



MISCELE GAS PERFORMANTI IN SALDATURA: **GUIDA** ALL'UTILIZZO E VANTAGGI

Ing. Daniela Tommasi

LE MONOGRAFIE DI

LAMIERA
Meccanica

GRAZIE AL CONTRIBUTO
EDUCAZIONALE DI

 **SIAD**

 **gruppo**
tecniche nuove



4..... **INTRODUZIONE**

CAPITOLO 1

5..... **IL GAS, UN RUOLO STRATEGICO**

CAPITOLO 2

7..... **LE MISCELE PERFORMANTI**

CAPITOLO 3

9..... **LA MISCELA GIUSTA
PER OGNI MATERIALE E PROCESSO**

CAPITOLO 4

17..... **AUMENTARE LE PERFORMANCE,
RIDURRE I COSTI DI PROCESSO**

COME I GAS **INFLUENZANO**
IL PROCESSO DI SALDATURA

COSA SONO LE **MISCELE**
PERFORMANTI

QUALI SONO I LORO
VANTAGGI IN RELAZIONI
AI MATERIALI DA SALDARE

QUALI SONO LE **MIGLIORI**
MISCELE PER I VARI
PROCESSI DI SALDATURA

PERFORMANCE
OTTENIBILI

VANTAGGI ECONOMICI

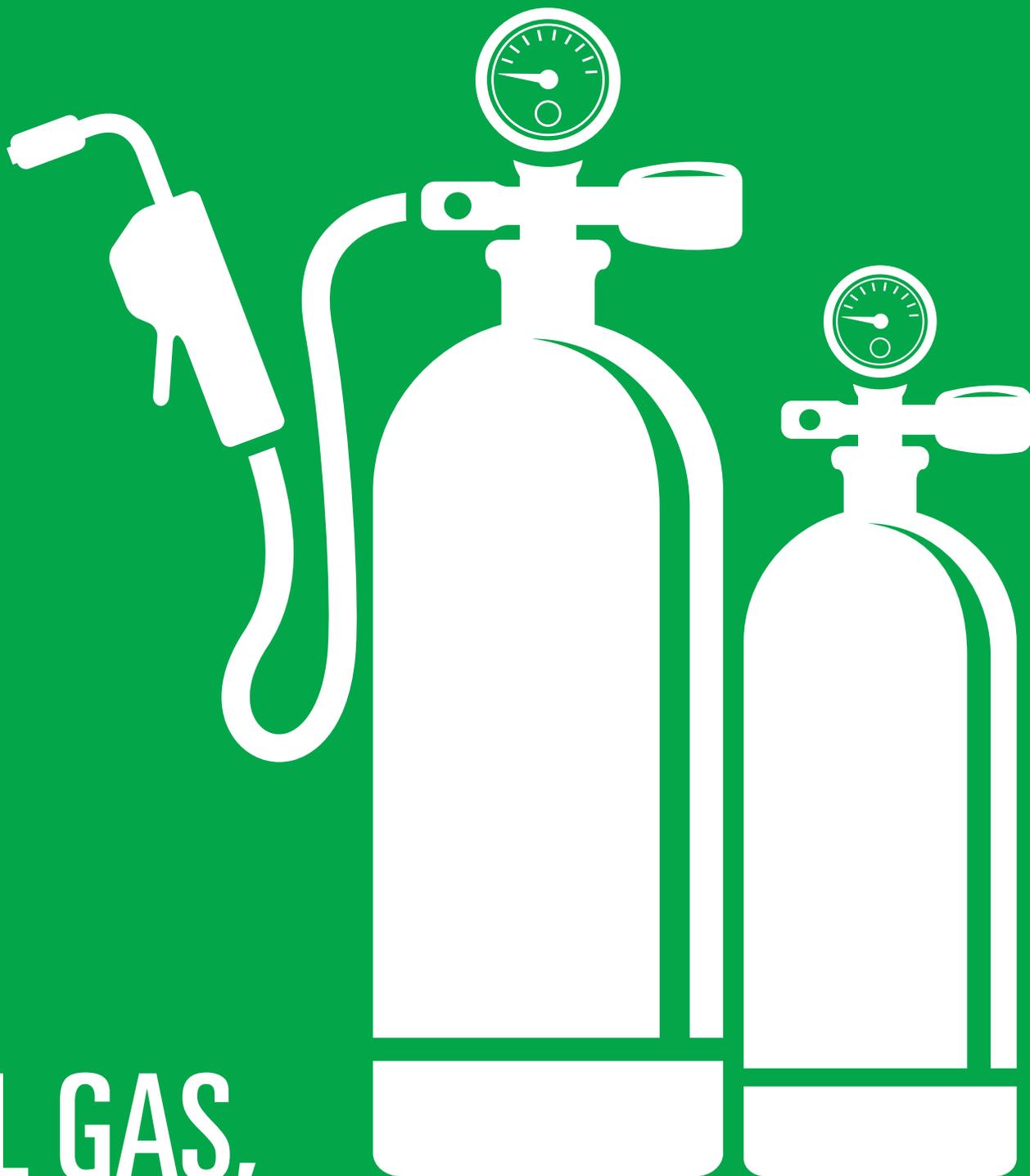


KEYPOINTS



Il punto di partenza: secondo la definizione riportata in Kalpakjian-Schmidt, Tecnologia meccanica, la saldatura è il processo che realizza l'unione, mediante riscaldamento o fusione, dell'interfaccia degli elementi da collegare, impiegando in genere mezzi elettrici o energia concentrata. Ma non basta: la saldatura deve essere "solida", assicurando l'affidabilità desiderata alle parti collegate, secondo requisiti puntualmente identificati. Ciò è reso possibile, oltre che dalla scelta del processo più idoneo e dall'accuratezza con cui viene eseguito, dalla protezione da fenomeni indesiderati, quali l'ossidazione o la presenza di inquinanti nella pozza fusa, a garanzia di un cordone di saldatura che soddisfi sia le caratteristiche meccaniche/tecnologiche sia quelle estetiche. La riuscita di una saldatura dipende quindi da molti fattori strettamente connessi fra loro e, a fare quasi da "legante", c'è la scelta del gas, o della miscela di gas, che ha un'influenza diretta e specifica sulle caratteristiche della saldatura: stabilità dell'arco, grado penetrazione, produttività (o velocità di esecuzione/deposito), forma e qualità del giunto.

INTRODUZIONE



IL GAS, UN RUOLO STRATEGICO

CAPITOLO 1

È l'uso del gas, la sua scelta, che differenzia e permette di gestire il processo di saldatura, secondo le richieste indicate dalle specifiche applicazioni, ed è proprio questo ruolo centrale che spinge ad approfondirne la conoscenza, in modo da arrivare a un utilizzo mirato che ne esalti le proprietà ai fini della riuscita ottimale del processo.

Oggi più che mai è importante che si sviluppi la cultura dei gas, dato il forte impatto sul processo, sia in termini tecnologici, cioè qualità e produttività, che economici, cioè costi globali di processo. Cultura significa aver chiaro quali siano i fattori determinanti ai fini della riuscita del processo di saldatura, indipendentemente dalla tecnologia adottata e dai materiali da saldare.

Gli aspetti fondamentali di un gas sono:

- **PROPRIETÀ FISICHE**
- **PROPRIETÀ CHIMICHE**

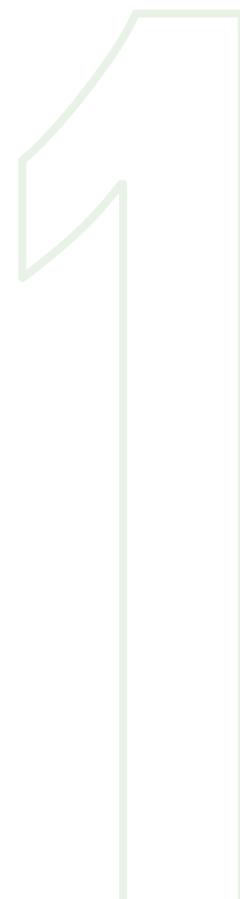
Le **PROPRIETÀ FISICHE** determinano soprattutto la profondità di penetrazione, la forma del cordone, la velocità di esecuzione ed hanno una influenza diretta sull'accensione dell'arco elettrico. Infatti, gas quali l'Argon, che hanno un basso potenziale di ionizzazione, cioè l'energia necessaria affinché il gas diventi un conduttore di elettricità è inferiore a quella di altri gas, facilitano sia l'accensione dell'arco sia la sua stabilizzazione. Se la saldatura è laser, allora è preferibile l'Elio che permette un maggiore controllo della profondità di penetrazione e della qualità della saldatura in generale, grazie all'elevata conducibilità termica. È quindi forse la conducibilità termica ad essere la proprietà più importante data le sue molteplici influenze, dalla forma del cordone di saldatura, alla temperatura del bagno e suo degasaggio. In funzione del

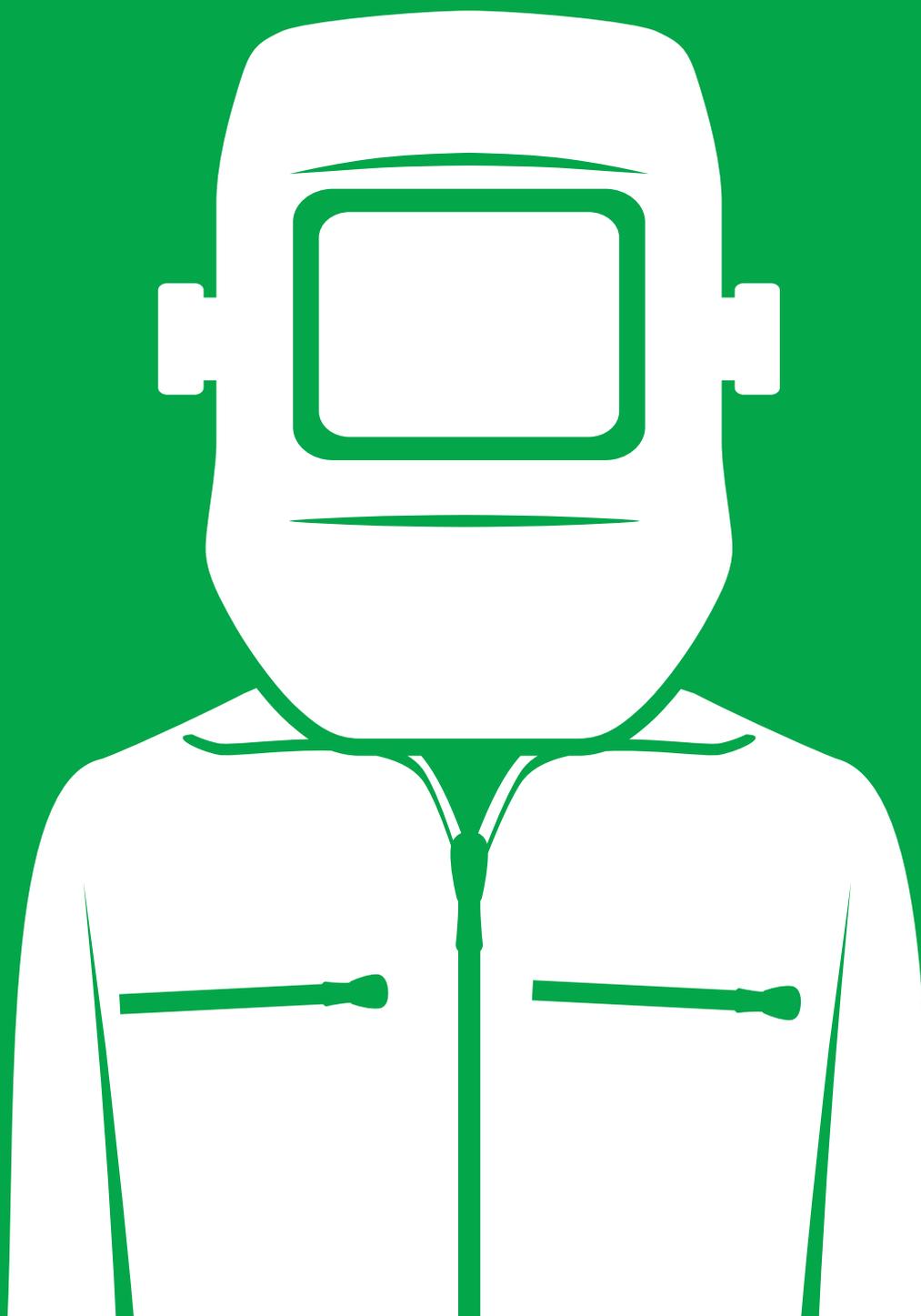
tipo di processo e dei materiali da saldare, è possibile inoltre migliorare la produttività (velocità di esecuzione) con l'utilizzo di miscele gas che vadano ad influenzare appunto la conducibilità termica, quali Elio (leghe di Alluminio) o Idrogeno (acciai inossidabili).

Le **PROPRIETÀ CHIMICHE** hanno un'influenza diretta sulla metallurgia e, di conseguenza, sulla qualità del cordone. Se Argon e Elio sono metallurgicamente neutri, l'Idrogeno ha un comportamento riducente mentre l'Ossigeno rende estremamente liquidi i bagni di fusione. La presenza di CO₂ eccessiva richiede attenzione perché potrebbe portare a un arricchimento in Carbonio non desiderato.

Se le linee di gas e miscele per saldatura definite **"standard"**, sono ormai note al mercato, e ogni azienda fornitrice di gas è in grado di offrirle, sebbene con dei distinguo talvolta importanti, discorso diverso vale per i prodotti **performance**, cioè diventa **miscele gas ottimizzate**, note come **miscele di gas ternarie**.

Le miscele ternarie di saldatura sono miscele in cui 3 gas vengono combinati al fine di ottenere un mix ottimale, sfruttando i vantaggi apportati da ognuno. Grazie allo studio applicato di queste miscele, è possibile realizzare prodotti in grado di raggiungere performance e qualità nettamente superiori rispetto alle miscele standard.





LE MISCELE PERFORMANTI

CAPITOLO 2

Sono chiamate **miscele performanti** in quanto, proprio grazie a un preciso mix di gas, sono in grado di migliorare le performance di processo, garantendone un valore aggiunto. Parlare di performance significa anche parlare di **efficienza**, un tema molto sentito in ogni ambito produttivo e che si tenta sempre di massimizzare, ma la questione si presenta sempre complessa, dato che non esiste una regola, un **modus operandi**, standardizzabile ed esportabile fra realtà diverse. Analogamente, per le performance di saldatura, le miscele possono portare indubbi vantaggi, ma vanno scelte in maniera oculata, in funzione di materiale, tipo di processo e specifiche di progetto.

Saldature con miscele performanti portano indubbi benefici, tutti riconducibili all'economia di processo, che possono essere raggruppati in tre macro-gruppi:

BENEFICI DI TIPO MECCANICO

eliminazione di difetti di saldatura, maggiore e migliore penetrazione

BENEFICI ESTETICI

per esempio cordoni di saldatura e superfici esenti da bruciature, cambi di colore e/o struttura

AUMENTO DELLA PRODUTTIVITÀ

l'impiego di Elio in miscela, può aumentare la velocità di esecuzione anche del 30%

Offrire miscele performanti non è da tutti, così come non tutti i processi di saldatura richiedono l'uso di queste miscele. Infatti, se l'impiego delle miscele dà valore aggiunto alla saldatura, è altresì vero che occorre scegliere quella più indicata al processo, al materiale e agli obiettivi da raggiungere, e questo è possibile solo appoggiandosi a fornitori che, oltre ad essere in grado di fornire questi prodotti, siano in grado di indirizzare la scelta, supportandola con un'attività consulenziale adeguata, creando un vero e proprio rapporto di partnership.



**LA MISCELA
GIUSTA PER OGNI
MATERIALE E OGNI
PROCESSO**

CAPITOLO 3

Forma del cordone di saldatura, estetica del giunto, riduzione degli spruzzi, penetrazione e fusione dei lembi, produttività, solo per citarne alcuni, sono fra i parametri a cui far riferimento nella scelta del gas o miscela, parametri che acquistano valenza diversa

a seconda degli obiettivi della specifica saldatura. In linea generale, la prima valutazione può essere fatta considerando il materiale che deve essere saldato e il tipo di processo.

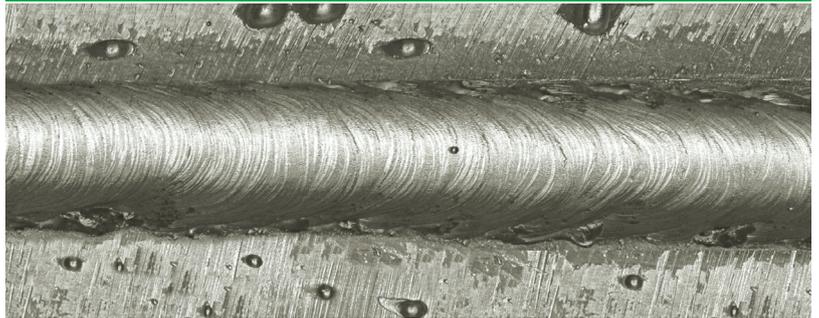
MATERIALI

ACCIAI AL CARBONIO

Sono leghe Ferro-Carbonio che non contengono ulteriori elementi di lega (Cromo, Nichel, ecc.) se non come impurità. L'acciaio al Carbonio è il tipo di acciaio più comune, essendo economico, facile da lavorare e da saldare. Soprattutto a temperature elevate questi acciai sono soggetti a corrosione, oltre che alla perdita di resistenza meccanica. A temperature molto basse diventano fragili. Le miscele performanti, durante la saldatura MIG-MAG sia manuale che automatica, offrono risultati nettamente superiori rispetto alle standard, in particolare per quanto riguarda la forma del cordone, l'estetica del giunto, la riduzione di spruzzi e la penetrazione e fusione dei lembi, con ottimi risultati, in **short arc**, spray-arc e ad arco pulsato.

Dallo studio di casi applicativi, in particolare nel settore della carpenteria, sono stati riscontrati concreti vantaggi nella combinazione di Argon, Anidride Carbonica e Ossigeno, ottenendo una migliore forma e penetrazione del cordone di saldatura, oltre a una notevole riduzione degli spruzzi, con una maggiore sicurezza nei processi. Ovviamente tutto ciò si traduce in una riduzione dei costi.

ARGON 92% - CO₂ 8%



FORMA DEL CORDONE ● ●
ESTETICA DEL GIUNTO ● ●
RIDUZIONE SPRUZZI ●
PENETRAZIONE E FUSIONE DEI LEMBI ● ●

ARGON 95% - O₂ 2% - CO₂ 3%



FORMA DEL CORDONE ● ● ● ●
ESTETICA DEL GIUNTO ● ● ● ●
RIDUZIONE SPRUZZI ● ● ● ●
PENETRAZIONE E FUSIONE DEI LEMBI ● ● ● ●

Confronto giunti saldati Acciaio Carbonio S355 con processo MIG

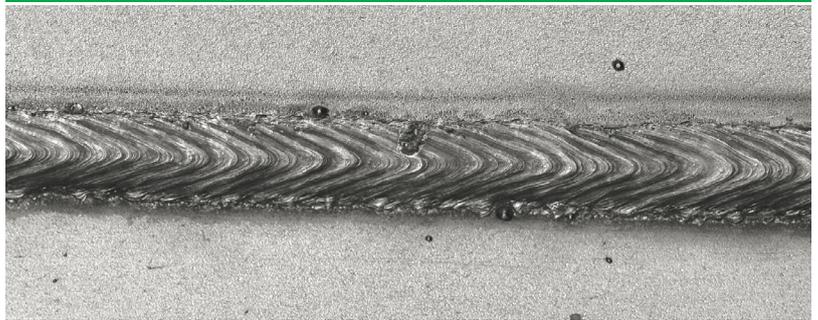
ACCIAI INOSSIDABILI AUSTENITICI

Sono acciai costituiti in prevalenza da **CROMO (20-27%), NICHEL (25-42%) E** Molibdeno (3-6%) e con un ridotto tenore di Carbonio ($\leq 0,07\%$). Elevate percentuali di questi elementi conferiscono una maggiore resistenza alla corrosione da acidi sia ad alte temperature, sia in presenza di forti concentrazioni, oltre che alle rotture per tenso corrosione. Gli acciai inossidabili austenitici sono normalmente classificati come AISI serie 300.

Le miscele performanti, rispetto a quelle standard, durante la saldatura MIG-MAG e TIG sia manuale che automatica, offrono risultati nettamente superiori rispetto alle standard. Un plus importante è la perfetta disossidazione del giunto; forma del cordone, estetica del giunto, penetrazione e fusione dei lembi sono nettamente migliori con le miscele performanti, evitando, fra l'altro il rischio di deformazioni.

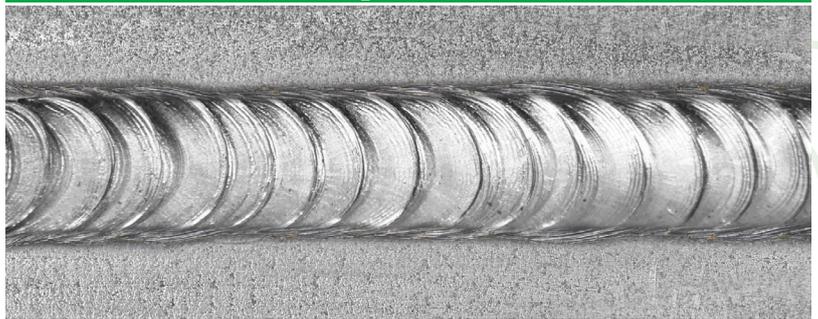
Dallo studio di casi applicativi effettuati con processi TIG automatizzati su vari spessori, è risultato interessante l'uso di miscele performanti contenenti Idrogeno che hanno permesso di incrementare notevolmente la velocità di saldatura, portando notevoli benefici in termini di qualità ed economia di processo, assicurando un cordone di saldatura disossidato ed esente dal rischio di deformazioni, grazie al minor apporto termico complessivo.

ARGON 98% - CO₂ 2%



FORMA DEL CORDONE ●●
ESTETICA DEL GIUNTO ●●
RIDUZIONE SPRUZZI ●
PENETRAZIONE E FUSIONE DEI LEMBI ●
PRODUTTIVITÀ ●

ARGON 82% - ELIO 15% - CO₂ 3%



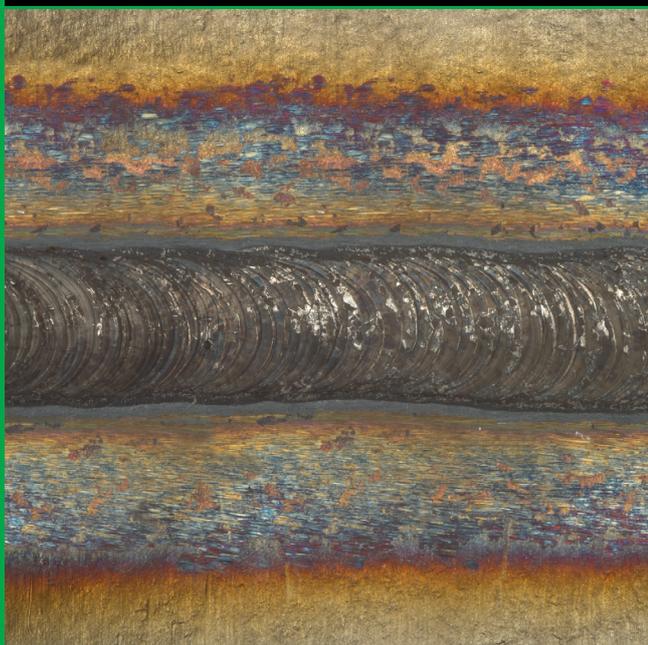
FORMA DEL CORDONE ●●●●
ESTETICA DEL GIUNTO ●●●●
RIDUZIONE SPRUZZI ●●●
PENETRAZIONE E FUSIONE DEI LEMBI ●●●
PRODUTTIVITÀ ●●●●

Confronto giunti saldati Acciaio Austenitico AISI serie 300
con processo MIG

APPROFONDIMENTO: LA PROTEZIONE A ROVESCIO

La protezione al rovescio consiste nell'utilizzare un gas inerte per proteggere la saldatura della prima passata, quando i giunti sono a completa penetrazione. La presenza di Ossigeno può infatti portare alla formazione di ossidazioni, colori di rinvenimento o addirittura "bruciature" che possono compromettere seriamente la resistenza dei materiali, oltre che l'estetica. Nel caso degli acciai austenitici, l'utilizzo di Idrogeno, opportunamente combinato con un gas inerte, permette di ridurre sensibilmente la formazione di colori di rinvenimento grazie all'effetto riducente di questo elemento. Settori come l'alimentare e farmaceutico, dove igiene e pulizia hanno un peso significativo, richiedono un'assenza assoluta di colori di rinvenimento e nitruri. È quindi consigliabile l'impiego di Argon e Idrogeno nella protezione alla radice. Le miscele performanti, rispetto a quelle standard, garantiscono, grazie alla presenza di Idrogeno, una perfetta disossidazione del cordone, evitando, in maniera più o meno marcata, in funzione delle caratteristiche della miscela, la formazione di nitruri e la comparsa di cricche.

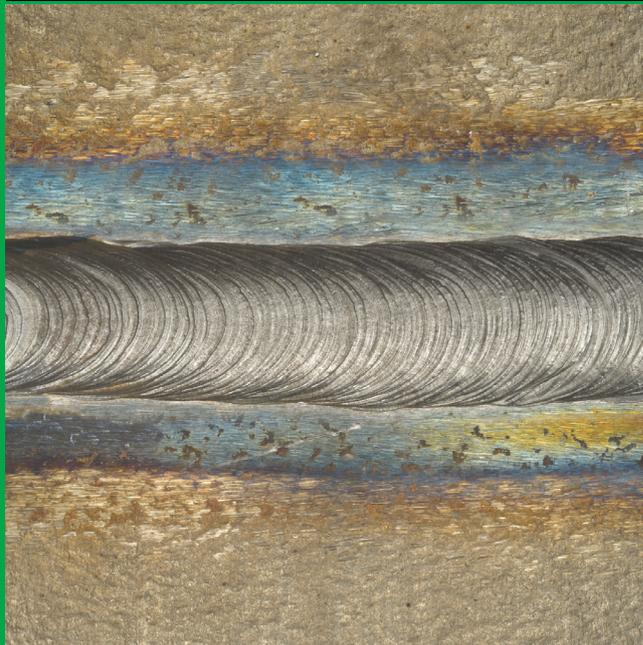
ARGON TECNICO 4.6



EVITA FORMAZIONE DI NITRURI
EVITA COMPARSA DI CRICCHE
DISSODIAZIONE DEL CORDONE



ARGON 95% - H₂ 5%



EVITA FORMAZIONE DI NITRURI
EVITA COMPARSA DI CRICCHE
DISSODIAZIONE DEL CORDONE



Confronto giunti saldati Acciaio Austenitico AISI serie 300 con processo TIG



ACCIAI INOSSIDABILI MARTENSITICI

Sono leghe al Cromo, con tenore 11÷18%, con presenza relativamente elevata di Carbonio (fino 1,1%), contenenti piccole quantità di Manganese, Silicio e Molibdeno. Possiedono caratteristiche meccaniche molto elevate e sono ben lavorabili. A seconda della qualità e dell'utilizzo previsto, la duttilità può essere aumentata grazie a trattamenti di tempra. Gli acciai inossidabili martensitici sono normalmente classificati come AISI serie 400-500. Le miscele performanti, durante la saldatura MIG-MAG, a filo animato e TIG, sia manuale che automatica, offrono risultati nettamente superiori rispetto alle standard, in particolare per quanto riguarda la forma del cordone, l'estetica del giunto, e la penetrazione e fusione dei lembi, con un

bagno di saldatura disteso e un minor rischio di incisioni marginali. La differenza rispetto agli acciai austenitici è che la struttura martensitica è sensibile all'Idrogeno, non è quindi possibile utilizzare miscele gas contenenti questo elemento; l'Elio condivide con l'Idrogeno l'alta conducibilità termica e ne prende quindi il posto andando a favorire caratteristiche del giunto talvolta migliori, a fronte però di un inevitabile maggior costo. Per questa classe di materiali la scelta della miscela gas più adatta dipende sempre dai risultati che si vogliono ottenere, motivo per cui è consigliabile un supporto tecnico, eventualmente con test specifici, al fine di valutare la miglior soluzione.



ACCIAI DUPLEX E SUPERDUPLEX

Gli acciai Duplex e Super Duplex sono in grado di offrire un'eccellente combinazione di forza e resistenza alla corrosione, in modo da ridurre in maniera importante lo spessore richiesto al materiale e, di conseguenza, i costi diretti e di trasformazione. Lo studio di casi specifici ha portato a individuare miscele innovative Argon/Azoto, con l'obiettivo di migliorare le performance di saldatura dell'acciaio Super Duplex impiegato, per esempio, nella produzione di tubazioni e connessioni sottomarine. Infatti, l'aggiunta di una piccola percentuale di Azoto in Argon consente di mantenere inalterato il bilanciamento della struttura negli acciai bifase austeno-ferritici.

ACCIAI ZINCATI

Gli acciai zincati sono solitamente dei laminati di acciai al Carbonio ricoperti con Zinco. Il rivestimento di questo metallo consente di associare alle caratteristiche meccaniche dell'acciaio al carbonio la resistenza alla corrosione. Le miscele performanti, rispetto a quelle standard, durante la saldatura MIG-MAG sia manuale che automatica, offrono risultati nettamente superiori, in particolare per quanto riguarda la forma del cordone, l'estetica del giunto, la riduzione di spruzzi, la penetrazione e fusione dei lembi, la velocità di esecuzione, che può aumentare anche del 25÷35%, oltre che la riduzione di porosità.

ALLUMINIO, TITANIO, NICHEL, RAME, BRONZI, OTTONI E ALTRI METALLI REATTIVI

Le caratteristiche principali delle leghe di Alluminio sono l'elevata duttilità, il basso peso specifico e l'ottima saldabilità. Le leghe di Titanio combinano l'estrema leggerezza a una resistenza meccanica molto elevata, paragonabile a quella dell'acciaio. Il Rame possiede un'elevata capacità di formare leghe (Ottone, Bronzo e Cupronichel), con eccellenti caratteristiche, quali la resistenza meccanica all'abrasione e alla corrosione, la lavorabilità e la duttilità. Solitamente queste leghe vengono saldate con Argon puro a cause delle probabili reazioni indesiderate che si verificherebbero con l'utilizzo di gas attivi. Migliori risultati si sono ottenuti grazie all'utilizzo di miscele Argon-Elio. L'Elio, in quanto elemento neutro, non crea reazioni indesiderate con il materiale, ma grazie alla maggiore conducibilità termica permette – per esempio – di penetrare maggiormente in materiali come l'alluminio, dove un maggiore apporto energetico dovuto all'aumento dell'ampereaggio "bucherebbe" il materiale. Lo studio di casi specifici riguardanti la saldatura di leghe di Alluminio con l'impiego di miscele di Argon e Elio, ha evidenziato un netto miglioramento della stabilità dell'arco, con la possibilità di incrementare la velocità, soprattutto nei processi automatizzati. Esteticamente, il cordone di saldatura è più disteso e le analisi micrografiche indicano una penetrazione più uniforme.



PROCESSI AUTOMATIZZATI

L'automazione e lo sviluppo di processi automatici stanno entrando pesantemente in ogni ambito produttivo e la saldatura non fa eccezione, per quanto in diverse realtà il procedimento manuale sia ancora preferibile. In particolare, la saldatura plasma e la saldatura laser sono quasi nella totalità dei casi implementate attraverso processi automatizzati

SALDATURA PLASMA

Negli ultimi anni il processo di saldatura plasma ha visto una crescente diffusione grazie alle alte prestazioni, e le maggiori performance, in termini di velocità e penetrazione, vengono ottenute soprattutto grazie alle miscele Argon-Idrogeno, in % variabili. Infatti la torcia al plasma ha la possibilità di usare due gas, e la loro valida combinazione permette di raggiungere notevoli prestazioni: a parità di corrente di saldatura si possono ottenere velocità superiori del 30%, oltre a un migliore controllo del bagno di saldatura, il tutto ovviamente a vantaggio della produttività.

SALDATURA LASER

Le tecnologie tradizionali sono oggi state soppiantate, in molti processi, dalla tecnologia di saldatura laser, in virtù della maggior precisione e dalla possibilità di ottenere superiori caratteristiche meccaniche del giunto. In linea di massima il laser consente di saldare senza problemi una ampia varietà di materiali, tra cui gli acciai zincati.

In base alle specifiche esigenze del processo, possono essere utilizzati gas e miscele che, interagendo con il raggio laser, determinano l'apporto energetico ottimale in funzione del pezzo da saldare e delle caratteristiche richieste.

Eccellenti risultati sono stati ottenuti anche qui con l'utilizzo di miscele Argon-Elio: da notare come l'energia del raggio laser, a contatto con il materiale, può formare del plasma che, se eccessivamente denso, può compromettere il processo, secondo quello che è chiamato effetto schermo.

L'Elio è il gas più adatto al processo di saldatura laser grazie alle sue proprietà fisiche, avendo ridotto peso molecolare, elevata conducibilità termica ed un elevato potenziale di ionizzazione che riduce la densità del plasma.

L'impiego dell'Elio nelle saldature laser permette di ottenere:

- **PENETRAZIONE E ASPETTO DEL CORDONE ECCELLENTE**
- **MAGGIORE VELOCITÀ DI SALDATURA**



BENEFICI DEI SINGOLI GAS NELLE MISCELE

Il ruolo del gas o della miscela può cambiare radicalmente le performance di saldatura, con una valenza particolare quando il processo è automatizzato.

L'Argon è il gas impiegato come base per tutte le miscele di saldatura, grazie alla sua capacità di rimanere inerte anche ad alte temperature. Se l'Argon è ad elevata purezza, saranno garantite:

- ELEVATA STABILITÀ DELL'ARCO DI SALDATURA
- INCREMENTO PULIZIA DEL GIUNTO SALDATO
- MAGGIORE QUALITÀ DEL GIUNTO SALDATO

Le miscele contenenti Elio garantiscono:

- MAGGIORE FLUIDITÀ DEL BAGNO DI FUSIONE
- ELEVATA VELOCITÀ DI SALDATURA
(INCREMENTO DEL RENDIMENTO DEL PROCESSO)
- MAGGIORE PENETRAZIONE DELLA SALDATURA

Le miscele contenenti Idrogeno garantiscono:

- RIDOTTA FORMAZIONE DI OSSIDAZIONI
- MAGGIORE PENETRAZIONE DELLA SALDATURA
- INCREMENTO PULIZIA DEL CORDONE DI SALDATURA





**AUMENTARE
LE PERFORMANCE,
RIDURRE I COSTI
DI PROCESSO**

CAPITOLO 4

Gli ultimi anni hanno visto vendite record per gli impianti di saldatura automatizzata, in parte per gli incentivi fiscali messi in campo dal Governo, ma soprattutto come naturale evoluzione dei processi di saldatura, che si sono spostati verso l'automazione ed il miglioramento delle performance. In tutto ciò, da tempo il mercato offre miscele di gas che possono migliorare la velocità e la qualità del processo, con risultati particolarmente interessanti quando i processi sono automatici, realtà ormai sempre più diffusa.

I fatti mostrano come sempre più aziende scelgono di utilizzare miscele con l'aggiunta di Idrogeno, soprattutto quando si devono saldare acciai inossidabili, ad eccezione di quelli martensitici. L'Idrogeno infatti svolge prevalentemente un'azione riducente, legandosi alle particelle di Ossigeno, favorendone la dispersione grazie alla sua leggerezza. Questo significa che, grazie alla netta riduzione delle ossidazioni, deve essere dedicato minor tempo alla pulizia dei cordoni di saldatura, con una riduzione dei tempi globali di processo e un interessante abbattimento dei costi relativi.

Quando si parla di miglioramento delle performance, un altro gas protagonista è l'Elio che, malgrado la sua difficile reperibilità, è utilizzato con successo laddove è richiesta alla saldatura una forte penetrazione e un apporto termico ridotto al minimo. Infatti, l'Elio, rispetto a gas come Argon e CO₂, ha un'elevata conducibilità termica e può pertanto essere impiegato, in aggiunta ai componenti base della miscela di saldatura, in percentuali elevate. Ciò favorisce una minore dispersione termica e una maggiore velocità di fusione, che può raggiungere valori fino a +25 %. Il beneficio

è evidente: maggiore economia di processo grazie alla riduzione del tempo necessario per passata.

Parlando di costi, quelli di acquisto del gas hanno una influenza relativa, dato che hanno un peso, sugli interi costi di processo, che si aggira intorno al 4%. Cosa significa? Significa che, utilizzando miscele più performanti, il costo maggiore rispetto alle standard, ha una scarsa ricaduta sui costi di processo; per contro, il beneficio che ne consegue, permette un rilevante risparmio in termini di manodopera/ore macchina, e queste sono le voci di spesa che condizionano pesantemente l'economia di processo.

È quindi possibile ridurre i costi del processo di saldatura aumentando le performance? Certamente sì! E l'impiego ottimale delle miscele gas ha un ruolo da attore protagonista.



MISCELE PERFORMANTI IN SALDATURA: GUIDA ALL'UTILIZZO

REALIZZAZIONE

LAMIERA
Meccanica

Gruppo Editoriale Tecniche Nuove S.p.A.

Divisione Manufacturing
via Eritrea, 21 - 20157 - Milano (MI)
tel. +39 02.39090.1
www.meccanicaneuws.com
www.tecnichenuove.com

GRAZIE AL CONTRIBUTO EDUCAZIONALE DI

 **SIAD**

SIAD SPA

Via San Bernardino, 92
24126 - Bergamo (BG)
tel. +39 035328111
marketing_siad@siad.eu
www.siad.com