersion technique, frequency 5 MHz, transducer diameter 15 mm).

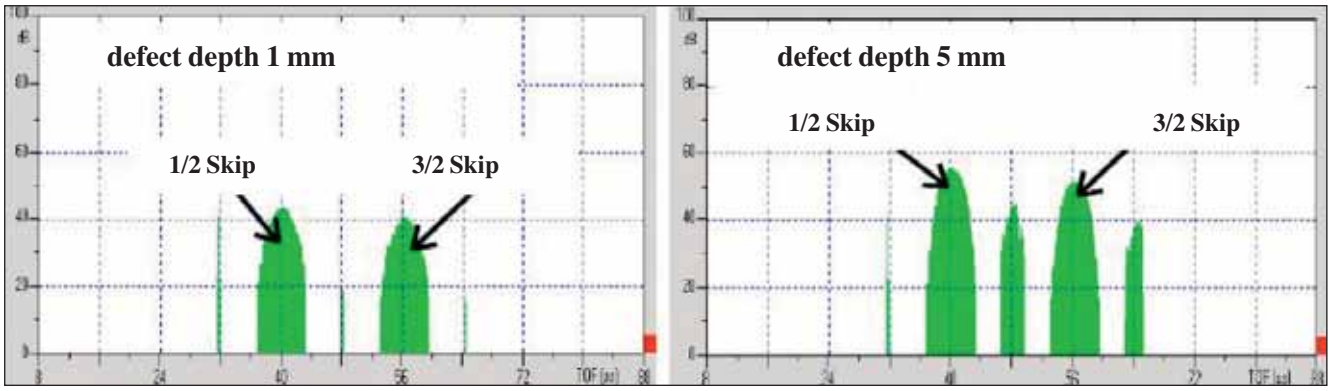


Figure 4 - Dynamic of the reflected amplitude of a crack-like defect by virtual scanning a 10 mm thick steel plate perpendicular to the defect lengthwise direction (modelling by a ray tracing algorithm); left hand side: depth 1 mm, right hand side: depth 5 mm.

These are:

- The maximum defect amplitude indication of each involved individual sensor
- Indication overlap
- Indication shape
- Crack tip echo if recognizable
- Further intermediate (secondary) echo if available (Figures 4, 5).

The experimentally determined results (Figure 3) can be interpreted very well by use of a ray-tracing algorithm for modelling according to Figure 4.

Different crack depth values can - beside the variation in the amplitude - result in distinguished signal patterns utilized for depth estimation (see also the example under 6.3).

Starting with such features and the function described in Figure 3 depth estimation is possible according to the following ranges:

- < 1 mm
- 1-2 mm
- 2-4 mm
- > 4 mm.

In practice the procedure is applied quite successful.

The hit rate based on more than 100 verifications is higher than 80%. If crack tip indications can be clearly identified in the inspection data, the crack depth value can be estimated even more preci-

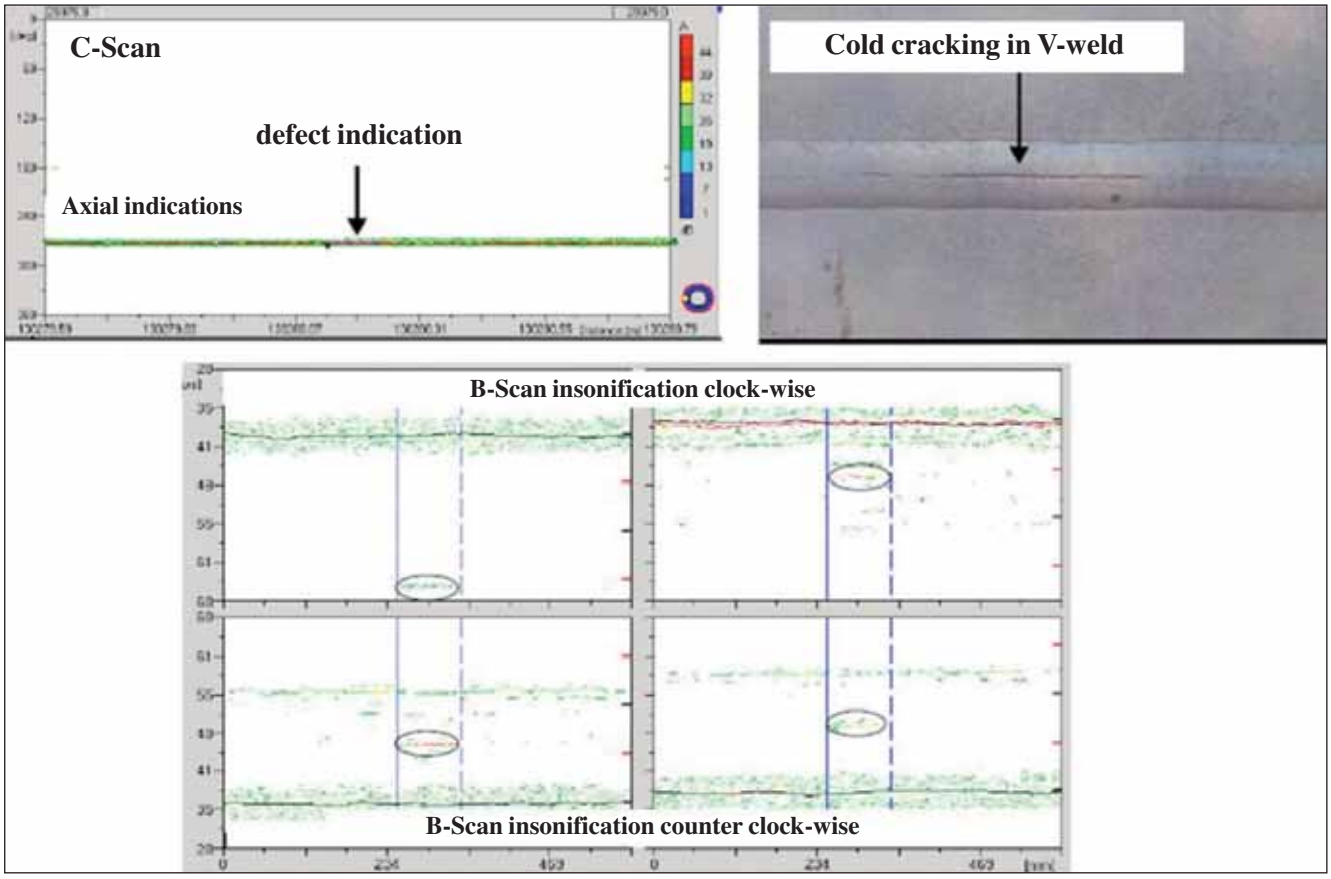


Figure 5 - C-scan (upper part, left hand side), B-scan (lower part) of a crack-like indication in an axial V-weld. The defect indications are marked in the B-scans by ellipses.

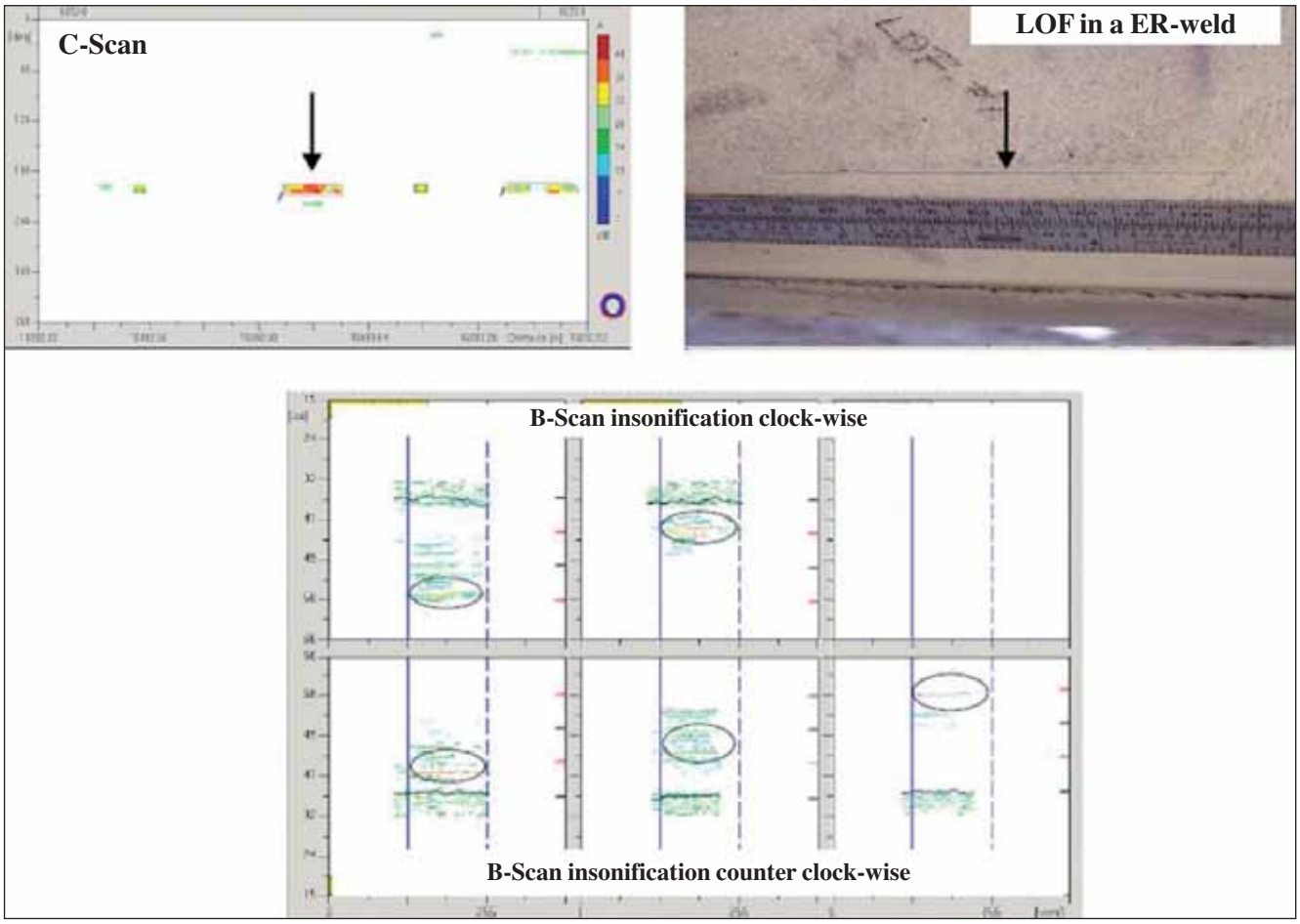


Figure 6 - C-scan (left hand side, upper part) of a crack-like indication in a ER-weld, B-scan (lower part).

sely by using then difference in time-of-flight between the crack tip echo and the corner reflection echo

6. Examples

In the following, some examples from practical experience are presented. The weld defects are obtained from different crack inspections and verified by digging or other methods.

6.1 Shrinkage crack in an axial weld (V-Weld)

In most of the cases, crack-like indications detected by evaluating inspection data of axial welds are near the HEZ. They are often caused by undercuts, where the depth is smaller than 1mm. In several cases lack of fusion defects were detected. Such defects are easily detected by transducers insonifying the weld from the same side. Because of the weld shape the detection from the other side in the case of V-welds is strongly restricted. Due to the disturbing influences the analysis of the signal patterns produced from that side does normally not allow a separation of crack-like indications.
In V-welds generally these geometrical disturbing indications are more or less continuously present in the inspection data. However, because the weld region is tested by three transducers from both sides a separation of the geometry indications and defect indications can be usually performed without any problems. This fact is documented in Fig. 5 where a shrinkage crack in an axial weld in a 40' crude oil line was detected. The depth was estimated by 1-2 mm.
At the right hand side of Figure 5 (upper part) the verification result is shown: a 2 mm deep surface breaking shrinkage-crack in the centre of the weld was found.

6.2 Lack of fusion in an axial weld (ERW)

In contrast to V-welds the width of the weld in the case of electric resistance welded joints is much smaller. Therefore disturbing influences from that region are less pronounced.
This is true especially in the case where the reinforcement on both surfaces of the weld is properly removed by a cutting tool. However, in older ER-welded pipes, where the reinforcement is not always completely removed, geometrical indications from the weld can be difficult to separate from the defect indications.
Lack of fusion defects are also quite often found in older pipelines. In Figure 6 such a case is documented.
In the B-scan the defect indications are marked by ellipses.
In the left, upper part of the B-scan in addition to the corner reflection a crack tip echo can be revealed. By using this feature a crack depth of approx. 3mm can be calculated. The result of the verification is shown in the upper part of Figure 6, right hand side. By grinding out the defect a depth of 3 mm was found.

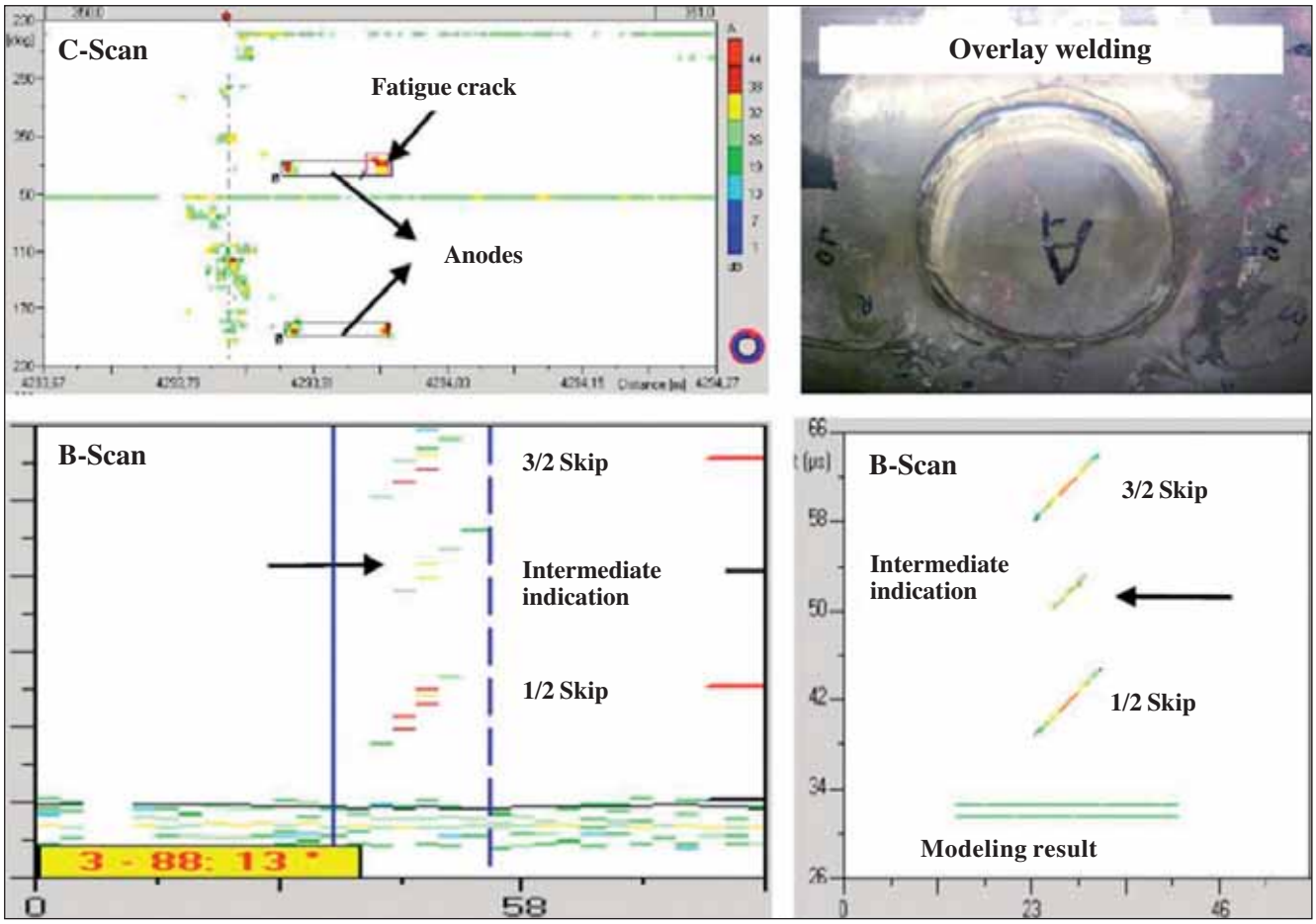


Figure 7 - C-scan (left hand side, upper part) and B-scan (left hand side, lower part) of a crack-like indication at an externally welded-on anode pad. In Figure 7 (right hand side upper part) a typical anode pad is shown. The fatigue crack is along the right side of the pad following its circumferential direction. The projection B-scan is for an insonification against the running direction. Figure 7 (lower part, right hand side) shows the simulation result revealing also an intermediate echo in the time-of-flight locus curves.

6.3 Fatigue crack at external attachment

The following example is to an inspection task to detect transverse defects in an off-shore pipeline. In order to protect the pipe against corrosion by anode pads are welded on at the external surface of the pipe. Experiences have shown that transverse fatigue cracking can occur along the welds of the anodes which can grow into the pipe wall.

To solve this inspection task a sensor carrier was developed with the sensor arrangement as shown in Figure 1c. To validate the new inspection system multiple tests were performed in a special test loop [5]. Furthermore the data analysis software was modified to include the new inspection geometry. After performing the validation process the pipeline successfully was inspected. In the data analysis process in a first step all the anode pads were identified in the data and then analyzed in order to detect additional crack indications. One result is documented in Figure 7. In the C-scan (Figure 7, left hand side, upper part) a girth weld and two nearby anode pads can be identified due to the clearly visible weld indications. By additionally analyzing the B-scans (Figure 7, lower part, and left hand side) a crack-like indication at the upper anode pad was re-

Sommario

Stato dell'arte sull'ispezione in servizio di condotte mediante ultrasuoni

L'ispezione in servizio di condotte utilizzando un PIG (Pipeline Inspection Gages) intelligente per la rilevazione e il dimensionamento di riduzioni di spessore (ad esempio causate da corrosione) è una tecnologia consolidata per condotte per il trasporto sia di liquidi che di gas. Le tecnologie di ispezione utilizzate sono il metodo ultrasonoro e quello con particelle magnetiche. Solamente la tecnica ultrasonora ha dimostrato di essere idonea per un efficace rilevamento di cricche. A parte cause legate alla fabbricazione, la criccabilità nelle condotte può essere indotta da fatica o da corrosione sotto tensione. L'articolo fornisce lo stato dell'arte dell'ispezione in servizio per la ricerca di fessurazioni riportando esempi tipici di ispezione delle saldature. Particolare attenzione è posta alla valutazione dei dati ed alla loro interpretazione.

vealed. Beside the corner reflection here the feature of an intermediate (secondary) echo can be observed. This phenomenon also can be justified by modelling with a ray tracing algorithm so far a crack depth is assumed which is larger than half of the wall thickness (Figure 7, right hand side, lower part). Comparing the indications the crack depth was estimated to > 6 mm. A verification test by using TOFD at higher frequencies sized the defect depth to 8.1 mm.

7. Conclusion and outline

The in-line inspection of pipelines by intelligent PIG is now a well introduced technology also to detect and size crack-like indications. Up to now the applied pulse-echo technique with piezoelectric transducers can only be applied in liquid lines. However, first PIG using EMAT in gas pipes are under reliability tests [6, 7, and 8]. Also advanced transducer technologies based on the phased array principle - but working with piezoelectric transducers - are under development and test [8].

References

[1] Skerra B. (edit.), Handbook PIG technology (in German), Vulkan Publishing House, Essen, 2000.

[2] Willems H., Barbian O.A.: «The state of Inline crack inspection using ultrasonic, 3R International», Oct/Nov 1999 (38), pp. 734-738.

[3] Willems H., Barbian O.A, Bähr W.: «Modern concepts for automatic ultrasonic inspection - Inspection of pipelines (in German)», Seminar of the German society for NDT, DGZfP - Modern concepts of ultrasonic inspection to improve the reliability of inspection interpretation, Saarbrücken, 3-4 Nov. 2003.

[4] Barbian O.A. et al.: «IIW Handbook on automated UT inspection systems», DVS Publishing House, Düsseldorf, 2003.

[5] Willems H., Nadler M., Werle M., Barbian O.A.: «First experiences with ultrasonic inline detection of circumferential cracks in pipelines», Corrosion 2006, NACE Internationals 61st Annual Conference, San Diego, March 12-16, 2006.

[6] Yoxal Ch.: «Pipeline inspection data quality of Inline inspection», WTIA International Pipeline Integrity Conference, 7-9 March 2005, Wollongong, Australia, Conference Proceedings.

[7] www.roseninspection.net/RosenInternet/InspectionServices/ILInspection/

[8] Porter P.C.: «Inline technology ready to handle new pipeline challenges», 50 Pipeline & Gas Journal, October 2006, www.pgjonline.com.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE

Dopo una breve e impietosa malattia, lo scorso 25 Gennaio ci ha lasciato il nostro Presidente,

Ingegnere **Paolo Scolari**

In questi anni lo abbiamo stimato per le sue capacità manageriali e per la visione strategica che ne ha caratterizzato le azioni.
I suoi principi oramai permeano il nostro Ente, solo per citarne alcuni: la massima apertura ed attenzione alle esigenze delle imprese, delle istituzioni e della società; la visione di tutti gli elementi del "sistema UNI" -Soci, Enti Federati, Punti UNI, esperti- come un'unica grande squadra; la necessità di diffondere la cultura della normazione e di dare visibilità all'Ente; la crescita tramite la valorizzazione delle professionalità interne.
Ma soprattutto vogliamo ricordarne le doti umane, la natura di gentiluomo che sempre ha contraddistinto le sue azioni.
Lo ringraziamo per tutto quanto ha fatto per l'UNI e per il mondo della normazione.

Innovation in NDT™

Olympus NDT introduce continuamente prodotti innovativi

La nostra linea di prodotti già sviluppata include adesso un rilevatore di difetti a ultrasuoni completamente nuovo, una nuova seria compatta di rilevatori di difetti a Correnti Indotte e un nuovo sistema industriale per l'ispezione dei componenti ad alta velocità.

Nuovo!

B-Scan e GridView sono standard su tutti i misuratori di spessore

Rilevamento B-Scan

I misuratori di corrosione MG2-XT e MG2-DL e i misuratori di spessore di precisione della serie 35 offrono tutti il
B-scan come caratteristica standard che converte le letture di spessore reale in immagini in sezioni trasversali sulla visualizzazione. I data Logger dei 35DL e MG2-DL possono memorizzare fino a 350 immagini di B-scan.

GridView

Le caratteristiche del GridView dei misuratori MG2-DL e 35DL permettono di visualizzare i dati registrati in una griglia o in un formato lineare esteso.

Nuovo!

EPOCH XT

Il rilevatore di difetti a ultrasuoni

Il nuovo Panametrics-NDT™ EPOCH XT è un rilevatore di difetti a ultrasuoni completo che offre un gran numero di caratteristiche : una norma EN-12668, uno schermo a cristalli liquidi multicolori, opzioni molteplici di batterie, una gestione potente dei dati, porta USB ospite e cliente e contenitore sigillato per resistere a condizioni difficili; il DAC-TVG, standard in questa unità leggera di 1,95 kg.

Serie Nortec® 500

Rilevatori di difetti a Correnti Indotte

I rilevatori di difetti a Correnti Indotte modelli 500, 500S e 500D offrono una vasta gamma di possibilità: uno schermo VGA a cristalli liquidi multicolori, un modello compatto e leggero, una bobina di bilanciamento interna, un'uscita VGA e porta USB cliente e ospite. Il modello 500S offre anche misure di conduttività e compatibilità di scanner. Inoltre, il modello 500D offre una possibilità di doppia frequenza.

RD TECH PANAMETRICS-NDT™ NDT engineering corporation SONIC NORTEC

OLYMPUS

Your Vision, Our Future

Olympus NDT Offre Nuovi prodotti... Nuove soluzioni...

Nuovo!

OmniScan iX

Rilevatore di difetti a ultrasuoni industriale ad alta velocità

L'OmniScan® iX R/D Tech® è un sistema di acquisizioni di dati a ultrasuoni superiore, per l'ispezione di componenti industriali critici ad alta velocità. Questo potente rilevatore di difetti può essere configurato a 2, 4 o 8 canali a ultrasuoni. L'apparecchio presenta uno schermo VGA sensibile al tocco delle dita e ad alta risoluzione, una visualizzazione della banda di registrazione, 16 allarmi logici e 16 uscite analogiche.

Nuovo!

OmniScan MX PA

Multigruppo e opzione di immagini multisettoriali

Questa opzione di software OmniScan PA permette agli utilizzatori di gestire più di una sonda con diversi angoli d'incidenza, tipi di scan, aeree di ispezione e altri parametri.

CGM Technology s.r.l.

Distributore esclusivo per l'Italia

Via Adda, 21 - 20090 Opera (MI)

Tel.: (39) (02) 57 60 05 24 • Fax.: (39) (02) 57 60 36 18 • e-mail: info@cgm-technology.it

Visitate il nostro nuovo sito web completo alla URL **www.olympusNDT.com**

Dessert - Varese

SPECIALISTI NELLA SALDATURA

Da oltre quarant'anni LASTEK è all'avanguardia in ogni intervento di manutenzione e prevenzione a mezzo saldatura. L'ineguagliabile know-how tecnologico si traduce nella **produzione** di una gamma completa di materiali d'apporto, di soluzioni e di impianti che fanno di LASTEK lo **specialista nella saldatura** e un riferimento qualificato anche nelle condizioni più difficili.
LASTEK punta in alto, sempre al vostro fianco con tempestività di intervento, flessibilità produttiva, idee innovative.
Per questo LASTEK è il vostro **partner d'eccellenza: una marcia in più per dare valore al vostro lavoro.**

- MATERIALI PER SALDATURA, IMPIANTI, ABRASIVI, DISPOSITIVI DI PROTEZIONE, ACCESSORI, LAMIERE PLACCATE, GAS TECNICI, PRODOTTI PER LA TERMOIDRAULICA.
- CONSULENZE MANUTENTIVE, ASSISTENZA IMPIANTI, FORMAZIONE, ASSISTENZA LAVORI, CERTIFICAZIONI, SCUOLA DI SALDATURA, RILASCIO PATENTINI, LAVORI.

I MIGLIORI RISULTATI SONO GARANTITI SOLO DA PRODOTTI ORIGINALI LASTEK by LASPRO - Herentals (Belgium)

lastek
Another beautiful day for welding

Lastek Spa - V.le dello Sport, 22 - 21026 Gavirate/VA - Tel. +39 0332.730.880 - Fax +39 0332.730.890
www.lastek.it
www.lastek.be
www.lastek.eu

Qualificazione e verifica dei prodotti per il controllo con liquidi penetranti *

Introduzione

Tutti i prodotti per il controllo con liquidi penetranti sono soggetti a quanto prescritto dalla Direttiva 67/548/CEE (e suoi 14 modifiche e 28 adeguamenti), nata con l'obiettivo di ravvicinare le disposizioni legislative alla "Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura dei preparati pericolosi". Tale Direttiva, recepita in Italia dalla legge 256 del 1974 ormai abrogata, e i suoi aggiornamenti e modifiche, recepiti in Italia da decreti quali il DM 46 del 28/01/1992 e il D.Lgs. 65 del 14/03/2003, impongono al responsabile dell'emissione sul mercato dei prodotti di fornire all'utilizzatore le informazioni relative al prodotto mediante una scheda di sicurezza così articolata:

- identificazione del preparato e della società produttrice;
- definizione e dati di composizione;
- identificazione dei pericoli;
- misure di primo soccorso;
- misure antincendio;
- misure in caso di fuoriuscite accidentali;
- manipolazione e stoccaggio;
- controllo dell'esposizione / protezione individuale;
- proprietà fisiche e chimiche;
- stabilità e reattività;
- informazioni tossicologiche;
- informazioni ecologiche;
- considerazioni sullo smaltimento;
- informazioni sul trasporto;
- informazioni sulla regolamentazione;
- altre informazioni.

Connesso all'attuazione di tale Direttiva e alla gestione in sicurezza dei prodotti chimici usati in cantiere, è anche il D.Lgs. n° 25 del 2/02/2002 che si occupa del rischio da agenti chimici presenti sul luogo di lavoro e dei requisiti minimi per la protezione dei lavoratori. Secondo questo Decreto, il Datore di lavoro è tenuto, sulla base delle informazioni fornite dal produttore dei prodotti chimici pericolosi, a provvedere all'eliminazione o riduzione dei rischi derivanti dall'uso degli stessi mediante:

a) progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché uso di attrezzature e materiali adeguati;
b) appropriate misure collettive, organizzative e di protezione alla fonte del rischio;
c) misure di protezione individuali, compresi i DPI, qualora non sia possibile prevenire altrimenti eventuali esposizioni;
d) sorveglianza sanitaria dei lavoratori: per ogni lavoratore esposto ad agenti classificati come tossici, molto tossici, nocivi, sensibilizzanti, irritanti, tossici per il ciclo riproduttivo, il medico competente stila ed aggiorna una cartella sanitaria e di rischio e fornisce al lavoratore le informazioni necessarie ad eliminare o ridurre il rischio.

Prima di questo riferimento legislativo, i prodotti per liquidi penetranti in genere non erano regolamentati, si poteva tuttavia richiedere una scheda di sicurezza (Material Safety Data Sheet) caratterizzata da 11 punti di verifica; tale scheda era espressamente richiesta nel settore aeronautico, dove la qualità dei prodotti era ed è tuttora regolata da norme MIL.

Per quanto concerne la verifica tecnica dei prodotti per PT, è necessario ricorrere per alcune prove a laboratori altamente specializzati: ad esempio, il contenuto in zolfo e cloro richiede analisi chimiche spinte, misure di assorbanza richiedono l'utilizzo di strumenti sofisticati come gli spettrofotometri. Altre verifiche, quali le misurazioni della tensione superficiale, della viscosità cinematica, della temperatura di infiammabilità (Flash Point) e le prove di corrosione possono invece essere eseguite in normali laboratori. Infine, verifiche di sensibilità, di lavabilità, misure di perdita di fluorescenza, sono fattibili dagli stessi operatori a monte dell'esecuzione del controllo.

Verifica delle caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti

A carico del fornitore vi sono le seguenti prove:

- assenza di silice cristallina nei rivelatori;
- temperatura di infiammabilità;
- contenuti di zolfo e cloro (su richiesta);
- potere corrosivo dei penetranti, degli emulsificatori e dei rivelatori (su richiesta);
- misura della viscosità;

* *Redazione a cura della Divisione FOR - Formazione e insegnamento - dell'Istituto Italiano della Saldatura - Genova.*

- misura della massa volumica;
- misura della tensione superficiale (su richiesta);
- valutazione della stabilità chimico-fisica alla temperatura e nel tempo;
- rimovibilità.

Verifiche periodiche a carico dell'utilizzatore su prodotto impiegato "in vasca", eventualmente richieste da specifica, sono:

- potere corrosivo dei penetranti e degli emulsificatori;
- temperatura di infiammabilità;
- verifiche di sensibilità;
- valutazione della perdita di pigmentazione (Liquidi a Contrasto di colore) e di fluorescenza (Liquidi Fluorescenti);
- verifiche delle caratteristiche degli emulsificatori;
- verifiche delle caratteristiche dei rivelatori.

Di seguito vengono descritte le principali verifiche relative ai prodotti penetranti.

Temperatura di infiammabilità

Per temperatura o punto di infiammabilità (Flash Point) si intende la minima temperatura alla quale i vapori liberati dal prodotto si infiammano in presenza di un innesco. La combustione continua spontaneamente anche senza il contatto con l'innesco che l'ha generata. Tale verifica va eseguita su tutti i prodotti tranne quelli a base acquosa.

Esistono due tipi di verifica:

- Verifica con sistema a "Vaso Aperto" (ASTM D 92);
- Verifica con sistema a "Vaso Chiuso" (ASTM D 93).

Nella prova regolata da ASTM D 92, si fa uso del dispositivo schematizzato nella Figura 1, detto apparecchio Cleveland.

La coppa di prova è riempita con il campione in esame fino ad un livello specificato (C), si legge sul termometro (T) la temperatura del campione che sale per mezzo di una fiamma Bunsen o di una resistenza elettrica.

Il tutto è termostatizzato in un bagno di sabbia (S). Ad intervalli di tempo stabiliti (in genere ogni 30 secondi), si avvicina al campione una fiamma di prova (G); la minima temperatura alla quale l'applicazione della fiamma di prova causa l'accensione dei vapori e la loro combustione spontanea anche dopo allontanamento della fiamma pilota, viene considerata la temperatura di infiammabilità.

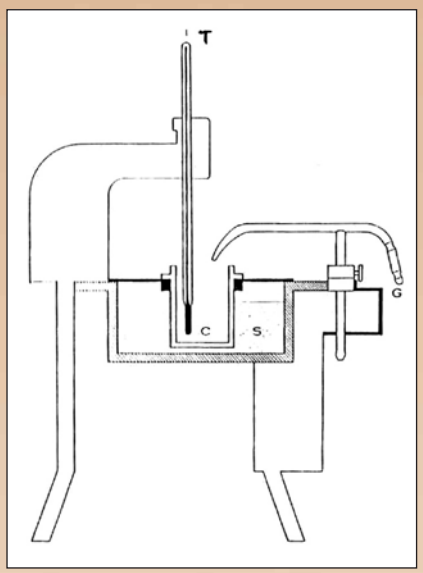


Figura 1 - Schema del dispositivo CLEVELAND.

Nella prova regolata da ASTM D 93, si fa uso del dispositivo schematizzato nella Figura 2, detto apparecchio Pensky - Martens.

È costituito da una intercapedine a forma di cupola (L), nella cui parte centrale è ricavata la coppa in bronzo atta a raccogliere il campione d'esame (C), quest'ultima è dotata di indicatore di livello ed è chiusa da un coperchio (D) a tenuta. Il coperchio presenta un foro centrale per il passaggio di un agitatore (A) ed uno laterale per l'inserimento del termometro (T). Sul coperchio sono disposte tre fessure (h, l, m); la fessura centrale (h) ha dimensione doppia delle due laterali, queste fessure possono essere aperte o chiuse contemporaneamente, agendo sulla saracinesca con comando in (R). Un beccuccio mobile (b), alimentato a gas, può accostare la fiamma all'interno del vaso quando ruota la saracinesca. I movimenti sono tutti sincronizzati. Il riscaldamento del bagno è garantito da una fiamma Bunsen o da una resistenza elettrica.

La prova a "Vaso Chiuso" è più significativa della prova a "Vaso Aperto" ed è quella cui generalmente fanno riferimento norme o specifiche; per essere omologati, i prodotti devono avere una temperatura di infiammabilità di almeno 93.3 °C.

Potere corrosivo

Per potere corrosivo si intende la capacità di ogni singolo prodotto della famiglia per liquidi penetranti ad innescare direttamente o indirettamente corrosione sui materiali in esame. Tale prova può essere condotta secondo due differenti metodologie:

- ASME V art. 24 (ASTM D 130): una lamina di rame lucidato viene immersa parzialmente in una data quantità di campione da testare, riscaldato ad una certa temperatura e vi si lascia per un certo periodo di tempo. In seguito, la lamina viene estratta, lavata, asciugata e quindi paragonata a "piastrine ASTM" corrispondenti a corrosioni standardizzate. Il valore della temperatura e del

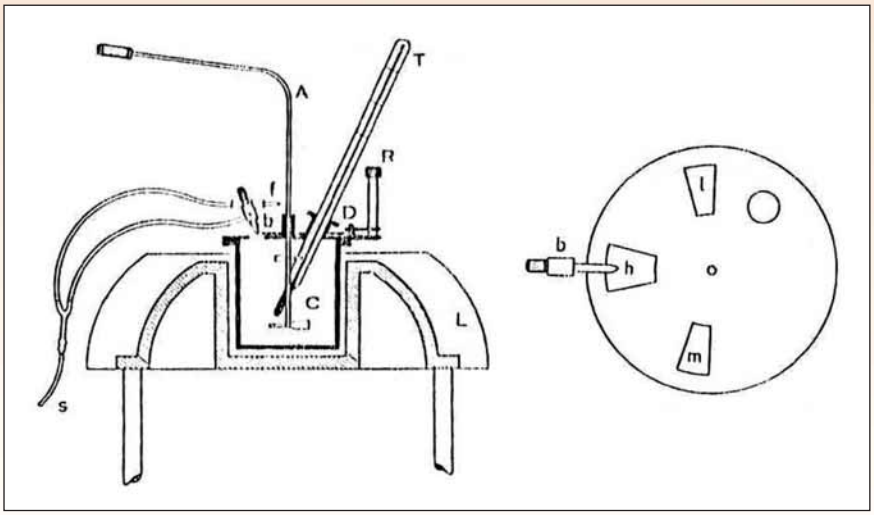


Figura 2 - Schema del dispositivo PENSKY - MARTENS.

tempo vengono stabiliti in funzione delle condizioni operative cui quel prodotto verrà effettivamente utilizzato.

- ISO 3452-2 (EN 571-2):
  a seconda del manufatto da esaminare con i prodotti per liquidi penetranti, vanno usati provini in lega di alluminio 7075-T6, in lega di magnesio AZ-31B, in acciaio 30CrMo4 (o equivalenti). Tali provini devono presentare una superficie perfettamente liscia e speculare; immediatamente prima della prova, devono essere puliti con solventi esenti da zolfo.
  La prova consiste nell'immergere (nel caso dei rivelatori, tale norma prevede la verifica del potere corrosivo solo per i rivelatori umidi) per mezza lunghezza il provino nel prodotto in esame, posto in un "beaker" di vetro, il tutto mantenuto alla temperatura di 50 °C ± 1 °C per un tempo pari a 2 h ± 5 min. Trascorso tale periodo viene lavato con acqua distillata o solvente organico per rimuovere ogni residuo di prodotto; dopo asciugatura, il provino viene esaminato con lente di ingrandimento 10X; non devono apparire tracce di corrosione o macchie.

Viscosità

Di seguito vengono descritte le metodologie e le strumentazioni mediante cui è possibile misurare la viscosità dinamica η e cinematica ν. In genere si utilizzano due strumenti differenti: viscosimetro Cannon-Fenske, conforme a ASTM D 445, e viscosimetro Hoeppler. La valutazione della viscosità di un liquido penetrante è fondamentale in quanto influenza i tempi, le quantità di prodotto impiegate e, indirettamente, i costi del controllo; in particolare, risulta importante utilizzare liquidi a viscosità sufficientemente bassa (circa 8.0 cSt a 37.8°C) nel caso di controllo "in piano" mediante impianti fissi e liquidi a viscosità sufficientemente alta (circa 15 cSt a 37.8 °C) nel caso di controllo di superfici "in posizione".
Il viscosimetro Cannon-Fenske (Fig. 3) è caratterizzato da una costante viscosimetrica specifica dello strumento e permette la valutazione della viscosità cinematica ν in base alla seguente relazione:

$$v = K \cdot \Delta t$$

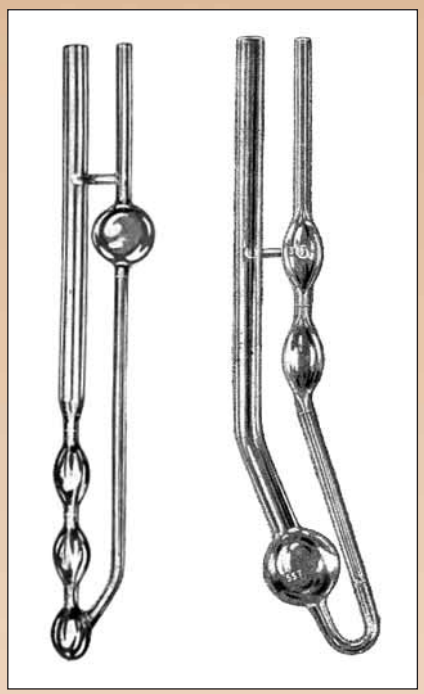


Figura 3 - Due esempi di viscosimetri Cannon-Fenske.

dove K è la costante dello strumento misurata in [m^2/s^2] e Δt rappresenta un intervallo di tempo misurato in [s].
La prova necessita di un bagno termostatizzato, di un termometro calibrato e di un cronometro.
Come si può vedere nella Figura 4, il liquido in esame viene aspirato attraverso il tubo A con l'ausilio di una pompa che agisce fino a quando il fluido non arriva alla quota indicata con C. Dopo avere otturato le aperture A e B, si introduce il viscosimetro nel bagno termostatizzato e si attende la stabilizzazione della temperatura di prova a 37.8 °C (ASTM D 445).
La prova inizia rimuovendo gli otturatori e si cronometra il tempo Δt che il liquido impiega per passare dal riferimento D al riferimento E.
Il secondo strumento che può essere utilizzato è il viscosimetro Hoeppler, strumento "a sfera" di elevatissima precisione che consente una misurazione diretta di valori di viscosità dinamica η compresi fra 0.01 cP e 1000000 cP. Lo strumento è corredato da un kit di sfere calibrate e la scelta della sfera è fatta in funzione della viscosità nominale del liquido in esame; esso si presta a misurazioni di routine e alla rapida costruzione di curve viscosimetriche in funzione della temperatura (Fig. 5).

Il principio si basa sulla misura del tempo di transito di una sfera dotata di moto uniforme nel campione di fluido, percorrendo uno spazio costante fra due riferimenti incisi su un tubo cilindrico, immerso in un bagno termostatizzato.
La trattazione teorica conduce alla relazione:

$$\eta = (\delta - \delta') \cdot K \cdot (t_2 - t_1)$$

dove K rappresenta una costante, $(t_2 - t_1)$ il tempo di transito, δ la massa volumica della sfera, δ' la massa volumica del liquido. Nella Figura 6, è rappresentato lo schema di funzionamento di tale strumento.

Rimovibilità

Tale prova non può essere espressa in termini assoluti, in quanto è valida relativamente alle modalità di prova e al liquido penetrante preso come riferimento.

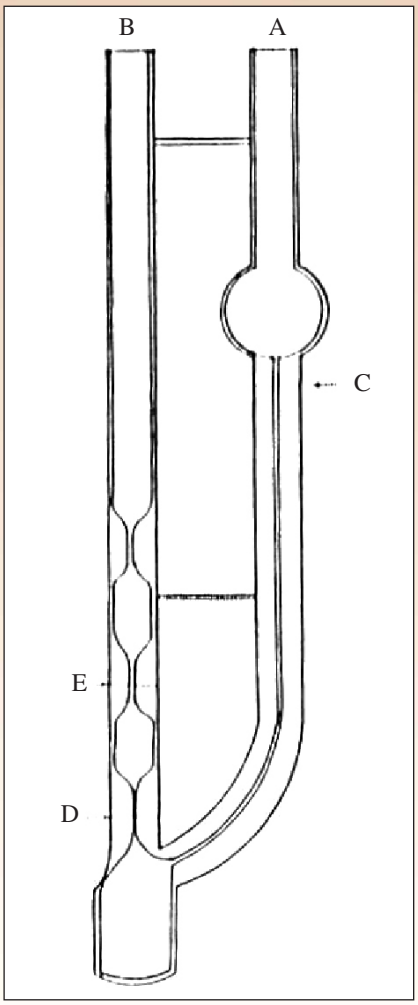


Figura 4 - Schema viscosimetro Cannon-Fenske.

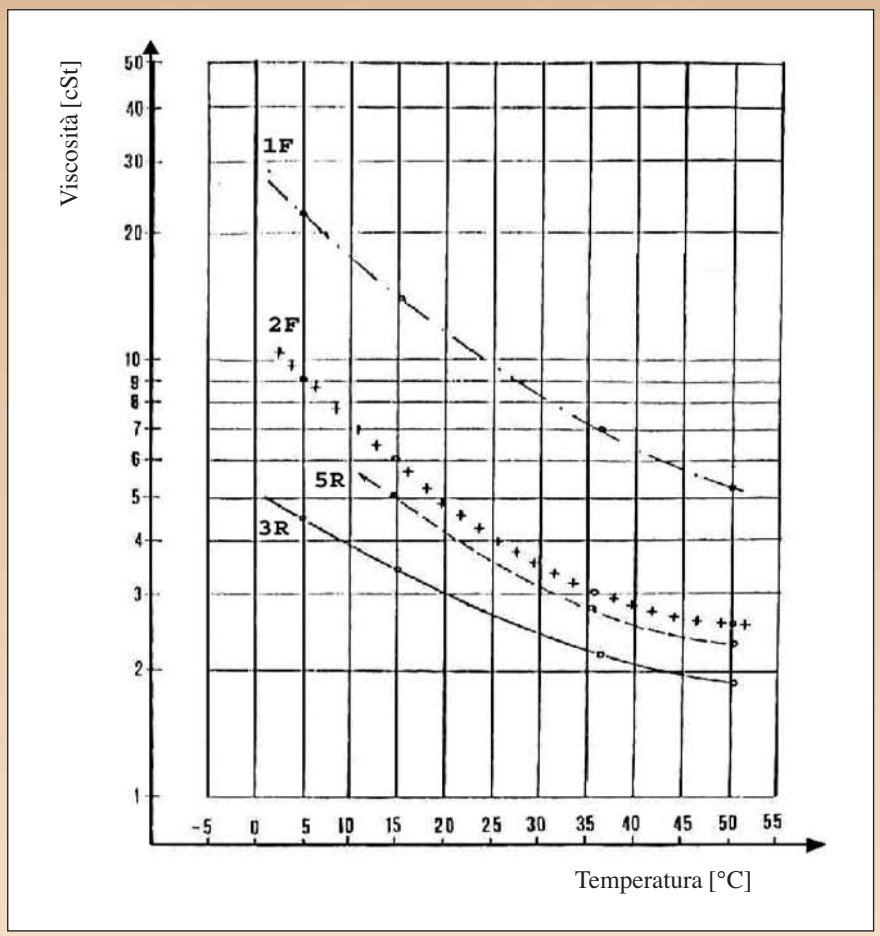


Figura 5 - Curve viscosimetriche: variazione della viscosità cinematica con la temperatura di due liquidi penetranti rossi (3R, 5R) e di due liquidi fluorescenti (1F, 2F).

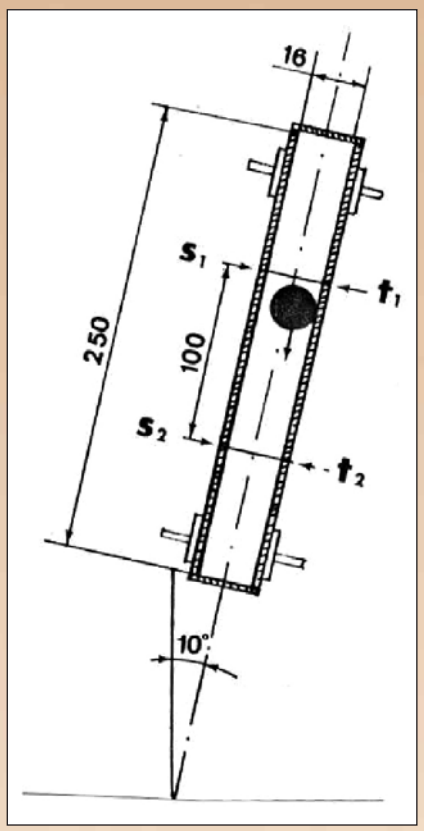


Figura 6 - Schema di viscosimetro Hoeppler.

I due provini impiegati devono rispecchiare il tipo di materiale e il grado di rugosità R_a dei particolari che si vuole controllare con i liquidi penetranti.
Questa verifica viene eseguita generalmente sui prodotti lavabili in acqua e sui prodotti post-emulsionabili e segue dettami differenti a seconda della normativa di riferimento; nel caso di norme EN e ISO, si ha:

- *Lavabili in acqua secondo ISO 3452-2 (EN 571-2)*
  La prova utilizza il pannello che la norma identifica come "Tipo 2" e che è illustrato dalla ISO 3452-3 (EN 571-3) (Fig. 7). Tale pannello è costituito da quattro zone a rugosità differente (R_a pari a 2.5 µm, 5 µm, 10 µm e 15 µm); per la prova in questione si utilizzano le zone a rugosità R_a = 5 µm e R_a = 10 µm del pannello e la parte del particolare da esaminare.
  Entrambi vengono ricoperti dal liquido da testare e successivamente lavati con un getto di acqua nebulizzata a 20 °C ± 5°C. Dopo il lavaggio si confrontano le superfici mediante ispezione visiva e la prova è considerata superata se la superficie del pezzo in esame non mostra più residui di liquido penetrante nelle due zone del pannello "Tipo 2" usate come riferimento. Nel caso di prodotti fluorescenti, l'ispezione va condotta sotto un irraggiamento UV-A di almeno 3 W/m^2.
- *Post-emulsionabili secondo ISO 3452-2*
  La norma non contempla alcuna prova di lavabilità per questa tipologia di prodotti.

Valutazione della sensibilità

Non è stabilito in modo univoco quale sia la tipologia di campione più idonea a definire la sensibilità di una famiglia di prodotti per liquidi penetranti. Come è noto, a seconda del materiale, delle condizioni superficiali, del tipo di indicazione, della temperatura, della tecnica di controllo applicata, le condizioni operative variano e, conseguentemente, un prodotto può risultare più valido di un altro solo in quelle condizioni.
Pertanto, ogni utilizzatore dovrebbe verificare se, relativamente alle condizioni operative tipiche delle sue applicazioni, la sensibilità dei prodotti da lui adottati corrisponde a quella nominale indicata dal fabbricante.
I campioni di riferimento sono ottimi indicatori di sensibilità nelle prove di comparazione fra liquidi penetranti o per determinare principalmente:

- i tempi di applicazione;
- i tempi di emulsificazione;
- l'efficacia dei prodotti al di fuori dell'intervallo di temperatura convenzionale.

I provini universalmente utilizzati sono:

- piastrine in lega di alluminio con cricche;
- pannelli con riporto in Ni-Cr;
- provini con impronte a carico crescente;
- piastrine in plastica dura con cricche.

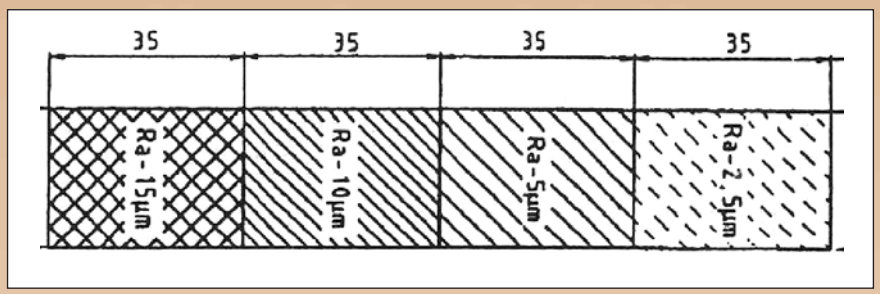


Figura 7 - Pannello "Tipo 2": prova di lavabilità (ISO 3452-3).

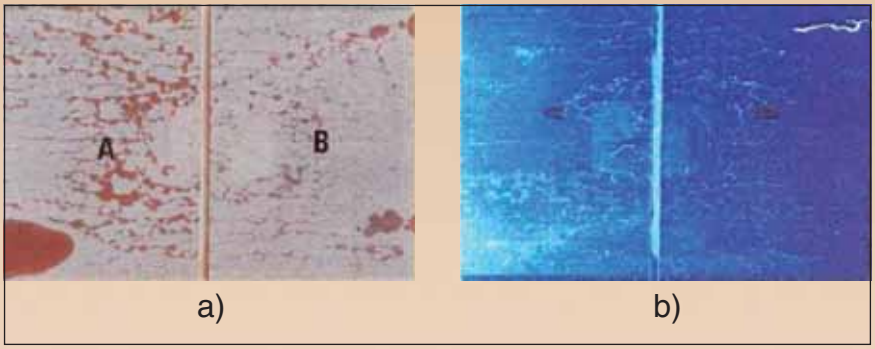


Figura 8 - Pannelli ASME V art. 6: a) Confronto fra prodotti a contrasto di colore; b) Confronto fra prodotti fluorescenti.

Piastrine in lega di alluminio con cricche

Tali piastrine sono il campione proposto dall'ASME V articolo 6, sono realizzate in lega di alluminio 2024 (Al-Cu), opportunamente trattate termicamente e temprate. Ogni faccia è divisa in due zone A e B speculari, che servono per comparare due famiglie di prodotti.
Il codice propone questi campioni per verificare la possibilità di usare un liquido al di fuori del range di temperature convenzionali ma è possibile adottarli anche per confrontare due prodotti appartenenti a case differenti o per confrontare un prodotto nuovo con uno dello stesso tipo e marca ma già usato. Nella Figura 8 sono rappresentati due esempi di prove di sensibilità eseguite su due famiglie di penetranti, uno relativo a prodotti a contrasto di colore (Fig. 8a), l'altro relativo a prodotti fluorescenti (Fig. 8b).

Pannelli con riporto in Ni-Cr

Tali pannelli presentano cricche artificiali molto sottili: sono costruiti con riporti galvanici di spessore variabile su un supporto flessibile. I difetti si ottengono piegando il pannello in modo da fessurare il riporto senza danneggiare il supporto. La ISO 3452-3 (EN 571-3) adotta quattro pannelli di questo tipo identificandoli come pannelli "Tipo 1"; essi sono caratterizzati dai seguenti spessori del riporto: 10 µm, 20 µm, 30 µm, 50 µm.
I pannelli da 10 µm, 20 µm, 30 µm, sono impiegati per determinare la sensibilità delle famiglie di prodotti fluorescenti (Fig. 9) appartenenti rispettivamente alle classi 3, 2, 1; i pannelli da 30 µm e 50 µm sono invece usati per i prodotti a contrasto di colore, i quali possono così appartenere alle classi 2 e 1.
Procedure aziendali di ditte che operano in campo aerospaziale fanno riferimento a 3 pannelli con riporti in Ni-Cr artificialmente criccati (pannelli identificati fine, medium, coarse).

Provini con impronte a carico crescente

Questi provini presentano cricche a raggiera di dimensioni crescenti a seconda del carico impostato sulla faccia opposta del provino stesso; la sensibilità dei prodotti è determinata in funzione del numero di impronte rilevate a seguito di un controllo eseguito sulla superficie del provino (Fig. 10).

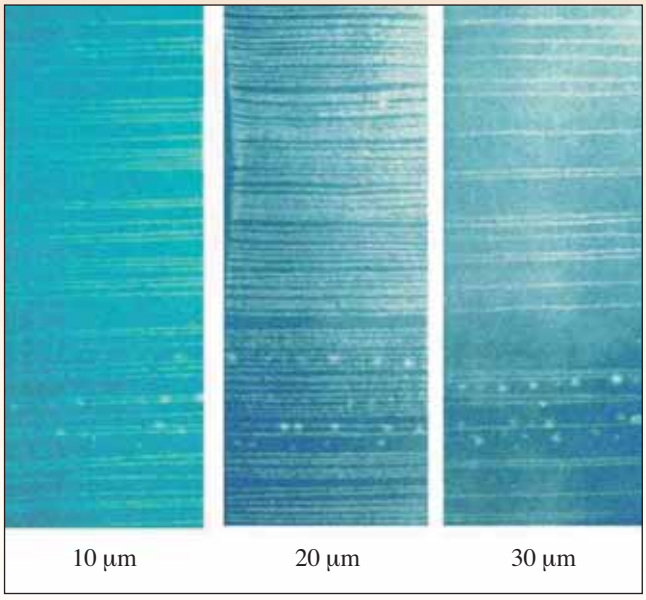


Figura 9 - Pannelli "Tipo 1" (ISO 3452-3).

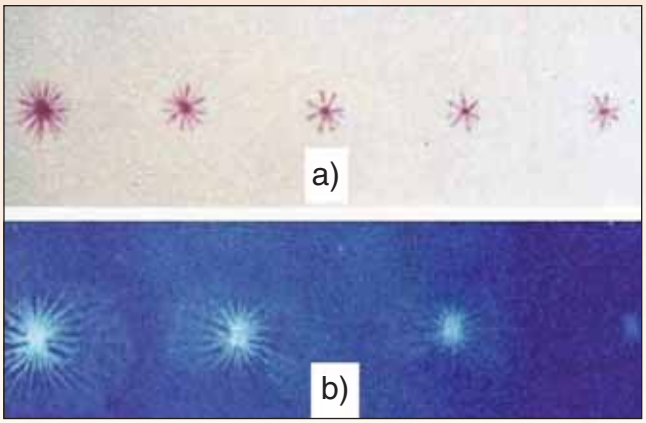


Figura 10 - Pannelli "Tipo 2" (ISO 3452-3): a) il penetrante rosso testato ha permesso la rilevazione delle cinque impronte del pannello; b) il penetrante fluorescente testato ha permesso di rilevare solamente quattro delle cinque impronte del pannello.

La norma ISO 3452-3 (EN 571-3) considera nel pannello "Tipo 2", a fianco delle zone a differente rugosità utilizzate nella prova di rimovibilità, cinque impronte ottenute sottoponendo il pannello ai seguenti carichi:

2.0 kN, 3.5 kN, 5.0 kN, 6.5 kN, 8.0 kN.

Il pannello è costituito da un substrato di acciaio inossidabile austenitico e da un riporto di Ni-Cr spesso circa 60 μm: sul substrato vengono applicati i carichi, sul riporto si formano le cricche.
L'impiego di provini analoghi è imposto dalle procedure di controllo di molte ditte che operano nel settore aerospaziale.

Provini in plastica dura con cricche artificiali

Sono costituiti da una piastra in materiale plastico larga 32 mm e alta 64 mm, recante due cricche superficiali ottenute mediante scarica elettrica e un foro passante che permette il collegamento del provino con il pezzo da esaminare. Essi sono utilizzati prevalentemente nel settore aeronautico, dove prendono il nome di provini "RBC 1" (Fig. 11), e seguono i particolari in esame nelle varie fasi del controllo; dopo l'uso devono essere distrutti.
Il controllo è considerato attendibile se, in fase di ispezione, vengono evidenziate entrambe le cricche.

Perdita di pigmentazione o di fluorescenza

Viene affrontata la valutazione della perdita di pigmentazione o di fluorescenza di uno *strato consistente* di prodotto a seguito dell'uso.
Nel caso di liquidi penetranti a contrasto di colore si ricorre a misure di assorbanza (o trasmittanza), in una provetta di quarzo (10x10 cm^2), mediante l'utilizzo di uno spettrofotometro analogamente al caso delle prove su uno *strato sottile*.

Figura 11 - Provino "RBC 1" a lato di una ruota dentata con cricche da trattamento termico evidenziate con liquidi fluorescenti.

Nelle prove su strati consistenti i prodotti vengono diluiti molto meno e si rileva uno scarto percentuale di pigmentazione fra il liquido nuovo e quello usato. La verifica di perdita di fluorescenza su strati consistenti si esegue valutando la fluorescenza emessa da un quadrato di "carta Whatman", imbevuta di penetrante, e quantizzata da un fotofluorimetro.
Fra i fotofluorimetri più usati ricordiamo le apparecchiature analogiche Coleman 12C, Turner (richiamati dalle norme MIL I 25135 E, AMS 2644, ASTM E 1417 e ASTM E 1135) e il fotofluorimetro NDT S 291, strumento digitale di produzione italiana, e conforme alla norma ASTM E 1135.
In campo europeo, non esistono normative che facciano riferimento in modo esplicito ad un particolare tipo di fotofluorimetro ma viene solamente richiesto (ISO 3452-2) che lo strumento utilizzato abbia una radiazione emessa centrata su 555 nm ± 25 nm e sensibilità alla radiazione UV di lunghezza d'onda pari a 365 nm ± 20 nm.
Indipendentemente dal tipo di fotofluorimetro adottato, le misure si eseguono nel seguente modo:

a) si immergono 5 provini di "carta Whatman" N° 4 in un beaker riempito del penetrante fluorescente usato da testare e successivamente essiccati;
b) si immerge 1 provino di "carta Whatman" N° 4 in un beaker riempito di penetrante fluorescente nuovo (di riferimento) la cui fluorescenza è garantita da condizioni di immagazzinamento controllate, e successivamente viene anch'esso essiccato;
c) si inserisce il provino trattato con il liquido di riferimento nell'apposito porta-campioni dello strumento e si porta la risposta ottenuta, agendo con la manopola CAL, al valore 100.00 sull'indicatore digitale. Si inserisce un campione di "carta Whatman" non trattata nel porta-campioni e, agendo con la manopola ZERO, si digitalizza il valore 00.00;
d) si inseriscono i provini trattati con penetrante usato nel porta-campioni, si rilevano le risposte dello strumento e se ne ricava il valore medio *R*. Si valuta con la seguente relazione la perdita percentuale riscontrata:

$$\text{Perdita} = \frac{100 - R}{100}\,\%$$

TABELLA I - Caratteristiche chimico-fisiche rilevate su liquidi penetranti commerciali.

Tipo di Penetrante	Viscosità ASTM D 445 a 37.8 °C [cSt]	Tens. Sup. a 18 °C [dine/cm]	F. P. ASTM D 93 [°C]	F. P. ASTM D 92 [°C]	Massa vol. a 15 °C [kg/dm³]	Cont. di S ASTM D 129 [%]	Cont. di Cl ASTM D 808 [%]
1R	5.15	24.6	108	115	0.88	0.013	0.02
2R	8.12	27.9	103	109	0.90	0.010	0.01
3R	6.22	24.3	100	106	0.85	0.025	0.02
1F	7.0	25.2	100	107	0.88	0.017	0.02
2F	10.9	27.4	101	108	0.87	0.020	0.02
3F	8.2	24.6	102	110	0.89	0.010	0.01

La norma ISO 3452-2 (EN 571-2) impone verifiche di stabilità della fluorescenza del penetrante a prolungate esposizioni a radiazioni UV e ad alte temperature.
La verifica di stabilità della fluorescenza all'esposizione a radiazioni UV si esegue preparando 10 provini di carta assorbente ed immergendoli in un beaker di liquido in esame.
Dopo essiccazione, 5 provini sono esposti alla radiazione UV di almeno 10 $W/m^2 \pm 1$ W/m^2 per 1 ora: mediante fotofluorimetro si rilevano le risposte dei 5 provini esposti all'UV e dei 5 provini non esposti.
Il valore medio delle risposte in fluorescenza ottenute dai 5 provini esposti deve risultare maggiore dell'80% del valore medio delle risposte dei 5 provini non esposti.
La stabilità della fluorescenza alla temperatura si verifica preparando 10 provini di carta assorbente ed immergendoli in un beaker di penetrante.
Dopo essiccazione, 5 provini sono posti in un forno a 115 °C ± 2 °C per 1 ora; quindi si rilevano le risposte dei 5 provini esposti e dei 5 non esposti.
Il valore medio delle risposte in fluorescenza ottenute dai 5 provini esposti deve risultare maggiore dell'80% del valore medio delle risposte dei 5 provini non esposti.
Nella Tabella I sono riportati i risultati di alcune prove chimico-fisiche eseguite su tre prodotti a contrasto di colore (1R, 2R, 3R) e su tre prodotti fluorescenti (1F, 2F, 3F).

Tariffe Pubblicitarie 2008

RIVISTA ITALIANA della SALDATURA

IIS

TIPO DI INSERZIONE	Euro
- Pagina a colori:	1100,00
- Pagina B + N:	700,00
- 1/2 pagina B + N:	450,00
- 1/4 pagina B + N:	350,00
- Ogni colore in più:	220,00
- Copertina:	2500,00
- 2a di Copertina:	1400,00
- 3a di Copertina:	1400,00
- 4a di Copertina:	1900,00
- Risguardo 2a e 3a Cop.:	1150,00
- Risguardo al Sommario:	1150,00
- Inserto cucito o volante:	1400,00
- Inserto di diverso formato:	1500,00
- Inserto di diverso peso:	1500,00
- Posizione destra o fissa:	+ 20%
- ABBONAMENTO:	90,00
- ABB.TO ESTERO:	155,00
- COPIA SINGOLA:	20,00
- COPIA SING. ESTERO:	30,00

** Gli inserti (formato A4, già stampati fronte / retro) dovranno essere forniti alla Redazione in 3500 copie ad uscita;*
** Per gli inserti di più pagine il prezzo sarà concordato caso per caso;*
** Sulle tariffe indicate si applica lo sconto del 10% per le Società associate all'Istituto Italiano della Saldatura;*
** Sono previsti sconti per quantità (minimo 12 pagine annuali).*

Per informazioni e prenotazioni: ***Franco Ricciardi / Silvia Terrarossa***
Tel. 010 8341.389/392 - fax 010 8341.399 - E-mail: pubblicita.rivista@iis.it

SUPPORTI GRAFICI

Motor Sport EXPOTECH

Mostra convegno prodotti, tecnologie e servizi per il motorismo da competizione

ModenaFiere
16 - 17 Ottobre 2008

www.motorsportexpotech.it

- solo professionalità
- alta specializzazione
- niente spettacolo

ingresso riservato ai soli operatori

promosso da:

assomotoracing
www.assomotoracing.it

organizzato da:

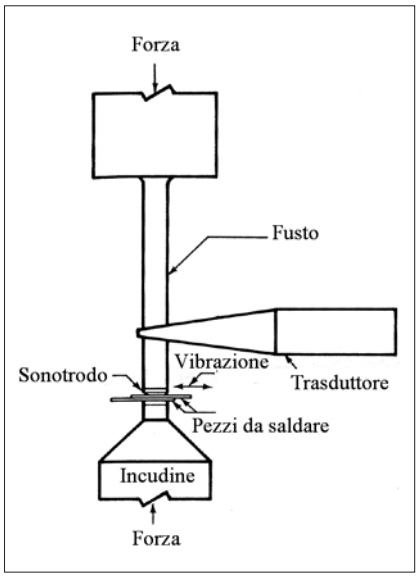
ModenaFiere

BolognaFiereGROUP

Modena Esposizioni S.r.l.
viale Virgilio, 58/B
41100 Modena
tel. 059 848380
fax 059 848790
www.modenafiere.it
segreteria@motorsportexpotech.it

Applicazioni della saldatura ad ultrasuoni per la sigillatura e l'unione di materiali termoplastici

La saldatura a ultrasuoni è una tecnica particolarmente economica adatta soprattutto per manufatti costituiti da resine termoplastiche che debbano essere prodotti su vasta scala e con tempi ciclo minimali (i tempi di saldatura sono inferiori a un secondo).
Il procedimento è ecologico, infatti non sono necessari materiali aggiuntivi o di consumo - ad esempio solventi o collanti.
Gli ultrasuoni consentono di eseguire lavorazioni di saldatura, deformazione, rivettatura, bordatura, inglobamento o saldatura a punti. Sono anche molto adatti in settori in cui vengono impiegati materiali accoppiati, come nell'imballaggio e nel tessile.
Più dettagliatamente la saldatura ad ultrasuoni è un metodo di giunzione che utilizza onde vibrazionali meccaniche ad alta frequenza, fra i 20 e i 40 kHz, producendo per attrito il riscaldamento localizzato necessario alla sua realizzazione.
Una delle due parti del componente da saldare viene messa in vibrazione da un utensile - sonotrodo - applicato ad angolo retto alla superficie della stessa, esercitando contemporaneamente pressione verso l'altra parte tenuta fissa.



Gli ultrasuoni sono vibrazioni meccaniche del tutto simili a quelle prodotte da un qualunque strumento musicale, con una frequenza superiore a quella che può essere udita dall'orecchio umano.
Dette onde di pressione vengono prodotte da ceramiche piezoelettriche racchiuse entro il convertitore o trasduttore.
Le ceramiche piezoelettriche sono in grado di produrre una differenza di tensione fra le due facce, se sottoposte ad una forte pressione.
Questo fenomeno si utilizza comunemente negli accendini piezoelettrici così come nei microfoni. Nella saldatura ad ultrasuoni, in particolare, il fenomeno viene utilizzato al contrario: si genera una tensione sulla ceramica e questa si allunga o si accorcia a seconda della polarità della tensione. Prodotta la vibrazione, occorre poi amplificarla e trasmetterla ai particolari da saldare. Sfruttando la rigidità del materiale con cui sono realizzati i pezzi, si possono portare le vibrazioni a distanza. L'attrito e lo sfregamento delle parti da unire, generano un intenso riscaldamento localizzato con successiva fusione del materiale. La pressione generata dalla pressa facilita la penetrazione dei materiali plastificati, determinando saldature meccanicamente molto resistenti. Tale metodo di saldatura permette, quindi, di realizzare unioni a tenuta stagna. È fondamentale la corretta geometria di accoppiamento, che deve garantire un gioco sufficiente fra le parti per consentire la vibrazione di una delle due.
Sono praticamente utilizzate due diverse tecniche applicative: a vibrazione lineare e a vibrazione orbitale.
L' applicazione della tecnica a vibrazione lineare è cresciuta soprattutto grazie ai due grandi mercati dell'automobile e dell'elettrodomestico, dove la percentuale di componenti in plastica è aumentata costantemente nel corso degli

anni. Consente, infatti, di accoppiare materiali complessi e di saldare pezzi di grandi dimensioni. Inoltre, è adatto alla lavorazione di materie termoplastiche con un'elevata percentuale di sostanze di riempimento e materiali compositi, di fibra annegata in resine termoplastiche. Gli impianti di saldatura possono essere riattrezzati in breve tempo, dispongono di componenti di controllo e consentono di raggiungere elevate velocità di produzione.

La saldatura a vibrazione orbitale consente di ampliare le possibilità per poter accoppiare e saldare insieme particolari di forma complessa e per la saldatura di tessuti sintetici. La vibrazione estremamente ridotta, necessaria per la saldatura, è vantaggiosa in caso di componenti elettronici sensibili.

In conclusione possiamo affermare che la saldatura ad ultrasuoni si è progressivamente diffusa sostituendosi ai metodi tradizionali di giunzione con impiego di solventi o adesivi, con i seguenti vantaggi:

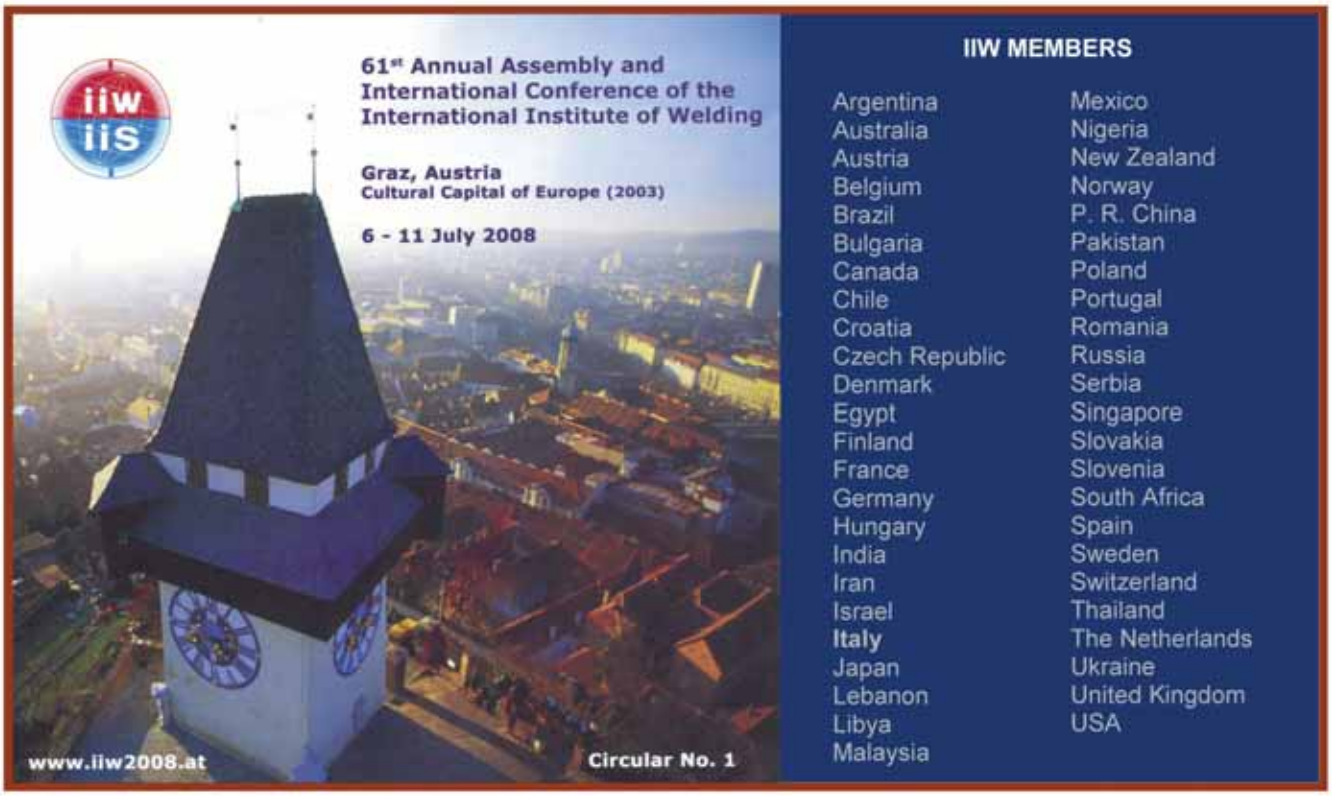
- *Tempi operativi ridotti (secondi o decimi di secondi)*
- *Riproducibilità di risultati*
- *Finitura esterna del pezzo saldato*
- *Ridotti consumi energetici*
- *Inseribilità in linee di produzione automatiche*
- *Semplicità e flessibilità operativa*
- *Semplificazione nella progettazione degli stampi*
- *Ottima tenuta meccanica*
- *Assemblaggi stagni e stabili nel tempo*
- *Saldabilità in presenza di polveri o liquidi*

Tale processo è largamente impiegato nell'industria automobilistica, nella produzione di imballaggi, nell'industria tessile, per la produzione di articoli per ufficio, cartoleria e giocattoli. I materiali oggi saldabili con saldatura diretta (a contatto) sono:

- *Polistirolo cristallo*
- *ABS standard*
- *Polimetacrilato iniettato (Plexiglas)*
- *Policarbonati (Makrolon)*
- *Poliammidi*
- *Poliammidi caricati con fibra di vetro*
- *Polipropilene*
- *Polietilene HP a bassa densità*
- *Ossido di polifenilene PPO*
- *Polisulfone*
- *NORYL*
- *PVC*

Il polistirolo si può saldare in modo eccellente anche a distanza (saldatura lontana), non oltre i 12 cm; analogamente si ha ancora buona saldabilità con l'ABS, non oltre i 3 cm, ed i policarbonati, non oltre i 2 cm.

Dott. Ing. Franco Lezzi *(IIS)*



IIS News

Comitato Direttivo

Il Comitato Direttivo dell'Istituto, congiuntamente al Collegio dei Revisori dei Conti, si è riunito a Genova presso la sede dell'IIS il giorno 29 Novembre 2007; la riunione è stata presieduta dal Presidente dell'Istituto Dott. Ing. Ferruccio Bressani.
Il Segretario Generale, Dott. Ing. Mauro Scasso, ha presentato e commentato i dati sul fatturato, sui costi e sul risultato atteso per l'anno 2007 ed ha proseguito illustrando i dati aggiornati relativi ai dipendenti, agli investimenti ed alla situazione dei crediti e della liquidità dell'Istituto.
L'Ing. Scasso, su invito del Comitato, ha riferito quindi sulle attività effettuate relativamente alla riorganizzazione dell'Istituto ed in particolare alle procedure già emesse e a quelle previste, esponendone i riferimenti fondanti. È stata inoltre aggiornata la situazione relativa ai percorsi formativi e di consulenza riguardanti il "Controllo di Gestione" e la "Valutazione delle Posizioni del Personale".
Il Comitato ha preso atto con soddisfazione degli sviluppi delle attività di riorganizzazione intraprese e ne ha sostenuto il prosieguo.
Il Comitato ha quindi esaminato la situazione delle associazioni all'Istituto dal 13 Giugno al 29 Novembre 2007 decidendo di accogliere 6 nuove richieste di associazione (2 Soci individuali e 4 Soci collettivi) e le dimissioni di 2 Soci individuali.
Al termine al Comitato è stato riferito sul rilevante successo ottenuto dalla 4ª edizione delle Giornate Nazionali di Saldatura (GNS4), tenutesi il 25 e 26 Ottobre 2007 presso i Magazzini del Cotone, nel Porto Antico di Genova. Il Comitato ha espresso soddisfazione per il risultato ottenuto.

Coinvolgimento dell'IIS in due nuovi Progetti Europei

L'Istituto è stato recentemente inserito nello svolgimento di due nuovi Progetti Europei di Formazione Professionale Leonardo da Vinci.
Infatti nei giorni 24 e 25 Gennaio 2008 si è tenuta ad Oeiras (Portogallo) presso la Sede dell'Instituto de Soldadura e Qualitate (ISQ) la riunione iniziale del progetto di Formazione Professionale Leonardo da Vinci EURODATA.

LEONARDO DA VINCI PROJECT

Obiettivo di tale progetto è quello di consentire l'esecuzione completamente informatizzata, e armonizzata a livello europeo, degli esami per la qualificazione delle Figure Professionali in Saldatura (EWE/IWE, EWT/IWT, EWS/IWS, EWP/IWP). In questo modo, attraverso la realizzazione di una idonea banca dati di domande di esame (sotto forma di quiz a risposta multipla), preparate dapprima in inglese e successivamente tradotte nelle lingue di ogni singolo Paese Europeo aderente al progetto, sarà possibile preparare dei questionari differenti per ogni sessione di esame e calibrati per difficoltà delle domande, in maniera equilibrata ed imparziale.
Alla riunione iniziale del progetto EURODATA erano presenti gli Ingg. Carlo Rosellini e Rosario Russo dell'Area Finanziamenti per la Ricerca dell'IIS.
Sempre negli stessi giorni 24 e 25 Gennaio si è tenuta presso l'Università di Ankara (Turchia) la riunione iniziale del progetto di Formazione Professionale Leonardo da Vinci MULTIMEDIA SOFTWARE.
Obiettivo di questo progetto è quello di realizzare un dizionario multilingue relativo a termini di saldatura, esteso in particolare ad alcuni Paesi dell'Europa Orientale: Bulgaria, Romania e Turchia, che sono stati associati di recente all'Unione Europea.
Alla riunione iniziale del progetto MULTIMEDIA SOFTWARE era presente l'Ing. Luca Costa, Responsabile dell'Area Corsi Qualità, Ambiente e Sicurezza in Saldatura.

Una nuova serie di servizi per l'Ingegneria di Processo

L'Istituto Italiano della Saldatura, attraverso la nuova area "Ingegneria di Processo Industriale" (IPI) della Divisione Ingegneria di recente costituzione, offre una serie di servizi legati all'ingegneria di processo per gli Utilizzatori di impianti chimici, petroliferi e petrolchimici.
L'area si avvale delle sinergie presenti all'interno dell'IIS ed è pertanto in grado di contemperare esigenze di tipo tecnico-scientifico, aspetti di carattere legale, problematiche di carattere ispettivo, metallurgico e corrosionistico.
L'area propone pertanto una attività sinergica di assistenza tecnica alle strutture operative del Cliente nello sviluppo

dei servizi tipici dell'Ingegneria di Processo.
In particolare le attività di assistenza tecnica possono svilupparsi attraverso la collaborazione ed il supporto tecnico: nella realizzazione di simulazioni di processo (con utilizzo di software forniti dal cliente), nella stesura di PFD-P&ID, data sheet apparecchiature e manuali operativi, nella preparazione di analisi del rischio e studi HAZOP.
Inoltre l'Area IPI è in grado di fornire servizi indirizzati all'ottimizzazione della gestione delle PSV, finalizzati ad un incremento del tempo di run-time e al miglioramento dell'affidabilità delle stesse, con importanti ripercussioni sugli aspetti legati alla periodicità delle verifiche di legge.
I servizi Area Ingegneria di Processo Industriale:

- *Ottimizzazione dei processi e della loro gestione*
- *Collaborazione alla stesura dei manuali operativi*
- *Collaborazione allo sviluppo di analisi di rischio, studi HAZOP*
- *Analisi PSV, incremento run-time.*

Per informazioni: Istituto Italiano della Saldatura - Lungobisagno Istria 15 - 16141 Genova - Ing. Giuseppe Cevasco Tel. 010 8341 438 - Fax 010 836 7780 - e-mail: giuseppe.cevasco@iis.it.

Formalizzato l'accordo di collaborazione con la più grande Agenzia per il lavoro italiana per il reclutamento di saldatori qualificati provenienti dall'estero

IIS e "Obiettivo Lavoro" hanno attivato, da inizio 2008, la collaborazione per la qualificazione e la certificazione di saldatori reclutati in paesi extra e neocomunitari; la collaborazione mira a soddisfare la crescente richiesta di saldatori specializzati da parte delle aziende italiane, fornendo, come di seguito illustrato, il massimo supporto tecnico e amministrativo.
Le certificazioni, emesse dall'Istituto Italiano della Saldatura, saranno conformi alla normativa europea.

Obiettivo Lavoro S.p.A., la più grande Agenzia per il lavoro italiana, specializzata nella moderna gestione delle risorse umane, si propone come risposta alle esigenze reperimento di figure rare e specializzate utilizzando come bacino di reclutamento i paesi extra e neocomunitari.
Le nostre filiali estere operano su tutto il territorio nazionale di riferimento. La selezione ovviamente è personalizzabile sulla base delle indicazioni fornite dal Cliente.
Il Cliente ha la possibilità di partecipare alle selezioni, accompagnandoci nel paese di origine.
Obiettivo Lavoro si farà carico di gestire il trasferimento e l'accoglienza in Italia dei candidati.
A seconda delle professionalità richieste e selezionate, potranno essere implementati corsi di formazione. Tali percorsi formativi sono completamente gratuiti per il Cliente in quanto verranno utilizzati finanziamenti Formatemp.
I candidati verranno infine inseriti presso il Cliente con un contratto di somministrazione a tempo determinato, che offre maggiori possibilità di gestire la flessibilità dell'impresa.
La somministrazione a tempo è, infatti, ammessa per far fronte a qualsiasi esigenza dell'impresa, anche riferibile alla sua ordinaria attività.
Nel 2006 Obiettivo Lavoro ha investito sul tema della Responsabilità sociale di Impresa: è la prima Agenzia che si impegna nel progetto promosso dalla UE e dal Minwelfare sulla Corporate Social Responsability (Carta dei Valori, Codice Etico, Bilancio sociale). Obiettivo Lavoro è la prima Agenzia che aggiunge a ciò l'acquisizione della Certificazione Etica SA 8000, oltre alla certificazione ISO 9001:2000.
Per informazioni rivolgersi a: Obiettivo Lavoro - Agenzia per il Lavoro S.p.A., e-mail: danieleplatini@obiettivolavoro.it.

Future IIW
Annual Assemblies
iiw
iis
2008 Austria
2009 Singapore
2010 Ukraina
2011 India
2012 United States
Future IIW
International Congresses
2008 India
2008 Brazil
2008 China
2009 Nigeria
2009 Iran
Per ulteriori informazioni: www.iiw-iis.org

Sol Welding

ADVANCED
MULTIFUNCTION
PROJECT

AMP

AGS
TECHNOLOGY

SEMAT ITALIA S.R.L.®

PRODUCTS FOR NDT AND QUALITY CONTROL

Semat Italia s.r.l. | Via Monte Rosa 81/A 20043 Arcore (MI) | Tel. +39 039 6013490 | Fax +39 039 6014111
www.sematitalia.it | semat@sematitalia.it

International Institute of Welding
European Welding Federation

Notizie

The 61st Annual Assembly 2008
Graz, Austria - July 6 - 11

The Annual Assembly and the International Conference will take place in Grazer Congress (Convention Center Graz), located right in the centre of the Old Town. Grazer Congress has created a blend of tradition and modernity that is an ideal backdrop for creative communication. The unique location in the historic city centre of Graz, a UNESCO listed World Cultural Heritage site, in walking distance to hotels, restaurants, sites and shops, not to mention the centre's fabulous facilities, all contribute towards the convention centre's inspiring atmosphere. Grazer Congress is a founder of the Historic Conference Centres of Europe alliance.

International Conference
"Safety and Reliability of Welded Components in Energy and Processing Industry" - 10-11 July 2008

Welding and the behaviour of welded materials play a key role in the safety and reliability of components in energy and process industry.
These items represent in many cases the limiting factors for the design, fabrication, construction, service life, economy, reliability and safety of the entire project.
This Conference is held as part of the 61st General Assembly of IIW. The executive organisers of this event are Schweißtechnische Zentralanstalt (SZA), the Austrian Welding Society ÖGS and Graz University of Technology.

For further information and registration: www.IIW2008.at

NEWSLETTER

Nº. 23 - 2007 ewf-iab@isq.pt

News & Information about the EWF and the International Authorisation Board of the IIW

Editorial

Summertime! And Promotion of IIW Certification Systems is a key task for both IIW and EWF-IAB/IIW Secretariats.

IIW and EWF negotiated an agreement for the transfer to IIW of the EWF harmonized European Certification Systems – the Personnel Certification System and the Certification System for Companies complying with ISO 3834. These EWF European Systems are now being adapted and developed within IAB Group B so that the International dimension is introduced, ensuring that these systems become the International IIW Certification Systems.

These International Certification Systems with IIW and EWF trademarks will be recognised in the market as a quality label in welding construction. The industry in many countries in Europe has found the good value for money to achieve this certification and have their data promoted through the EWF Web pages.

The negotiation between EWF and IIW made it very clear that the successful worldwide implementation of the IIW Certification Systems requires a comprehensive promotion plan that ensures wide awareness throughout the members of IIW and outside this membership of the existence of such relevant International Harmonized Certification Systems for companies using welding.
With that aim it was agreed, in January 2007, to set up a Task Force with the participation of IIW, EWF and IAB members that together agreed upon a first Operational Plan for the promotion of IIW Certification Systems.

This Operational Plan includes several actions such as

- *the already implemented organization of the ISO 3834 Workshop in Dubrovnik*
- *preparation of flyers, adverts and press releases/promotion papers to be published in IIW members' journals/publications*
- *sending of promotional materials to trade associations and people holding IIW qualifications*
- *definition of a website address, logo and slogan for the promotion of IIW Certification Systems*
- *organization of seminars/workshops at national level and so on...!*

The implementation of this Operational Plan for the Promotion of IIW Certification Systems is the responsibility of IIW Secretariat in cooperation with EWF-IAB/IIW Secretariat. The two Secretariats are totally committed to this important task, making use of the very good synergies existing between them. The needs and priorities definition for the successful implementation of the Operational Plan will be one of the first actions to be done after returning from the sun, sea and sand.....This task of Promoting IIW Certification Systems is certainly a responsibility of both Secretariats but clearly cannot be efficiently done without the participation and commitment of all IIW/IAB members that must nationally drive and be the engines of this promotion activity.

So be prepared to promote the IIW Certification Systems in your country! We are waiting for your ideas regarding promotion activities, materials, events. No limits to imagination! This is our task now!

Rute Ferraz - IAB Chief Executive

www.ewf.be
www.iiw-iis.org

EWF-IAB/IIW SECRETARIAT
Av. Prof. Cavaco Silva, 33
TagusPark - Apartado 012
P-2741-901 Porto Salvo
PORTUGAL
Tel:(+351) 214211351
Fax:(+351) 214228122
Email: ewf-iab@isq.pt

61st Annual Assembly and International Conference of the International Institute of Welding

6 - 11 July 2008
Graz, Austria

Part of the IIW 60th Anniversary Year Celebrations: A world of Joining Experience

RAILSAFE

Education, Qualification and Certification

A system for the education, training, qualification and certification of aluminothermic rail welders on a common European basis, designed to facilitate compliance with EN 14730-2

RAILSAFE – a system for the education, training, qualification and certification of aluminothermic rail welders on a common European basis, designed to facilitate compliance with EN 14730-2

Background

The aim of RAILSAFE is to improve welder mobility between railways in different countries and between contractors and to give a wider recognition of skills and qualifications.
The RAILSAFE system has been developed in a project, supported by the European Union Leonardo da Vinci Community Vocational Training Action Programme, aiming at continuing vocational training for life-long learning. The project was carried out by 9 partners from 7 European countries, from 1 October 2004 till 30 September 2007.
During workshops in 5 European countries, railway track experts have determined the industry requirements with regard to education and training of welders.
Apart from the Guideline and Rules, a data base for qualified and certified welders has been developed.
On a European seminar the outcomes of the project have been discussed, leading to amendments of the system.
The value of the system has been demonstrated in pilot training courses in 5 different countries.
The system supports and provides a method of achieving compliance with the CEN Standard EN 14730-2, Railway applications. Track. Aluminothermic welding of rails. Part 2: Qualification of aluminothermic welders, approval of contractors and acceptance of welds.

Structure of education, training, qualification and certification

Mold Pre-Heat

The system is voluntary and provides for theoretical education and practical training of aluminothermic welders, their examination, issue of a Diploma, valid for the life of the holder, and Certificates with limited time validity.
Qualification, resulting in the issue of a generic Diploma, requires theoretical education, practical training and theoretical and practical examination.
Certification requires qualification as above plus satisfactory track welding experience. Diploma holders are required to demonstrate a one year period of supervised, documented and satisfactory experience to receive a Certificate, which is process variant specific.

Aluminothermicweld

Weld cooling

A Guideline, prepared by RAILSAFE, is available through the European Welding Federation (EWF):
Minimum Requirements for the Education, Training, Examination, Qualification and Certification of a European Aluminothermic Welder (EAW), RAILSAFE/Guide/PU/SLV/TB/060227
(to be downloaded from: www.ewf.be/railsafe)

Organisational structure

To achieve uniformity across Europe, a European Rail Organisation (to be assigned or established by the European rail community) employs special rules for RAILSAFE Authorised National Bodies (RANBs) in each country that wish to implement the rail welder training, qualification and certification scheme. The organisations to be RANBs are the national railway authorities, who could decide to subcontract their work to another organisation, e.g a welding institute. The RANBs are responsible for the implementation of the scheme at the national level.
As long as the European Rail Organisation has not been established, the European Welding Federation has agreed to act as the European umbrella.

The Rules for the implementation of the RAILSAFE system are available through the European Welding Federation (EWF):
Rules for the Implementation of RAILSAFE Guidelines for the Education, Examination, Qualification and Certification of European Railway Track Welding and Related Personnel, RAILSAFE/RULES/PU/TWI/TJJ
(to be downloaded from: www.ewf.be/railsafe)

INDIAN INSTITUE OF WELDING
WELDINDIA 2008
International Welding Technology Exhibition
8 - 10 January 2008, Chennai, India

ABS - Brazilian Welding Association

ABS - Brazilian Welding Association took the lead in Brazil as an observer member of IIW in 2005.

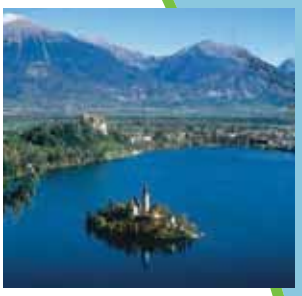
In the early 2006, ABS-Brazilian Welding Association became a full member and applied for an ANB. Preliminary approval was granted in August 2006 followed by the auditors' visit and finally the approval of ABS-Brazilian Welding Association as the Brazilian ANB in June 2007.
Brazil became the second ANB in the American Continent (Brazil and Canada) and the only one in Latin America.

At present, ABS-ANB is running the second course for IWE-International Welding Engineer and next year two more courses are scheduled: IWS-International Welding Specialist and IWSD-International Welded Structures Designer.
In the first IWE course 22 students concluded enthusiastically without anyone dropping out. All appreciated the IWE program and high level of teachers selected was within the best in the country.
It is really an excellent opportunity for Brazil to promote the international qualification of welding professionals which is so important for the industrial development. This is of outstanding relevance in the present context due to the on-going projects in the field of oil, pipelines, platforms and new petrochemicals and steel plants being installed.

New EWF President

Mr. German Hernandez will end his term as EWF President in December 2007 and EWF has acknowledged his services in favour of the development of the organization. In the last EWF General Assembly in Dubrovnik, Croatia, the new President , Mr. Tim Jessop from TWI, UK, was elected. Mr. Jessop's term will run from January 2008 to December 2010.

Slovenian Welding Society
Slovenian ANBCC
Certification of welding quality systems



The certification of welding quality systems has been known in Slovenia for a long time. A national standard of 1972 was implemented mainly in the field of construction and assembly of welded structures. The standard specified higher and lower levels of requirements. Implemented were also technical guidelines for the assessment of manufacturers of gas pipelines and nuclear facilities. In the 1990s national standards were superseded by European standards. In 2000 the Slovenian Welding Society (SIWS) got the EWF authorisation to certify companies in accordance with EN 729.

In Slovenia there are 32 companies holding valid company certificates. Some further companies are in the process of assessment and recertification. Characteristics of the certificates issued are shown in the Table.

Characteristics of EN729/EN ISO 3834 certified companies in Slovenia

Part of EN 729 or EN ISO 3834	Part 2	Part 3	Part 4
Number of certificates issued	11	12	8
Application	structures	power engineering	pressure equipment
Number of certificates issued	24	6	3
Co-ordinator qualifications	EWE IWE	EWT IWT	other
Number of certificates issued	13	7	11

The SWS, jointly with the Slovenian Welding Institute, has organised several seminars for the companies engaged mainly in welding production to make them familiar with the quality system specified in EN 729 and EN ISO 3834.

We organised also a workshop on the preparation of a quality manual and pertaining operating procedures. The Slovenian Welding Institute is a partner in the Global-Mat project. In this connection a course on the introduction of a quality system in outsourcing of welding work is going to be organised.

The implementation of the quality system in accordance with EN ISO 3834 and the certification of companies engaged in welding work are being introduced gradually. Customers and bodies in charge of product acceptance are still poorly acquainted with EN ISO 3834 and, consequently, make no reference to it.

Excellence in Welding, Joining and Cutting
www.ewf.be / www.iiw-iis.org

LEADOUT

Low Cost Lead-Free Sol- Technology to Improve Competi- ss of European SMEs 2004 - 2007

DOUT, Low Cost Lead-Free Soldering Technol- Competitiveness of European SME, co-funded an Commission, had a duration of 3 years and the oF 29 partners coming from 9 European coun-

This project achieved a total of 39 deliverables, among which we may find tools to support the implementation of lead-free soldering in electric/electronic industry - the main goal of the project.

e E-learning Lead-free Assembly Course and the Online hoto library are just some of the examples illustrating the proj- ct developed products.
Further information about the public results and tools produced within this project are available at project's website: www.leadoutproject.com.
EWF, as an active dissemination channel of this project, strongly suggests its members to register on www.leadoutproject.com so as to access the E-learning Lead-free Assembly Course and Photo-library, which will certainly be of interest.

GLOBAL MAT

Methodologies, Accreditation and Training within Outsourced Production Processes and Global Production Workflow

Leonardo da Vinci Pilot Project 2006 - 2008

- New Methods for mapping of competence and Just-in-Time transfer of knowledge in outsourced industrial production
- Advanced ICT technologies remove misunderstandings when using foreign languages during the cooperation period
- The Cyclic Corrective Action (CCA) method improves and enhances the collaboration between international organisations
- CCA addresses the role of semantic interoperability by identifying the gap between formal knowledge and required competence

SMARTBOARD TECHNOLOGY
Video streaming on a smartboard. Staff makes digital notes. Notes are afterwards published on the internet, or submitted by e-mail

VIDEO CONFERENCE
Norway: Transfer of production and design knowledge from company to contractor, by using video conference and smartboard technology.

NEW Education and Culture Leonardo da Vinci

The EWF had recently received the approval of two new LdV Projects, involving a total of 8 EWF members, and having EWF Secretariat as coordinator.
"Eurodata - Online Examination database for Harmonised Training" and "WELDSPREAD - European Transfer Models For Welding Personnel Certification" were approved by the LdV Portuguese National Agency and European Commission respectively, what shows the recognition of the work done by the EWF network in the last years in the scope of European Projects. These projects are expected to start in December 2007 and will last for 24 months.

Contact Seminar "New basic skills for Employment"

The EWF Secretariat has recently received the approval of its participation in a European Seminar addressing the development of skills and focusing items such as: Entrepreneuship, the usage of ICT, and validation of prior learning acquired in non-formal and informal environments, as these are crucial priorities in Vocational Training and Adult Education.
The participation of EWF secretariat was supported by the Portuguese National Agency and took place on 14-18 November in Murcia, Spain.

HAMSTER

New Harmonized Models for Skills Transfer to SME, Identifying a European Plastic Welding Repository

Leonardo da Vinci Pilot Project 2006 - 2008

INDUSTRY
Industry case:
Hot to do, and how NOT to do, ABT follows the industrial production processes, utilizing work orders and work packages.

CONTENT SERVER
A Plastic Welding course where the student is utilizing video streaming from the content server in a blended learning enviroment, with onsite practical training.

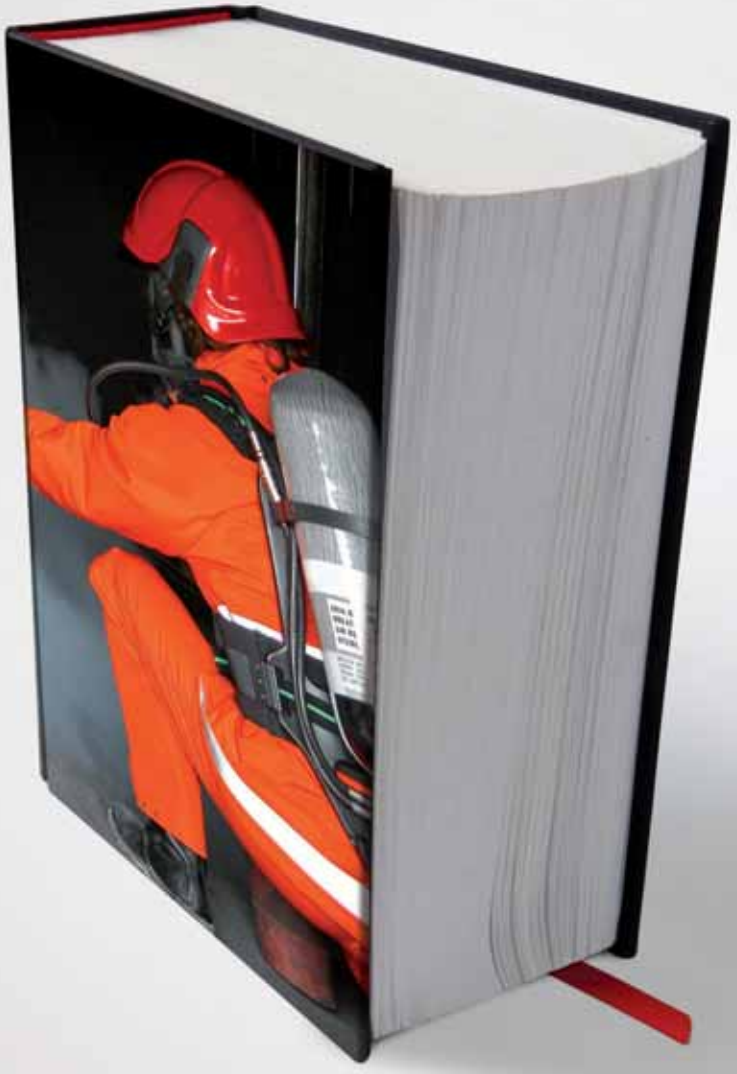
VIDEO STREAMING
Video streaming on a smartboard. Teacher makes digital notes. Notes are afterwards published on the internet.

- Validation of Activity BasedTraining (ABT) methodologies for welder-trainers and welders
- ABT follows the industrial production processes, utilizing work orders and work packages
- ABT may be utilized in Skills Upgrading Processes where theory and practice are closely connected
- 2 welding courses are structured according to the European Welding Federation's Guideline EWF-581-01
- ABT may be utilized as a blended learning framework: face-to-face, on-site training, e-learning solutions, high quality video streaming and video conferencing

For more detailed information consult the EWF webpage under "Coorperation Projects": **www.ewf.be**

These Projects are co-funded by the European Commission/ DG Research 6TH EU Framework Programme for Research, Technological development and demonstration (2002-2006)

Apriamo un nuovo capitolo in materia di Safety.



Il mondo della safety si incontra all'evento internazionale degli operatori del settore, un imperdibile momento di business, aggiornamento e formazione professionale. E da questa edizione a SICURTECH Expo verrà presentata una nuova area espositiva con prodotti e servizi di eccellenza per la PROTEZIONE CIVILE. La rinnovata concomitanza con SICUREZZA farà di Milano, per quattro giorni, la capitale di security & safety.

SICURTECH Expo

fieramilano | RHO, DAL 25 AL 28 NOVEMBRE 2008

ANTINCENDIO - SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO - PROTEZIONE CIVILE

In contemporanea con SICUREZZA

www.sicurtechexpo.it

FIERA MILANO TECH

FIERA MILANO

L'opinione

Luci ed ombre della standardizzazione in Europa

Le direttive tecniche pubblicate in Europa negli ultimi anni hanno dato una forte spinta alla creazione di un sistema integrato di standard europei capace finalmente di competere ad armi pari col sistema americano. Nessuno dei sistemi di standardizzazione esistenti nei vari paesi dell'Unione può, infatti, vantare la coerenza e la completezza del sistema americano: il quale è spesso intervenuto in passato, ed interviene spesso ancora oggi, a colmare le lacune esistenti nei sistemi nazionali di paesi come l'Italia, la Francia e il Regno Unito, in misura minore della Germania.

Per citare solo qualche esempio relativo al settore della Caldareria, sia in Italia che in Francia che nel Regno Unito alcuni standard ASTM relativi agli acciai sono ancora oggi di uso comune (tubi in A 106 grado B, fucinati in A 105, bulloneria in A 193 B7); lo stesso accade per gli standard relativi alle saldature (norme AWS) e per quelli relativi ai controlli NDT (norme ASNT).

L'industria impiantistica europea, se vuole vendere fuori dall'Europa, è perciò normalmente costretta ad adottare gli standard americani (norme ASME/ASTM per i materiali, norme TEMA per gli scambiatori di calore a fascio tubiero, norme ANSI per le flange e le tubazioni, norme UBC per le costruzioni civili, e così via).

Ma in che cosa questo fatto costituisce uno svantaggio per l'industria impiantistica europea? Se si analizzano in dettaglio gli standard americani, ci si rende conto che essi corrispondono (cosa del resto logica) alle esigenze particolari dell'industria U.S.A.: un'industria cioè, che, al contrario dell'industria europea, non ha mai avuto carenza di materie prime, e per la quale quindi la minimizzazione dei costi (che è uno dei motivi alla base dell'adozione di un sistema di standardizzazione) non passa tanto attraverso un risparmio di materiale, quanto piuttosto attraverso uno snellimento delle procedure, sia di quelle relative ai calcoli, che di quelle relative ai controlli.

Per fare un esempio nel campo della Caldareria, le norme ASME Sezione I (caldaie) e Sezione VIII divisione 1 (apparecchi a pressione non soggetti alla fiamma) prescrivono per gli acciai una sollecitazione ammissibile non superiore al carico di rottura a freddo diviso per 3.5. Questo fa sì che per i materiali più comuni (acciai al carbonio e debolmente legati) la sollecitazione ammissibile resti praticamente identica al variare della temperatura da quella ambiente sino a circa 250°C: cosa assai comoda per chi fa i calcoli (quanto meno se si pensa all'epoca in cui i calcoli si facevano col regolo), anche se porta, com'è ovvio, a surdimensionare tutti gli apparecchi destinati a funzionare a temperature inferiori a 250°C. Questa abbondanza di spessore permette, d'altro canto, di limitare i controlli NDT sulle saldature, o quanto meno di adottare dei criteri più permissivi per l'accettabilità dei difetti nelle stesse. E permette inoltre di mantenere basse altre caratteristiche degli acciai, come il limite elastico a temperatura ambiente o la resilienza a bassa temperatura.

Se poi si fa riferimento alle norme TEMA sugli scambiatori di calore a fascio tubiero, la tendenza ad abbondare nel materiale risulta ancora più evidente: si pensi ad esempio al sovraspessore di corrosione di 3.2 mm imposto a tutti gli scambiatori di classe R (dove R sta per "Refinery", anche se molti dei fluidi usati in raffineria sono tutt'altro che corrosivi). Oppure allo spessore minimo delle lamiere, da mantenere comunque almeno pari ad un valore prestabilito, indipendentemente dallo spessore richiesto dal calcolo per la pressione interna (il che porta, tanto per fare un esempio, ad adottare uno spessore minimo di 13 mm in apparecchi in acciaio al carbonio aventi un metro di diametro). Anche qui, l'intento è uno solo: abbondare negli spessori per avere apparecchi che possano sopportare senza problemi maltrattamenti di ogni tipo. Ma se questo ha un senso per gli apparecchi a fascio estraibile quando il fascio, come spesso accade in raffineria, si incolla praticamente al fasciame a causa della presenza di residui di pro-

dotto allo stato semisolido, non si vede la necessità di imporre i 13 mm anche per gli apparecchi a piastre tubiere fisse, dove l'esigenza di estrarre il fascio non esiste proprio.

E che dire delle flange delle tubazioni, dove le flange ANSI/ASME sono di impiego ormai generale nel mondo della petrolchimica, mentre in ambiti differenti, sia in Germania che in Italia, vengono spesso usate flange secondo norme DIN (o secondo norme UNI, equivalenti alle DIN), sensibilmente più leggere, a parità di classi di pressione, delle altre?

Ciò accade perché i criteri alla base dei due sistemi di standardizzazione sono anche qui differenti: le flange ANSI/ASME sono flange capaci di essere maltrattate, stringendole eventualmente a morte quando non tengono: le flange UNI o DIN sono flange che richiedono, per tenere la pressione, una miglior finitura nella lavorazione delle sedi di guarnizione, e una stretta dei tiranti controllata mediante chiave dinamometrica; ma che comunque le flange DIN o UNI non possano andar bene anche nell'industria petrolchimica, quando usate conformemente ai criteri suddetti, è cosa ancora da dimostrare.

L'entrata in vigore di una serie di direttive "Nuovo Approccio", con la relativa creazione di una serie di norme CEN cosiddette "armonizzate" (tali cioè da garantire la "presunzione di conformità" alla direttiva o alle direttive di prodotto applicabili), obbliga comunque ad un ripensamento sui criteri ai quali dovranno logicamente adeguarsi i nuovi standard europei. Già avevamo posto l'accento sulla difficoltà di garantire la conformità alla direttiva PED (=Pressure Equipment Directive) di apparecchi costruiti secondo le norme ASME americane, senza modifiche sostanziali ai criteri posti a base di tali norme, o quanto meno senza l'integrazione di prescrizioni aggiuntive essenziali (ad esempio, garanzia del fabbricante sulle caratteristiche a caldo e a freddo dei materiali, non richiesta nei materiali ASME, ma imposta dalla PED).

Per comprendere la difficoltà dell'utilizzo di standard americani nel contesto della PED, basta pensare che negli U.S.A. la conformità ai minimi dettagli dello standard e alla "User's Design Specification" è sufficiente a garantire la sicurezza dell'apparecchio: ciò limita pertanto la responsabilità del costruttore al rispetto dei suddetti documenti. In Europa, al contrario, la garanzia del costruttore è praticamente illimitata, dovendo questi assicurare non il rispetto di uno standard particolare, bensì il rispetto dei cosiddetti "principi essenziali", il più importante dei quali è la redazione di una dettagliata "analisi dei rischi", specifica per ogni apparecchio, nella quale egli dimostri di aver tenuto conto di tutte le possibili condizioni in cui l'apparecchio stesso si troverà in futuro ad operare, siano esse di progetto, operative, eccezionali, di prova, di trasporto, di montaggio o di manutenzione.

Ciò implica, ovviamente, un'analisi molto più dettagliata, che fa di ogni componente in pressione un caso particolare, con un lavoro molto maggiore da intraprendere sia nella fase del progetto iniziale, sia in quella dei controlli sul prodotto finito; analisi e controlli che non possono essere sostituiti, come spesso avviene negli standard americani, dall'uso di un maggior peso di materiale.

Gli Americani stessi si sono ormai resi conto che sono queste le problematiche legate alla nascita delle nuove direttive europee, e che forse quello che è vero per l'industria europea comincia ad essere altrettanto vero anche per la loro industria; ormai da tempo si sta infatti manifestando nella normativa U.S.A. la tendenza alla diminuzione dei pesi e degli spessori: già qualche anno fa il coefficiente di sicurezza sul carico di rottura a freddo delle Sezioni I e VIII divisione 1 del Codice ASME era stato abbassato da 4 a 3.5; nel Gennaio 2008 va poi in vigore la nuova edizione della Sezione VIII divisione 2, sostanzialmente rifatta rispetto all'edizione precedente. In questa nuova edizione molte idee sono state prese dalla nostra EN 13445, come la pressione di prova idraulica (la stessa della PED), le sollecitazioni ammissibili dei materiali (coefficiente di sicurezza sulla rottura a freddo portato da 3 a 2.4), l'introduzione dell'analisi limite nel "Design by Analysis", la sostanziale modifica del capitolo sulla fatica, molto più allineato ora alle norme europee.

In pratica, con questo progressivo allineamento dei loro standard alle norme armonizzate, gli Americani riconoscono implicitamente che è tempo anche per loro di abbandonare alcuni concetti, oramai obsoleti, su cui fino ad ora tutto il loro sistema di standardizzazione si basava. Ma gli Europei se ne stanno rendendo conto?

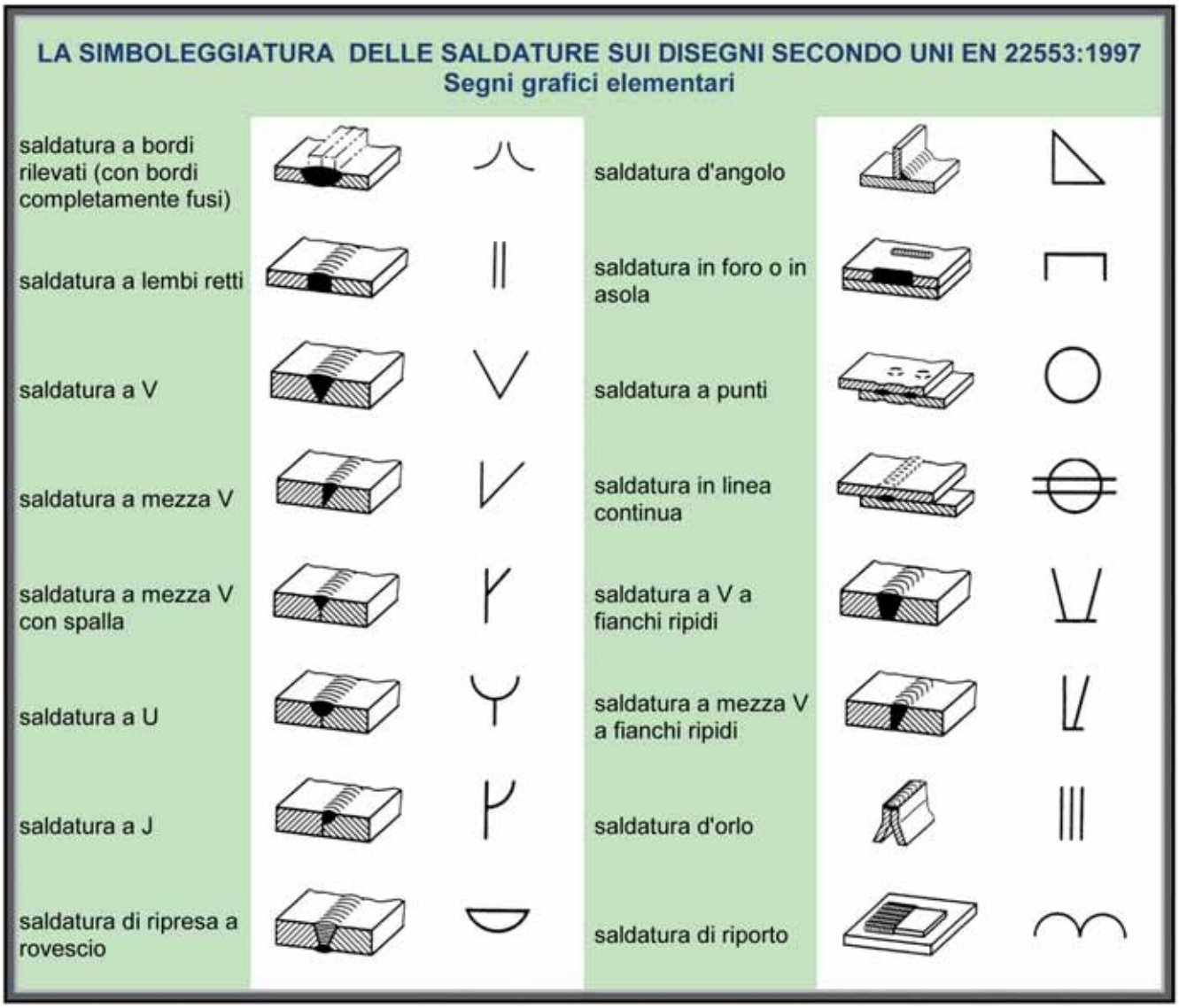
La pervicace insistenza a mantenere in vita i vecchi codici nazionali sugli apparecchi a pressione non soggetti alla fiamma in paesi come la Francia (CODAP 2000), la Germania (AD 2000) e il Regno Unito (PD 5500) fa pensare che, in effetti, non se ne rendono conto affatto. O che, in alternativa, esistono in quei paesi gruppi o associazioni interessate al mantenimento e allo sviluppo ulteriore dei vecchi codici. Difatti, al contrario di quanto è avvenuto in Italia con le Raccolte ISPESL (che, dopo la pubblicazione delle Raccomandazioni CTI per il loro ulteriore impiego in ambito PED, non vengono più aggiornate né dall'ISPESL, né dal CTI né da altri organismi o associazioni), esistono nei paesi sopra menzionati gruppi di lavoro preposti all'ulteriore sviluppo e all'aggiornamento dei relativi codici. Ma la cosa più sorprendente è che questi esperti, finanziati dalle locali associazioni industriali, sono spesso gli stessi che hanno già lavorato (con i finanziamenti della Commissione Europea) allo sviluppo della EN 13445, cioè proprio della norma armonizzata che, nelle intenzioni della Commissione, avrebbe dovuto sostituire in Europa tutti i codici nazionali relativi agli apparecchi a pressione non soggetti alla fiamma.

Le associazioni nazionali mettono dunque a disposizione senza problemi i finanziamenti necessari all'ulteriore sviluppo dei vecchi codici, ma non sono invece disponibili a finanziare gli stessi esperti quando questi lavorano per la normativa europea! È chiaro quindi che il taglio dei finanziamenti da parte della Commissione rende sempre più difficile il progredire degli standard europei.

Ma se questo della sopravvivenza delle vecchie norme nazionali è un problema specifico dei soli apparecchi a pressione, vi è ancora da osservare che i criteri seguiti dalle diverse norme armonizzate relative agli altri prodotti ricadenti nella direttiva PED non sono univoci, e risentono molto spesso delle idee particolari o della particolare formazione tecnica del presidente e degli

esperti dei diversi Comitati Tecnici preposti alla loro elaborazione.
Succede poi abbastanza di frequente che i campi di applicazione di norme differenti si sovrappongano, sicché uno stesso prodotto può essere calcolato secondo standard differenti, come accade ad esempio per i serbatoi di GPL o per gli apparecchi criogenici, per i quali esistono norme specifiche, simili, come impostazione, all'EN 13445, ma che, in pratica, danno luogo a differenze spesso sensibili nel dimensionamento e nei controlli. Si fa pertanto sempre di più sentire la necessità di un coordinamento centrale che detti criteri univoci per tutti i TC interessati a determinate problematiche (in particolare quelle poste dalla direttiva PED): spesso questo coordinamento non viene fatto per motivi che con la tecnica hanno poco a che fare, e che riguardano soprattutto il bilanciamento delle competenze sui vari TC tra gli organismi di standardizzazione più potenti (BSI, DIN e AFNOR). Saranno gli Europei dei diversi Stati abbastanza intelligenti da comprendere che è giunto il momento di sacrificare i loro meschini interessi di bottega a un comune interesse della loro industria?

Dott. Ing. Fernando Lidonnici
Sant'Ambrogio Servizi Industriali S.r.l.



www.metef.com

7th edition

metef

9-12 APRIL 2008

GARDA EXHIBITION CENTRE
MONTICHIARI - BRESCIA - ITALY

N.1 ALUMINIUM EXPO

Extrusion - Diecasting - Finishing - Machining
Welding and other technologies

two events one great appointment

metef International Aluminium Exhibition

with foundeq EUROPE International Foundry Equipment Exhibition

Marketing & sales: Edimet Spa,
Via Brescia, 117 – 25018 Montichiari, Brescia (Italy)
phone +39 030 9981045 fax +39 030 9981055
e-mail: info@metef.com

sponsor

BANCO DI BRESCIA

Dalle Aziende

Nuova sede per la Welding Alloys Italiana

Da poco più di un anno la Welding Alloys Italiana Srl si è trasferita nella nuova sede in Via Einaudi, 4 a Peschiera Borromeo, a pochi chilometri da Milano.
Welding Alloys, associata all'Istituto Italiano della Saldatura da ormai 18 anni, dal 1966 produce filo animato per saldatura e riporti speciali. Tutte le unità del Gruppo utilizzano gli stessi impianti produttivi.
La costanza qualitativa è garantita a livello mondiale. La nuova sede dispone di un ampio spazio per lo stoccaggio di fili animati e lamiere antiusura.
I fili animati, "core business" del nostro Gruppo, sono realizzati in leghe di nichel, cobalto, inox, bronzi, duplex e superduplex, riporti duri, bassolegati al CrMo, e sono utilizzabili in tutti i procedimenti di saldatura (MIG - MAG - A/S - OPEN ARC), nel campo della manutenzione industriale e nella costruzione di impianti.
La tecnologia Integra è un servizio offerto al cliente ideato per ricostruire componenti usurati tramite riporti di saldatura, sia nelle nostre officine europee che "on site".
Le lamiere antiusura Integra 100, 300, 600 & Hardlite, con spessori a partire da 2+2 mm, sono fornite in dimensioni commerciali, forate, piegate e lavorate.
Gli impianti Multisurfacer sono progettati per aumentare la produttività ed incrementare il livello di sicurezza; trovano applicazione dove sia richiesta una ricarica automatica e programmabile di componenti nuovi o usurati, utilizzando fili animati idonei. Nella foto, Adelio Cordari, titolare della società.

WELDING ALLOYS ITALIANA S.r.l.
Via Einaudi, 4
20068 Peschiera Borromeo (MI)
Tel. 02 51650444-421 - Fax 02 51650502
e-mail: info.italy@welding-alloys.com
www.welding-alloys.com/italy

MECSPE 2008: la fiera professionale per l'industria manifatturiera, specializzata nel trasferimento di successo

Fiere di Parma ospiterà dal 3 al 5 Aprile 2008 la settima edizione di MECSPE, fiera internazionale della meccanica specializzata. Anche quest'anno l'appuntamento fieristico punta i riflettori su un settore, la meccanica italiana, che continua a lanciare segnali positivi.
I preconsuntivi della produzione del 2007 dell'industria "meccanica varia" evidenziano infatti un incremento dell'8.9% rispetto all'anno precedente e le previsioni 2008 indicano una ulteriore crescita del 3.3%, un fatturato stimato intorno ai 44 miliardi di euro e l'occupazione che supererà i 190.000 addetti.
Una realtà vivace e dinamica quella del Made in Italy, che ha fatto registrare risultati incoraggianti anche in termini di esportazioni, il cui fatturato nel 2007 ha superato i 23 miliardi di Euro (+10% rispetto al 2006 e con una crescita percentuale del 4.6 per il 2008), rappresentando circa il 54% del valore totale.
Dall'analisi dell'interscambio commerciale del settore si evidenzia inoltre come l'Europa rimanga saldamente al primo posto con una quota di mercato pari al 61%.
MECSPE, nata come acronimo di Meccanica Specializzata, si sta confermando, edizione dopo edizione, come evento di riferimento per il futuro della meccanica e luogo di incontro su scala nazionale e internazionale; un contenitore di idee che trasferiscono il successo; una città –quella della meccanica– nella città –Parma– in continua evoluzione, con i suoi quartieri –MECSPE, Eurostampi, Subfornitura, Control Italy, Motek Italy e PlastixExpo–, rappresentanti i diversi ambiti

del comparto manifatturiero.
«Trasferimento tecnologico, innovazione, ricerca e alta produttività, attraverso l'impiego di tecnologie convenzionali e non, rappresentano i punti di forza di una manifestazione in continua crescita che ha registrato, nell'ultimo quadriennio, un incremento del 77% dei visitatori e del 57% degli espositori, afferma Maruska Sabato, Project Manager di MECSPE. Una realtà vivace e dinamica come il tessuto espositivo di cui si compone, rappresentato dalla PMI italiana, punto di forza del Made in Italy».
Semplicità e immediatezza contraddistingueranno ancora il layout espositivo della fiera pensata e organizzata in numerose aree espositivo-dimostrative, da sempre punto di forza e caratteristica peculiare della manifestazione. Per la prossima edizione sono previste coinvolgenti iniziative come le 16 isole di lavorazione, che mostreranno direttamente in fiera, attraverso macchine in funzione, le innovazioni di processo e di prodotto a disposizione delle PMI per ottimizzare i propri processi produttivi, rispettando i tempi di time-to-market. Questo consentirà di identificare le possibili problematiche che insorgono durante le fasi di lavorazione e individuare le soluzioni per risolverle.
«Le isole di lavorazione costituiscono un'iniziativa unica nel suo genere, continua Maruska Sabato, rappresentando vere e proprie filiere, composte da un team di partner, ciascuno dei quali mostra la propria specializzazione e il proprio ruolo nell'ambito della catena produttiva. Per la prima volta il visitatore ha la possibilità di assistere finalmente a tutte le fasi di realizzazione di un manufatto, a partire dalla fase di progettazione sino alla produzione vera e propria».
Tra le iniziative in programma, la storica "Dal Progetto all'Oggetto" di Eurostampi, consentirà al visitatore di assistere all'intera filiera che porta alla realizzazione di un oggetto finito, che nella prossima edizione sarà un apribottiglie bimateriale ideato dal designer industriale Pino Spagnolo e il Villaggio ASCOMUT (Associazione Italiana Macchine, Tecnologie e Utensili), un'area dedicata a dimostrazioni pratiche dell'interazione tra utensili e macchinari innovativi per capire come innovare il ciclo di produzione.

PR Help Comunicazione d'Impresa
Via Ripamonti, 137 - 20141 Milano
Tel. 02 54123452 - Fax 02 54090230
e-mail: paola.salmoiraghi@prhelp.it
www.prhelp.it

Thermal Dynamics annuncia il lancio del nuovo generatore Ultra-Cut200 per il taglio al plasma di precisione

Continuando il programma di sviluppo dei generatori al plasma per taglio automatico, Thermal Dynamics è orgogliosa di annunciare il lancio del nuovo generatore per taglio di precisione modello Ultra-Cut200.
L'Ultra-Cut200, che sostituirà il precedente UltraCut150, offre le seguenti caratteristiche:

- *Massima potenza di taglio: 200 ampere*
- *Spessore di taglio in produzione: da 0.5 a 25 mm*
- *Spessore massimo di sfondamento: 40 mm*
- *Taglio di acciaio dolce con tecnologia XtremeLife™ per una lunghissima durata dei consumabili ed altissime velocità di taglio*
- *Taglio di acciaio inox con tecnologia WMS™ (che usa azoto ed acqua) per le massima qualità e velocità disponibili sul mercato*
- *Marcatura e taglio con gli stessi consumabili*
- *Taglio di qualità eccellente su tutta la gamma di spessori e materiali*

Le eccezionali prestazioni dell'Ultra-Cut200 garantiscono massima produttività e flessibilità per applicazioni di carpenteria in acciao dolce e legato.

Il nuovo generatore è disponibile dal 1° Febbraio 2008 e, unito ai modelli Ultra-Cut100 ed Ultra-Cut300, completa la gamma di impianti ad alta precisione della Thermal Dynamics.

THERMADYNE ITALIA S.r.l.
Via Bolsena, 7
20098 San Giuliano Milanese (MI)
Tel. 02 9880320 - Fax 02 98281773
www.thermadyne.com

La manifestazione leader del settore idrico - IX Edizione - Ferrara, 21-23 Maggio 2008

Mostra internazionale delle tecnologie per il trattamento e la distribuzione dell'acqua potabile e il trattamento delle acque reflue

Alla sua nona edizione, ACCADUEO si conferma quale appuntamento internazionale irrinunciabile, sia per la rilevanza degli argomenti trattati sia per l'ampio panorama espositivo offerto dalle aziende presenti, fra le leader di mercato.

Accadueo 2008, leader del settore per:

- *unicità dell'offerta espositiva: grazie alla partecipazione delle più importanti Aziende italiane ed estere, Enti ed Associazioni con una ricca proposta di novità espositive, ACCADUEO 2008 è un appuntamento unico nel panorama italiano in grado di offrire agli espositori e ai visitatori importanti occasioni di business e di garantire l'aggiornamento professionale agli operatori del settore acqua e gas;*
- *promozione del confronto commerciale: un importante programma di promozione delle missioni commerciali straniere ad ACCADUEO 2008 - realizzato in collaborazione con il Ministero delle Attività Produttive e l'Istituto Nazionale per il Commercio Estero - favorisce il confronto delle aziende espositrici con rappresentanti di diversi governi internazionali e realtà commerciali operanti nelle*

aree geografiche strategiche per il settore: l'Est europeo e il bacino del Mediterraneo. Libia, Libano, Tunisia, Algeria, Marocco, Egitto, Turchia, Siria, Giordania ed Emirati Arabi Uniti i paesi selezionati per un'analisi più approfondita delle opportunità di business, che sarà fornita agli espositori con pubblicazioni e report specifici;

- *ricchezza dei contenuti del programma convegni e seminari tecnici: organizzati e proposti dalle principali istituzioni nazionali e associazioni di categoria gli appuntamenti di ACCADUEO consentono un confronto ed un proficuo scambio di opinioni funzionale alle esigenze di informazione e aggiornamento professionale degli operatori del settore.*

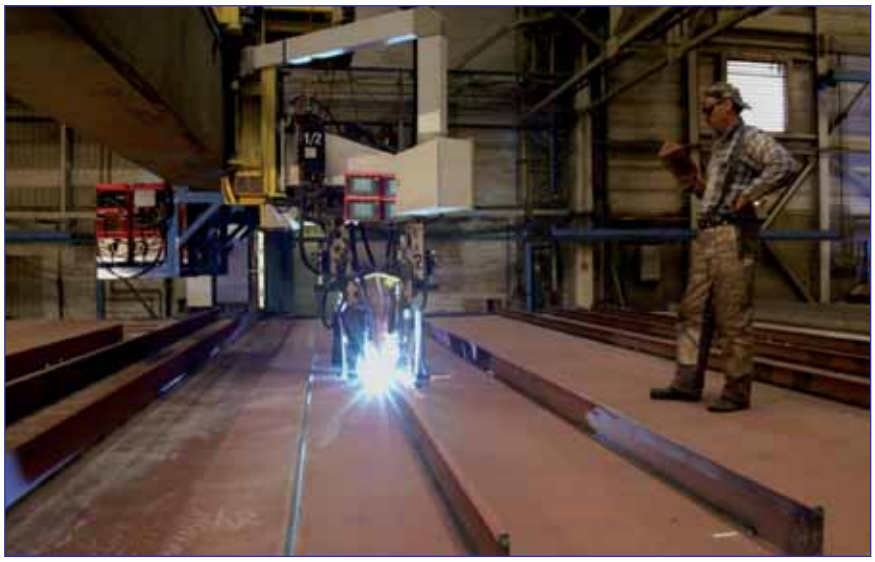
***Partner strategico della manifestazione è Federutility,** federazione che rappresenta e tutela gli interessi delle oltre 550 aziende di servizi pubblici locali dei settori idrico ed energetico a livello nazionale. La collaborazione di Federutility favorisce il coinvolgimento dei grandi e piccoli gestori di reti che rappresentano i principali clienti dei prodotti e delle tecnologie esposte ad ACCADUEO 2008.*

Focus CH4 - La rassegna di riferimento del gas

Anche nell'edizione 2008 si terrà contemporaneamente a ACCADUEO Ci Acca Quattro, il Salone del trasporto e della distribuzione del gas, un'opportunità per gli operatori del settore di allargare l'orizzonte all'intero panorama delle reti per il trasporto e la distribuzione dei fluidi. La rassegna punta a confermare e migliorare l'interesse suscitato nella precedente edizione.

BOLOGNA FIERE S.p.A.
Segreteria ACCADUEO
Piazza Costituzione, 6 - 40128 Bologna
Tel. 051 282111 - Fax 051 6374028
e-mail:sabrina.severini@bolognafiere.it
www.accadueo.com

Velocità di saldatura raddoppiata, qualità migliorata - I costruttori navali ottengono risultati positivi grazie al processo MIG Tandem



Chi utilizza impianti di saldatura ad alte prestazioni si aspetta, oltre al massimo rendimento di metallo depositato con una velocità di saldatura elevata, anche risultati ottimali, nonché possibilità d'impiego flessibili dei sistemi in uso. L'impiego dei sistemi TimeTwin Digital 5000 di Fronius ha consentito ai costruttori navali del cantiere Peenewerft di ottenere una produttività pressoché raddoppiata, eliminando un collo di bottiglia nella catena di lavorazione e migliorando la qualità dei risultati di saldatura.

Nel cantiere Peenewerft di Wolgast (Mar Baltico) è presente una linea di lavorazione dei rivestimenti lunga 70 m, utilizzata dai costruttori navali per l'unione del 90% dell'intera pannellatura. Queste piastre prefabbricate e destinate alle sezioni delle navi portacontainer sono composte da lastre che raggiungono dimensioni di 12 x 12 m, con uno spessore compreso tra 5 e 20 mm. Durante la fase di rinforzo, i pannelli attraversano un portale dotato di un impianto di saldatura ad alte prestazioni, composto da 2 sistemi in grado di unire contemporaneamente le due saldature ad angolo, a destra e a sinistra, della lamiera di rinforzo. L'ingegnere responsabile specializzato in saldatura Klaus-Peter Frank racconta: "L'impianto di saldatura a filo singolo precedente, con una velocità di saldatura massima di 1.0 m/min, non bastava più. Ora utilizziamo due sistemi TimeTwin Digital 5000 costituiti, nel complesso, da quattro sistemi TransPuls Synergic 5000. La maggior parte delle saldature ad angolo ha una misura compresa tra 3.5 e 4 mm. In questo modo si ottengono velocità comprese tra 1.60 e 1.70 m/min, ovvero quasi un metro in più rispetto a prima, senza contare il costante miglioramento della qualità". Lo dimostrano una deformazione poco incisiva e una minore distorsione dei pannelli. Durante l'applicazione, infatti, l'energia del tratto nel processo TimeTwin è inferiore del 40% circa rispetto alla saldatura a filo singolo precedente.

A differenza della saldatura a doppio filo, nel processo Tandem gli elettrodi sono tenuti separati e isolati elettricamente. Ne risultano molteplici possibilità d'impiego per l'utente in caso di saldatura di giunzione, saldobrasatura, nonché impieghi speciali, quali ad esempio brasatura o saldatura con combinazioni di archi voltaici standard e a impulsi.

Un sistema di saldatura TimeTwin Digital è composto da due sistemi singoli MIG (metallo-gas inerte) TransPuls Synergic 4000 o 5000 i quali, a livello gestionale, sono collegati a un'interfaccia dati digitale rapida. Il risultato convince grazie alla stabilità dell'arco voltaico, al massimo rendimento in metallo depositato e alle velocità di saldatura elevate, con conseguente riduzione dello sviluppo di calore. La saldatura a due fili in un bagno di fusione comune è vantaggiosa in quanto il secondo arco voltaico migliora la mescolatura del bagno di fusione. In questo modo diminuiscono gli errori di saldatura e la formazione di pori. I fili di saldatura che si spostano in direzione longitudinale in seguito alla rotazione della torcia consentono un riempimento ottimale delle fessure e un ampio scorri-

mento della passata finale senza alcuna oscillazione. L'utilizzo dei programmi salvati come lavorazioni predefinite consente di ottenere caratteristiche identiche per tutta la lunghezza della saldatura.

FRONIUS
Via Monte Pasubio, 137
36010 Zanè (VI)
Tel. 0445 804444 - Fax 0445 804400
e-mail: gimmi.lorenzin@arroweld.com
www.fronius.com

Elettrodi ESAB per saldatura in posizione di spessori sottili in acciaio inossidabile

ESAB presenta tre nuovi elettrodi rutilici per la saldatura manuale in tutte le posizioni di acciai inossidabili, in grado di offrire eccellenti risultati anche con livelli di corrente molto bassi.
I nuovi elettrodi OK 61.20, OK 63.20 ed OK 67.53 sono stati sviluppati in cooperazione con industrie del settore petrolchimico, industrie alimentari e cartiere, per rispondere alle crescenti esigenze di saldatura su lamiere sottili e tubi di limitato spessore.
L'arco dolce e stabile con bassi valori di corrente e tensione rende possibile la saldatura in verticale sia ascendente che discendente di tubazioni con spessori intorno a 2 mm.
La produzione molto ridotta di spruzzi, la facilità di rimozione della scoria e la fluidità del bagno di fusione minimizzano i tempi di rifinitura e pulizia dopo la saldatura.
La resistenza alla corrosione risponde ai requisiti delle applicazioni più impegnative come, ad esempio, l'industria petrolchimica ed i cantieri navali.
Elettrodo OK 61.20, per acciai inossidabili austenitici tipo 1.4307. Sviluppato per la saldatura degli acciai tipo AISI 304, ampiamente utilizzati in applicazioni con moderate esigenze di resistenza alla corrosione.
Elettrodo OK 63.20, per acciai inossidabili austenitici tipo 1.4404. Adatto per la saldatura degli acciai tipo AISI 316, che trovano applicazione negli impianti petrolchimici e nei cantieri navali. Così come il materiale base da saldare, l'elettrodo è legato al molibdeno, per resistere alla corrosione cloridica ed all'acqua marina.

Elettrodo OK 67.53, per acciai inossidabili austenitici tipo 1.4462. Sviluppato per saldare acciai austenitico-ferritici (Duplex), largamente utilizzati nell'industria petrolchimica, nell'industria della carta e per le costruzioni navali e offshore. Particolarmente indicato per compensare lembi irregolari anche su spessori sottili.
Tutti gli elettrodi sono disponibili in confezione sotto-vuoto VacPac per la migliore protezione contro le porosità nelle saldature. La confezione sotto-vuoto consente di eliminare costose operazioni quali la ricottura ed il mantenimento in appositi forni per eliminare l'umidità nel rivestimento degli elettrodi.

ESAB Saldatura S.p.A.
Via Mattei, 24 - 20010 Mesero (MI)
Tel. 02 979681 - Fax 02 97289300
e-mail: esab.saldatura@esab.se
www.esab.it

Hypertherm presenta dei nuovi consumabili per il taglio inclinato a 130 A nell'ambito della linea di prodotti HyPerformance

Hypertherm® ha annunciato l'introduzione di nuovi consumabili per il taglio inclinato a 130 A nella linea di prodotti plasma della famiglia HyPerformance® (HPR™). Da oggi gli utenti potranno eseguire tagli inclinati a bassa potenza con i sistemi HPR130 ed HPR260.
L'introduzione di questi consumabili amplia le possibilità di taglio inclinato attualmente esistenti, consentendo di eseguire tagli di alta qualità inclinati fino a 45 gradi sulle lamiere sottili. I nuovi consumabili sono disponibili per il taglio delle lamiere di acciaio al carbonio ed anche per quelle di acciaio inox; essi sono parte dell'impegno di Hypertherm per il miglioramento continuo della qualità e dell'uniformità dei tagli e delle prestazioni globali dei suoi sistemi e per la riduzione contemporanea dei costi di gestione.
"Abbiamo constatato una forte domanda per tutti i nostri prodotti

HyPerformance," ha dichiarato Dave LaPrade, team leader commerciale sistemi meccanizzati Hypertherm. "Siamo convinti che l'aggiunta di questi nuovi consumabili da 130 A all'attuale linea di prodotti per il taglio inclinato sarà molto ben recepita sul mercato che sta cercando questo tipo di funzionalità".
Il plasma Hypertherm HyPerformance offre qualità ed uniformità di taglio eccellenti a migliaia di utenti in tutto il mondo. Coloro che fossero interessati ad ordinare i nuovi consumabili per il taglio inclinato possono contattare il loro rivenditore Hypertherm.
Hypertherm progetta e produce i sistemi di taglio dei metalli più avanzati al mondo, per l'impiego in molti settori, tra i quali, per esempio, la cantieristica navale, l'industria manifatturiera e le riparazioni nel settore automotive. La sua linea di prodotti comprende sistemi di taglio plasma manuali e meccanizzati, i relativi consumabili e diversi dispositivi di controllo del movimento e dell'altezza torcia per sistemi CNC.
I sistemi Hypertherm sono noti per la loro velocità, per la precisione di taglio e per l'affidabilità: questo significa maggiore produttività e redditività per decine di migliaia di aziende. Hypertherm, che ha sede principale negli Stati Unti, è considerata, da 40 anni, un'azienda innovatrice, anche grazie all'invenzione, risalente al 1968, del taglio plasma ad iniezione d'acqua.
L'azienda, costantemente indicata come una delle migliori realtà in cui lavorare negli Stati Uniti, ha più di 800 collaboratori, oltre a filiali locali e partnership commerciali in tutto il mondo. La filiale europea ha sede a Roosendaal, Paesi Bassi.

HYPERTHERM Europe B.V.
Vaartveld, 9 - 4704 Se Roosendal (Olanda)
Tel. +31 (0)165 596932
Fax +31 (0)165 596901
e-mail: yvette.leeflang@hypertherm.com
www.hypertherm.com/eu

Mcm Days - Manutenzione & Diagnostica

A Milano, il prossimo 17 Aprile, presso l'Hotel Crowne Plaza, è in programma la terza edizione della giornata Mcm Days "Manutenzione & Diagnostica".
L'evento, in cui AIMAN organizza la sessione plenaria, farà il punto sulle varie tecniche diagnostiche, presentando "case histories" di manutenzione insieme a workshop tecnico-formativi delle più importanti aziende del settore.
Con le odierne tecniche di monitoraggio e di diagnostica, si procede ad acquisire tutte le informazioni possibili sullo stato di salute delle macchine e dei processi al fine di individuarne sul nascere i difetti, seguirne la loro evoluzione nel tempo, programmare con il corretto anticipo (e la giusta flessibilità) le azioni correttive necessarie. Con la manutenzione predittiva si riducono le perdite di produzione per stop indesiderati agli impianti, e per l'esecuzione di interventi non necessari; si aumenta la vita residua di macchinari e componenti; si riducono i costi di manutenzione e si risparmia sui costi energetici.
La giornata di Milano diventa dunque un importante appuntamento con i professionisti della manutenzione e si concretizzerà come detto in una sessione congressuale plenaria mattutina (a cura di AIMAN), una parte espositiva e una sessione tutorial (con workshop e corsi di formazione) a cura delle aziende partecipanti, volti ad approfondire, con rimandi specifici, le tematiche emergenti.
Il programma definitivo della giornata sarà disponibile a breve sul sito ufficiale dell'evento www.mcmonline.it/days, attraverso cui gli operatori interessati potranno anche preregistrarsi per accedere gratuitamente alla mostra e usufruire di tutti i servizi offerti dagli sponsor (seminari ed eventuale documentazione, buffet, bar).

EIOM - Ente Italiano Organizzazione Mostre
Viale Premuda, 2 - 20129 Milano
Tel. 02 55181842 - Fax 02 55184161
e-mail: diana.comari@eiomfiere.it
www.eiomfiere.it

La nuova maschera auto oscurante con campo visivo più ampio al mondo

La Lansec Italia S.r.l. ha recentemente presentato la nuova maschera auto oscurante BOSS con il visore più ampio al mondo, prodotta dall'azienda americana Jackson Products Inc.

Grazie al suo campo visivo mega, 98x88 cm (8.5 cm^2), la maschera BOSS è ideale per tutte le saldature ad arco, per la molatura ed anche per il taglio plasma. Garantisce inoltre un'ottima visuale sia durante le lavorazioni a visore scuro che al termine a visore chiaro per un minor affaticamento degli occhi.
Il tempo di oscuramento di 0.04 ms è un altro record ineguagliato per la maschera BOSS che unitamente alle regolazioni del visore, progettate per ottenere le migliori prestazioni in qualsiasi lavorazione di saldatura, fanno della maschera BOSS il miglior strumento di protezione per il professionista della saldatura.
In puntatura la regolazione del tempo di ritorno molto veloce è fondamentale per ottenere una velocità costante, senza interruzioni e con la continuità di apertura e chiusura del visore. Viceversa il ritorno molto lento, permette al bagno di saldatura di raffreddarsi senza provocare fastidio all'occhio.
In lavorazioni a TIG la regolazione massima della sensibilità dei due sensori indipendenti "Intellisense" permette di affrontare saldature con il visore completamente scuro fino a 3 A. Viceversa permette di lavorare a contatto con altri saldatori senza che la propria maschera reagisca con altre fonti di luce.
Oltre alla saldatura, la funzione 3 in 1, consente di fissare il visore al din 3 per la molatura oppure al din 5 per taglio plasma o cannello.

LANSEC ITALIA S.r.l.
Via Bizet, 36/N
20092 Cinisello Balsamo (MI)
Tel. 02 99785118 - Fax 02 99785189
e-mail: info@lansec.it
www.lansec.it

Sol Welding

Mig EMT Technology

270 - 330 - 440

- Robusti e flessibili
- Elevate performances di saldatura
- Rispettosi della sicurezza

Sol Welding Srl
36030 Costabissara (Vi) Italy - Via Meucci 26
tel. +39 0444 290411 - fax +39 0444 557460
solwelding@solwelding.com
www.solwelding.com

Notiziario

Letteratura Tecnica

Welding technology for engineers

Raj B., Shankar V., Bhaduri A.K., Oxford (Inghilterra) 2006, 18x24mm, 411 pagine, ISBN 978-1-84265-194-0, £ 58.00 (€ 98.00)

Se volessimo verificare quanto è cresciuto il livello di globalizzazione del mercato delle costruzioni saldate, il testo indiano da noi esaminato può, sicuramente, essere preso a campione di tale scenario e può illuminare la mente degli imprenditori italiani che ancora non reputano fondamentale dedicare risorse alla formazione del personale addetto alla progettazione, fabbricazione ed ispezione di costruzioni saldate.
Gli autori, docenti dal 1996 presso il Centre for Atomic Research Indira Gandhi di Kalpakkam, lo hanno realizzato nel 2006 raccogliendo il materiale didattico utilizzato per l'addestramento specialistico, post laurea, di oltre 200 ingegneri appartenenti alle maggiori realtà industriali indiane, di settori di mercato strategici come quello dell'energia, convenzionale e nucleare, il chimico e il petrolchimico, l'automotive e quello dei componenti ad altissime prestazioni per l'industria militare e aeropaziale.
Nei venti capitoli, per un totale di oltre 400 pagine, sono prima presi in esame gli aspetti fondamentali della metallurgia di saldatura, della fisica dell'arco e del trasferimento di calore nel bagno con i correlati effetti di deformazioni e tensioni residue, la designazione a disegno dei giunti e la loro concezione strutturale; poi sono illustrati i processi di saldatura, tradizionali ed avanzati, la classificazione dei diversi materiali d'apporto compresi gas e flussi e, quindi, la saldabilità degli acciai al carbonio, dei bassolegati e degli inossidabili, con particolare attenzione alle problematiche dei giunti eterogenei e alla saldatura dei placcati.
Sono anche illustrate le soluzioni più consolidate per la saldatura dei materiali non ferrosi: alluminio, rame, nichel, titanio e loro leghe.
La parte finale è infine dedicata al Quality Management con ampia illustrazione di tutte le prove, distruttive e non distruttive, utilizzabili per la qualificazione di una procedura di saldatura e, comunque per il controllo qualità di una costruzione saldata, non tralasciando le tecniche avanzate di esame non distruttivo e le prove di tenuta.
In sostanza il testo può essere un concentrato di informazione tecnica, quasi un "Bignami" della fabbricazione mediante saldatura, da tenere a portata di mano sulla scrivania per tutti coloro che, non potendo seguire i corsi da International Welding Engineer, debbano comunque interagire con le sopraccitate problematiche.

Alpha Science International Limited 7200 The Quorum, Oxford Business Park North, Garsington Road, Oxford OX4 2JZ (Inghilterra).
Telefax + 44 (0) 1865 481482
http://www.alphasci.com

Fundamentos e prática da soldagem a plasma

Reis R.P., Scotti A., San Paolo (Brasile) 2007, 170x240 mm, 148 pagine, ISBN 9-788588-098398, € 30,00

Questo volume descrive ed analizza sinteticamente i principi fondamentali della saldatura ad arco plasma e le sue applicazioni. Il testo è consigliato come supporto didattico di base nei corsi per l'insegnamento delle tecnologie speciali di saldatura.
Gli autori, dopo una breve introduzione alla saldatura con arco plasma, illustrano nel 1° capitolo gli aspetti generali della tecnica, ne delineano lo sviluppo storico e ne indicano i principali vantaggi, limitazioni e settori applicativi.

Il 2° capitolo illustra in maniera efficace ed intuitiva il principio di funzionamento dell'arco plasma, i fenomeni di costrizione o strozzamento tipici del plasma, la funzione dell'arco pilota e degli archi trasferito-non trasferito al pezzo, le problematiche legate alla presenza dell'arco doppio e l'effetto del tipo e polarità del collegamento della torcia al generatore di saldatura.
Nel 3° capitolo si descrivono i principali costituenti di un impianto di saldatura ad arco plasma, con brevi cenni sulla costituzione del generatore di saldatura, del modulo di generazione del getto di plasma, della torcia di saldatura, del modulo di controllo/variazione della portata volumetrica del gas plasma e protezione ed infine del dispositivo di alimentazione del filo di apporto. Il 4° capitolo passa in rassegna le principali caratteristiche dei materiali di apporto e di consumo utilizzati nel processo, con indicazioni sugli elettrodi infusibili, sugli ugelli di costrizione anodica, sui materiali di apporto sia in filo sia in bacchetta, concludendo con le proprietà dei gas plasmageni e di protezione. Il successivo 5° capitolo descrive i tre modi operativi della tecnica di saldatura ad arco plasma, ovvero il campo della saldatura microplasma, della saldatura per conduzione-fusione (melt-in) e della saldatura a profonda penetrazione (tecnica keyhole). Il 6° capitolo elenca e sintetizza i materiali base più usati e i tipi di giunzioni realizzate nella saldatura ad arco plasma. Gli effetti dei parametri operativi di processo sulla geometria del cordone di saldatura sono passati in rassegna nel 7° capitolo. Sono illustrate, in particolare, le variazioni apportate al gas plasma, alla corrente e velocità di saldatura, ai parametri secondari (diametro ugello di costrizione, arretramento della posizione elettrodo catodico, distanza torcia-pezzo) ed infine le modifiche apportate ai parametri cosiddetti complementari (variazioni del gas di protezione, angolo al vertice della punta dell'elettrodo catodico, velocità di alimentazione del materiale di apporto).
Le principali varianti del processo plasma sono descritte nel capitolo 8: la saldatura Plasma-MIG, la saldatura plasma con polveri per realizzare rivestimenti antiusura, la saldatura a punti mediante arco plasma utilizzata principalmente nel settore automobilistico.
I consueti riferimenti bibliografici concludono l'opera.

Artliber Editora Ltda.
Av. Diógenes Ribeiro de Lima, 3294
05083-010 San Paolo (Brasile)
Telefax +55 11 3832 5489
E-mail: ascotti@ufu.br

Codici e Norme

Norme nazionali

Italia

UNI EN 573-3 - Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati - Parte 3: Composizione chimica e forma dei prodotti (2008).

UNI EN 573-5 - Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati - Parte 5: Codifica dei prodotti semilavorati normalizzati (2007).

UNI EN 1092-1 - Flange e loro giunzioni - Flange circolari per tubazioni, valvole, raccordi e accessori designate mediante PN - Parte 1: Flange di acciaio (2007).

UNI CEN/TS 1591-3 - Flange e loro giunzioni - Regole di progettazione delle giunzioni con flange circolari con guarnizioni - Parte 3: Metodo di calcolo per le giunzioni tra flange con contatto di tipo metallo-metallo (2007).

UNI CEN/TS 1591-4 - Flange e loro giunzioni - Regole di progettazione delle giunzioni con flange circolari con guarnizioni - Parte 4: Qualifica della competenza del personale per l'assemblaggio dei giunti bullonati su attrezzature soggette alla Direttiva "Attrezzature a pressione" (2007).

UNI ISO 3999 - Protezione dalle radiazioni - Apparecchiature per gammagrafia industriale - Specifiche di prestazione, progettazione e prove (2007).

UNI EN 10106 - Lamiere e nastri magnetici di acciaio a grani non orientati, laminati a freddo e forniti allo stato finito (2007).

UNI EN 10216-2 - Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 2: Tubi di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata (2008).

UNI EN ISO 11970 - Specificazioni e approvazione delle procedure di saldatura per le saldature di produzione sui getti di acciaio (2007).

UNI 11255 - Trattamenti termici dei materiali metallici - Rivestimenti antiusura PVD, CVD e PACVD di materiali ferrosi o di metallo duro (2007).

UNI EN 13175 - Attrezzature e accessori per GPL - Specifiche e prove delle valvole e degli accessori dei serbatoi per gas di petrolio liquefatto (GPL) (2008).

UNI EN 15085-1 - Applicazioni ferroviarie - Saldatura dei veicoli ferroviari e dei relativi componenti - Parte 1: Generalità (2008).

UNI EN 15085-2 - Applicazioni ferroviarie - Saldatura dei veicoli ferroviari e dei relativi componenti - Parte 2: Requisiti di qualità e certificazione del costruttore (2008).

UNI EN 15085-4 - Applicazioni ferroviarie - Saldatura dei veicoli ferroviari e dei relativi componenti - Parte 4: Requisiti di costruzione (2008).

UNI EN 15085-5 - Applicazioni ferroviarie - Saldatura dei veicoli ferroviari e dei relativi componenti - Parte 5: Ispezione, prove e documentazione (2008).

USA

API 5L - Specification for line pipe (2007).

API 14H - Recommended practice for installation, maintenance and repair of surface safety valves and underwater safety valves offshore (2007).

API 560 - Fired heaters for general refinery service (2007).

API 671 - Special purpose couplings for petroleum, chemical and gas industry services (2007).

ASTM A 20/A 20M - Standard specification for general requirements for steel plates for pressure vessels (2007).

ASTM A 307 - Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60 000 Psi tensile strength (2007).

ASTM A 325 - Standard specification for structural bolts, steel, heat treated, 120/105 KSI minimum tensile strength (2007).

ASTM A 354 - Standard specification for quenched and tempered alloy steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners (2007).

ASTM A 370 - Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products (2007).

ASTM A 775/A 775M - Standard specification for epoxy-coated steel reinforcing bars (2007).

AWS A5.16/A5.15M - Specification for titanium and titanium-alloy welding electrodes and rods (2007).

AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 - Bridge welding code (2007).

Norme europee

EN

EN 10028-7 - Flat products made of steels for pressure purposes - Part 7: Stainless steels (2007).

EN 10273 - Hot rolled weldable steel bars for pressure purposes with specified elevated temperature properties (2007).

EN ISO 24598 - Welding consumables - Solid wire electrodes, tubular cored electrodes and electrode/flux combinations for submerged arc welding of creep-resisting steels - Classification (2007).

Norme internazionali

ISO

ISO 9588 - Metallic and other inorganic coatings - Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement (2007).

ISO 15439-1 - Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressure up to and including 0.4 MPa (4 bar) - Polyamide (PA) - Part 1: General (2007).

ISO 15439-2 - Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressure up to and including 0.4 MPa (4 bar) - Polyamide (PA) - Part 2: Pipes (2007).

ISO 15439-3 - Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressure up to and including 0.4 MPa (4 bar) - Polyamide (PA) - Part 3: Fittings (2007).

Corsi IIS

Luogo	Data	Titolo	Ore	Organizzatore
Genova	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Engineer - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	Istituto Italiano della Saldatura - Divisione FOR Lungobisagno Istria, 15 - 16141 Genova Tel. 010 8341371 - Fax 010 8367780 - for@iis.it
Legnano (MI)	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Engineer - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	
Mogliano Veneto (TV)	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Engineer - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	
Genova	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Technologist - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	
Legnano (MI)	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Technologist - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	
Mogliano Veneto (TV)	Marzo-Giugno 2008	Corso per International Welding Technologist - Parti I e II - Corso di Specializzazione	140	
Genova	17-18/3/2008	Corso teorico-pratico di incollaggio di tubi e/o raccordi di PVC-C, PVC-U o di ABS per la qualificazione UNI 11242	16	
Genova	17-21/3/2008	Corso per International Welding Engineer - Parte II	60	
Genova	17-21/3/2008	Corso per International Welding Technologist - Parte II	60	
Messina	7-10/4/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Roma	7-10/4/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	

Corsi IIS (segue)

Luogo	Data	Titolo	Ore	Organizzatore
Legnano (MI)	8-9/4/2008	Sicurezza e prevenzione degli infortuni in saldatura - Corso avanzato per responsabili della sicurezza	16	
Genova	14-17/4/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Genova	14-18/4/2008 16-18/6/2008	Corso per International Welding Engineer - Parte III - Tecnologia della saldatura	58	
Genova	14-18/4/2008	Corso per International Welding Technologist - Parte III - Tecnologia della saldatura	43	
Legnano (MI)	5-7/5/2008	Progettazione, fabbricazione e collaudo di apparecchi e sistemi di tubazioni di PRFV	24	
Mogliano Veneto (TV)	5-8/5/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Genova	5-9/5/2008 9-13/6/2008 14-18/7/2008	Corso modulare per la qualificazione ad International Welding Inspector - Comprehensive - Tecnologia della saldatura	121	
Legnano (MI)	7-9/5/2008	Corso sull'applicazione dei sistemi di gestione per la qualità in saldatura ISO 9001	24	
Legnano (MI)	10-11/5/2008	Corso sull'applicazione dei sistemi di gestione del processo speciale saldatura EN ISO 3834	16	
Genova	12-15/5/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Genova	12-16/5/2008 16-20/6/2008	Corso modulare per la qualificazione ad International Welding Inspector - Basic - Tecnologia della saldatura	66	
Legnano (MI)	14-15/5/2008	Corso sull'applicazione dei sistemi di gestione ambientale ISO 14001	16	
Genova	19-21/5/2008	Corso di qualificazione e certificazione nella saldatura in elettronica approvato dall'ESA per Ispettore per tecnologia a "foro passante" in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-08	24	
Legnano (MI)	19-22/5/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Roma	19-22/5/2008	Corso teorico-pratico di saldatura di tubi e/o raccordi di PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi (UNI 9737)	--	
Genova	19-23/5/2008 18-20/6/2008	Corso per International Welding Engineer - Parte III - Metallurgia e saldabilità	72	
Genova	19-23/5/2008	Corso per International Welding Technologist - Parte III - Metallurgia e saldabilità	43	
Genova	19-23/5/2008	Corso di qualificazione e certificazione nella saldatura in elettronica approvato dall'ESA per Operatore per tecnologia a "foro passante" in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-08	40	
Genova	20-21/5/2008	Corso di ricertificazione approvato dall'ESA per Operatore/Ispettore per tecnologia a "foro passante" in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-08	16	
Genova	26-30/5/2008	Corso di qualificazione e certificazione nella saldatura in elettronica approvato dall'ESA per Operatore per tecnologia SMT in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-38	36 (*)	
Genova	26-30/5/2008	Corso di qualificazione e certificazione nella saldatura in elettronica approvato dall'ESA per Ispettore per tecnologia SMT in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-38	36 (*)	

(*) Si tratta del totale delle ore per coloro che non abbiano già frequentato il corso da Operatore e/o Ispettore per tecnologia a foro passante. Per coloro in possesso di tale certificato il corso può essere ridotto fino alla durata di 24 ore.

Corsi IIS (segue)

Luogo	Data	Titolo	Ore	Organizzatore
Mogliano Veneto (TV)	26-30/5/2008	Corso celere in saldatura	32	
Genova	27-28/5/2008	Corso di ricertificazione approvato dall'ESA per Operatore/Ispettore per tecnologia SMT in accordo alla Specifica ECSS-Q-70-38	16	

Corsi di qualificazione per personale addetto alle PND di livello 1, 2 e 3				
		Esame visivo (VT)		
Priolo (SR)	26-27/3/2008	Modulo Specifico corrosione e verniciatura per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	12	
Legnano (MI)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Priolo (SR)	6-7/5/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
		Esame radiografico (RT)		
Legnano (MI)	18-20/3/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Mogliano Veneto (TV)	26-28/3/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Priolo (SR)	8-10/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Legnano (MI)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Genova	22-24/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Priolo (SR)	6-7/5/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	13-16/5/2008	Modulo Specifico operatore tecniche convenzionali per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	
Legnano (MI)	20-23/5/2008	Modulo Specifico operatore tecniche convenzionali per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	
		Esame ultrasonoro (UT)		
Mogliano Veneto (TV)	2-4/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Legnano (MI)	8-10/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	24	
Legnano (MI)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Genova	21-24/4/2008	Modulo Operatore tecniche semiautomatiche ed automatiche per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	
Priolo (SR)	6-7/5/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	6-9/5/2008	Modulo Specifico operatore tecniche convenzionali per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	
Legnano (MI)	27-30/5/2008	Modulo Specifico operatore tecniche convenzionali per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	

Corsi di qualificazione, ecc. (segue)

		Esame con particelle magnetiche (MT)		
Genova	20-21/3/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Legnano (MI)	3-4/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Legnano (MI)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Priolo (SR)	6-7/5/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Priolo (SR)	20-21/5/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
		Esame con liquidi penetranti (PT)		
Genova	18-19/3/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Legnano (MI)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	15-16/4/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Mogliano Veneto (TV)	17-18/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Priolo (SR)	6-7/5/2008	Modulo di Base per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
Priolo (SR)	22-23/5/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	16	
		Esame per rivelazione di fughe (LT)		
Genova	1/4/2008	Modulo di Metodo per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	8	
Genova	2/4/2008	Modulo Specifico operatore prova a bolle per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	8	
Genova	3/4/2008	Modulo Specifico operatore prova con diodo ad alogeni per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	8	
Genova	6-9/5/2008	Modulo Specifico operatore prova con spettrometro di massa (ad elio) per livello 2 UNI EN 473/ISO 9712	32	

Corsi di altre Società

Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
Roma	27-28/3/2008	Taratura pratica degli strumenti di misura	CERMET – Servizio Formazione (Roma) Tel. 06 7626001; fax 06 76968124 formazione.rm@cermet.it
Milano	31/3-2/4/2008	Corso di formazione per valutatori interni del sistema di gestione per la qualità (in accordo con la norma ISO 19011)	AICQ Centro Nord – TQM (Milano) Tel. 02 67382158; fax 02 67382177 segreteria@aicqcn.it
Milano	14-18/4/2008	Programma di addestramento raccomandato per l'esame con correnti indotte di 2° livello secondo EN 473	CND Studio Sas di Gino FABBRI & C. (Milano) Tel. 02 341649; fax 02 341205 info@cndstudio.it
Milano	15/4/2008	Applicazione della Direttiva PED 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione - Corso base	Centro Formazione UNI (Milano) Tel. 02 70024464 ; fax 02 70024474 formazione2@uni.com
Catania	16/4/2008	Validazione dei metodi di prova e delle procedure di taratura	ANGQ (Roma) Tel. 06 5915028; fax 5914834 info@angq.com

Corsi di altre Società (segue)

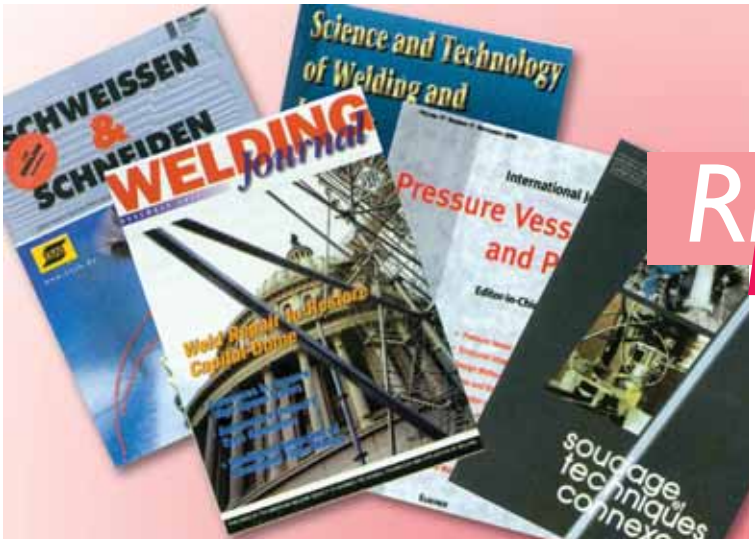
Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
Catania **Modena**	17/4/2008 22/5/2008	Calcolo dell'incertezza di misura nelle prove chimiche	ANGQ (Roma) Tel. 06 5915028; fax 5914834 info@angq.com
Roma	5-7/5/2008	Le ISO 9000:2000. Introduzione ai sistemi di gestione per la qualità	AICQ-CI (Roma) Tel. 06 4464132; fax 06 4464145 infocorsi@aicqci.it
Milano	5-9/5/2008	Programma di addestramento raccomandato per l'esame con liquidi penetranti di 2° livello secondo EN 473	CND Studio Sas di Gino FABBRI & C. (Milano) Tel. 02 341649; fax 02 341205 info@cndstudio.it
Napoli	8-10/5/2008	Corso pratico sull'interpretazione e l'applicazione della Norma UNI EN ISO 9001:2000	AICQ-M (Napoli) Tel. 081 2396503; fax 081 6174615 formazione@aicq-meridionale.it
Milano	12-23/5/2008	Programma di addestramento raccomandato per l'esame di ultrasuoni di 2° livello secondo EN 473	CND Studio Sas di Gino FABBRI & C. (Milano) Tel. 02 341649; fax 02 341205 info@cndstudio.it
Napoli	15-17/5/2008	I sistemi di gestione ambientale: le norme UNI EN ISO 14000	AICQ-M (Napoli) Tel. 081 2396503; fax 081 6174615 formazione@aicq-meridionale.it
Milano	20/5/2008	Valutazione globale di conformità alla Direttiva 97/23/CE - Il punto di vista del fabbricante, dell'ente terzo, dell'utilizzatore	Centro Formazione UNI (Milano) Tel. 02 70024464 ; fax 02 70024474 formazione2@uni.com
Milano	21/5/2008	Applicazione del Decreto Ministeriale 1° Dicembre 2004 n. 329 - Criteri generali per la gestione degli impianti industriali	Centro Formazione UNI (Milano) Tel. 02 70024464 ; fax 02 70024474 formazione2@uni.com
Napoli	21-22/5/2008	Trattamenti superficiali dei metalli, prove di laboratorio e di accettazione	AICQ-M (Napoli) Tel. 081 2396503; fax 081 6174615 formazione@aicq-meridionale.it

Mostre e Convegni

Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
New Orleans (Louisiana - USA)	16-20/3/2008	NACE CORROSION 2008 - Technical Symposia	NACE (Houston, Texas - USA) Tel. +1 281 2286200; fax +1 281 2286300 firstservice@nace.org
Genova	27/3/2008	Trattamenti termici dei giunti saldati	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it
Düsseldorf (Germania)	31/3-4/4/2008	METAV - International Fair for Manufacturing Technology and Automation	VDW (Frankfurt am Main - D) Tel. +49 (0) 69 7560810; fax +49 (0) 69 7411574 vdw@vdw.de
Genova	4/2008	La saldatura delle rotaie	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it
Parma	3-5/4/2008	MecSpe - Salone della meccanica specializzata	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 mecspe@senaf.it
Parma	3-5/4/2008	Control Italy - Fiera specializzata per l'assicurazione della qualità	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 controlitaly@senaf.it

Mostre e Convegni (segue)

Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
Parma	3-5/4/2008	Subfornitura - Salone delle lavorazioni industriali per conto terzi	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 subfornitura@senaf.it
Parma	3-5/4/2008	Eurostampi - Fiera internazionale del mondo degli stampi	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 eurostampi@senaf.it
Parma	3-5/4/2008	Plastix Expo - Fiera specializzata per la lavorazione delle materie plastiche	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 plastixexpo@senaf.it
Parma	3-5/4/2008	Motek Italy - Fiera specializzata per la tecnologia di montaggio, assemblaggio e manipolazione	SENAF (Milano) Tel. 02 3320391; fax 02 39005289 motekitaly@senaf.it
Montichiari (BS)	9-12/4/2008	METEF - Fiera internazionale dell'alluminio e dei metalli tecnologici	EDIMET (Brescia) Tel. 030 9981045; fax 030 9981055 info@edimet.com
Montichiari (BS)	10/4/2008	La saldatura dei metalli non ferrosi: nichel, rame e loro leghe	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it
Milano	17/4/2008	Mcm Days - Manutenzione & Diagnostica	EIOM (Milano) Tel. 02 55181842; fax 02 55184161 eiom@eiomfiere.it
Bremen (Germania)	22-23/4/2008	IWOTE '08 - 2nd International Workshop on thermal forming and welding distortion	BIAS (Bremen - D) Tel. +49 421 2185020; fax +49 421 2185063 iwote08@bias.de
Miskolc (Ungheria)	24-26/4/2008	IIW International Conference on design, fabrication and economy of welded structures, DFE2008	University of Miskolc (Miskolc - HU) Tel. +36 46 565111; fax +36 46 563399 dfe2008@uni-miskolc.hu
Genova	30/4/2008	Fondamenti di rottura fragile nei giunti saldati	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it
Bologna	14-17/5/2008	Lamiera - Macchine, impianti, attrezzature, carpenteria metallica, saldatura	CEU-Centro esposizioni UCIMU (Cinisello Balsamo - MI) Tel. 02 26255230; fax 02 26255894 lamiera.vista@ucimu.it
Beijing (Cina)	14-17/5/2008	BEIJING ESSEN WELDING & CUTTING 2008 - The 13th International Welding and Cutting Fair	MESSE ESSEN GmbH (Essen - D) Tel. +49 (0) 201 72440; fax +49 (0) 201 7244248 info@messe-essen.de
Bologna	15/5/2008	La qualificazione dei processi di saldatura: guida all'applicazione della normativa UNI EN ISO e del Codice ASME BPV SECTION IX	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it
S. Paulo (Brasile)	18-21/5/2008	IIW International Congress - 2nd Latin American Welding Congress	ABS - Associação Brasileira de Soldagem (S. Paulo - BR) Tel. +55 11 304550540; fax +55 11 30458578 abs@abs-soldagem.org.br
Awaji Island - Kobe (Giappone)	20-22/5/2008	7th International Friction Stir Welding Symposium	TWI (Cambridge - UK) Tel. +44 (0) 1223 899000; fax +44 (0) 1223 892588 rachel.wall@twi.co.uk
Ferrara	21-23/5/2008	ACCADUEO - Mostra internazionale delle tecnologie per il trattamento e la distribuzione dell'acqua potabile e il trattamento delle acque reflue	BolognaFiere (Bologna) Tel. 051 282111; fax 051 6374028 accadueo@bolognafiere.it
Genova	22/5/2008	Ritiri e tensioni residue nei giunti saldati	Istituto Italiano della Saldatura (Genova) Tel. 010 8341373; fax 010 8367780 sabrina.storari@iis.it



Ricerche Bibliografiche

Dati IIS-Data

La saldatura del titanio e delle sue leghe (2000-2007)

La saldatura del titanio di ROSSI M. «Lamiera», Gennaio 2000, pp. 100-105.
Leghe di titanio; saldabilità; titanio.

Interface structure and formation mechanism of diffusion-bonded joints of TiAl-based alloy to titanium alloy di HUIJIE L. e JICAI F. «China Weld.», Luglio-Dicembre 2000, pp. 116-120.
Interfaccia; leghe d'alluminio; leghe di titanio; materiali dissimili; microstruttura; saldabilità; saldatura a diffusione.

Observations on welding of alfa 2 + O + ß titanium aluminide di MADHUSUDHAN REDDY G. et al. «Weld. Join.», Settembre-Ottobre 2001, pp. 300-304.
Ciclo termico; corrente elettrica; leghe d'alluminio; leghe di titanio; microstruttura; parametri di processo; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; saldatura ad arco ad impulsi; saldatura TIG.

La saldatura del titanio e delle sue leghe di TORRICELLI A. «Lamiera», Novembre 2001, pp. 174-188.
Criccabilità a freddo; leghe di titanio; microstruttura; operazione dopo saldatura; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; saldatura a resistenza a punti; saldatura ad attrito; saldatura MIG; saldatura TIG; titanio; trattamento termico.

Grain growth with simulated weld cycles as studied on structural QT steel, on duplex stainless steel and on Ti 6Al 4V di KIVINEVA E. et al. «JOM», Ottobre-Dicembre 2001, pp. 91-96.
Acciai bonificati; acciai inossidabili austeno-ferritici; ciclo termico; dimensione del grano; leghe di titanio; metallografia; microstruttura; saldabilità; simulazione.

Titanium: Alloys, welding di BLASHCHUK V.E. «Paton Weld. J.», Marzo 2004, pp. 30-37.
Applicazioni; leghe di titanio; saldabilità; titanio.

Analysis of gamma titanium aluminide welds produced by gas tungsten arc welding di ARENAS M.F. e ACOFF V.L. «Wdg. J.», Maggio 2003, pp. 110s-124s.
Durezza; giunti testa a testa; leghe di titanio; microstruttura; parametri di processo; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura ad arco a punti; saldatura TIG; scelta.

Welding of titanium alloys with activating flux di SUN Z.PAN D. «Weld. Join.», Luglio-Agosto 2004, pp. 337-344.
Arco elettrico; condizioni di processo; fattori di influenza; flussi attivi; forma della saldatura; gas di protezione; leghe di titanio; lunghezza; penetrazione; saldabilità; saldatura TIG con flussi attivi; sistemi di controllo.

Manufacturing of titanium/aluminium and titanium/steel joints by means of diffusion welding di WILDEN J. e BERGMANN P. «Welding and Cutting», Settembre-Ottobre 2004, pp. 285-290.
Acciai; alluminio; bassa temperatura; leghe d'alluminio; leghe di titanio; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura a diffusione; titanio.

A trio of lower-cost ruthenium-enhanced titanium alloys for resisting severe chemical service di SCHTZ W. «Stainless World», Novembre 2004, pp. 21-25.
Corrosione; costi; leghe di titanio; metalli del gruppo PT; recipienti in pressione; saldabilità.

Influence of current pulsing on microstructure and mechanical properties of Ti–6Al–4V TIG weldments di KISHORE BABU N. e GANESH SUNDARA RAMAN S. «Weld. Join.», Luglio-Agosto 2006, pp. 442-447.
Condizioni di processo; corrente elettrica; durezza; fattori di influenza; lamiere; leghe di titanio; microstruttura; parametri di processo; penetrazione; proprietà meccaniche; resistenza a fatica; saldabilità; saldatura ad arco ad impulsi; saldatura TIG; strutture aerospaziali; trattamento termico dopo saldatura.

The metallurgical behaviour during the welding and corrosion of Ti4Al4V titanium alloy di PASCU R. et al. «BIDISIM», 3/2003, pp. 11-15.
Ciclo termico; corrosione; leghe di titanio; microstruttura; operazione dopo saldatura; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura TIG; trattamento termico.

Fusion welding of titanium and its alloys (Review) di BLASHCHUK V.E. e SHELENKOV G.M. «Paton Weld. J.», Febbraio 2005, pp. 35-42.
Leghe di titanio; recensione, rassegna; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; saldatura ad arco sommerso; saldatura ad elettroscoria; saldatura al plasma; saldatura con filo fusibile in gas protettivo; saldatura per fusione; saldatura TIG; titanio; vuoto.

Methods for welding titanium alloys di ZAMKOV V.N. e PRILUTSKY V.P. «Paton Weld. J.», Agosto 2005, pp. 41-44.
Alogenuri; fili animati; flussi per saldatura; leghe di titanio; saldabilità; saldatura ad elettroscoria; saldatura con arco mosso da campo magnetico; saldatura con filo animato; saldatura TIG.

Examination of the service characteristics of welded joints in tubular structures of Zr-2.5% Nb alloy with titanium alloys di SEMENOV A.N. et al. «Weld. Int.», Maggio 2006, pp. 384-389.
Composizione chimica; condizioni di servizio; corrosione; durezza; leghe di titanio; leghe di zirconio; materiali dissimili; microstruttura; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; saldatura ad attrito; simulazione; strutture tubolari; trattamento termico.

A study on the porosity of CO_2 laser welding of titanium alloy di LI C. et al. «China Weld.», Gennaio-Giugno 2006, pp. 1-5.
Composizione chimica; laser CO_2; leghe di titanio; microstruttura; porosità; saldabilità; saldatura a foro di chiave; saldatura laser.

ASME Code Case 2532-1 ATI 425TM a new 130 ksi UTS alloy for pressure vessel application di KEER J. e MCMASTER J.A. «Stainless World», Aprile 2006, pp. 38-41.
Alta temperatura; ASME; composizione chimica; corrosione; leghe di titanio; materiali d'apporto; norme; proprietà meccaniche; recipienti in pressione; saldabilità.

Modelling and pressure welding of VT6 titanium alloy in the condition of low temperature superplasticity di GALIMOV K. et al. «Weld. Int.», Dicembre 2006, pp. 986-989.
Bassa temperatura; leghe di titanio; microstruttura; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura in fase solida; saldatura per pressione; simulazione; superplasticità.

Alloy substitution - The switch is onTM di BOTTI C.A. «Stainless World», Ottobre 2006, pp. 32-33.
Acciai inossidabili; acciai inossidabili austenitici; acciai inossidabili austeno-ferritici; composizione chimica; confronti; leghe di titanio; saldabilità; titanio.

Sustained load cracking. Investigation of sustained load cracking in Ti-6Al-4V di WESTERBERG M. «Stainless World», Novembre 2006, pp. 35-39.
Criccabilità; fili e barre; leghe di titanio; metallografia; saldabilità; saldatura a foro di chiave; saldatura al plasma; saldatura TIG.

Problems in the manufacture of rotors of gas-turbine engines by the methods of welding with highly concentrated electron beams di GEIKIN V.A. et al. «Weld. Int.», Marzo 2007, pp. 235-236.
Componenti; condizioni di servizio; criccabilità a freddo; effetti locali; leghe di titanio; microstruttura; motori; proprietà meccaniche; rotazione; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; saldature circonferenziali; tensioni residue; trattamento termico; turbine a gas; vuoto.

Numerical study on stress induced cambering distortion and its mitigation in welded titanium alloy sheet di SOUL F.A. e ZHANG Y.H. «Weld. Join.», Novembre-Dicembre 2006, pp. 688-693.
Alta temperatura; analisi con elementi finiti; ciclo termico; deformazione; distribuzione della temperatura; distribuzione delle tensioni; lamierini; leghe di titanio; modelli di calcolo; parametri di processo; piegamento; proprietà fisiche; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura TIG; tensioni residue.

Examining the bimetallic joint of orthorhombic titanium aluminide and titanium alloy (Diffusion Welding) di RYBIN V.V. et al. «Wdg. J.», Luglio 2007, pp. 205s-210s.
Alluminio; composto intermetallico; costruzioni multistrato; leghe di titanio; materiali dissimili; microstruttura; saldabilità; saldatura a diffusione; strutture a più strati.

Effect of cooling rate on the microstructure of electron beam weldwd joints of two-phase TiAl-based alloy di GUOQING C. et al. «China Weld.», Luglio-Dicembre 2007, pp. 11-15.
Apporto termico specifico; fattori di influenza; leghe di titanio; meccanica della frattura; microstruttura; proprietà meccaniche; saldabilità; saldatura a fascio elettronico; velocità di raffreddamento.

Fonti dei riferimenti bibliografici

Riviste italiane e straniere analizzate per la Banca Dati IIS-Data

Titolo	Abbreviaz.
Acciaio	Acciaio
Advanced Materials Processes	Mat. Processes
Alluminio e Leghe	AL
Alluminio Magazine	Alluminio
Ambiente e Sicurezza sul Lavoro	Sicurezza Lav.
Analysis Europa	Analysis
Anticorrosione	Anticorrosione
ASTM Standardization News	ASTM Std.
ATA Ingegneria Automobilistica	ATA
Australasian Welding Journal	Austr. Wdg. J.
Australian Welding Research	Austr. Wdg. Res.
Automatic Welding	Aut. Weld.
Automazione Energia Informazione	AEI
Avtomaticheskaya Svarka	Aut. Svarka
Befa - Mitteilungen	Befa Mitt.
BID-ISIM	BID-ISIM
Biuletyn ISG	Biuletyn
Boletin Tecnico Conarco	Conarco
Bollettino Tecnico Finsider	Finsider
Bollettino Tecnico RTM	RTM
Brazing and Soldering	Braz. Sold.
Bridge Design & Engineering	Bridge
British Corrosion Journal	Br. Corr. J.
China Welding	China Weld.
Chromium Review	Chomium
Constructia De Masini	Constr. Masini
Costruzioni Metalliche	Costr. Met.
Czechoslovak Heavy Industry	Czech. Heavy
De Qualitate	Qualitate
Deformazione	Deformazione
Der Praktiker	Praktiker
Elettronica Oggi	Elettronica
Elin Zeitschrift	Elin
Energia Ambiente Innovazione	Enea E.A.I.
Energia e Calore	Energia
Energia e Materie Prime	Energia
EPE International	EPE
Esa Bulletin	Esa Bulletin
Eurotest Technical Bulletin	Eurotest
Fogli d'Informazione Ispesl	ISPESL
Fonderia	Fonderia
FWP Journal	FWP J.
GEP	GEP
Giornale del Genio Civile	Giornale G.C.
Heron	Heron
Hightech	Hightech
Hitsaustekniikka	Hitsaust.
Hybrid Circuits	Hybrid
Iabse Periodica	IABSE
Il Filo Metallico	Filo Metallico
Il Giornale delle Prove non Distruttive	Giornale PND
Il Giornale delle Scienze Applicate	Scienze Applic.
Il Perito Industriale	Perito Ind.
Il Saldatore Castolin	Castolin
Ilva Quaderni	Ilva
Industrial Laser Rewiew	Ind. Laser
Ingegneria Ambientale	I.A.
Ingegneria Ferroviaria	Ing. Ferr.
Inossidabile	Inossidabile
Insight	Insight
International Construction	Int. Const.
Interplastics	Interplastics
IPE International	IPE
ISO Bulletin	ISO
J. of Offshore and Polar Engineering	Offshore
Joining & Materials	Joining
Joining of Materials	JOM
Joining Sciences	Join. Sciences
Journal of Bridge Engineering	Jour. Bridge
Journal of the Japan Welding Society	Journal JWS
Kunststoffe	Kunststoffe
L'Acciaio Inossidabile	Acc. Inoss.

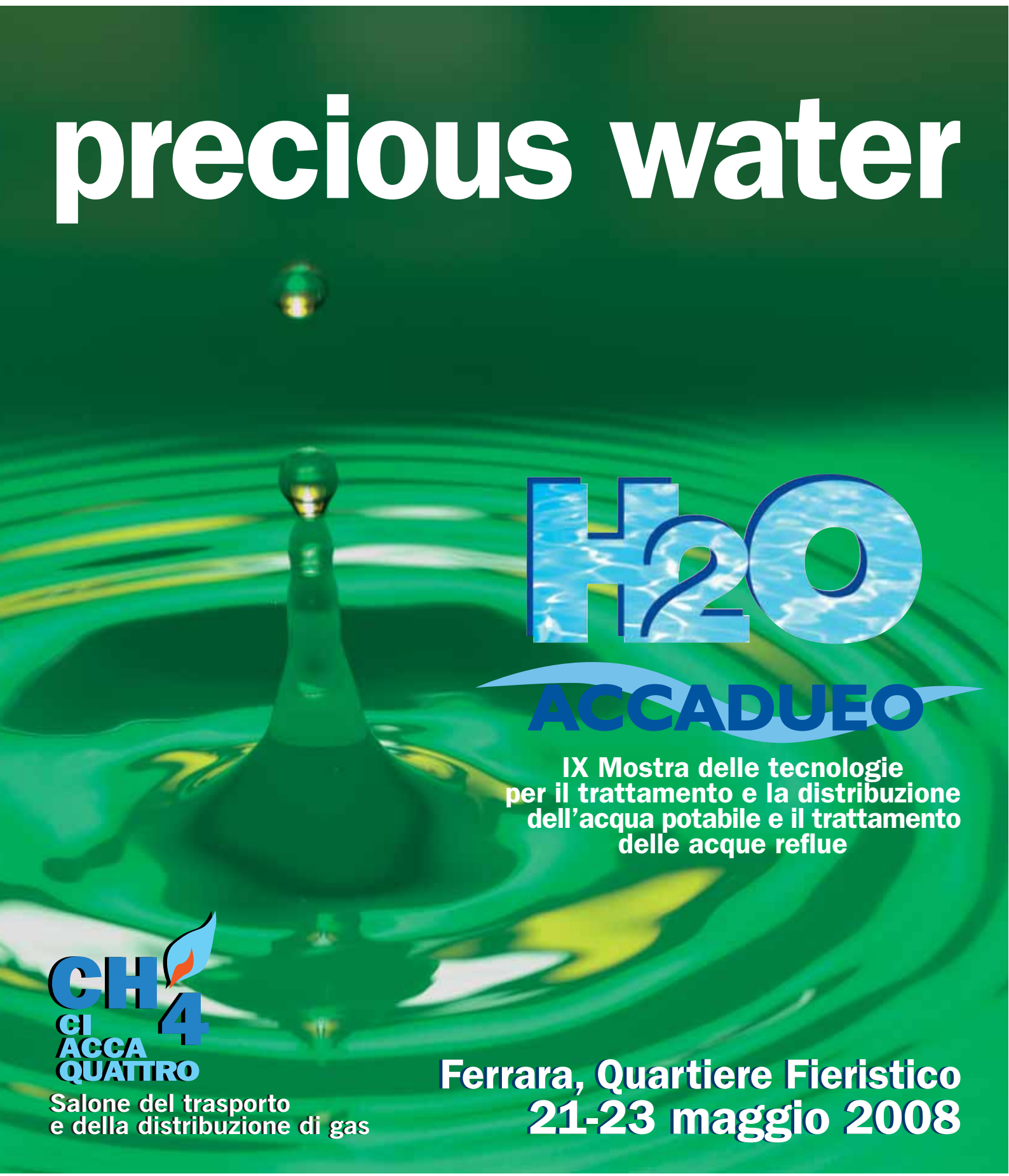
Titolo	Abbreviaz.
L'Allestimento	Allestimento
L'Elettrotecnica	Elettr.
L'Industria Meccanica	Ind. Mecc.
L'Installatore Tecnico	Installatore
La Meccanica Italiana	Mecc. Ital.
La Metallurgia Italiana	Met. Ital.
La Termotecnica	Termotecnica
Lamiera	Lamiera
Laser	Laser
Lastechniek	Lastech.
Lavoro Sicuro	Lav. Sic.
Lo Stagno ed i suoi Impieghi	Stagno
Macchine & Giornale dell'Officina	Officina
Macplas	Macplas
Manutenzione: Tecnica e Management	Manutenzione
Materialprüfung	Materialprüf.
Material and Corrosion	Mat. Cor.
Materials Evaluation	Mat. Eval.
Materials Performance	MP
Meccanica & Automazione	Mec. & Aut.
Meccanica & Macchine di Qualità	Mecc. & Macchine
Meccanica Moderna	Mecc. Moderna
Meccanica Oggi	Meccanica
Mechanical Engineering	Mech. Eng.
Metal Construction	Met. Con.
Metalli	Metalli
Metallurgical and Materials Transactions	Met. Trans.
Metallurgical B	Metallurgical B
Metallurgical Reports CRM	Met. Rep.
Metallurgical Transactions	Metallurgical T
Metalurgia & Materiais	Met. Materiais
Metalurgia International	Metalurgia
Modern Plastics International	Plastics Int.
Modern Steel Construction	Steel Constr.
NDT & E International	NDT & E Int.
NDT & E International UK	NDT & E Int.
NDT International	NDT Int.
Notagil S.I.	Notagil
Notiziario dell'ENEA Energia e Innovazione	ENEA E.I.
Notiziario dell'ENEA Sic. e Prot.	ENEA-DISP.
Notiziario Tecnico AMMA	AMMA
NRIM Research Activities	NRIM Research
NT Tecnica e Tecnologia AMMA	NT AMMA
Oerlikon Schweissmitteilungen	Oerlikon
PCB Magazine	PCB
Perito Industriale	Perito Ind.
Petrolieri d'Italia	Petrolieri I.
Pianeta Inossidabili	Inox
Plastic Pipes Fittings	Plastics
Prevenzione Oggi	Prevenzione
Produttronica	Produttronica
Protective Coatings Europe	PCE
Przeglad Spawalnictwa	Pr. Spawal.
Quaderni Pignone	Pignone
Qualificazione Industriale	Qualificazione
Qualità	Qualità
Rame e Leghe	CU
Rame Notizie	Rame
Research in Nondestructive Evaluation	Research NDE
Revista de Los Trat. Ter. y de Superficie	Tratersup
Revista de Metalurgia	Rev. Met.
Revista de Soldadura	Rev. Soldadura
Revue de la Soudure	Rev. Soud.
Revue de Metallurgie CIT	Revue Met. CIT
Revue de Metallurgie MES	Revue Met. MES
Ricerca e Innovazione	Ric. Inn.
Riv. Infortuni e Malattie Professionali	Riv. Inf.
Rivista di Meccanica	Riv. Mecc.
Rivista di Meccanica Oggi	Riv. Mecc. Oggi
Rivista di Meccanica International	Riv. Mecc. Inter.
Rivista Finsider	Riv. Finsider
Rivista Italiana della Saldatura	Riv. Sald.

Titolo	Abbreviaz.
Schweissen & Pruftechnik	Sch. Pruf.
Schweissen und Schneiden	Schw. Schn.
Schweisstechnik	Schweisst.
Schweisstechnik	Sch. Tec.
Science and Technology of W and J	Weld. Join.
Seleplast	Seleplast
Sicurezza e Prevenzione	Sicurezza
Skoda Review	Skoda
Soldadura e Construcao Metalica	Soldadura
Soldadura y Tecnologias de Union	Sold. Tec.
Soldagem & Inspecao	Inspecao
Soldagem & Materiais	Soldagem
Soldering & Surface Mount Technology	Soldering
Soudage et Techniques Connexes	Soud. Tecn. Con.
Souder	Souder
Stahlbau	Stahlhau
Stainless Steel Europe	Stainless Eu.
Stainless Steel World	Stainless World
Stainless Today	Stainless
Steel Research	Steel
Structural Engineering International	Engineering
Sudura	Sudura
Surface Engineering	Surface
Svarochnoe Proizvodstvo	Svar. Proiz.
Sveiseteknikk	Sveiseteknikk
Svetsaren	Svetsaren
Svetsen	Svetsen
Technica/Soudure	Tech. Soud.
Technical Diagnostics and NDT Testing	NDT Testing
Technical Review	Tech. Rev.
Technische Uberwachung	Techn. Uberw.
Tecnologia Qualidade	Qualidade
Tecnologie e Trasporti per il Mare	Tec. Tra. Mare
Tecnologie per il Mare	Tec. Mare
Teknos	Teknos
The Brithis Journal of NDT	Br. Nondestr.
The European Journal of NDT	European NDT
The International Journal of PVP	Journal PVP
The Journal of S. and E. Corrosion	Corrosion
The Paton Welding Journal	Paton Weld. J.
The TWI Journal	TWI Journal
The Welding Innovation Quarterly	Weld. Innovation
Tin and Its Uses	TIN
Transactions of JWRI	Trans. JWRI
Transactions of JWS	Trans. JWS
Transactions of NRIM	Trans. NRIM
Ultrasonics	Ultrasonics
Unificazione e Certificazione	Unificazione
Università Ricerca	Università
Unsider Notizie di Normazione	Unsider
Varilna Tehnika	Var. Teh.
Westnik Maschinostroeniya	–
Welding & Joining	Weld. Joining
Welding & Joining Europe	Weld. J. Europe
Welding and Metal Fabrication	Welding
Welding Design and Fabrication	Weld. Des.
Welding in the World	Weld. World
Welding International	Weld. Int.
Welding Journal	Wdg. J.
Welding Production	Weld. Prod.
Welding Review International	Weld. Rev.
WRC Bulletin	WRC Bulletin
WRI Journal	WRI J.
Zavarivac	Zavarivac
Zavarivanje	Zavarivanje
Zavarivanje I	Zavariv.
Zincatura a caldo	Zincatura
Zis Mitteilungen	ZIS
Zis Report	Zis
Zvaracske Spravy	Zvaracske
Zváranie	Zváranie

Organizzata da: BolognaFiere

In collaborazione con: FERRARA FIERE CONGRESSI

precious water



H2O

ACCADUEO

IX Mostra delle tecnologie per il trattamento e la distribuzione dell'acqua potabile e il trattamento delle acque reflue

CH4

CI ACCA QUATTRO

Salone del trasporto e della distribuzione di gas

Ferrara, Quartiere Fieristico

21-23 maggio 2008

Per ottenere in fiera il biglietto d'ingresso gratuito preregistrarsi su:

www.accadueo.com

- la **Rivista Italiana della Saldatura** è l'Organo ufficiale dell'Istituto Italiano della Saldatura;
- ha uscita bimestrale e viene spedita in circa 3.000 copie alla fine di Febbraio, Aprile, Giugno, Settembre, Ottobre, Dicembre;
- l'abbonamento decorre, per sei numeri (un'annata editoriale), dal primo numero raggiungibile contestualmente al ricevimento del pagamento;
- l'abbonamento comprende anche la spedizione gratuita del supplemento elettronico settimanale "Saldatura Flash";
- la quota dell'abbonamento viene fatturata.

COSA FARE PER ABBONARSI

Abbonarsi alla Rivista Italiana della Saldatura è semplice: **basta *compilare* e trasmettere *via fax al n° 010 836.77.80*, oppure *per posta questa scheda*, unendo la ricevuta dell'avvenuto pagamento**; l'attestazione del pagamento attiverà l'abbonamento; **non saranno attivati abbonamenti senza il comprovante del pagamento**.

PREZZO DELL'ABBONAMENTO

Sei numeri:
per l'Italia: € 90,00
per l'estero: € 155,00

Copia singola o arretrata:
per l'Italia: € 20,00
per l'estero: € 30,00

Sconto del 25% a librerie e del 10% ad Università ed Istituti Scolastici.

MODALITÀ DI PAGAMENTO

- versamento su conto corrente postale n° 17144163 intestato a Istituto Italiano della Saldatura
- bonifico bancario su BANCA POPOLARE DI MILANO, Filiale di Genova, CIN I – ABI 05584 – CAB 01400 – C/C 000000004500

SCHEDA DI ABBONAMENTO

☐ **Nuovo abbonamento** ☐ **Rinnovo**

Cognome ..... Nome .....

Società..... Indirizzo .....

C.A.P. ..... Città..... Pr. ..... C.F. o P. IVA .....

Tel ..... Fax ..... e-mail: .....

Data ..... Timbro e/o firma: .....

Per ulteriori informazioni, rivolgersi a:
Istituto Italiano della Saldatura - Divisione PRN / Uff. Abbonamenti
Lungobisagno Istria, 15 - 16141 Genova GE
Tel. (+39) 010 8341.392; Fax (+39) 010 8367780
e-mail: silvia.terrarossa@iis.it Web: www.iis.it

Informativa ai sensi Dlgs. 196/2003:
Si informa che ai sensi della suddetta legge, la presente domanda firmata conferisce all'Istituto Italiano della Saldatura l'autorizzazione al trattamento dei dati personali in essa contenuti. Inoltre gli stessi dati saranno inseriti nelle nostre banche dati per consentirci l'invio di materiale informativo, pubblicitario e promozionale. Sono riservati al committente tutti i diritti dell'art. 7 della presente legge con l'accorgimento di fare domanda scritta in caso di volontà di recesso o cancellazione nel trattamento dei dati conferiti.

RIVISTA ITALIANA della SALDATURA

Elenco degli Inserzionisti

15	3 M ITALIA	Via San Bovio, 3 - Località San Felice - 20090 SEGRATE (MI)
17-18	AEC TECHNOLOGY	Via Leonardo Da Vinci, 17 - 26013 CAMPAGNOLA CREMASCA (CR)
--	AIPND	Via A. Foresti, 5 - 25127 BRESCIA
--	ANASTA	Via G. Tarra, 5 - 20125 MILANO
--	ANCCP	Via Rombon, 11 - 20134 MILANO
8	ASG Superconductors	Corso F.M. Perrone, 73r - 16152 GENOVA
11	ASPIRMIG	Via Podi, 10 - 10060 VIRLE PIEMONTE (TO)
--	ASSOCOMAPLAST	Centro Direzionale Milanofiori - Palazzo F/3 - 20090 ASSAGO (MI)
9	BÖHLER THYSSEN SALDATURA	Via Palizzi, 90 - 20157 MILANO
--	CARPANETO - SATI	Via Ferrero, 10 - 10090 RIVOLI/CASCINE VICA (TO)
12	CEA	Corso E. Filiberto, 27 - 23900 LECCO
--	CEBORA	Via A. Costa, 24 - 40057 CADRIANO DI GRANAROLO (BO)
--	COFILI	Via Friuli, 5 - 20046 BIASSONO (MI)
112-113	CGM TECHNOLOGY	Via Adda, 21 - 20090 OPERA (MI)
4	COM-MEDIA	Via Serio, 16 - 20139 MILANO
1	COMMERSALD	Via Bottego, 245 - 41010 COGNENTO (MO)
--	DRAHTZUG STEIN	67317 Altleiningen Drahtzug - Germania
3	DVC - DELVIGO COMMERCIALE	Località Cerri - 19020 CEPARANA DI FOLLO (SP)
104	EDIBIT	Via Cà dell'Orbo, 60 - 40055 CASTENASO (BO)
79	EDIMET	Via Brescia, 117 - 25018 MONTICHIARI (BS)
--	Edizioni PEI	Strada Naviglio Alto, 48 - 43100 PARMA
19	ETC OERLIKON	Via Vo' di Placca, 56 - 35020 DUE CARRARE (PD)
4a cop	ESAB SALDATURA	Via Mattei, 24 - 20010 MESERO (MI)
10	ESARC	Via Cadibona, 15 - 20137 MILANO
--	EVEREST VIT	Via Paracelso, 16 - 20041 AGRATE BRIANZA (MI)
156	FIERA ACCADUEO	c/o BOLOGNAFIERE - Piazza Costituzione, 6 - 40128 BOLOGNA
--	FIERA ALUMOTIVE	Via della Mercanzia, 119 Centergross - 40050 FUNO DI ARGELATO (BO)
14	FIERA BIAS	c/o F & M - Fiere e Mostre - Via Caldera, 21/C - 20153 MILANO
--	FIERA BIMEC	c/o UCIMU - Viale Fulvio Testi, 128 - 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)
--	FIERA BI.MU-MED	c/o UCIMU - Viale Fulvio Testi, 128 - 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)
--	FIERA EXPOLASER	c/o Piacenza Expo - S.S. 10 Frazione Le Mose - 29100 PIACENZA
78	FIERA LAMIERA	c/o UCIMU - Viale Fulvio Testi, 128 - 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)
--	FIERA MAQUITEC	c/o EXPO Consulting - Via Riva Reno, 56 - 40122 BOLOGNA
138	FIERA METEF	c/o EDIMET - Via Brescia, 117 - 25018 MONTICHIARI (BS)
122	FIERA MOTORSPORT EXPOTECH	c/o MODENA ESPOSIZIONI - Viale Virgilio, 58/B - 41100 MODENA
--	FIERA SAMUMETAL	c/o PORDENONE FIERE - Viale Treviso, 1 - 33170 PORDENONE
--	FIERA SEATEC	c/o CARRARAFIERE - Viale Galileo Galilei, 133 - 54036 MARINA DI CARRARA (MS)
134	FIERA SICURTECH	c/o FIERA MILANO TECH - Via Gattamelata, 34 - 20149 MILANO
70	FIERA SUBFORNITURA	c/o SENAF - Via Eritrea, 21/A - 20157 MILANO
--	FIERA TECHFLUID	c/o EDIMET - Via Brescia, 117 - 25018 Montichiari (BS)
--	FRONIUS	Via Monte Pasubio, 137 - 36010 ZANE' (VI)
13	G.B.C. INDUSTRIAL TOOLS	Via Artigiani, 17 - 25030 TORBIATO DI ADRO (BS)
--	G.E.INSPECTION TECHNOLOGIES	Via Grosio, 10/4 - 20151 MILANO
--	G. FISCHER	Via Sondrio, 1 - 20063 CERNUSCO S/N (MI)
5	GILARDONI	Via A. Gilardoni, 1 - 23826 MANDELLO DEL LARIO (LC)
69+91	HYPERTHERM Europe B.V.	Vaartveld, 9 - 4704 SE ROOSENDAL (Olanda)
56	IGUS	Via delle Rovedine, 4 - 23899 ROBBIATE (LC)
103	INE	Via Facca, 10 - 35013 CITTADELLA (PD)
--	IPM	Via A. Tadino, 19/A - 20124 MILANO
--	ITALARGON	Via S. Bernardino, 92 - 24126 BERGAMO
80	ITW	Via Privata Iseo, 6/E - 20098 S. GIULIANO MILANESE (MI)
89	LANSEC ITALIA	Via Bizet, 36/N - 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)
114	LASTEK	Viale dello Sport, 22 - 21026 GAVIRATE (VA)
2	LINCOLN ELECTRIC ITALIA	Via Fratelli Canepa, 8 - 16010 SERRA RICCO' (GE)
6	MCM DAYS	c/o EIOM - Viale Premuda, 2 - 20129 MILANO
7	MEDIAPOINT & COMMUNICATIONS	Corso Buenos Aires, 8 - Corte Lambruschini - 16129 GENOVA
--	NDT ITALIANA	Via del Lavoro, 28 - 20049 CONCOREZZO (MI)
--	OGET	Via Torino, 216 - 10040 LEINI' (TO)
22	ORBITALUM TOOLS	Freibühlstrasse, 19 - 78224 SINGEN (D)
--	OXYTURBO	Via Serio, 4/6 - 25015 DESENZANO (BS)
--	PARODI SALDATURA	Via Delle Industrie, 228/A - 17012 ALBISSOLA MARE (SV)
--	RIVISTA MECCANICA & AUTOMAZIONE	Via Rosellini, 12 - 20124 MILANO
54	RIVISTA U & C	c/o the C' comunicazione - Via Orti, 14 - 20122 MILANO
21	RIVOIRA	Via C. Massaia, 75/L - 10147 TORINO
--	RTM	Regione Lime, 100 - 10080 VICO CANAVESE (TO)
92	SACIT	Via Lomellina, 16/B - 20090 BUCCINASCO (MI)
3a cop	SAF - FRO	Via Torricelli, 15/A - 37135 VERONA
--	SALTECO	Via S.P. Rivoltana, 35/b - 20090 LIMITO DI PIOLTELLO (MI)
--	SANDVIK ITALIA	Via Varesina, 184 - 20156 MILANO
--	SELCO	Via Palladio, 19 - 35010 ONARA DI TOMBOLO (PD)
--	SEMAT CARPENTERIA	Via Fornaci, 45/47 - 25040 ARTOGNE (BS)
128	SEMAT ITALIA	Via Monte Bianco, 30/3 - 20043 ARCORE (Ml)
2a cop	SIAD	Via S. Bernardino, 92 - 24126 BERGAMO
--	SOGES	Via Rivarolo, 61 - 16161 GENOVA
23+127+144	SOL WELDING	Via Meucci, 26 - 36030 COSTABISSARA (VI)
--	TEC Eurolab	Viale Europa, 40 - 41011 CAMPOGALLIANO (MO)
20	TECNEDIT	Via Tortona, 72 - 20144 MILANO
16	TECNOELETTRA	Via Nazionale, 50a - 70 - 23885 CALCO (LC)
--	TELWIN	Via della Tecnica, 3 - 36030 VILLAVERLA (VI)
--	THERMIT ITALIANA	Piazzale Santorre di Santarosa, 9 - 20156 MILANO
55	TRAFILERIE DI CITTADELLA	Via Mazzini, 69 - 35013 CITTADELLA (PD)

SAF-FRO

Spazio all'alta precisione, con gli impianti di saldatura serie DIGI@WAVE e DIGI@PULS!

Altissima precisione della saldatura a tecnologia digitale, in grado di autoregolare tutti i parametri per eseguire giunti di una finezza ineguagliata (spessore fino a 1 mm).
Precisione delle interfacce con: ampio schermo e setup ultraevoluto per la gamma DIGI@WAVE, che permette l'impiego sulle applicazioni robotiche più sofisticate.
Semplicità d'uso con i modelli DIGI@PULS con regolazioni predefinite.
Prestazioni evolute con la possibilità di scaricare nuovi software dal sito SAF-FRO.

E per rispondere più precisamente a tutte le applicazioni ogni gamma esiste in più versioni per il mercato automobilistico e dei trasporti, della caldareria (materiali inox ed alluminio) e dell'industria alimentare.

Scoprite da oggi il vero senso della parola "precisione".

Saldatura MIG-MAG, mirate all'alta precisione digitale

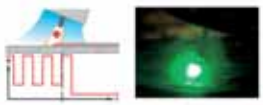
www.saf-fro.it

AIR LIQUIDE WELDING

Aristo SuperPulse™: Controllo perfetto dell'apporto di calore

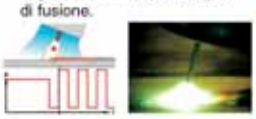
Pulse/short arc

- Salda senza spruzzi lamiere molto sottili di alluminio e acciaio inox.
- Sostituisce il procedimento TIG nelle passate di fondo.
- Adatto alla brasatura MIG-MAG su lamiere sottili.
- Riduce l'apporto di calore.



Spray arc/pulse

- Facilita la saldatura in posizione di grossi spessori.
- Assicura una penetrazione uniforme e una maggiore velocità.
- Salda in verticale ascendente l'alluminio senza pendolamento.
- Migliora il controllo del bagno di fusione.



Se la vostra applicazione richiede passate di fondo precise o saldature in posizione su alluminio o acciaio inossidabile di spessore molto sottile o molto spesso, Aristo SuperPulse™ è la soluzione vincente. Il vantaggio principale del procedimento pulse/pulse - pulsazione che si sovrappone a quella primaria - è la capacità di controllare in modo preciso l'apporto di calore.

I NOSTRI CLIENTI SALDANO MEGLIO

ESAB Saldatura SpA – Via Mattei 24, 20010 Mesero – MI – Tel 02 979681 – www.esab.it – esab.saldatura@esab.se