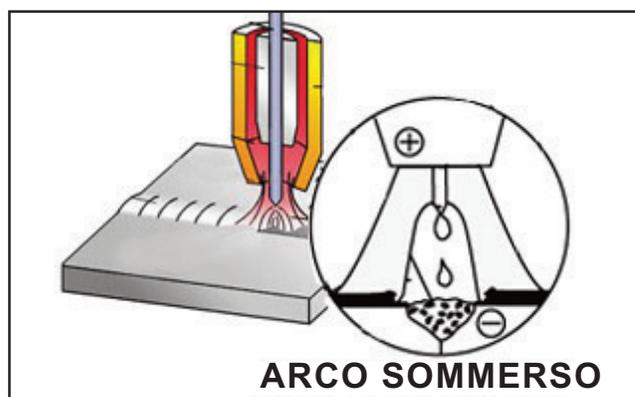
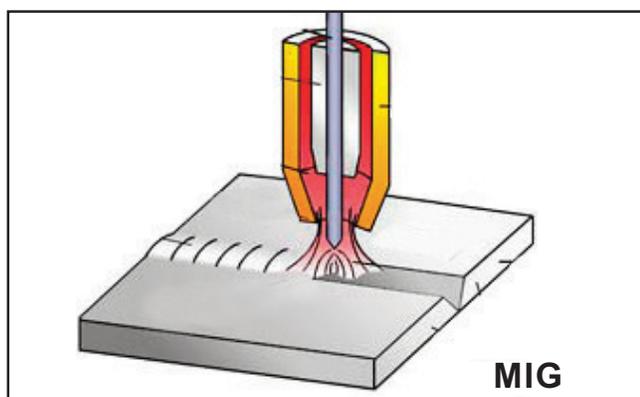
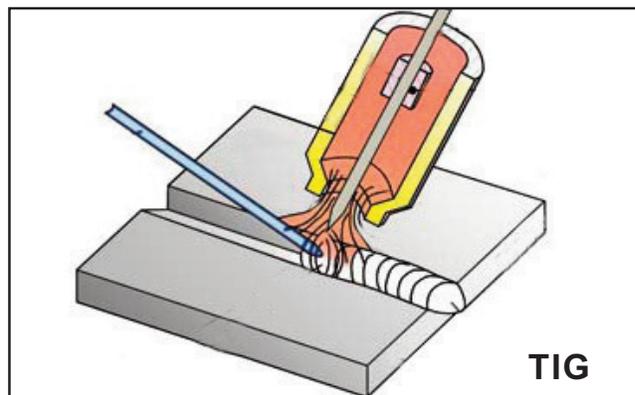
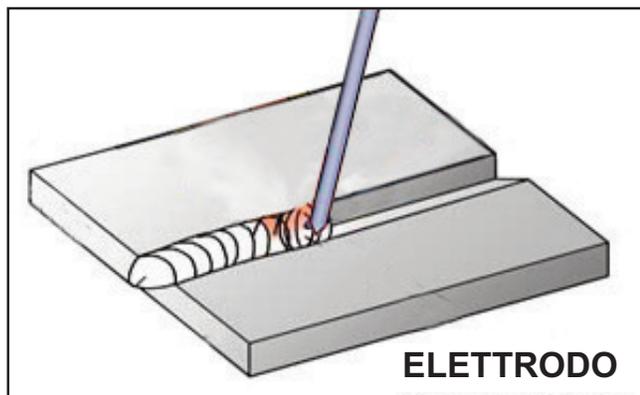


# GUIDA PRATICA ALLA SALDATURA



## COS'E' LA SALDATURA

La saldatura é, per definizione, l'unione di due parti metalliche ottenuta fondendo insieme i lembi ravvicinati dei pezzi da congiungere. Si ottiene così la compenetrazione dei due metalli e la loro saldatura.

L'operazione si può effettuare senza metallo di apporto, per fusione dei lembi tramite il procedimento TIG, per frizione, etc. oppure con metallo di apporto in elettrodo, filo MIG, filo per arco sommerso, etc. In questo caso i lembi vengono fusi dall'arco elettrico che scocca tra il materiale base e quello di apporto che, fondendo, contribuisce a sua volta a formare il deposito di saldatura.

Puoi saldare in tutte le posizioni, la maggior parte delle volte ti troverai ad operare in piano, in questa posizione ogni prodotto andrà bene. Nella saldatura in posizioni non piane, per esempio tubazioni in opera, potrai utilizzare soltanto materiali e tecniche adatte allo scopo.

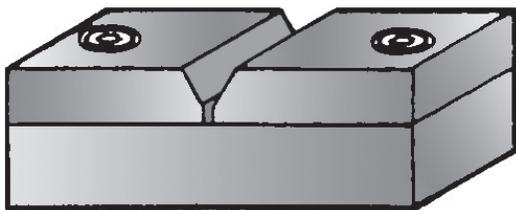
Un procedimento strettamente collegato alla saldatura é la saldobrasatura. In questo caso si dovrà scaldare a temperatura più o meno alta il materiale da fusione ma fondendo solamente la barretta di apporto. La saldobrasatura, nella gran parte dei casi, é ottenuta utilizzando cannello e bombole.

Potrai impiegare leghe di bronzo o leghe con percentuali più o meno alte di argento. La resistenza dei giunti saldobrasati è normalmente inferiore a quella che si ottiene nella saldatura con elettrodi, con filo pieno o animato o comunque quando entrano in fusione anche i lembi da unire.

## COSA SUCCEDDE AL PEZZO QUANDO SI SALDA

Quando si salda, innanzitutto, i pezzi si scaldano e, per effetto del calore, si verificano delle dilatazioni.

**Prima della saldatura:** pezzo smussato e vincolato



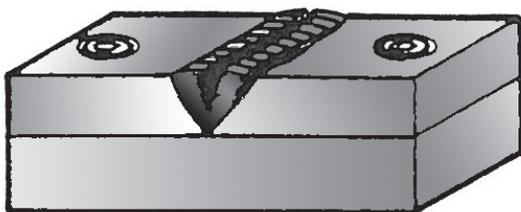
**Durante la saldatura:** per effetto del calore sia il pezzo che il cordone aumentano di volume



**Dopo la saldatura:** la zona che prima era calda, raffreddandosi si ritira creando delle tensioni



**Durante il raffreddamento:** se la forza delle tensioni provocate dalla saldatura è superiore alla resistenza del cordone o della zona adiacente, il giunto si spacca



Come puoi vedere dal disegno la dilatazione del materiale caldo è tale che durante il raffreddamento, quando ritorna alla dimensione originaria, la saldatura tende a rompersi nel punto più debole. Dovrai operare con una tecnica che ti consenta di superare il problema.

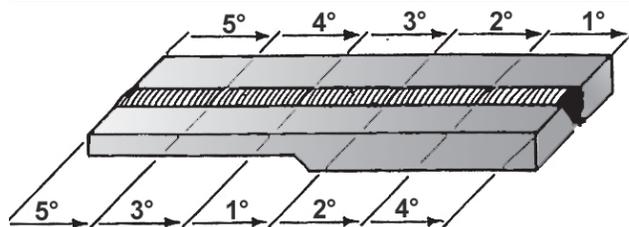
Saldando due lamiere di spessore sottile dovrai innanzitutto puntarle per evitare che procedendo nella saldatura i due lembi si aprano.

Per la congiunzione ti conviene utilizzare elettrodi o filo di diametro sottile, per apportare il minor calore possibile in quanto più scaldi e più le lamiere si deformano per effetto della dilatazione e del ritiro conseguente.

Per grossi spessori, soprattutto se vincolati, la tecnica di saldatura da adottare è la medesima detrimenti si corre il rischio non più di una deformazione dei pezzi ma di una rottura delle saldature.

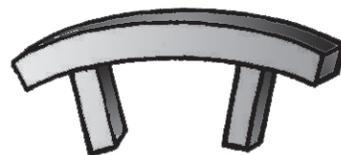
Un utile accorgimento per contenere i ritiri è l'adozione della tecnica detta "Passo del pellegrino".

Questo procedimento, particolarmente utile quando si saldano ghise o acciai legati, consente di distribuire in modo uniforme le sollecitazioni provocate dai ritiri che altrimenti potrebbero tirare fino a rompere la zona fragile al lato della saldatura.



Sequenza dei tratti di saldatura con la tecnica del "Passo del pellegrino"

Quando si effettuano dei riporti con materiali tenace è buona norma, quando possibile, predeformare il pezzo da ricaricare.

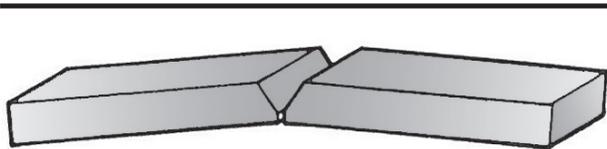


Riallineamento causato dal ritiro del cordone depositato



Come si vede dal disegno, l'apporto di materiale provocherà un ritiro che rimetterà in piano la superficie preventivamente

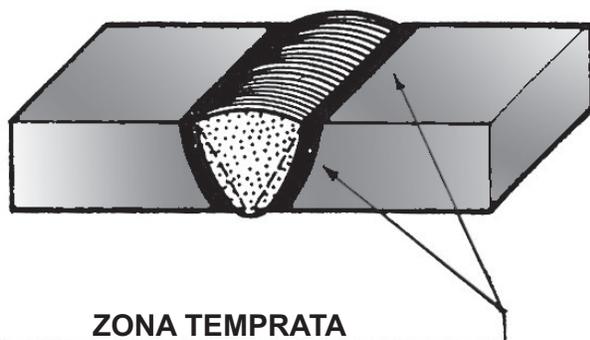
Saldando di testa e in angolo quando vorrai che il pezzo finito sia a posto dovrai puntarlo con una leggera angolazione per compensare la deformazione dovuta al ritiro del cordone.



Deformazione preventiva in un giunto di testa

Saldando senza preriscaldamento acciai legati, acciai con carbonio superiore a 0,20 oppure ghisa ti troverai in un'altra condizione di rischio, denominata **tempra** sia del cordone che della zona adiacente, dovuta al **forte riscaldamento** ed al **brusco raffreddamento** che sono caratteristiche dell'operazione di saldatura. I materiali di apporto che ti vengono forniti, tengono conto di questa situazione e normalmente non infragiliscono.

Il pericolo rimane nelle zone adiacenti che, in particolar modo su acciai e ghisa diventano dure e fragili. In questi casi puoi attenuare il rischio preriscaldando il materiale base allo scopo di avere un raffreddamento lento e quindi elimini una delle due condizioni che provocano la tempra.



## SCELTA DELL'IMPIANTO E DEGLI ACCESSORI

A questo punto vediamo quali attrezzature sono utilizzabili nei vari casi.

Se devi attaccare il piede di un motore elettrico, ghisa, le possibilità sono diverse: potrai adoperare il cannello ossiacetilenico, l'elettrodo o la macchina a filo.

In questo caso con l'elettrodo otterrai quasi sempre i migliori risultati anche dal punto di vista economico.

Se dovrai saldare una serie di serbatoi e quindi depositare molti metri di saldatura, la macchina a filo ti darà i migliori risultati economici. Dovrai accontentarti di un'estetica e di caratteristiche del deposito mediocri usando il filo pieno, mentre col filo animato le prestazioni diventano simili a quelle ottenibili con l'elettrodo. In questi due casi non utilizzare il cannello che rimane comunque un ottimo metodo per saldobrasare placchette in metallo duro, tubi sottili in acciaio, rame, ottone e per altri lavori di manutenzione.

Più in generale con il filo avrai velocità ed economia, con l'elettrodo sicurezza ed estetica e con il cannello la soluzione di problemi altrimenti irrisolvibili. Per quanto riguarda gli spessori da saldare puoi adottare, entro certi limiti, l'uno o l'altro metodo, purché si utilizzino i diametri in funzione dello spessore.

Nei capitoli dedicati ai materiali, troverai alcune tabelle che ti indicheranno, per i vari sistemi di saldatura, i diametri e le preparazioni dei giunti più adatte in rapporto alle posizioni e allo spessore del materiale da saldare.

La tabella che segue ti dà un'idea della differenza fra i vari procedimenti di saldatura in riferimento a: diluizione (materiale base che viene fuso durante la saldatura); apporto termico (quantità di calore che si apporta al pezzo); deposito orario (velocità di lavoro).

PROCEDIMENTO	DILUIZIONE %	APPORTO TERMICO KJ/A	DEPOSITO ORARIO Km/h
Elettrodi rivestiti	20÷30	20	1,5÷2,5
T.I.G. (corrente alternata)	15÷25	12	1÷1,5
T.I.G. (corrente continua)	25÷35	15	1÷1,5
M.A.G. (arco corto)	25÷35	14	2,5÷3
M.A.G. (arco lungo)	35÷45	35	6÷8
M.I.G. (arco pulsato)	30÷40	70	3÷5
M.A.G. (filo animato)	20÷35	27	5÷7
Arco sommerso (filo)	30÷50	65	5÷10
Arco sommerso (nastro)	10÷20	60÷100	10÷20
Filo animato "OPEN ARC"	15÷25	30	7÷9
Cannello ossiacetilene	1÷5	variabile	1÷1,5
Plasma arco trasferito	5÷10	15÷20	2÷12
Plasma spray	nessuna	trascurabile	1,5÷5
Polvere al cannello	1	20÷100	0,5÷1

La velocità di deposito indicata in tabella non tiene conto delle interruzioni

Per saldare, oltre all'impianto e ai materiali d'apporto, dovrai usare i seguenti accessori: maschera a mano o a casco con gradazione del vetro adatta ai vari procedimenti. Per evitare di aspirare fumi nocivi la maschera deve essere chiusa bene sotto il mento.

Martelletti per togliere la scoria, con punta arrotondata per evitare incisioni sul cordone. Nel caso di lavori di saldatura in serie è utile uno scalpello pneumatico.

Spazzola per pulire i cordoni e le zone adiacenti al fine di evitare l'innescio di corrosioni dovute al permanere di ossidazioni sui giunti. Nel caso di saldature su acciaio inox la spazzola deve avere i fili di acciaio inox. Se ne adoperi una in ferro troverai dopo della ruggine sui cordoni in quanto particelle piccolissime provenienti dai fili metallici della spazzola rimangono sul pezzo e arrugginiscono:

Pinza porta elettrodo: dovrà essere sempre efficiente per consentire un buon contatto elettrico, e con le parti isolate in ordine. Usa guanti da lavoro leggeri ma non consumati,

pinze per saldatori tipo Grip sia, per spostare i pezzi caldi che per unire i lembi di lamiera prima della puntatura. È consigliabile corredare la saldatrice ad elettrodo con innesti rapidi al fine di poter cambiare la polarità, in quanto gli elettrodi per ghisa si saldano quasi tutti al polo negativo (-) mentre i basici esclusivamente al polo positivo(+). Se non ti è possibile inserire due innesti rapidi nei morsetti della saldatrice, puoi collegare una normale pinza porta elettrodo come morsetto a massa ed usarla per serrare l'elettrodo quando deve lavorare a polo invertito.

Per la saldatura a filo ti servirà la solita spazzola una maschera con vetro a gradazione più elevata possibilmente a specchio, ed infine una completa dotazione di pezzi di ricambio: guaine, punte contatto, rullini ecc., che vanno cambiati spesso per tenere in efficienza la torcia ed il traino.

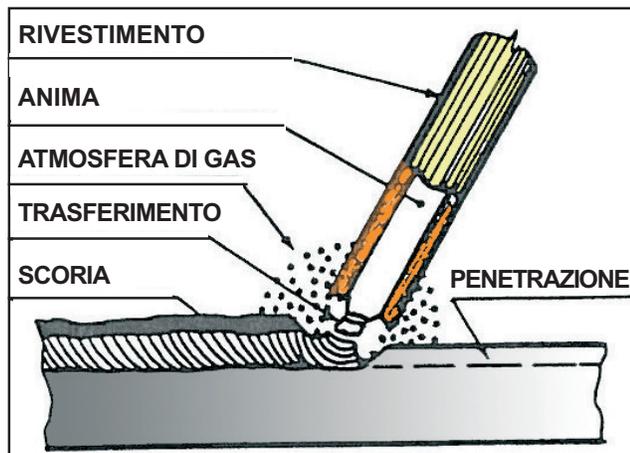
Per la saldatura a cannello dovrai avere a portata di mano un accenditore a pietra ed una serie nettapunte che pochi usano ma che sono molto utili per tenere pulito il beccuccio.

## SCELTA DEL MATERIALE DI APPORTO

Nella scelta del materiale di apporto dovrai analizzare tre aspetti:

- 1) Il procedimento di saldatura: elettrodo, filo Big, etc., che dovrà essere scelto in funzione di:
  - A Quantità di lavoro da eseguire
  - B Attrezzature disponibili
  - C Capacità operativa del saldatore
- 2) La categoria del prodotto: elettrodo basico, rutile o alto rendimento, barretta nuda o rivestita, filo pieno o animato, con gas o senza gas. Questa scelta andrà fatta in relazione a:
  - A Entità del lavoro
  - B Caratteristiche di sicurezza del giunto controlli richiesti
  - C Posizioni di saldatura
- 3) Il fornitore del materiale che:
  - A Dovrà disporre di una gamma di prodotti sufficiente per darti la possibilità di scegliere il pia adatto
  - B Dovrà essere conosciuto e vendere a prezzi competitivi
  - C Dovrà garantirti una adeguata assistenza pre e post vendita.

## LA SALDATURA AD ELETTRODO



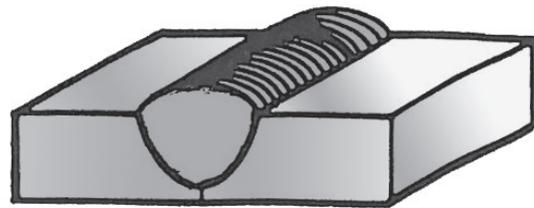
La saldatura ad elettrodo, per la semplicità, la costanza e la qualità dei risultati ottenibili e per la versatilità d'impiego è stata, dopo il cannello, la tecnica più utilizzata. Negli ultimi tempi hanno preso il sopravvento metodi più produttivi a scapito della qualità.

Le saldatrici utilizzabili per saldare con elettrodi rivestiti possono essere a corrente continua, statiche o rotanti, ormai superate, o a corrente alternata; queste ultime,

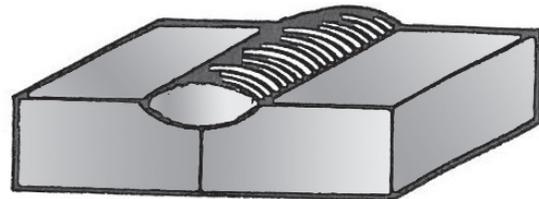
escludendo alcuni impieghi specifici, vengono normalmente costruite per interventi di pronto impiego e sono generalmente portatili.

Con le saldatrici a corrente continua si può collegare la pinza portaelettrodo sia al polo positivo (+) che al polo negativo 0.

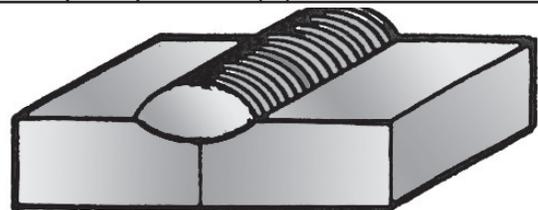
Il collegamento al polo positivo (+) produce una penetrazione scarsa ed alta velocità di saldatura mentre il polo molta penetrazione e bassa velocità. Con la corrente alternata (qui non c'è polo positivo e negativo) avrai penetrazione e velocità intermedia come puoi vedere dal disegno che segue. Poiché la maggior parte degli elettrodi è formulata in modo da non lasciarti scelta, per non sbagliare, segui le indicazioni contenute sull'etichetta.



penetrazione con corrente continua  
polo negativo 0 all'elettrodo



penetrazione con corrente continua  
polo positivo (+) all'elettrodo



penetrazione a corrente alternata

Gli elettrodi si distinguono oltre che per l'impiego, di cui parleremo più avanti, anche per il tipo rivestimento, quindi:

1. ELETTRODI BASICI
2. ELETTRODI RUTILI
3. ELETTRODI CELLULOSICI
4. ALTRI (NEUTRI, GRAFITICI, ETC...)

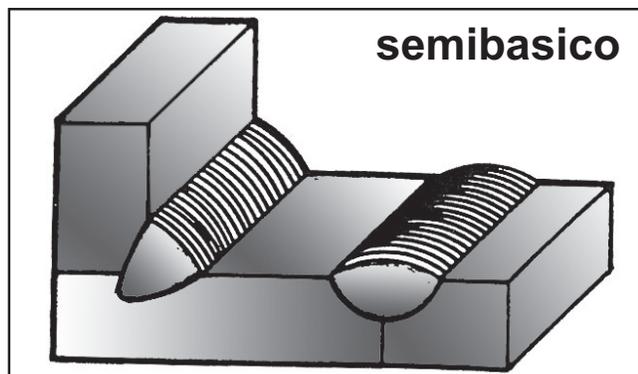
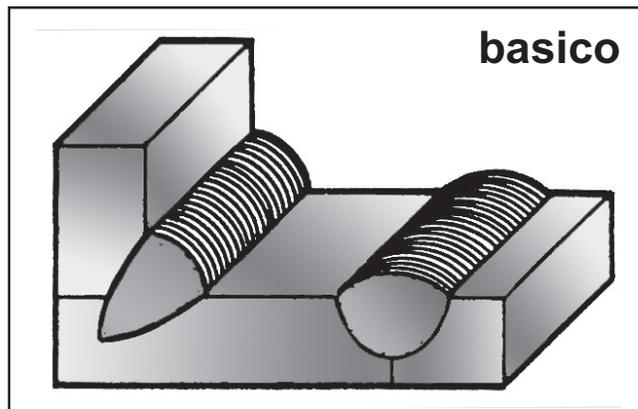
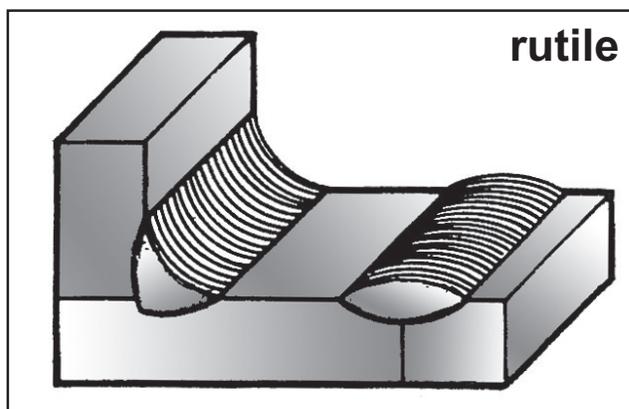
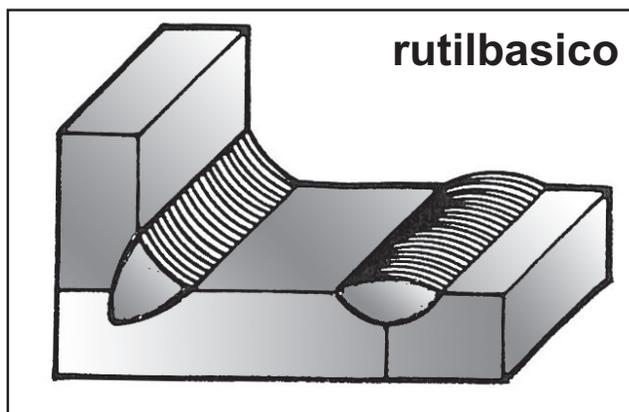
Ogni tipo di rivestimento è poi suddiviso sottogruppi che si diversificano per variazioni ai formula di base e, in alcuni casi, può contenere metallo in polvere ed avremo elettrodi ad eleva rendimento.

La tendenza é quella di costruire elettrodi a rivestimenti misti, per cui le suddivisioni di cui sopra non sono piú del tutto valide. Teniamole però per buone perché sono tutt'ora in uso.

Senza dilungarci sugli "altri" rivestimenti vediamo la differenza tra gli elettrodi basici e quelli rutili: (i cellulosici si usano solo per tubazioni per la loro forte penetrazione, il raffreddamento rapido della scoria e la maneggevolezza in tutte le posizioni).

I **basici** hanno un bagno di saldatura freddo ed una buona penetrazione, hanno una scoria che solidifica velocemente permettendogli di operare in tutte le posizioni. Il bagno é ben visibile e disossidato. Ne consegue un deposito normalmente piú resistente e tenace rispetto ai rutili. Per contro sono di difficile innesco, la scoria si allontana con relativa difficoltà e l'estetica del cordone non é sempre eccellente.

Gli **elettrodi rutili** sono quelli maggiormente usati in quanto forniscono delle prestazioni accettabili dal punto di vista tecnico ed hanno una migliore saldabilità, un miglior innesco ed una migliore estetica del deposito. Il disegno qui di seguito schematizza l'aspetto e la penetrazione tipica dei tipi suddetti.



### SUGGERIMENTI OPERATIVI

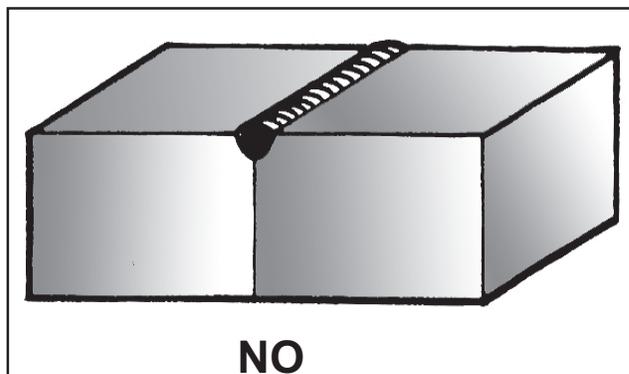
Il cavo della pinza porta-elettrodo va fatto passare sull'avambraccio che impugna la pinza stessa.

L'elettrodo così facendo, si manovra meglio in piano e soprattutto in posizione e ti stancherai meno. Evidentemente i cavi dovranno essere di una dimensione tale da non riscaldarsi.

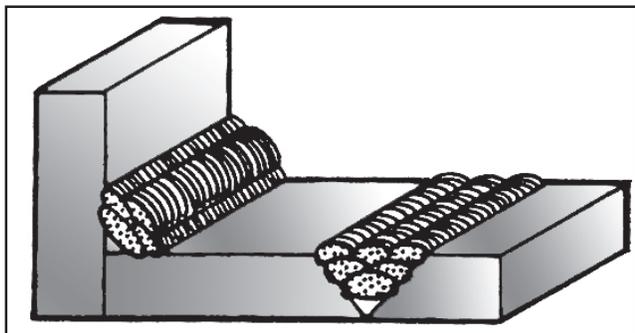
### LA PREPARAZIONE DEGLI SMUSSI

Un'accurata preparazione degli smussi é tanto indispensabile quanto spesso trascurata.

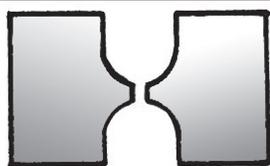
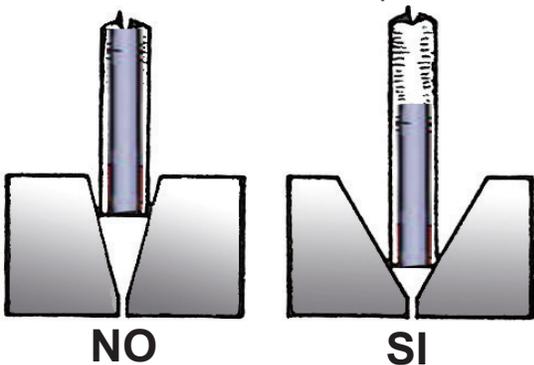
Un pezzo solo parzialmente saldato, se sollecitato, non potrà mai avere sufficiente tenuta anche se usi materiali altorcistenti.



La mancanza di penetrazione al vertice é inoltre un innesco alla rottura.



Lo smusso quindi non solo va sempre effettuato, ma va fatto in modo da consentire all'elettrodo' di arrivare a riempirlo.

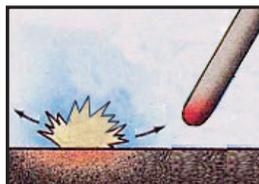


**smusso a doppia u**

Vediamo ora l'accensione, lo spegnimento dell'arco e la ripresa della saldatura.

Per l'accensione di un elettrodo scorrevole comportati come se dovessi accendere un fiammifero sfregando sul pezzo la punta (H basico richiede un movimento più brusco). Acceso l'arco, allontanati di circa un centimetro e immediatamente riportati sul pezzo mantenendo poi, per tutta la saldatura la stessa lunghezza d'arco.

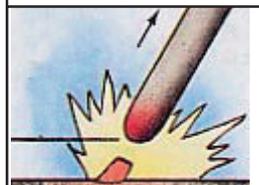
## ACCENSIONE



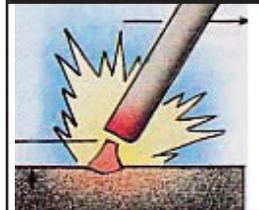
Circa 5cm avanti il punto di inizio saldatura fai contatto per accendere l'arco.



Poi riavvicina immediatamente l'elettrodo al pezzo senza toccarlo in modo che l'arco rimanga acceso.



Portati con una certa velocità, senza spegnere l'arco, al punto dove devi iniziare il cordone.



Inizia la saldatura avanzando lentamente. La distanza fra la punta dell'elettrodo ed il pezzo deve essere circa uguale al diametro dell'elettrodo che stai utilizzando.

## SPEGNIMENTO

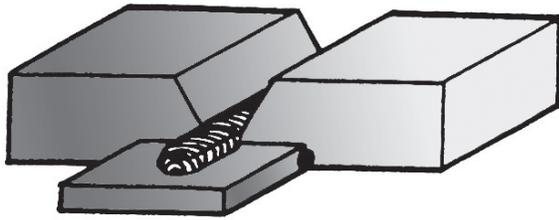
Va effettuato soffermandosi un attimo sul cratere finale (cioè sulla fine del cordone), ritornanti lentamente sul cordone già depositato per circa due centimetri e, solo a questo punto, allontananti l'elettrodo per spegnere l'arco.

Operando in questo modo non avrai quel cratere caratteristico alla fine della saldatura, che é seme, un innesco alla rottura.

Per la prima passata nei lavori importanti é buona regola prima di staccare, portarsi fuori dalla zona saldare che nel caso di saldatura in uno smusso rappresenta il " punto di massimo spessore". Finito il riempimento dello smusso, sarà sufficiente un colpo di mola per togliere il materiale in eccesso.

Questo accorgimento si attiva nell'esecuzione della prima passata di fondo cianfrino; per le passate; successive saprà sufficiente rimontare sul cordone depositato allungando gradualmente l'arco per avere cricche nel cratere finale.

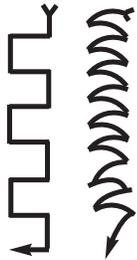
Una buona regola per evitare le inclusioni, spesso presenti in partenza e in arrivo, é il posizionarne di terminali puntati all'inizio ed alla fine dei giunti questi talloni andranno tolti a lavoro eseguito.



**applicazione di un terminale**

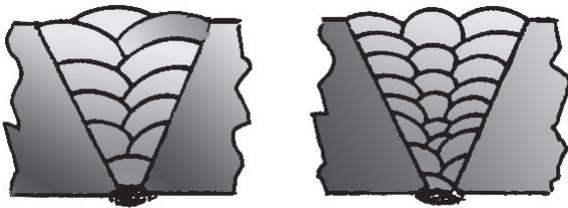
Dopo il cambio dell'elettrodo proseguendo nella saldatura dovrai partire due o tre centimetri piú avanti del punto in cui hai interrotto il cordone precedente; ritorna poi, velocemente, sul cordone sormontandolo per circa un centimetro e di lí riparti con il tratto di saldatura che ti consente la lunghezza dell'elettrodo comportandoti come sopra.

### OSCILLAZIONE DELL'ELETTRODO E SEQUENZA DELLE PASSATE

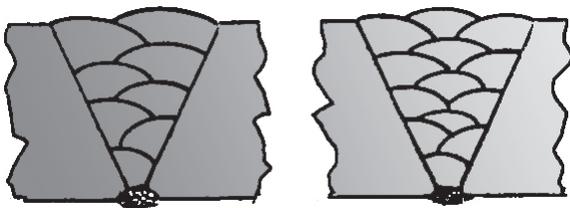


Saldando in piano dovrai depositare la prima passata tirando l'elettrodo senza oscillare. Nelle passate successive potrai oscillare fino ad un massimo di tre volte il diametro dell'elettrodo.

Nel riempimento dello smusso con passate sovrapposte fai attenzione alla sequenza delle passate e alla glorificazione; dovrai pulire ogni cordone con la martellina e la spazzola molto accuratamente prima di procedere come nel disegno qui sotto evitando di trovarti con gli accavallamenti dei cordoni sulla stessa linea per non avere inneschi di rotture.



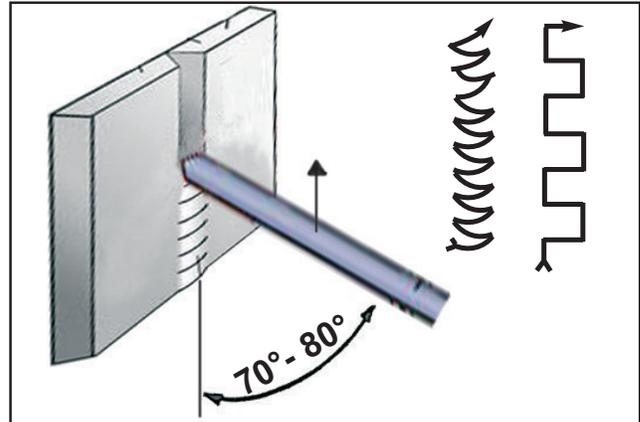
**sbagliato**



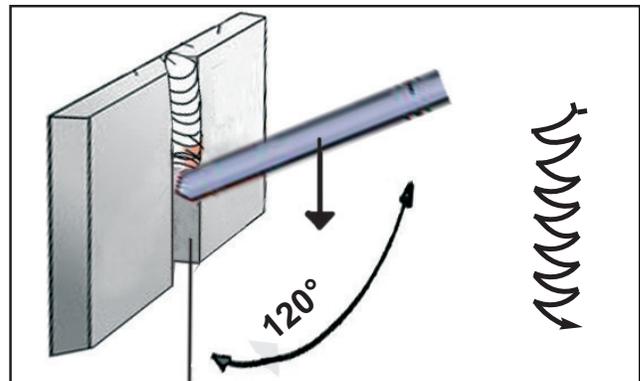
**giusto**

### SALDATURE IN POSIZIONE NON PIANA

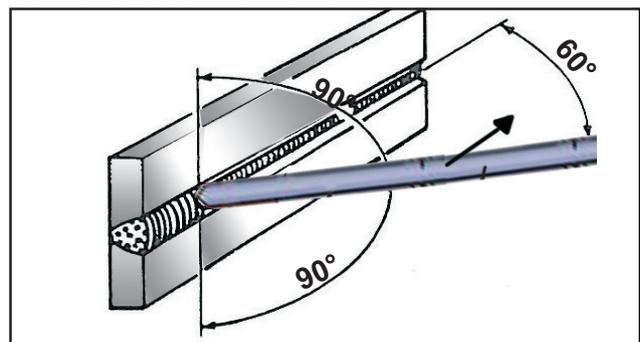
In verticale ascendente dovrai usare una intensità di corrente inferiore rispetto alla posizione piana. L'elettrodo va tenuto leggermente inclinato come illustrato sotto. La penetrazione saprà buona. L'oscillazione va fatta come per la posizione piana.



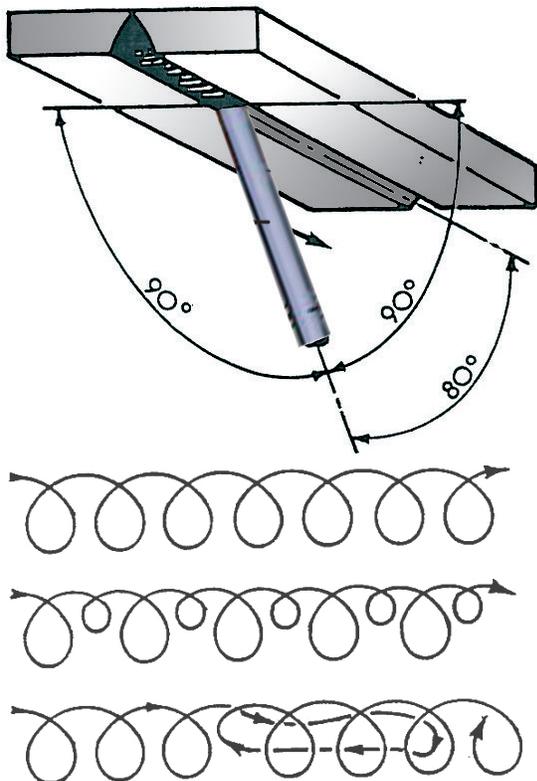
In verticale discendente dovrai usare innanzitutto degli elettrodi adatti (es. Koy 5). L'arco elettrico va tenuto molto corto. Posizione rispetto al piano e oscillazione come nella figura sotto. La penetrazione é limitata per cui vanno saldate in discendente solo lamiere o tubi di spessore non eccessivo.



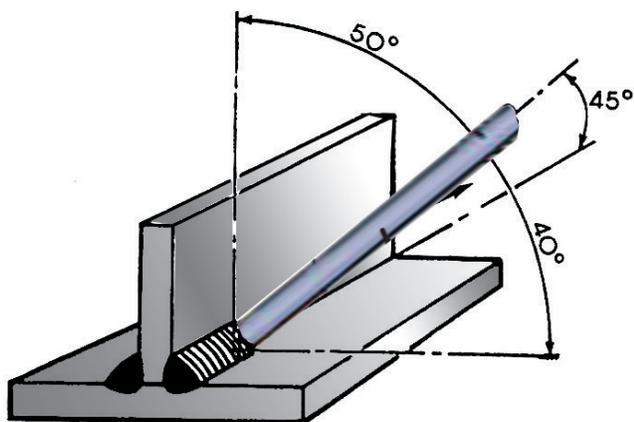
Nella saldatura frontale, o cordicella posizione dell'elettrodo rispetto al pezzo é illustrata nella figura sotto. Si effettua un primo cordone stretto che serve da appoggio alle passate successive che vanno effettuate con la stessa inclinazione.



**Sottotesta** dovrai operare con arco molto corto e con l'elettrodo perpendicolare alla lamiera e inclinato di 80 gradi sull'asse di avanzamento. L'oscillazione va effettuata come illustrato sotto con spire molto ravvicinate. Se il metallo tendesse a colare, per permettere che si raffreddi si modifica il movimento dell'elettrodo per brevi istanti come illustrato nella figura successiva. Per unire due cordoni di saldature ed eliminare la scoria tra l'uno e l'altro dovrai effettuare il movimento segnato sotto alla figura.



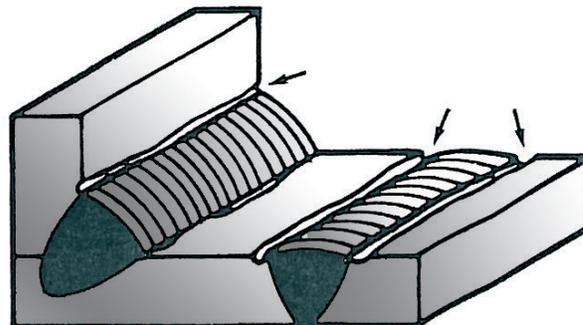
La saldatura ad angolo si effettua con una prima passata al centro della giunzione senza oscillare con l'elettrodo inclinato di 45 gradi nel senso dell'avanzamento. Le passate successive si eseguono oscillando, mantenendo le stesse inclinazioni.



**I difetti** di esecuzione più frequenti nelle saldature ad elettrodo sono schematizzati qui di seguito.

#### **Incisioni marginali:**

sono intaccature laterali al cordone causate da una tecnica errata di saldatura. Si verificano particolarmente nella saldatura d'angolo in piano. Abbassa la corrente.



#### **Soffiature:**

si verificano soprattutto nel primo tratto (2-3 cm) se gli elettrodi sono umidi, se il materiale base è sporco oppure se contiene elementi che lo rendono insaldabile (acciai al piombo etc.)

**Pretendi dal tuo fornitore delle confezioni migliori. Fai corto circuito sul pezzo finché l'elettrodo non si arroventa. Asciuga gli elettrodi in forno a 250° C per 1 ora. Smeriglia il materiale base.**



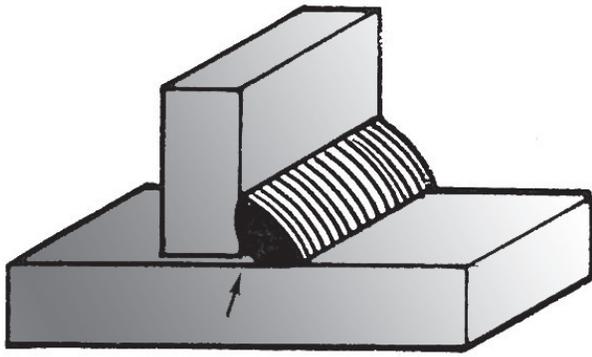
#### **Mancanza di penetrazione in piano:**

E' caratterizzata dalla mancanza di fusione al vertice del cianfrino. Prepara meglio lo smusso aprendolo di più sul fondo oppure adopera un elettrodo di diametro inferiore. Aumenta la corrente di saldatura.



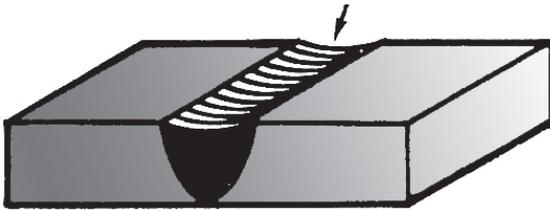
#### **Mancanza di penetrazione in angolo:**

E' un difetto dovuto all'errata esecuzione della saldatura. Riduce la sezione resistente. Aumenta l'intensità di corrente



**Mancanza di metallo:**

E' dovuta ad inadeguato apporto di materiale. Procedi più lentamente. Usa un diametro più grosso. Inclina un po' l'elettrodo



**Inclusioni di scoria:**

sono frequenti nelle riprese male eseguite e quando si effettuano più passate. Togli meglio la scoria dal cordone sottostante

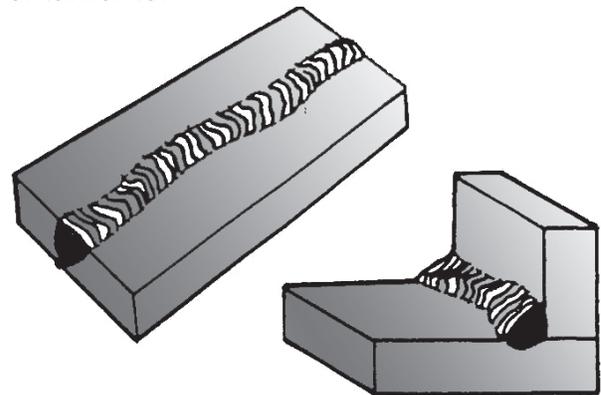
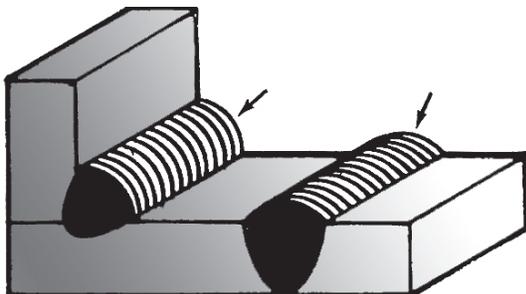


**Aspetto irregolare:**

è dovuto alla tecnica esecutiva maldestra dell'operatore inesperto. Riprova! Ti verrà sempre meglio. Usa un elettrodo di diametro più grosso e possibilmente rutilo. procedi più lentamente.

**Sovraspessore eccessivo:**

eccessivo apporto di materiale dovuto ad una tecnica esecutiva errata. Aumenta la velocità di avanzamento. Oscilla leggermente l'elettrodo. Cambiagli l'inclinazione



**Incrinature (cricche):**

longitudinali in zona fusa: è uno dei più gravi difetti presenti nelle costruzioni saldate. Dipendono da diversi fattori ed in particolare dalla inadatta scelta dell'elettrodo usato. Cambia diametro o qualità di elettrodo. Deposita cordoni più pieni. Procedi più lentamente. Non oscillare.

La regolazione della corrente di saldatura é fondamentale per eseguire un buon lavoro. Nessun problema per il saldatore esperto. Il saldatore meno esperto potrà attenersi alle indicazioni che compaiono sull'etichetta ammesso che la sua saldatrice sia dotata di un amperometro che funzioni bene. Se così non fosse c'è un ottimo sistema per regolare in maniera perfetta l'intensità di corrente. Si tratta di aumentare gradualmente la potenza fino a che l'elettrodo si arroventa leggermente negli ultimi cinque centimetri.

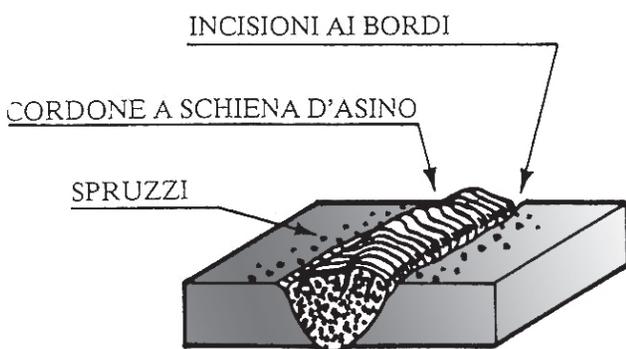
A questo punto non si deve fare altro che abbassare un po' la corrente e si ha la regolazione giusta per la saldatura in piano. La saldatura in angolo si effettua con la stessa intensità di quella in piano. In verticale occorre abbassare l'ampereaggio.

In generale gli elettrodi basici, rutili e cellulosici hanno un campo di regolazione abbastanza limitato. Molto più vasto quello degli elettrodi ad alto rendimento.

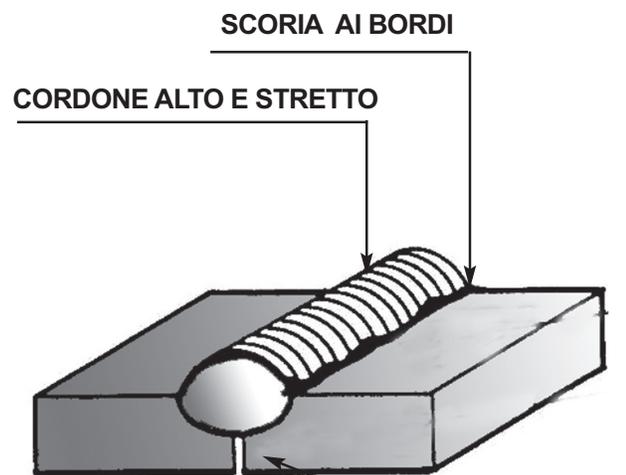
Nelle tre figure che seguono trovi schematizzati gli effetti di una errata impostazione della corrente di saldatura.



**corrente giusta**



**corrente troppo alta**



**SCARSA PENETRAZIONE**

## CLASSIFICAZIONE DEGLI ELETTRODI

Ogni elettrodo che viene prodotto fa parte di una classe contraddistinta da una serie di numeri e lettere che compaiono sull'etichetta o vengono stampigliati sull'elettrodo stesso.

Paragonando la classificazione degli elettrodi ad una classificazione ipotetica di automobili sarebbe come dire:

- 2000 Benzina 115 cv 6 cil.
- 1600 Diesel 65 cv 4 cil.
- 900 Benzina 45 cv 4 cil.

Abbiamo così identificato la cilindrata, il carburante utilizzabile, la potenza ed il numero dei cilindri di tre categorie di automobili così come nella pagina che segue vedrai classificati gli elettrodi in base a certe loro caratteristiche.

Fanno eccezione gli elettrodi per manutenzione producendo i quali ogni fabbricante ha in testa la soluzione di un certo problema, il risultato spesso non è classificabile.

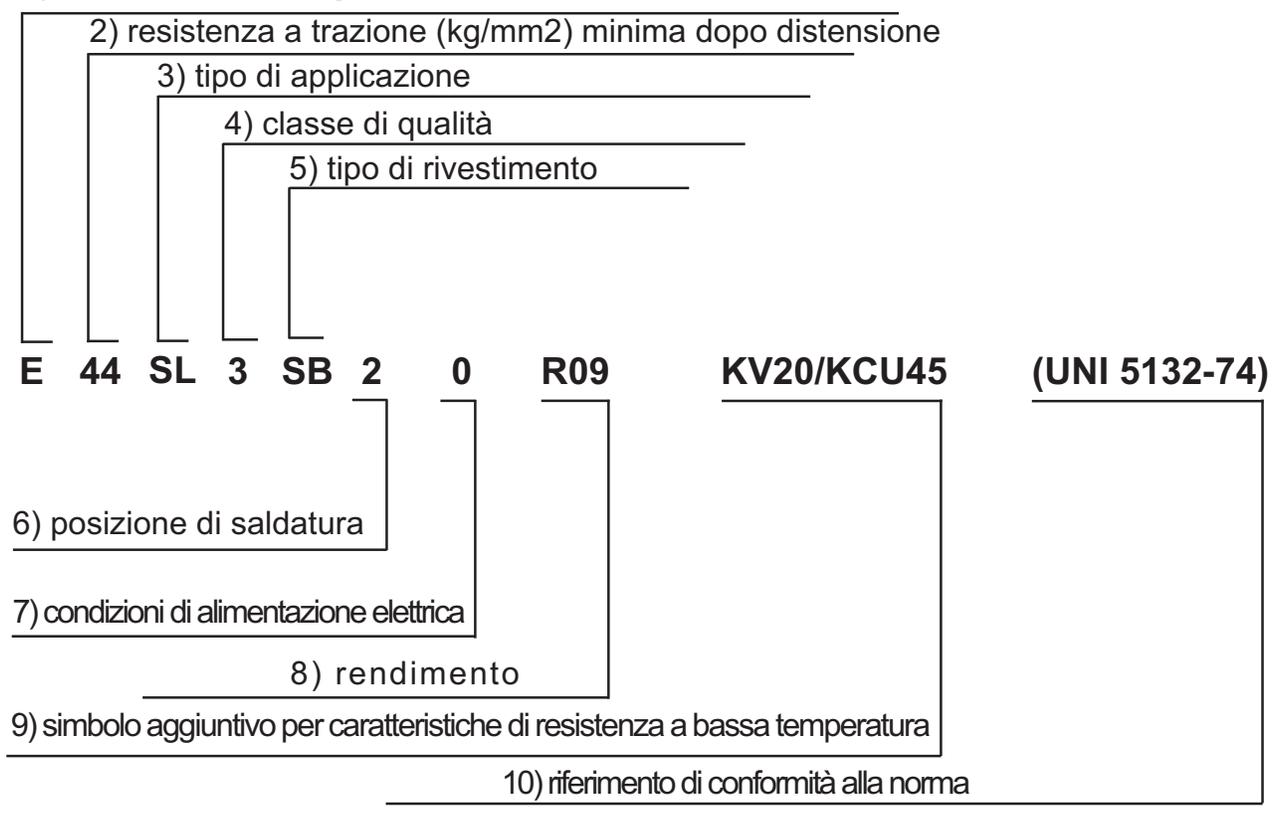
L'omologazione è una cosa diversa. È un riconoscimento che alcuni enti (Rina, Tuv, Bureau Veritas, etc.) danno agli elettrodi dopo averne verificato le caratteristiche.

Per quanto concerne infine la qualità, il prezzo ed altre prestazioni non è detto che, pur appartenendo alla stessa classe siano uguali come non sono uguali le automobili prodotte da fabbriche diverse anche se hanno la stessa cilindrata.

# NORMA UNI

Il simbolo completo di un elettrodo è composto di 9 parti secondo l'esempio seguente:

1) lettera distintiva degli elettrodi rivestiti



## 1) lettera distintiva degli elettrodi rivestiti

E = Elettrodo rivestito per saldatura manuale ad arco

## 2) resistenza a trazione

44 = Gamma di resistenza a trazione (in Kg/mm<sup>2</sup>). 1 numeri vengono impiegati come nel prospetto che segue.

Numero	Significato
00	<b>valore di resistenza non garantito</b>
44	resistenza minima garantita dopo trattamento termico di distensione di 44 Kg/mm <sup>2</sup> (resistenza massima garantita, allo stato non ricotto, di 56 kg/mm <sup>2</sup> )
52	resistenza minima garantita dopo trattamento termico di distensione di 53 Kg/mm <sup>2</sup> (resistenza massima garantita, allo stato non ricotto, di 62 Kg/mm <sup>2</sup> )

### 3) tipo di applicazione

**S** = elettrodi per lamiere sottili

**L** = elettrodi per lamiere medie e grosse

**T** = elettrodi per tubi

### 4) classe di qualità

**0** = non sono date garanzie di caratteristiche meccaniche per tali elettrodi.

**1** = elettrodi di resistenza a trazione 44 per i tre tipi di applicazione S, L e T, con valori di allungamento garantiti ma non troppo elevati.

**2** = elettrodi di resistenza a trazione 44 o 52 per i tipi di applicazione L e T, con valori garantiti di allungamento maggiori di quelli di classe I.

**3** = elettrodi di resistenza a trazione 44 o 52 per i tipi di applicazione L e T, con elevati valori garantiti di allungamento e resilienza.

**4** = elettrodi di resistenza a trazione 44 o 52 per i tipi di applicazione L e T, di elevatissime qualità, con valori garantiti di allungamento e resilienza molto alti. Devono superare prove di criccabilità su acciai con C circa 0,27% e prove di microcricche.

### 5) tipo di rivestimento

**0**= ossidante

**A** = acido

**R**= rutile

**B** = basico

**C**= cellulosico

**RC** = rutilcellulosico

**RB** = rutilbasico

**SB** = semibasico

**V**= altri tipi

### 6) posizione di saldatura

**1** = elettrodi per la saldatura in tutte le posizioni

**2** = elettrodi per la saldatura in tutte le posizioni esclusa la verticale discendente

**3** = elettrodi per la saldatura solo in piano e in piano frontale

**4** = elettrodi per la saldatura solo in piano

### 7) Condizioni di alimentazione elettrica

i numeri vengono impiegati come segue:

Numero	Significato	
0	Alimentazione in corrente continua, preferibilmente polo positivo	
	Alimentazione sia in corrente continua che alternata	
	C.C.	C.A.
1	buona su entrambe le polarità	tensione min. = 50 V
2	preferibile sul polo negativo	tensione min. = 50 V
3	preferibile sul polo positivo	tensione min. = 50 V
4	buona su entrambe le polarità	tensione min. = 70 V
5	preferibile sul polo negativo	tensione min. = 70 V
6	preferibile sul polo positivo	tensione min. = 70 V
7	buona su entrambe le polarità	tensione min. = 90 V
8	preferibile sul polo negativo	tensione min. = 90 V
9	preferibile sul polo positivo	tensione min. = 90 V

### 8) rendimento

R 08 rendimento uguale o maggiore al 80%

R 09 rendimento uguale o maggiore al 90%

R 10 rendimento uguale o maggiore al 100%

R 11 rendimento uguale o maggiore al 110%

R 12 rendimento uguale o maggiore al 120%

R 13 rendimento uguale o maggiore al 130%

R 14 rendimento uguale o maggiore al 140%

R 15 rendimento uguale o maggiore al 150%

### 9) simbolo aggiuntivo per caratteristiche di resistenza a bassa temperatura

Questo simbolo, composto dalle lettere KV oppure KCU seguite da un numero di due cifre che esprimono la temperatura di prova, indica il comportamento dell'elettrodo nei riguardi della resilienza a bassa temperatura; esso verrà stabilito assieme alle modalità di prova relative, in altra norma.

## Norma AWS

### (elettrodi per acciaio dolce)

Esempio - AWS: E 60.10

▪ la lettera "E" indica "saldatura con elettrodo";

▪ le prime due cifre indicano il carico di rottura del deposito espresso in migliaia di Psi (libbre per pollice quadro);

1Psi = 0,07Kg/cm<sup>2</sup>;

▪ le seconde due cifre indicano il tipo di rivestimento come segue:

10 cellulósici per corrente continua

11 cellulósici per corrente alternata

12 rutile vischioso per corrente continua e alternata

13 rutile fluido per corrente continua e alternata

14 rutile a medio rendimento (R = 120%)

15 basici per corrente continua

16 basici per corrente alternata

18 basici a medio rendimento

20 acidi a forte penetrazione

24 rutile ad alto rendimento per corrente continua e alternata

27 acidi ad alto rendimento per corrente continua e alternata

28 basici ad alto rendimento

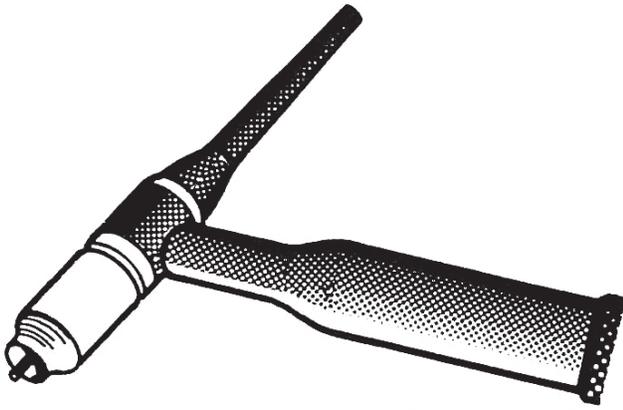
30 ossidanti, adatti solo per saldature in piano

La sigla E 60.10 di cui sopra rappresenta un elettrodo con rivestimento cellulósico funzionante in corrente continua, polarità inversa con resistenza minima del deposito di: 60.000Psi = 42Kg/mm<sup>2</sup>.

## Norma NUFE (in disuso, sostituita da UNI)

I	Elettrodi semirivestiti per saldature correnti e riempimenti.
II	Elettrodi scorrevoli solo a rivestimento ossidante per saldature estetiche su acciai dolci e quando non siano richieste particolari caratteristiche di impiego.
III	Elettrodi per saldature di acciai dolci con resistenza fino a 45÷50Kg/mm <sup>2</sup> per applicazioni prevalentemente in piano quando non siano richieste particolari caratteristiche di impiego.
IV-A	Elettrodi per saldature di acciai dolci con resistenza 45÷55Kg/mm <sup>2</sup> , per applicazioni in piano, verticale e sopratesta. Materiale d'apporto: R=45÷55Kg/mm <sup>2</sup> , allungamento >24%, forgiabile.
IV-B	Come per il V-A, ma con rivestimento basico.
V-A	Elettrodi per saldature di acciaio dolce con resistenza 45÷50Kg/mm <sup>2</sup> , allungamento 26÷28%.
V-B	Come per il V-A, ma con rivestimento basico.
VI-A	Elettrodi per saldature di acciai con resistenza 55÷60Kg/mm <sup>2</sup> con tenore di carbonio superiore a 0,25.
VI-B	Come per il VI-A, ma con rivestimento basico.
VII	Elettrodi per le saldature di lamiere sottili.

## LA SALDATURA TIG



La saldatura TIG, chiamata anche saldatura in Argon, è un processo che sfrutta il calore dell'arco voltaico che scocca tra un elettrodo in tungsteno infusibile ed il pezzo da saldare. Il generatore è simile a quello utilizzato per saldare con elettrodi rivestiti, avrà quindi l'uscita per il morsetto di massa e quella per l'elettrodo al posto del quale va collegata una torcia che oltre a contenere l'elettrodo infusibile provvede a erogare il gas neutro che ha la funzione di proteggere dall'ossidazione sia la punta che il bagno di saldatura.

Il procedimento TIG nel quale l'apporto di materiale avviene manualmente con l'ausilio di una barretta o automaticamente con un filo bobinato che entra nel bagno dall'esterno è un procedimento adatto ad eseguire saldature di elevata qualità nei seguenti casi:

- unione di spessori sottili in acciaio inossidabile per fusione dei lembi senza materiale di apporto o con piccole aggiunte di materiale
- passata di fondo cianfrino su tutti i metalli con funzione di sostegno alle passate di riempimento saldatura dell'alluminio
- saldatura dal rame, leghe di rame, nichel e sue leghe riporti duri

Il generatore può essere a corrente continua o a corrente alternata con sovrapposizione di alta frequenza. L'alta frequenza favorisce l'innesco e si disinserisce automaticamente a processo avviato. In corrente continua la torcia può essere collegata al polo positivo (+) o negativo (-) a seconda del materiale da saldare, degli spessori, etc. Il tipo di generatore e la polarità determinano una diversa penetrazione.



penetrazione con corrente continua polo (+) all'elettrodo



penetrazione con corrente continua polo (-) all'elettrodo

In corrente continua con torcia al polo negativo (-) potrai saldare:

- acciaio di tutti i tipi
- acciaio inossidabile di tutti i tipi
- rame e leghe di rame, nichel e sue leghe
- ghisa di tutti i tipi
- riporti duri di tutti i tipi

Con torcia al polo positivo (+) si salda soltanto alluminio e magnesio di spessore sottile e fusioni in magnesio.

Disponendo di un impianto in corrente alternata questa polarità non viene utilizzata.

In corrente alternata con sovrapposizione di alta frequenza potrai saldare:

- magnesio di ogni tipo e spessore
- alluminio di ogni tipo e spessore
- bronzo d'alluminio
- riporti duri di tutti i tipi
- sarà inoltre possibile saldare tutto quanto è indicato sotto "corrente continua polo negativo" ad eccezione del rame puro e dell'acciaio a basso carbonio di spessore sottile.

La soluzione ideale è quella di attrezzarsi con una saldatrice universale che consente di operare in tutte le condizioni con torcia raffreddata ad acqua. L'impianto più attuale è costituito da un generatore a corrente continua e alternata collegato alla corrente trifase della rete, arco pulsato, possibilità di programmazione dell'intensità e del tempo in fase di accensione, saldatura e spegnimento dell'arco programmabili. La saldatrice dovrà essere dotata di un pedale per il comando a distanza.

Il gas protettivo è normalmente Argon Puro. Viene anche utilizzato Ar + 1 % ossigeno per lamiere sottili.

in acciaio al carbonio e Argon 35% - Elio 65% per grossi spessori in Rame e Alluminio. L'Argon-Elio produce un bagno di saldatura più caldo.

Il diametro dell'elettrodo così come per la saldatura con elettrodi rivestiti, va scelto in funzione dello spessore e delle dimensioni del materiale base da saldare e in relazione all'intensità di corrente che può sopportare.

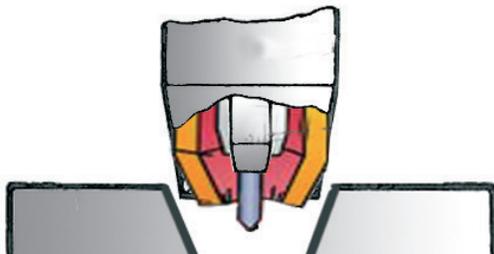
### INTENSITA' DI CORRENTE APPLICABILE AGLI ELETTRODI PER TORCIE TIG

diametro (mm)	corrente continua polo (-)	corrente continua polo (+)	corrente alternata con alta frequenza	
			elettrodo tungsteno puro	elettrodo tungsteno toriato
1	10÷70	-	10÷60	15÷80
1,6	60÷150	10÷20	50÷150	70÷150
2,4	100÷250	15÷30	100÷160	140÷325
3,2	200÷400	25÷40	150÷210	225÷325
4	270÷500	40÷55	200÷275	300÷425
5	350÷600	55÷80	250÷350	400÷525
6	500÷800	80÷125	325÷450	500÷700

Il diametro del bocchello, nella saldatura di testa senza smusso deve essere ben dimensionato per proteggere adeguatamente il bagno di fusione e la zona adiacente.

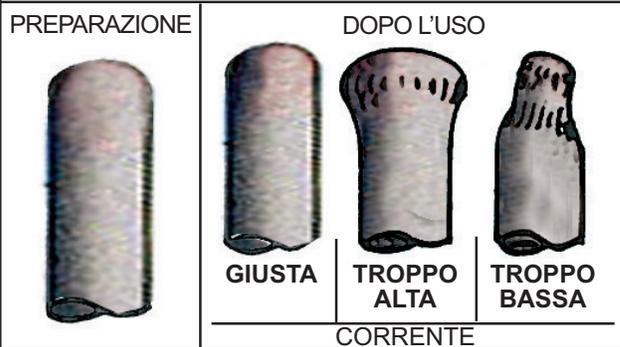
Operando in cianfrino deve essere di dimensione tale da consentire una buona penetrazione sul rovescio senza fondere eccessivamente il materiale base.

La regolazione della corrente di saldatura è descritta nei paragrafi relativi ai metalli da



saldare. Qui di seguito viene schematizzata la corretta preparazione della punta dell'elettrodo nonché l'effetto dell'intensità di corrente sul profilo della punta dopo l'uso per darti modo di verificare se hai operato con intensità di corrente giusta.

### ELETTRODO IN TUNGSTENO PURO



### ELETTRODO IN TUNGSTENO TORIATO

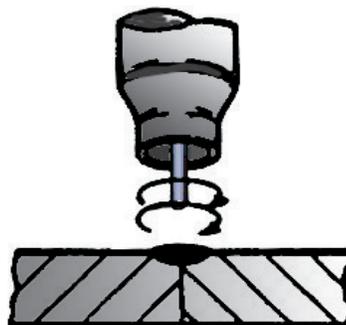


### La tecnica operativa

Per l'innesco dell'arco con impianti dotati di alta frequenza non è necessario fare contatto. Per partire è sufficiente avvicinare la punta a 3-4 mm dal pezzo, l'arco si innesca automaticamente.

Con impianti in corrente continua senza alta frequenza è invece indispensabile scaldare l'elettrodo su di un tallone di rame a parte poi portarsi sul pezzo da saldare.

Per evitare inquinamenti l'elettrodo di tungsteno non dovrebbe mai toccare il pezzo. Innescato l'arco si imprime alla torcia un movimento circolare finché si forma il bagno fuso, quindi si procede con tecnica "in avanti" come illustrato sotto.



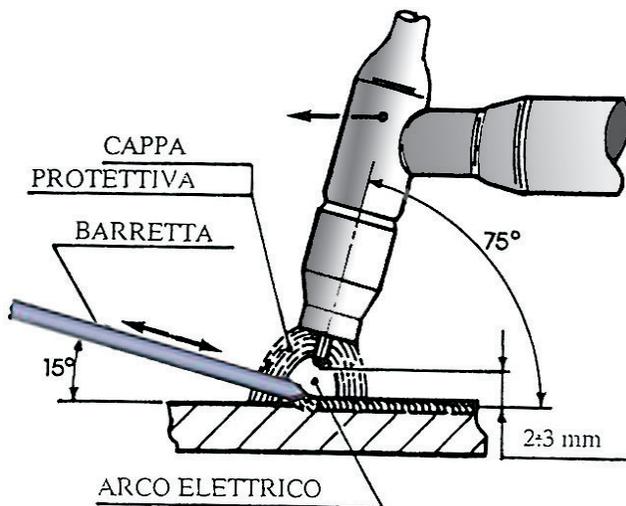
acciaio



alluminio



La barretta di apporto deve muoversi in sincronia con la torcia e deve immergersi con un rapido movimento di va e vieni nel bagno di saldatura.



La punta della barretta di apporto, nella fase di allontanamento dall'arco non deve uscire dalla cappa di gas protettivo.

L'interruzione della saldatura si effettua alzando l'elettrodo con un movimento rapido e regolare nel senso di inclinazione della torcia.

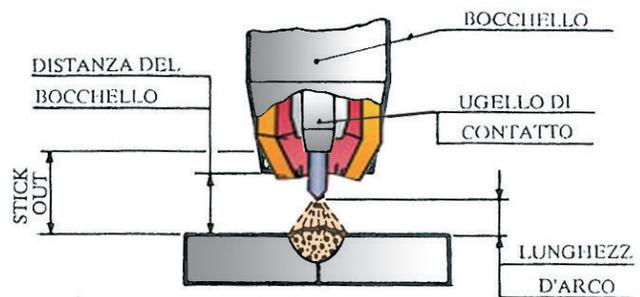
Per evitare ossidazioni nel cratere finale sarebbe opportuno permanere sullo stesso ad arco spento e con gas aperto.

## LA SALDATURA A FILO

Questo argomento, per l'importanza che riveste nel campo della saldatura merita una trattazione approfondita. E' infatti un sistema largamente impiegato in costruzioni di apparecchiature e, per quanto concerne l'unione del ferro, ha lentamente ma progressivamente sostituito la tradizionale

saldatura con elettrodi che a sua volta ha sostituito da tempo la saldatura al cannello. L'impianto consiste in una saldatrice a corrente continua piú o meno simile a quella per elettrodi con l'aggiunta di un cofano di comando che regola l'uscita continua, attraverso una torcia di saldatura, del metallo d'apporto in filo, avvolto su bobina di dimensione unificata che viene montata sul portabobina.

Le saldatrici a filo possono essere piú o meno complicate, ma sostanzialmente il sistema consiste nel dare corrente attraverso un ugello di contatto al filo d'apporto che arriva dalla bobina.



La protezione del bagno di saldatura dalla ossidazione ne, che nell'elettrodo é assicurata dal rivestimento, che diventa scoria, nella saldatura a filo é fornita d un gas che viene fatto uscire contemporaneamente é filo.

Vediamo ora di analizzare il processo partendo da generatore di corrente.

Il generatore, che va collegato alla rete elettrica con cavi ben dimensionati, rende possibile un'uscita di corrente a tensione costante. Vale la pena a questo punto rinfrescarci la memoria sui due valori caratterizzano la corrente elettrica in generale quella fornita dalle saldatrici in particolare.

L'Enel invia alle nostre case della corrente elettrica a 220 Volt di tensione.

Poiché tutti i nostri elettrodomestici sono costruiti per funzionare a 220 Volt, noi li colleghiamo alla rete e più ne colleghiamo maggiore saprà la quantità di corrente che utilizziamo. Alle industrie per i maggiori fabbisogni manda anche corrente elettrica con tensione 380 Volt.

L'arco elettrico, per funzionare, necessita di una tensione più bassa e quindi la saldatrice trasformerà i 220 o 380 Volt della rete nei 20-60 Volt necessari all'arco elettrico, però dovrà far arrivare all'elettrodo o al filo una quantità o intensità di corrente molto maggiore di quella che serve per far funzionare un rasoio elettrico.

L'intensità di corrente che esce dalla saldatrice si misura in AMPERE, la tensione che esce dalla saldatrice si misura in VOLT. Per fare un esempio colleghiamo un tubo al rubinetto dell'acqua, la tensione o voltaggio fai finta che sia la velocità di uscita dell'acqua, l'intensità o Amperaggio che sia il diametro del tubo.

Un generatore a tensione costante tiene costante la tensione, per esempio 25 Volt, anche se aumenti l'intensità di corrente di cui hai bisogno (nel caso del tubo d'acqua è come se aumentassi il diametro del tubo e non ti diminuisse la velocità d'uscita, per ottenere questo risultato un dispositivo dovrà aprire di più il rubinetto in relazione all'aumento di diametro del tubo).

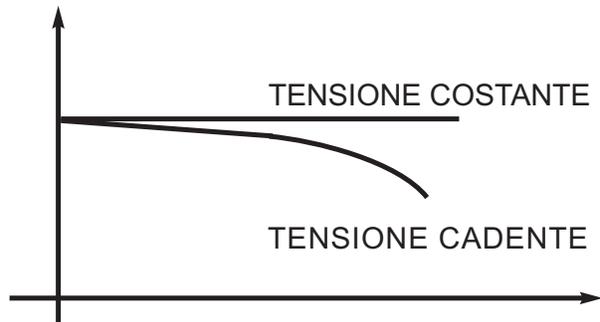
Questo è, ne più ne meno, quello che succede con il nostro generatore e queste sono le condizioni necessarie per saldare a filo continuo.

Le saldatrici ad elettrodo sono invece a tensione cadente. Nel caso del tubo non avrai pertanto la contemporanea apertura del rubinetto all'aumentare del diametro del tubo. Queste sono infine le condizioni ideali per saldare un elettrodo rivestito.

Ci siamo dilungati sulle caratteristiche in uscita della corrente. Ai una saldatrice a filo perché un buon impianto, pur rispettando questa condizione di base, deve avere la possibilità di \* modificare la curva di corrente per consentirne una buona versatilità d'impiego nelle condizioni più diverse di saldatura.

In genere una tensione leggermente cadente consente di operare meglio su spessori sottili, l'arco elettrico è meno violento e, a pari intensità, penetra meno e non sfonda il metallo base.

Per ottenere una curva cadente molte saldatrici dispongono di uno SLOPE o di dispositivi analoghi posti sul davanti del generatore. Questi dispositivi vanno inseriti quando si opera su spessori sottili. Nelle saldatrici dell'ultima generazione questo inserimento avviene automaticamente.



Un altro dispositivo spesso presente nei generatori a tensione costante è l'induttanza che ha la funzione di stabilizzare l'arco diminuendo di conseguenza gli spruzzi, si usa solo a SLOPE inserito e, poiché rallenta la velocità di fusione del filo, il bagno di saldatura è reso più caldo, l'induttanza va regolata su valori bassi quando, saldando su spessori molto sottili, c'è bisogno di un bagno freddo per non sfondare.

La saldatrice ad arco pulsato è una macchina che offre ottime prestazioni in modo particolare nella saldatura su spessori sottili di metalli a basso punto di fusione.

Si tratta di un impianto che genera corrente continua alla quale sovrappone dei picchi di corrente che hanno la funzione di staccare e proiettare sul pezzo da saldare la goccia parzialmente fusa del filo. L'effetto ottenuto è uno SPRAY ARC a basso amperaggio.

Questo tipo di impianto serve principalmente per alluminio su spessori inferiori a 3-4 mm e acciaio inox su spessori inferiori a 1,5 mm.

Le saldatrici Mig sinergiche sono macchine alle quali è stato aggiunto un piccolo computer che ti offrono la possibilità di richiamare, su di una tastiera numerica, spingendo un solo tasto, diversi parametri memorizzati (corrente, avanzamento filo, etc.) facilitandoti così la corretta messa a punto dell'impianto che va in ogni caso completata manualmente.

Tornando alla saldatrice a filo tradizionale, abbiamo detto, in relazione al diametro del filo impiegato ed allo spessore da saldare, é necessario regolare:

- 1) la tensione di saldatura o Voltaggio
- 2) l'intensità di corrente o Amperaggio

La tensione di saldatura si regola con la manopola o le due manopole, una per la regolazione grossolana, l'altra per la regolazione fine, poste sul davanti del generatore.

La tensione per dare un'immagine accessibile fa fondere il materiale base.

A pari amperaggio, aumentando la tensione avremo un cordone piú largo, un bagno piú caldo, un cordone piú estetico e, entro certi limiti, meno spruzzi

L'intensità di corrente o Amperaggio é collegata direttamente al trainafilo e, nella maggior parte delle macchine, si regola aumentando o diminuendo la velocità di avanzamento del filo tramite la manopola posta sul cofano di comando.

L'intensità di corrente o Amperaggio é collegata direttamente al trainafilo e, nella maggior parte delle macchine, si regola aumentando o diminuendo la velocità di avanzamento del filo tramite la manopola posta sul cofano di comando.

L' intensità, in altre parole, fa colare il filo.

A pari voltaggio con piú filo avremo maggior deposito, cordone piú alto, bagno piú freddo minore estetica del cordone e minore deformazione dei pezzi.

Con la saldatrice tradizionale a filo, a seconda come regoliamo la corrente, possiamo avere trasferimento del materiale di apporto in due dive modi piú una fase intermedia che sono:

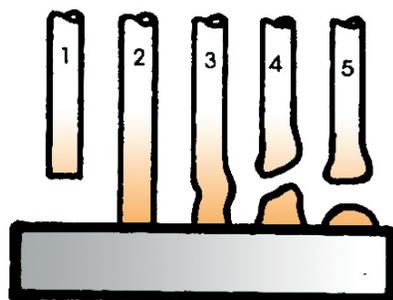
ARCO CORTO, (SHORT ARC) ARCO INTERMEDIO, (DROOP ARC) ARCO LUNGO, (SPRAY ARCA)

Questi tre diversi sistemi di trasferimento materiale si possono ottenere solo agendo amperaggio e voltaggio.

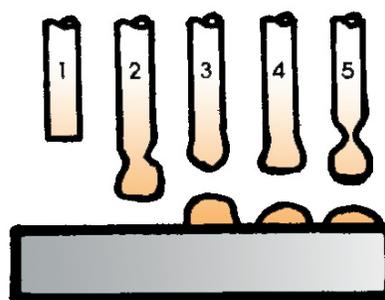
Con **ARCO CORTO** potrai saldare lamiere so e avrai un basso apporto di calore al pezzo, la goccia che si stacca dal filo e va sul pezzo sentirai il caratteristico crepitio, non sarà possibile ottenere un cordone piatto e ben raccordato.

Con **ARCO LUNGO** potrai saldare lamiere grosse, avrai un bagno molto caldo, una ottima estetica cordone e l'arco non crepiterá piú ma sentirai specie di soffio.

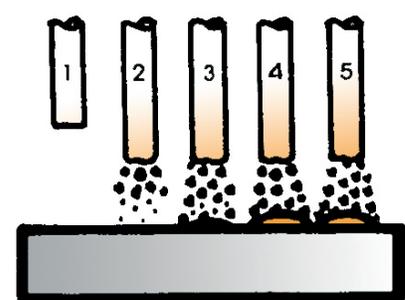
Con **ARCO INTERMEDIO** avrai caratteristi intermedie, sentirai uno scoppietto lento e regolare piú accentuato saldando in Argon che non salda in CO<sup>2</sup>



**arco corto**  
14÷23V  
40÷190A



**arco intermedio**  
23÷26V  
190÷300A



**arco lungo**  
26÷40V  
150÷500A

IL GAS contenuto nella bombola, parte integrante del processo di saldatura a filo continuo, serve a proteggere il bagno di fusione dall'ossidazione atmosferica ed è l'elemento che identifica anche il sistema.

Viene infatti denominata SALDATURA MIG (METAL INERT GAS) quella che si effettua sotto protezione di gas inerte come Argon, Argon-Elio, Argon-Ossigeno.

L'Argon puro, viene utilizzato per saldare tutti i metalli escluso ferro ed acciaio inox, nel primo caso si usa un gas attivo, nel secondo una miscela Argon + 2% Ossigeno facilmente reperibile, oppure miscele con piccole percentuali di CO<sub>2</sub> che conferiscono una migliore estetica al deposito.

Il gas inerte ha la caratteristica di favorire la formazione di un bagno di saldatura molto caldo, quindi vanno impiegate torce robuste e punte di contatto con diametro del foro di una misura superiore a quelle che si usano per il CO, altrimenti la dilatazione causata dal surriscaldamento blocca il filo all'interno della punta di contatto in rame.

L'impiego di gas inerte rende inutile la funzione del preriscaldatore del gas che, se presente, va disinserito.

La SALDATURA MAG (METAL ACTIVE GAS) si effettua sotto protezione di gas attivo come CO<sub>2</sub> (anidride carbonica). Il gas attivo si impiega per la saldatura dell'acciaio al carbonio e coi nuovi fili per acciaio inox animati serie DW.

Il CO<sub>2</sub> è un gas protettivo molto economico, favorisce la formazione di un bagno freddo, fa durare più a lungo le torce e necessita del preriscaldatore che pertanto va regolarmente inserito.

Causa la relativa mancanza di estetica delle saldature su acciaio al carbonio eseguite sotto protezione di CO<sub>2</sub> vengono spesso impiegate miscele Ar-CO<sub>2</sub>, molto più costose ma idonee a conferire un migliore aspetto ai cordoni depositati.

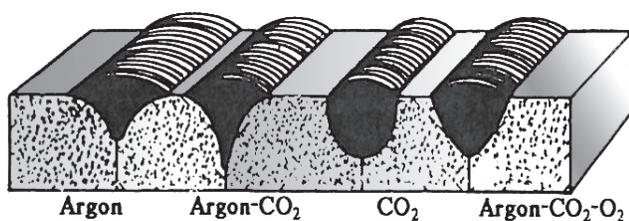
Per saldature importanti una corretta scelta del gas di protezione è tanto necessaria quanto la scelta del filo. La tabella che segue ti fornisce alcune indicazioni:

## Scelta del gas protettivo nella saldatura spray are (arco lungo)

Metallo	Gas	Vantaggi
Acciaio al carbonio (Spessore < 3 mm.)	75% Argon 25% CO <sub>2</sub>	Alta velocità di saldatura, penetrazione perfetta pochi spruzzi e minimo apporto termico
Acciaio al carbonio (Spessore > 3 mm.)	75% Argon 25% CO <sub>2</sub>	Facile controllo del bagno di fusione sia in verticale che soprastata. Buona estetica del cordone
	CO <sub>2</sub>	Alta penetrazione, costante ed elevata velocità di saldatura
Acciaio Inox	Argon + 1÷3% O <sub>2</sub>	Miscela di impiego universale
	90% elio + 7,5% Argon + 2,5% CO <sub>2</sub>	Nessun effetto negativo nella resistenza alla corrosione, restringe la zona termicamente alterata, minima distorsione dei pezzi ed assenza di microcricche
Acciaio basso legato	60÷70% Elio + 25÷35% Argon + 4÷5% CO <sub>2</sub>	Eccellente tenacità del giunto e stabilità dell'arco. Cordoni regolari spruzzi minimi
	75% Argon + 25% CO <sub>2</sub>	Tenacità discreta, stabilità dell'arco buona, cordoni discreti, spruzzi scarsi
Rame, Magnesio, Nickel e loro leghe	Argon + Elio  Argon	L'Argon dà risultati soddisfacenti su spessori sottili. La miscela ARGONIELIO è preferibile su spessori superiori a 3 mm.

Metallo	Gas	Vantaggi
Alluminio (Spess. < 25 mm.)	Argon	Arco stabile, fusione buona e spruzzi trascurabili
Alluminio (Spess. < 25 mm.)	65% Elio + 35% Argon	Apporta maggior calore rispetto all'argon puro, migliora la fusione in special modo con leghe alluminio-magnesio. Minore rischio di porosità
Magnesio	Argon	Eccellente azione scorificante
Acciaio al carbonio	Argon + 3,5% Ossigeno	Migliora la stabilità dell'arco, consentendo una buona e stabile fusione del filo, i bordi del cordone di saldatura sono regolari, penetrazione minima, velocità di saldatura maggiore rispetto all'argon puro.
	CO <sup>2</sup>	Aumenta ulteriormente la velocità di saldatura, soprattutto in automatico. Bassi costi di saldatura in manuale
Acciai basso legati	Argon + 1% Ossigeno	Favorisce la tenacità e riduce le incisioni marginali
Acciaio Inox	Argon + 1% Ossigeno	Migliora la stabilità dell'arco, consente una regolare fusione del filo, cordoni senza incisioni marginali. Elimina o riduce al minimo le microcricche specialmente su spessori grossi.
	Argon + 2% Ossigeno	Migliora ulteriormente la stabilità dell'arco e la regolarità dei cordoni rispetto alla miscela con ossigeno all'1%. Molto indicato su spessori sottili.
Rame, Nickel e loro leghe	Argon	Diminuisce la fluidità del bagno mantenendo una buona fusione su spessori fino a 3mm
	Argon + Elio	Una percentuale tra il 50% e 75% di elio favorirà un bagno caldo, compensando la notevole dispersione di calore, soprattutto sui grossi spessori
Titanio	Argon	Consente buona stabilità dell'arco ed evita l'inquinamento del bagno. E' indispensabile la protezione di gas anche sul rovescio per evitare inquinamenti

Il gas protettivo, oltre alle caratteristiche già descritte ha anche una notevole importanza agli effetti della penetrazione. Il rapporto tipo di gas/penetrazione é illustrato nella figura che segue



**Il cofano di comando** che comprende la bobina de filo, il gruppo di traino e la torcia é senz'altro quelle che dovrai tenere piú frequentemente sotto controllo se vorrai eseguire delle buone saldature.

La registrazione della frizione deve essere tale per cui il filo non fuoriesca dalle spalle della bobina durante le fermate, ma nello stesso tempo non offra eccessiva resistenza al traino.

I due guida-filo all'entrata e all'uscita dei rulli debbono essere il piú vicino possibile ai rulli, per evitare che il filo scorra non guidato ed essere esenti da infossature che potrebbero segnare il filo stesso impedendone un corretto scorrimento attraverso la torcia: è inoltre indispensabile che siano perfettamente allineati alle gole dei rulli.

Vanno sempre utilizzati rulli adeguati alla qualità del filo che si sta utilizzando.



- Liscio il superiore in tutti gli altri casi

La pressione dei rulli deve essere tale per cui afferrando saldamente la bobina si riesca a farli slittare con uno sforzo relativo.

Ad esclusione dei fili animati dovrai verificare che il filo non venga in alcun modo segnato dai rulli.

Il filo animato resterà segnato da tacche ben incise e poco profonde lasciate dai rulli di traino.

La torcia contiene una guaina che deve guidare senza impedimenti il filo, ma non deve essere troppo larga per evitare che il filo stesso abbia la possibilità di incurvarsi durante il tragitto.

Piú il filo é grosso e piú si può abbondare nella tolleranza.

Le guaine in teflon, servono esclusivamente per fili di alluminio, inutile impiegarle con altri fili, per l'alluminio però sono effettivamente molto utili. Le nuove guaine in teflon "caricato", molto piú resistenti possono essere usate anche con fili in acciaio inossidabile, ma, in questo caso, vanno frequentemente cambiate perché sono soggette ad usura precoce.

La lunghezza della guaina deve essere tale da arrivare il piú vicino possibile all'ugello di contatto, al fine di evitare di lasciare troppo spazio non guidato al filo stesso.

E' opportuno, inoltre, nella saldatura con inox, alluminio, rame e nichel applicare intorno al filo un feltro imbevuto di trielina od altro diluente per asportare eventuali residui di trafilatura che potrebbero intasare la guaina che va in ogni modo sempre tenuta perfettamente pulita.

L'ugello di contatto in rame deve essere della misura punzonata sullo stesso quando si salda ferro e si impiega CO<sub>2</sub>; nel caso di saldatura su acciaio inox, alluminio, rame e sue leghe, nichel e sue leghe, poiché è previsto l'impiego di Argon puro o di Argon miscelato che scalda maggiormente, l'ugello



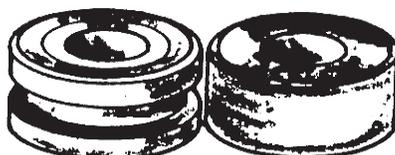
- A due gole per allumini inox bronzo rame e nichel



- Dentati per fili animati rigidi



- Zigrinati per fili tubolari



- A gola quadra il superiore per fili animati deboli

va tenuto almeno una misura piú larga del diametro che si usa per il CO, es.:

filo diametro 0,8 **Punta di contatto** 1=1,2 mm  
filo diametro 1,0 **Punta di contatto** 1,24÷1,6 mm  
filo diametro 1,2 **Punta di contatto** 1,6÷2,0 mm  
filo diametro 1,6 **Punta di contatto** 2,0÷2,4 mm

Uno dei piú frequenti motivi di fermata che si verificano nella saldatura dell'acciaio inox, causati dal filo che non esce con regolarità, è imputabile alla punta di contatto in rame troppo sottile oppure ovalizzata o alla guaina intasata e usurata.

Tieni presente infine che in tutti i casi di saldatura con diametri sottili (0 0.8; 0 1) devi, quanto piú possibile, adoperare torce corte.

Il FILO utilizzabile in saldatura MIG - MAG può essere pieno, tubolare o animato.

La differenza fra tubolare e animato è che il tubolare è ricavato da un tubo non saldato, riempito e trafilato che all'occhio si presenta come un filo pieno con all'interno gli elementi disossidanti.

Il filo animato è invece ricavato da una reggetta piegata ad U all'interno della quale vengono immessi elementi di lega, una macchina gli fa poi assumere la forma rotonda.

I fili pieni e tubolari debbono essere usati con un gas protettivo; i fili animati possono avere bisogno del gas di protezione, ma possono anche contenere all'interno gli elementi disossidanti per cui alcuni tipi sono impiegabili senza la protezione del gas.

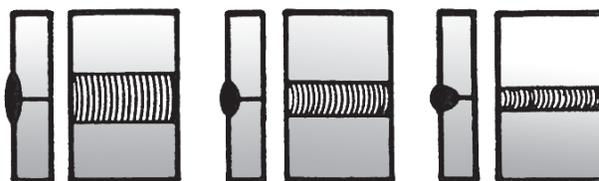
Per la regolazione dell'intensità di corrente di saldatura attieniti ai dati di base indicati piú avanti nel paragrafo dei metalli da saldare, aggiustandoli in funzione delle tue esigenze. In questo capitolo ci limitiamo ad indicarti alcuni criteri operativi.

Direzione di saldatura: per unioni in piano orizzontale si effettua DA DESTRA VERSO SINISTRA con fili pieni e DA SINISTRA VERSO DESTRA con fili animati. Per riporti

si procede nella direzione DESTRA-SINISTRA. Lo schema che illustra penetrazione e forma del cordone segue operando in un senso o nell'altro.



TORCIA SPINTA PERPENDICOLARMENTE TORCIA TIRATA



### Regolazione della macchina

Prima di iniziare a saldare imposta il voltaggio, tramite le manopole sul generatore, secondo le tabelle o in base alla tua esperienza, poi aggiusta il cordone regolando l'ampereaggio che, come già detto, è collegato con l'avanzamento filo (manopola sul cofano portabobina).

Tieni presente che c'è una differenza sostanziale tra le regolazioni per la saldatura del ferro e la saldatura dell'acciaio inox, alluminio e altre leghe.

primo caso dovrai avere molto filo in rapporto. Nel primo caso dovrai avere molto filo in rapporto al voltaggio ed avrai una saldatura rumorosa con scoppiettii frequenti.

Nella saldatura dell'acciaio inox con gas inerte il rumore dovrà essere il piú possibile vicino a un soffio (arco lungo) anche su spessori relativamente sottili.

L'arco lungo l'ottiene alzando il voltaggio e mantenendo relativamente bassa la velocità di avanzamento del filo. Effettuando questa operazione ricorda che quando hai troppo avanzamento il filo "punta", tende cioè a spostarti all'indietro la torcia. Se il filo è poco tende a fondere e ad incollarsi sulla punta di contatto.

Il filo fonde nella punta di contatto anche quando l'avanzamento non è regolare.

Controlla pertanto: dimensioni della punta di contatto (non deve essere consumata ed il filo deve passare con facilità), condizioni della guaina, state di usura e pressione dei rulli.

Durante la saldatura tieni SEMPRE la torcia il piú vicino e il piú perpendicolare possibile al pezzo.

Applica con regolarità lo spray distaccante all'interno del bocchello il quale deve avere un diametro interno di circa 20 volte il diametro del filo che stai usando.

Per finire tieni presente che ti troverai a volte di fronte a difetti sulle saldature che possono essere provocati da molti più fattori rispetto alla saldatura con elettrodi. Questi difetti si evidenziano soprattutto sotto forma di porosità, incollature (mancanza di penetrazione), spruzzi, cordone irregolare, cricche e sono causate da mancanza o insufficienza del flusso di gas, materiale base sporco (il materiale base nella saldatura a filo continuo va pulito con maggior cura che non saldando con elettrodi), torcia troppo lunga, guaine intasate, ugelli non adatti, mancanza del feltrino di pulizia, cattivo allineamento dei rulli con i guidafile, pressione eccessiva o scarsa dei rulli, etc.

Per quanto concerne i difetti dovuti a cattiva regolazione della macchina l'essenziale è aver sempre presente quanto già detto e cioè che: aumentando la tensione (Volt), regolazione che trovi sul corpo della macchina, aumenti la quantità del materiale base in fusione. Aumentando l'ampereaggio

(manopola sul cofano portabobina) aumenti la quantità di filo in fusione.

Ricorda inoltre che il diametro del filo va scelto in relazione dello spessore da saldare. La qualità del filo la puoi valutare dal suo aspetto e dal suo comportamento in saldatura paragonato' ad altri fili nelle identiche condizioni. Se le condizioni non sono le stesse la prova non è significativa.

La finitura superficiale deve essere LUCIDA e BRILLANTE ad eccezione dei nuovi fili per acciaio inossidabile "satin glide" che si presentano opachi, la bobinatura deve essere A SPIRE ALLINEATE. Togliendo tre o quattro spire e posandole su un piano il filo deve assumere un diametro di 600-800 mm e deve rimanere perfettamente in piano senza disporsi ad elica.

L'impiego di fili di qualità, anche se costano un po' di più, ti consente di ridurre i costi di fermo macchina e di depositare cordoni sani e ben raccordati facendoti alla fine risparmiare sui costi complessivi delle saldature.

# LA METALLIZZAZIONE

Il riporto con metalli pregiati, leghe, carburi ed ossidi metallici su di un materiale di base poco costoso allo scopo di nobilitarne la parte sottoposta ad usura sta assumendo una sempre maggiore importanza per la sua economicità. Tra i vari procedimenti utilizzabili per apportare metallo mediante saldatura, i principali sono: elettrodo, TIG, MIG, arco sommerso con filo o nastro, cannello e pistola ossiacetilenica, plasma spray e P.T.A.; questi ultimi, catalogati col termine improprio di "metallizzazione", godono del maggiore interesse da parte dei ricercatori per le possibilità tecniche "innovative" grazie all'impiego di polvere metallica che si ritiene sia il materiale di apporto del futuro.

**I riporti a polvere** si possono effettuare in due modi tra loro sostanzialmente diversi: a freddo e a caldo. Nel primo caso i pezzi non si deformano in quanto non raggiungono temperature superiori a 200÷300°C, ma l'ancoraggio al metallo base è poco resistente. Nel secondo caso l'ancoraggio è perfetto ma il materiale base va portato in superficie a circa 1000°C con rischio di alterazione della struttura e di deformazioni. Procediamo con ordine analizzando tutte le possibilità dei due metodi:

## RIPORTO A FREDDO

Quello a freddo è un tipo di riporto che, come detto, non provoca deformazioni e modifiche strutturali al metallo base. Il materiale di apporto può essere in filo, ormai in disuso, o in polvere. Il materiale da riportare viene fuso da una sorgente di calore autonoma e proiettato da una certa distanza sul pezzo preventivamente preparato. Si ottiene un rivestimento ancorato al metallo per microsaldatura delle particelle, per incastonamento meccanico nelle rugosità superficiali e per cementazione di ossidi. I valori di ancoraggio, in funzione del materiale di base e del materiale di apporto, variano tra 1500 e 28000 N/cm<sup>2</sup>. Il riporto ottenuto a freddo ha caratteristiche metallurgiche e proprietà meccaniche completamente differenti da quelle di un materiale saldato per fusione rispetto al quale in genere i riporti spruzzati sono più duri, più fragili e micro-porosi, possiedono ottime doti di resistenza all'usura per la presenza di ossidi e carburi. La possibilità di saturare con degli olii lubrificanti i microfori li rende resistenti alla frizione. La loro struttura è simile a quella di un sinterizzato.

Le tecniche utilizzabili per il riporto a freddo sono:

- la metallizzazione a filo
- il processo ad arco elettrico
- la metallizzazione con polvere
- il processo plasma spray

La **metallizzazione a filo** consiste nella proiezione di particelle metalliche ottenute dalla polverizzazione di un materiale di apporto in filo: il processo viene attivato tramite un'apparecchiatura a combustione o ad arco elettrico. Nel processo a combustione il filo viene introdotto in una fiamma e fonde; un getto coassiale d'aria compressa lo atomizza e lo proietta ad alta velocità sul pezzo; la tenacità di ancoraggio ottenibile è su valori da 15 a 35 N/mm<sup>2</sup>, la porosità è compresa tra il 5% e il 15%.

Si tratta di un processo economico indicato per il ripristino di superfici usurate e il recupero di scarti di lavorazione; lo spessore può variare da pochi centesimi a qualche millimetro. Viene impiegato in produzione per il riporto di molibdeno su particolari automobilistici.

Nel **processo ad arco elettrico** due fili di materiale di apporto originano un arco elettrico e fondono l'aria coassiale li polverizza e li proietta sul pezzo da riportare. L'ancoraggio è migliore rispetto al metodo a combustione e la porosità inferiore; minore è l'apporto di calore al pezzo. È un processo economico per riporti di elevato spessore su grandi pezzi.

La **metallizzazione a freddo con polvere** si effettua utilizzando lo stesso impianto a pistola ossiacetilenica più aria che serve per il riporto a caldo. Si esegui un primo strato con polvere autoancorante ed uno o più strati successivi con la polvere per il riporto vero e proprio. La qualità del deposito si colloca tra quella ottenibile con il riporto a filo ed il plasma spray. Come per tutti i riporti a freddo, la deformazione dei pezzi è nulla, ma lo strato depositato non sopporta sollecitazioni dinamiche. Questo processo ha totalmente sostituito, per i lavori più importanti, la metallizzazione a filo.

Il **plasma spray** è un processo che utilizza la polvere come materiale di apporto. Questa viene proiettata; attraverso una pistola dal cui ugello esce un getto che ha una temperatura compresa tra 7000-20.000°C e con una velocità compresa tra 400 e 820 m/s. Passando nella zona più calda del fluido plasma, la polvere fonde istantaneamente e viene proiettata a velocità elevata contro il pezzo. Il materiale di apporto, nonostante

l'alta temperatura, non si altera in quanto il tempo di permanenza nel fluido plasma è brevissimo. Il rivestimento così ottenuto è un riporto a freddo, perché il pezzo preriscaldato tra 100 e 200°C viene mantenuto per tutto il trattamento a tale temperatura. L'ancoraggio mm<sup>2</sup> sul pezzo ha valori tra 40 e 80 N/mm<sup>2</sup>, aumenta la densità e la compattezza rispetto al riporto alla fiamma e la porosità è compresa tra 1% e 5%. La rugosità ridotta permette talvolta di evitare la successiva operazione di rettifica del pezzo riportato. Grazie alla elevata temperatura e velocità del fluido plasma è possibile riportare materiali ad alto punto di fusione, non applicabili convenientemente con gli altri processi, come ad esempio le ceramiche, sotto il cui nome vengono genericamente indicati vari ossidi metallici (allumina, biossido di titanio, ossido di cromo), cermets (miscele di ossidi e polveri metalliche), carburi di tungsteno, di cromo e di titanio. D'altra parte sono sempre utilizzabili i materiali a più basso punto di fusione come gli acciai, i bronzi, l'alluminio e le leghe a base cobalto. Negli ultimi tempi si è affermato un nuovo processo di proiezione per mezzo del quale si riesce ad imprimere alla polvere una velocità molto più elevata rispetto a qualsiasi altro sistema a tutto vantaggio della tenacità di ancoraggio e della densità dello strato riportato.

Il processo viene denominato in vari modi in relazione al produttore dell'impianto e cioè: high energy spraying - high velocità fiamme spraying - hypersonic flame spraying ed altre, nasceranno. In questo caso i materiali di apporto possono essere metallici ma non ceramici.

## RIPORTO A CALDO

Con la tecnica del riporto a spruzzo si possono proiettare leghe autoscorificanti a base nichel o cobalto. Durante o dopo la proiezione, i riporti vengono portati a fusione per ottenerne la saldobrasatura con la base e l'unione metallurgica delle particelle tra di loro e al metallo base. I rivestimenti risultano privi di microporosità e perfettamente ancorati.

Le tecniche utilizzabili per il riporto a caldo con polvere sono:

- metallizzazione al cannello
- proiezione con pistola
- plasma ad arco trasferito (P.T.A.)

L'impianto più semplice utilizzabile per questo scopo è costituito da uno speciale cannello ossiacetileno-co. Tra l'impugnatura e la lancia è inserito un miscelatore dotato di una leva e di un contenitore per la polvere. Azionando la leva la polvere viene aspirata dal flusso di ossigeno ed esce insieme alla fiamma dalla punta del cannello. Passando attraverso la fiamma i grani fondono e vengono proiettati sul pezzo che è posto ad una distanza di circa 20 mm ed è già scaldato a circa 5000C dal cannello stesso (che, con la leva in posizione di riposo si comporta come una normale attrezzatura da riscaldamento).

La polvere si deposita già allo stato fuso, non è ossidata perché ha percorso un tratto breve e protetto dai gas della fiamma, il riporto è compatto, uniforme e non richiede successive operazioni di rifusione in quanto già detto, la polvere viene in questo caso **contemporaneamente proiettata e fusa**.

Il legamento avviene alla temperatura di BRASATURA della polvere che è compresa tra 900°C e 1100°C in relazione al tipo utilizzato.

Con le **pistole per metallizzazione** le due operazioni di proiezione e di rifusione vengono invece effettuate separatamente, ma il risultato tecnico è praticamente lo stesso, la velocità di lavoro è superiore e l'uniformità del deposito è tale per cui un buon operatore può eseguire una ricarica lasciando un sovrametallo inferiore ai 0,2÷0,3 mm.

Il ciclo di lavoro con pistola funzionante ad ossigeno-acetilene ad aria compressa consiste nel preriscaldamento a 400-500°C del pezzo da riportare preventivamente sabbiato utilizzando un grosso cannello a lancia da riscaldamento da 1000-2000 litri. A questo punto si effettua la proiezione vera e propria con la pistola tenuta ad una distanza di 25-30 cm dal pezzo, lo spessore riportato dovrà essere mediamente compreso fra 0,5 mm e 1 mm. Viene infine effettuata la rifusione, ancora con la lancia da riscaldamento dello strato riportato. Quest'ultima operazione è visivamente molto ben controllabile in quanto il metallo di apporto alla giusta temperatura "BRILLA" inconfondibilmente.

Il cannello a caduta è un'attrezzatura con prestazioni intermedie tra il cannello e la pistola. La polvere viene fatta cadere sul davanti della fiamma e, sospinta dalla stessa, raggiunge il pezzo. Anche questa attrezzatura opera in due tempi, proiezione e rifusione.

Con questi processi si possono eseguire riporti con leghe a base di nichel di varia durezza e con carburi di tungsteno miscelati a polveri base nichel in diverse concentrazioni.

Il processo **plasma ad arco trasferito** o semitrasferito unisce tutti i vantaggi della proiezione e fusione contemporanea, sia del materiale di apporto che della superficie del pezzo da riportare.

Ci troviamo quindi finalmente di fronte ad un vero saldatura con tutto ciò che di positivo comporta. L'ancoraggio è di tipo metallurgico, il riporto risulta privo di porosità e con caratteristiche simili, ma metallurgicamente migliori, rispetto a quelle dei riporti TIG, MIG, etc..

I vantaggi del riporto P.T.A. sono così riassumibili:

bassa diluizione nel materiale base con conseguente possibilità di eseguire il riporto in una sola passata con- minor consumo di materiale; utilizzo di polveri grosse e quindi di più regolare alimentazione; costanza della durezza, per l'uniforme distribuzione degli elementi di lega nel riporto;

costanza di spessore dello strato riportato con conseguente riduzione del sovrarnetallo di lavorazione. E' inoltre possibile il riporto su acciai di tipo rischio di cricche.

I materiali utilizzabili con questo processo sono le leghe base ferro, cobalto e di nichel di varie durezza, superleghe, etc..

**Per tutti i motivi sopra esposti unitamente alla velocità di esecuzione, all'affidabilità ed alla costanza dei risultati, il processo P.T.A. è ritenuto quello che in futuro saprà maggiormente utilizzato per il riporto saldato.**

## L'ACCIAIO AL CARBONIO

L'acciaio al carbonio è il materiale da costruzione più diffuso, ed il più facilmente saldabile. Erroneamente lo chiamiamo "ferro", mentre il ferro allo stato puro non viene impiegato se non per particolari applicazioni elettromagnetiche. Quando il ferro è legato con percentuali di carbonio inferiori a 2,1% diventa ACCIAIO. Quando il carbonio nella lega è compreso fra 2.1% e 6.67% diventa GHISA.

Il ferro, in ogni caso, rappresenta la quasi totalità della lega di cui stiamo parlando.

La **percentuale al carbonio** determina la classificazione degli acciai in:

**Extradolci** fino a 0,15% di carboni  
**Dolci** da 0,15% a 0,25% di carbonio  
**Semiduri** da 0,25% a 0,50% di carboni  
**Duri** da 0,50% a 0,75% di carbonio  
**Extraduri** oltre 0,75% di carbonio.

Prenderemo in esame gli acciai dolci e gli acciai seminari che sono i soli acciai saldatili. 1 più usati per costruzioni saldate sono gli acciai dolci che vengono commercializzati con le sigle **UNI: Fe 34, Fe 37, Fe 42.**

La dualità commerciale Fe 00 può risultare difficilmente saldabile in quanto per questo acciaio non è previsto il controllo delle impurità.

Gli **acciai semiduri**, fra cui il tipo C 40, presentano problemi di fragilità delle saldature sia in zona fus che nelle zone adiacenti se non si usano particolar materiali di apporto ed accorgimenti adeguati.

Per preventivare le difficoltà di saldatura che incontrerai dovrai tener conto principalmente delle percentuali di carbonio, che quanto più è elevata tanto maggiori saranno i problemi, nonché delle impurità come zolfo e fosforo che dovranno essere inferiori allo 0,04%.

Elementi di lega come cromo, molibdeno, nichel etc., per quanto concerne le difficoltà operative noi dobbiamo preoccupare. Evidentemente se l'acciaio legato con Cr od altro per esigenze specifiche dovrai scegliere il materiale di apporto che rispetti queste esigenze.

## ACCIAI DOLCI

I sistemi di saldatura che potrai adottare sugli acciai dolci sono praticamente tutti quelli elencati in questa guida. Vediamo i principali: La saldatura ossiacetilenica per fusione dei lembi si effettua con barrette Koy 504 senza l'ausilio di disossidante con fiamma neutra. E' necessario portare a fusione le parti da congiungere. Il sistema, molto lento, si usa ancora su lamiere sottili in assenza di altre attrezzature. In alternativa si possono utilizzare le leghe della serie Koy 911 nude o rivestite di disossidante che consentono una Saldo-brasatura tenace, facile da eseguire e molto veloce.

La saldatura ad elettrodo non pone problemi. Su spessori sottili puoi impiegare elettrodi tipo Koy 1 o Koy 5 nelle varie versioni. Quest'ultimo possiede un rivestimento speciale che ne rende agevole l'impiego in tutte le posizioni, compresa la verticale discendente, pur mantenendo eccezionali doti di saldabilità, facilità di allontanamento della scoria ed ottime caratteristiche di tenuta dei giunti.

Su acciai impregnati d'olio o corrosi, con elevati tenori d'impurità, su acciai fusi e su spessori molto grossi dovrai usare elettrodi basici Koy 6, Koy 7 o Koy 1009 che ti garantiscono buona saldabilità e le più ampie garanzie di tenuta.

La saldatura TIG dell'acciaio al carbonio e degli acciai bassoalegati è vantaggiosa soprattutto su spessori sottili e per la prima passata di fondo cianfrino su tubazioni. In questi casi il processo è lento, ma i risultati sono tecnicamente ineccepibili. Dovrai scegliere il materiale d'apporto tra le barrette Koy serie 500.

Qui di seguito ti vengono indicate le preparazioni e i parametri di saldatura da adottare su lamiere sottili in acciaio al carbonio o bassoalegato.



senza metallo d'apporto - saldatura testa a testa con lembi sollevati per spessori fino a mm 1,5



con metallo d'apporto - saldatura testa a testa con lembi accostati per spessori fino a mm 2



con metallo d'apporto - saldatura testa a testa con lembi distanziati di 0,8 1,5mm e preparazione per spessori oltre 2 mm.

spessore lamiera (mm)	corrente continua polo negativo (-) (Ampere)	diametro elettrodo tungsteno (mm)	velocità di saldatura (mm/min)	Argon (l/min)
0,8÷0,9	10÷100	1,6	300÷375	4÷6
1÷1,3	100÷125	1,6	300÷450	4÷6
1,4÷1,6	100÷140	1,6	300÷450	4÷6
2÷2,5	140÷170	1,6÷2,4	300÷450	4÷6
2,5÷3	160÷190	2,4	250	5÷8

La saldatura a filo (MAG) sotto protezione di CO, o di miscela Ar+CO<sup>2</sup> è il procedimento più diffuso per i costi contenuti e la buona velocità di lavoro. Si effettua con fili pieni ramati serie Koy 201 e Koy 205. Le caratteristiche qualitative dei depositi sono sempre inferiori a quelle ottenibili con elettrodi rivestiti o con fili animati.

I parametri di saldatura su spessori di lamiera fino a 4 mm e per saldature in verticale, frontale e sopratesta dove si opera in arco corto (.SHORT ARC) sono i seguenti:

Ø filo (mm)	Tensione (mm)	Intensità di corrente (mm)
0,8	19÷20	60÷110
1,0	19÷20	90÷130
1,2	20÷21	120÷160
1,6	20÷21	150÷200

Quando gli spessori superano i 4 mm viene di regola adottato il trasferimento in arco lungo (SPRAY ARC) con i seguenti parametri:

Ø filo (mm)	Tensione (mm)	Intensità di corrente (mm)
1,0	25÷28	150÷250
1,2	25÷30	200÷300
1,6	28÷32	300÷400

In tutti e due i casi si procede verso sinistra con torcia quasi verticale.

La saldatura a filo si può inoltre eseguire con fili animati con o senza protezione di gas.

Particolarmente interessante H filo Koy 292 che salda senza protezione gassosa e che permette una elevatissima velocità di saldatura ed un'ottima estetica dei cordoni. Il filo DW A50, animato, saldabile sotto protezione di CO<sup>2</sup> è un materiale di nuova formulazione il cui deposito è caratterizzato da elevati valori meccanici. Costanza di qualità, possibilità di operare in tutte le posizioni, facile allontanamento della scoria. Questo materiale, sempre più richiesto dal mercato, consente interessanti risparmi sui costi di saldatura rispetto agli elettrodi rivestiti ai quali è paragonabile per la qualità del deposito.

Non sono insoliti difetti sulle saldature effettuate con filo pieno MIG. Ti elenco i più frequenti con a fianco le cause che li determinano:

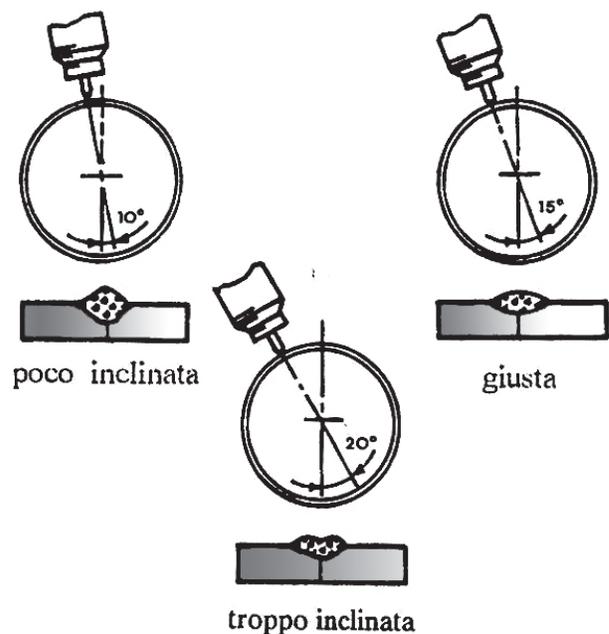
Spruzzi	- filo di qualità scadente - tensione troppo alta - bocchello sporco
Mancanza di fusione	- tensione troppo bassa - torcia troppo inclinata - torcia troppo distante
Mancanza di penetrazione	- corrente troppo bassa - giunti mal preparati - torcia troppo distante - filo di qualità scadente
Cordone di forma irregolare	-torcia troppo distante -avanzamento troppo lento - corrente troppo elevata
Inclusione di impurità	- filo di qualità scadente - corrente troppo alta - torcia troppo inclinata o distante
Incisione ai bordi del cordone	- avanzamento troppo veloce - torcia troppo inclinata
Cricche	- materiale base sporco - materiale base con troppe impurità - filo di qualità scadente - tensione troppo elevata
Porosità	- filo di qualità scadente  - gas insufficiente  - corrente d'aria

La saldatura in arco sommerso dell'acciaio al carbonio è caratterizzata da una elevata produttività.

L'impianto è descritto nel paragrafo relativo ai sistemi di saldatura. Questo procedimento è adatto per unioni su medi e grossi spessori in acciaio al carbonio dove la velocità e le buone caratteristiche meccaniche dei giunti saldati rendono molto economico e sicuro questo procedimento.

Per ottenere dei buoni risultati è indispensabile una corretta e precisa regolazione dei parametri di saldatura anche perché, non essendo visibile il deposito durante il suo formarsi, ti accorgi di eventuali difetti a danno già provocato. Qui di seguito ti vengono fornite alcune indicazioni di carattere operativo. Il materiale di apporto più indicato è il filo Koy 404 UP in abbinamento al flusso Koy 601 oppure Koy 619 in relazione allo spessore da saldare.

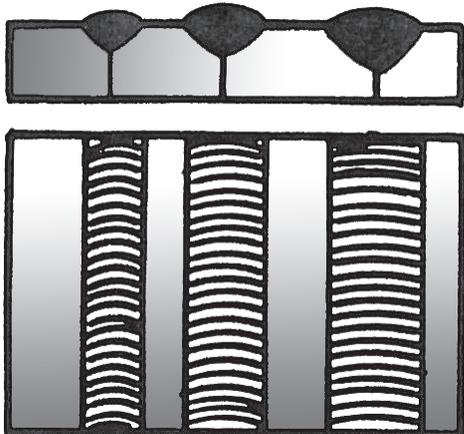
Effetto della posizione della torcia sul profilo del cordone in saldature circolari e sferiche



## SALDATURA SEMIAUTOMATICA CON FILO Ø 2.4 mm

tensione 35 V; avanzamento 0.6 m/min;  
intensità A:

300    500    650

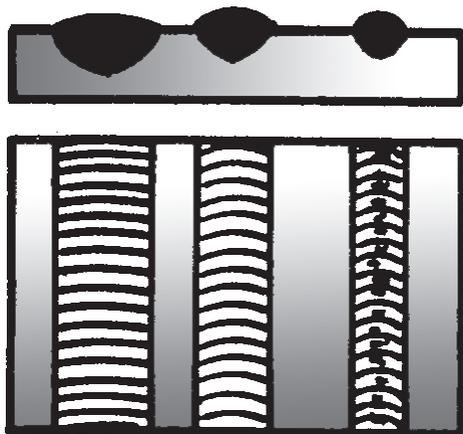


tensione 500 V; avanzamento 0.6 m/min;  
intensità V:

25    35    45



tensione 35 V; intensità 500A;  
avanzamento m/min  
0.300    0.600    1.200



## SALDATURA AUTOMATICA POSIZIONATA CON FILO Ø 5.6 mm

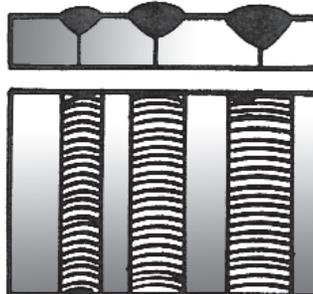
tensione 34 V; avanzamento 0.750 m/min;  
intensità A:

700    1000    850



intensità A; avanzamento m/min;  
tensione V:

27    45    34



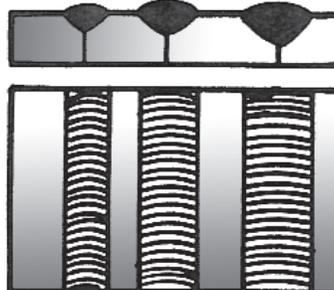
intensità 850A; tensione 34V;  
avanzamento m/min;  
1.500    0.375    0.750



## SALDATURA AUTOMATICA POSIZIONATO CON FILO:

intensità 600A; tensione 34V;  
avanzamento m/min 0.750

Ø filo    3,2    4    5,6



## Di seguito le cause di alcuni difetti nei giunti saldati in arco sommerso

<p>Arco rumoroso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flusso troppo scarso</li> <li>- Velocità troppo elevata</li> <li>- Intensità troppo elevata</li> <li>- Flusso umido</li> </ul>	<p>Cordone ruvido e irregolare</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensione troppo bassa</li> <li>- Torcia troppo distante</li> <li>- Filo troppo grosso</li> </ul>
<p>Arco irregolare e sprazzi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flusso molto umido</li> <li>- Inclusione di scoria</li> <li>- Alimentazione irregolare del filo</li> </ul>	<p>Incisione ai bordi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensione troppo elevata</li> <li>- Materiale base non pulito</li> <li>- Filo non ben allineato al giunto</li> <li>- Avanzamento troppo veloce</li> </ul>
<p>Sfondamento del materiale base</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensità troppo alta</li> <li>- Supporto al rovescio troppo sottile</li> <li>- Accostamento dei lembi troppo aperto</li> <li>- Avanzamento troppo lento</li> </ul>	<p>Cordone di dimensioni non uniformi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posizione errata della massa</li> <li>- Avanzamento troppo veloce</li> <li>- Irregolare uscita del filo</li> <li>- Diametro filo troppo sottile</li> </ul>
<p>Incollatura</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preriscaldamento troppo basso</li> <li>- Tensione troppo elevata</li> <li>- Avanzamento troppo veloce</li> </ul>	<p>Cricche sul cordone</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preriscaldamento insufficiente</li> <li>- Flusso umido</li> <li>- Avanzamento troppo veloce</li> <li>- Errata preparazione dello smusso</li> <li>- Materiale sporco</li> <li>- Materiale con troppe impurità</li> <li>- Filo non adatto</li> </ul>
<p>Spegnimento dell'arco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inclusione di scorie</li> <li>- Alimentazione irregolare del filo</li> </ul>	<p>Porosità</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiale base sporco</li> <li>- Errata preparazione dello smusso</li> <li>- Flusso insufficiente</li> <li>- Scarsa penetrazione del cordone</li> <li>- Filo non adatto</li> <li>- Flusso non adatto</li> </ul>
<p>Scoria ondulata</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensità troppo elevata</li> <li>- Tensione troppo bassa</li> <li>- Flusso non adatto</li> </ul>	<p>Difetti radiografici</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Torcia troppo distante</li> <li>- Intensità troppo elevata</li> <li>- Tensione troppo bassa</li> <li>- Cattivo contatto della massa</li> </ul>
<p>Cattivo distacco della scoria</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensione troppo elevata</li> <li>- Filo inadatto</li> <li>- Materiale base troppo caldo</li> <li>- Errata preparazione dello smusso</li> </ul>	
<p>Inclusione di scorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Smusso troppo chiuso</li> <li>- Penetrazione insufficiente</li> </ul>	
<p>Macchie o incisioni sul deposito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flusso umido</li> <li>- Filo inadatto</li> <li>- Materiale base sporco</li> </ul>	

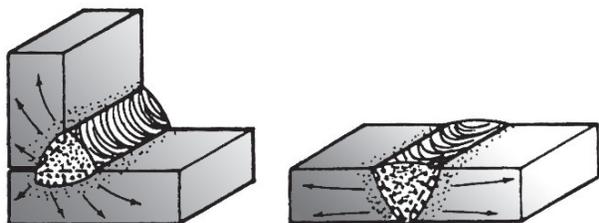
Gli acciai dolci possono infine essere uniti per saldatura a resistenza o a scintillio, tagliati con tutti i sistemi e metallizzati con facilitá.

## ACCIAI SEMIDURI

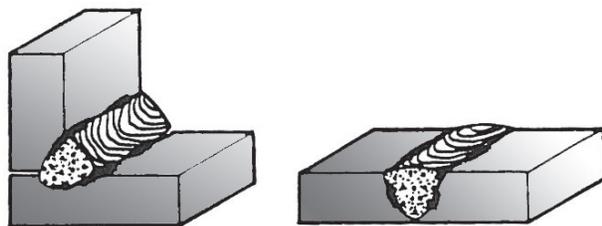
Saldando acciai semiduri e duri ti troverai ad affrontare problemi ben piú consistenti. Quando infatti il carbonio supera la percentuale dello 0,25% la saldabilitá si riduce drasticamente per l'effetto di tempra che l'apporto di calore provoca sul materiale di base nella zona immediatamente adiacente al cordone di saldatura.

Questa zona che diventa dura e fragile, viene poi sollecitata dal ritiro del cordone depositato che durante il raffreddamento diminuisce di volume.

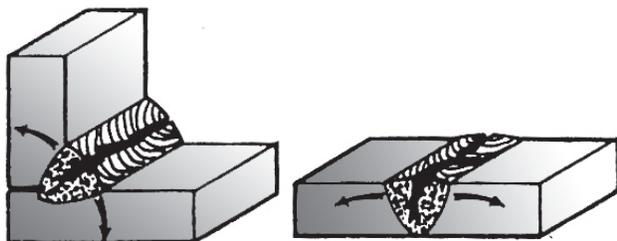
Questa e la sollecitazione:



questo é il suo effetto se il materiale di apporto ha una resistenza superiore a quella della zona termicamente alterata.



e questo infine é quello che succede quando il materiale di apporto non é adatto come non lo é un normale elettrodo per acciaio dolce



Si dovrá pertanto usare un materiale di apporto che renda inefficace la migrazione del carbonio proveniente dalla zona fusa del materiale base; in caso contrario sussiste il rischio di rotture al centro del cordone. Occorre inoltre adottare tutti gli accorgimenti possibili per rendere meno fragile la zona termicamente alterata (Z.T.A).

Per quanto concerne il materiale di apporto, puoi impiegare elettrodi della serie Koy 75, Koy 76, Koy 84, Koy 85, Koy 1351. Ognuno di essi é dotato di un favorevole rapporto resistenza-allungamento e variano l'uno dall'altro per il prevalere dell'una o dell'altra caratteristica. Puoi anche impiegare, assumendoti qualche rischio da imputarsi al processo MIG, fili della serie Koy 212 - 229 - 338 egualmente adatti facendo poró attenzione a rispettarne scrupolosamente le regole che seguono:

Adottare un ciclo termico "freddo". Dovrai pertanto: impiegare elettrodi sottili, eseguire passate veloci non oscillate e con poca corrente per penetrare poco, usare la tecnica del passo del pellegrino, giá descritta, distribuire in modo uniforme il calore al pezzo e, su pezzi piccoli, effettuare frequenti interruzioni.

Tutte le volte che le dimensioni e la forma dei materiali da unire te lo consentono: effettua un preriscaldamento.

Preriscaldando rinunci al "passo del pellegrino" e fai il minor numero possibile di interruzioni. Resta valido l'impiego di diametri non eccessivamente grossi e passate non oscillate.

In ambedue i casi fai in modo che il raffreddamento delle saldature avvenga il piú lentamente possibile.

Qualora le condizioni te lo permettessero salda il piú possibile a ritiro libero cioé con pezzi non vincolati alle estremitá.

Le temperature approssimate di preriscaldamento, tenendo conto della percentuale di carbonio, nell'acciaio e degli spessori da saldare sono le seguenti:

ACCIAIO	SPESSORE DA SALDARE		
	6 mm	12 mm	20 mm
% carbonio			
fino a 0,30	--	--	--
0,30	20°	70°	150°
0,35	20°	100°	200°
0,40	100°	200°	250°
0,45	150°	250°	300°
0,50	200°	300°÷350°	300°
0,60	300°	300°÷350°	300°÷350°
0,70	300°	300°÷400°	300°÷400°
0,80	300°	300°÷400°	300°÷400°

Altri sistemi di saldatura, oltre all'elettrodo e al filo MIG, sono sconsigliati su acciai a medio e ad alto tenore di carbonio per i problemi inerenti l'eccessivo apporto termico.

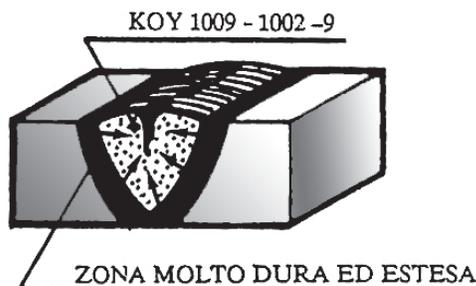
### La migrazione del carbonio

Un problema che capita frequentemente ed al quale è difficile dare una spiegazione è la rottura, di saldature anche se eseguite a regola d'arte che si verifica quando una costruzione in acciaio perinatie

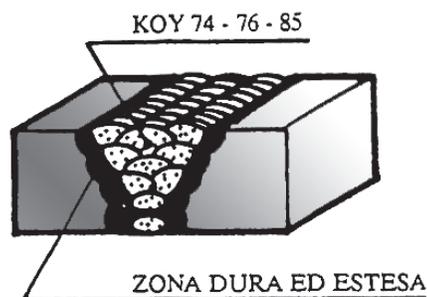
eri per lungo tempo ad elevate temperature di lavoro.

Il difetto è imputabile alla migrazione del carbonio o di altre impurità (zolfo, fosforo, alluminio, etc.) che avviene nel tempo, dal materiale base al centro del cordone di saldatura.

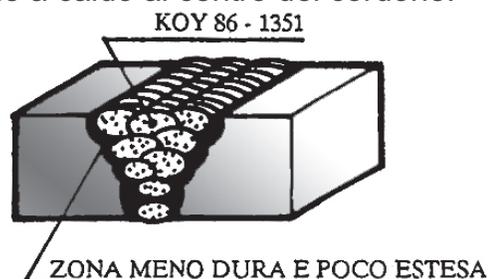
Le saldature effettuate con gli elettrodi previsti per l'acciaio al carbonio serie Koy 9 - 1002 - 1009 producono i risultati peggiori.



Si ha un miglioramento della situazione saldando con elettrodi austeno-ferritici. Il carbonio non entra nel cordone saldato ma si dispone ai lati formando una zona fragile ed estesa.

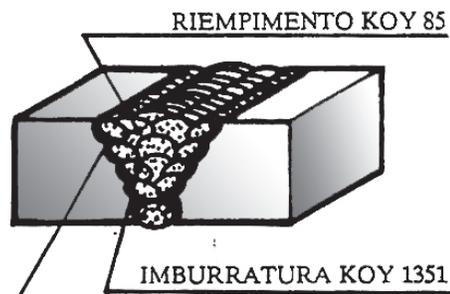


Un notevole ulteriore miglioramento si ottiene saldando con una lega a base nichel austenifica. In questo caso il carbonio si dispone a lato formando una zona meno dura e meno estesa. Rimane il rischio delle cricche a caldo al centro del cordone.



La soluzione ideale è rappresentata da una imburatura con Koy 1351 e riempimento con elettrodo Koy 85 per contenere la formazione di cricche a caldo

Nella categoria degli acciai legati c'è dentro di tutto, qualità facilmente o difficilmente



saldabili, acciai insaldabili. La casistica è molto ampia e difficile da catalogare. Ti consiglio di affrontare con i tecnici della Commercald la soluzione di ogni specifico problema.

Merita infine un accenno la saldatura dell'acciaio zincato. Per questo materiale l'impiego di elettrodi o fili in acciaio al carbonio richiede la completa asportazione dello strato di zinco dalla zona da saldare e nella zona adiacente. E' poi necessario un nuovo trattamento da effettuare dopo la saldatura per ripristinare lo strato protettivo. Senza asportare lo zinco la saldatura per fusione porta alla volatilizzazione, ne di questo elemento con conseguente ossidazione dei cordoni, fragilità del giunto saldato e disturbi per l'operatore.

Se le lamiere da saldare, come nella maggior parte dei casi, sono sottili, si può eseguire il lavoro con una lega per brasatura tipo **Koy 911** oppure **911 F** rivestita di disossidante. Grazie alla bassa temperatura di lavoro di questa lega, lo zinco non volatilizza ma fonde senza danni per il giunto e per l'operatore (si deve però fare molta attenzione a non surriscaldare il materiale base).

La saldatura è perfettamente sana e resistente, la pellicola a pezzo freddo si riforma e l'acciaio rimarrà perfettamente protetto sia sul cordone che nella zona adiacente.

Per spessori superiori a 2-3 mm si può saldare direttamente con filo MIG Koy 334 in bronzo sotto protezione di Argon. Si avrà un maggior costo del materiale d'apporto ma un risparmio sui costi di saldatura per le minori lavorazioni accessorie. In questo caso una corretta regolazione dei parametri renderà possibili le condizioni termiche che si hanno brasando i giunti e si otterranno gli stessi risultati.

## **L'ACCIAIO INOSSIDABILE AL SOLO CROMO**

L'acciaio inossidabile è una lega a base di ferro resistente alla corrosione.

L'elemento che rende inossidabile la lega è il CROMO, ma deve essere presente in una percentuale di almeno il 13%, se è inferiore, la lega continua a far la ruggine. Se poi l'elemento cromo nella lega arriva al 25% o più allora l'acciaio oltre a diventare inossidabile resisterà anche alla ossidazione a caldo e non farà più la scaglia quando verrà ripetutamente portato al color rosso e raffreddato.

Gli acciai al solo cromo appartengono ad una prima categoria di acciai inossidabili a struttura ferritica o martensitica, (magnetici) che si usa identificare con la sigla Americana: "A.I.S.I. serie 400", in quanto le varie qualità portano dei numeri che vanno dal 400 al 450. I tipi più conosciuti sono:

AISI 410: cromo 12,5%, ferro 87,5%, carbonio <0,15% impiegato quando è necessaria una buona resistenza meccanica ed una modesta resistenza alla corrosione

AISI 420: cromo 13% ferro 87% carbonio più di 0,15% con resistenza meccanica ancora maggiore ma di difficile saldabilità

AISI 430: cromo 16% ferro 84% carbonio meno di 0,12% utilizzato generalmente per reggere ad aggressioni di tipo ossidante.

La serie "A.I.S.I. 400" è magnetica e temprabile, le lamiere sono lucide e brillanti con tonalità grigio ghiaccio. Questi acciai possiedono una buona resistenza alla corrosione anche a temperature elevate e in ambienti ricchi di zolfo. Il campo di impiego va dalla costruzione di coltelleria, dove se ne sfrutta la temprabilità, alle camere di combustione dei generatori ad aria calda per la buona resistenza al calore, alla costruzione di cisterne fisse ed altri manufatti, dove non è determinante la resistenza alle sollecitazioni dinamiche ma è preminente il basso costo delle strutture.

## **La saldatura degli acciai inossidabili al cromo.**

La saldatura degli acciai inossidabili ferritici al cromo della serie AISI 400 presenta notevoli difficoltà per l'infragilimento della zona termicamente alterata (Z.T.A.) dovuta a un marcato ingrossamento dei grani di cromo e al formarsi intorno ad essi di un reticolo fragile per la presenza di martensite.

In parole povere è come se saldando rompiamo un vaso in ceramica in tanti pezzetti e lo rimettiamo insieme con della scagliola. I pezzetti rotti sono i grani, la scagliola è il reticolo.

La zona tecnicamente alterata dalla saldatura è tanto più dura e fragile quanto maggiore è il tenore di carbonio nel metallo base e quanto più lunga è la sua permanenza durante la saldatura alla temperatura compresa tra 400°C e 560°C. La scelta di materiale d'apporto va fatta tenendo conto di questa situazione e delle condizioni di esercizio del manufatto saldato.

**1) Saldatura con materiale di apporto della stessa analisi o simile:** in questo caso si deve fare un trattamento termico dopo la saldatura ad una temperatura compresa tra 760°C e 840°C con raffreddamento lento; nel caso di grossi spessori la saldatura va iniziata dopo aver effettuato un preriscaldamento a 100°C-150°C. Questi trattamenti vanno effettuati in forno oppure con fasce a resistenza o induzione. Richiedono pertanto esperienza, attrezzature costose e officine attrezzate.

Il trattamento termico ha la funzione di eliminare i danni provocati dalle saldature conferendo al manufatto continuità strutturale, resistenza alle atmosfere solforose riducenti e altre caratteristiche tipiche degli acciai di questa serie.

Si può operare con elettrodo, TIG, MIG e arco sommerso, saldando a blocchi e adottando tutti gli accorgimenti per evitare cricche sui cordoni in fase di ritiro. Quando le specifiche di saldatura non prescrivono il contrario dare la preferenza a materiali di apporto con più alto cromo (16%-17%) e con carbonio il più basso possibile.

**2) Saldature con materiali di apporto di analisi diversa.** E' il caso più frequente in quanto spesso questi acciai vengono scelti per la loro economicità o per costruire camere di combustione e altri manufatti non molto sollecitati meccanicamente né aggrediti chimicamente.

Si impiegano materiali di apporto in elettrodo, TIG e MIG di tipo austeno-ferritici tipo **Koy** della serie **75-76-77-84-212-215-429** o super leghe a base nichel tipo **Koy** della serie **29-1351- 338**.

In questo caso si dovrà cercare di contenere la fragilizzazione della zona adiacente la saldatura operando come segue:

- evitare ogni preriscaldamento
  - impiegare elettrodi o fili di diametro sottile e non oscillare per apportare la minor quantità di calore possibile al materiale base
  - saldare a blocchi per distribuire il calore in modo uniforme
- eseguire saldature ben penetrate anche alla radice elettrodi a rivestimento basilico nei casi più difficili acquistare quando possibile lamiera con tenore di carbonio basso. Saldando con materiali austenoferritici il cordone rimane duttile e la resistenza complessiva del giunto accettabile. Non si esegue il trattamento termico post saldatura.

## **L'ACCIAIO INOSSIDABILE AUSTENITICO AL CROMO NICHEL**

Gli acciai inossidabili al CROMO-NICHEL rappresentano la seconda e più importante categoria. Rispetto ai ferritico-martensitici possiedono una più accentuata resistenza alla corrosione da aggressione chimica, una maggiore malleabilità ed una migliore saldabilità.

Gli acciai inossidabili a struttura AUSTENITICA sono parzialmente e in alcuni casi totalmente amagnetici ed appartengono alla categoria "AISI SERIE 300" in quanto le varie qualità portano numeri che vanno dal 300 al 399.

Gli acciai inossidabili A.I.S.I. serie 300 non sono temprabili; al contrario, se portati ad alta temperatura e raffreddati in acqua, subiscono il trattamento di solubilizzazione che conferisce alla struttura maggior malleabilità.

Le qualità classificate secondo A.I.S.I. maggiormente impiegate sono:

A.I.S.I. 304 e 304L di impiego generale. La qualità a basso carbonio e la corrispondente qualità stabilizzata A.I.S.I. 321 non sono soggette alla precipitazione dei carburi in fase di saldatura ed alla conseguente corrosione intercristallina.

A.I.S.I. 316 e 316L e analoghi stabilizzati al Titanio e al Niobio (A.I.S.I. 318) vengono impiegati quando i tipi della serie 304 sono soggetti a corrosione da pitting, per fatica o ad aggressione da acidi molto severa.

I tipi stabilizzati sono inoltre più indicati per temperature di esercizio elevate.

E' opportuno rilevare a proposito della resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili austenitici che tale condizione è presente in quanto sulla superficie del metallo a contatto con l'atmosfera si forma una pellicola sottile e trasparente di ossido di cromo. Questa pellicola si può deteriorare, scalfire o asportare ed occorre un certo periodo di tempo affinché si riformi. Il processo si può accelerare con un trattamento di passivazione ma, se nel frattempo avviene un'aggressione chimica (è sufficiente l'esposizione all'aria salmastra) il metallo si ossida (fa la ruggine).

Non deve pertanto meravigliare se un'operazione violenta come il processo di saldatura dopo il quale non venga effettuata una accurata pulizia dei cordoni e della zona adiacente ed un energico decapaggio, produca una drastica diminuzione della resistenza alla corrosione dell'acciaio inossidabile con fenomeni di ossidazione più o meno accentuati.

## La saldatura degli acciai inossidabili austenitici al cromo nichel

La saldatura degli acciai inossidabili al cromo-nichel non presenta difficoltà, ma devi tener conto delle loro caratteristiche per non incorrere in errori operativi.

Le differenze di comportamento degli acciai inossidabili rispetto all'acciaio al carbonio sono le seguenti:

- Alto coefficiente di dilatazione
- Bassa conducibilità termica
- Bassa conducibilità elettrica
- Criccabilità a caldo
- Basso limite di snervamento
- Corrosione intercristallina

Il **coefficiente di dilatazione**, paragonato a quello dell'acciaio dolce, è di 1,5 volte maggiore, il che significa l'acciaio significa che nel passare da 20 a 1000°C l'acciaio inox aumenta maggiormente di volume, ha un conseguente maggior ritiro e c'è un maggior rischio di deformazione.

Questa sua caratteristica ti obbliga ad effettuare una puntatura delle lamiere più robusta e ravvicinata e ad adottare accorgimenti che apportino una minor quantità di calore ai pezzi.

La bassa **conducibilità termica** produce una minor dispersione del calore apportato dalla saldatura, quindi un riscaldamento più concentrato e, di conseguenza, la necessità di usare diametri sottili eli elettrodo o di filo per evitare deformazioni ed ingrossamento del grano in Z.T.A.

La bassa **conducibilità elettrica** comporta un surriscaldamento dell'elettrodo di saldatura che se usato con corrente alta si arroventa e sfarfalla. Dovrai quindi scegliere molto accuratamente il diametro in funzione dello spessore da saldare. Per questo motivo si dimostrano molto versatili elettrodi come **Koy 54 HL - Koy 66 HL e Koy 77** costituiti da un'anima in acciaio dolce a basso carbonio ed elementi eli lega Cr-Ni (Mo) pressati nel rivestimento.

La **criccabilità a caldo** produce delle rotture, più o meno visibili, nominalmente in senso longitudinale al centro del cordone. Sono molto soggetti a questo tipo di cricca gli acciai inossidabili stabilizzati, AISI 318 e AISI 321 e soprattutto l'AISI 310.

Il fenomeno si verifica tanto più frequentemente quanto più elevato è l'apporto di calore. In fase di formulazione degli elettrodi e dei fili eli apporto, vengono bilanciate le analisi in modo da ottenere una percentuale di ferrite nel deposito intorno al 6÷10% (.11 deposito diventerà pertanto leggermente magnetico). Questo tipo di struttura lascia pressoché inalterate le caratteristiche di resistenza alla corrosione mentre aumenta notevolmente la resistenza alle cricche a caldo dei cordoni depositati.

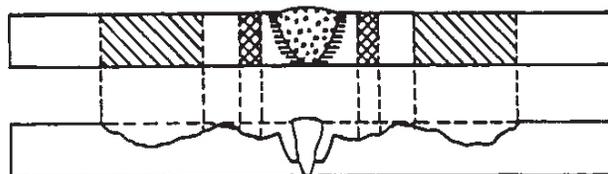
Per la saldatura dell'AISI 310, completamente austenitico, dovrai depositare cordoni ben dimensionati ed usare, di preferenza, elettrodi basici.

Il basso **limite di snervamento** va tenuto presente nella progettazione dei giunti e nella scelta dei materiali di apporto per prevenire rotture da fatica. Il bilanciamento degli elementi di lega nei prodotti Koy di più recente formulazione ha consentito di elevare i valori minimi.

La **corrosione intercristallina** è imputabile al calore dell'arco elettrico che provoca una precipitazione di carburi di Cromo nella zona adiacente la saldatura. Il fenomeno è accentuato da un decadimento delle caratteristiche di resistenza alla corrosione dovuta alla cattiva pulizia dei giunti a cui si è accennato in precedenza.

La causa di questo fenomeno è da attribuirsi alla presenza di **carbonio** che, nell'intervallo eli temperatura da 450°C a 850°C, tende a combinarsi con il Cromo contenuto nella lega formando dei carburi di Cromo che, posizionandosi nel contorno del grano, dà luogo a una corrosione localizzata nelle zone che hanno subito la suddetta trasformazione.

## Zona di ingrossamento del grano in relazione al tipo di acciaio stilizzato



ACCAI  
INOSSIDABILI  
AUSTENITICI

ACCAI  
INOSSIDABILI  
FERRITICI

ACCAI  
INOSSIDABILI  
STABILIZZATI

Per evitare l'ingrossamento del grano con il relativo innesco di corrosine intercristallina si può effettuare una **solubilizzazione** del pezzo per ricreare la struttura originaria o scegliere materiali base e di apporto a basso carbonio o stabilizzati. La solubilizzazione consiste nello scaldare il pezzo a 1000-1100°C e raffreddarlo in acqua.

E' un'operazione che si può fare solo su piccoli pezzi.

La formazione dei carburi di cromo non avviene se si utilizzano materiali di base e di apporto a **basso carbonio**. In questo caso manca uno dei due elementi che formano i carburi. Non avviene inoltre impiegando materiali di apporto stabilizzati con titanio, niobio, columbio in quanto questi elementi, più avidi di carbonio rispetto al cromo, si combinano con lo stesso senza provocare danni.

## Procedimenti di saldatura

La **saldatura al cannello** dell'acciaio inossidabile è raramente eseguita se non per saldobrasatura. Si può anche effettuare una brasatura tenera a circa 300°C di temperatura, in questo ultimo caso la resistenza è molto bassa.

La saldatura ad elettrodo insieme alla saldatura con nuovi fili animati serie DW è quello che i risultati tecnicamente migliori.

Per la scelta del tipo di elettrodo devi attenerti alle caratteristiche del metallo base in quanto è rita la continuerà strutturale. Alla fine del paragrafo è inserita una tabella che ti aiuta ad effettuare questa scelta.

Il rivestimento basico, rutilo, rutilbasico o speciale dell'elettrodo andrà scelto in relazione all'importanza della struttura che devi saldare ed alle posizioni di saldatura. (Vedi il paragrafo "saldatura ad elettrodo" all'inizio della guida.)

Le caratteristiche che deve avere un buon elettrodo per acciaio inossidabile sono le seguenti:

- 1) deve essere iietallizzato sulla punta per favorire l'innesco in quanto, specie tii la saldatrice ha una bassa tensione a vuoto, possono esserci problemi alla partenza
- 2) sopportare una gamma eli corrente la più ampia possibile
- 3) avere un rivestimento fine e compatto. L'anima deve essere perfettamente centrata.
- 4) avere i contrassegni di riconoscimento
- 5) assorbire poca umidità ed essere ben protetto dalla confezione

6) l'arco elettrico, durante la saldatura anche con corrente bassa non deve annegarsi nella Scoria

7) il bagno deve essere ben visibile

8) la scoria deve staccarsi con facilità a pezzo freddo

A proposito del distacco della scoria ti faccio notare che su spessori sottili saldati con elettrodi relativamente grossi, e che pertanto scaldano molto la lamiera soprattutto in angolo, è inutile martellare, basta aspettare (che il peno si raffreddi).

Se saldi cori diametri sottili rispetto allo spessore, il raffreddamento è molto veloce e la scorta, che permane sul cratere finale, è poco consistente e tende a saltare via mirando soprattutto agli occhi. Fai attenzione o usa agli occhiali!

Il colore del cordone: non importa che rimanga bianco, che diventi giallo o che assuma tonalità blu-viola. Questo dipende dalla temperata del pezzo al momento del distacco della scoria. Dopo una tutti i cordoni diventano uguali.

Usa sempre spazzole in acciaio inox altrimenti rimangono tracce eli ruggine dove hai spazzolato.

L'alone scuro ai bordi della saldatura è dovuto all'ossidazione della zona calda non protetta dalla scoria. Questa zona sarà più o meno estesa e difficile da pulire a seconda degli spessori che stai saldando in relazione al diametro dell'elettrodo che usi. Se vuoi fare una prova comparativa con due diversi elettrodi per verificare quello che lascia un alone più facile da togliere, unisci due pezzi di lamiera con un elettrodo cd altri due dello stesso spessore e dimensioni con il secondo elettrodo dello stesso diametro.

Il magnetismo del cordone eli saldatura è in relazione alla percentuale di ferrite che nel deposito di saldatura dell'AISE 30S L e 316 L viene di proposito contenuta tra il 5% e il per avere migliori caratteristiche meccaniche senza perdere in resistenza alla corrosione. Questa percentuali di ferrite rende il cordone saldato leggermente magnetico.

Per quanto concerne il magnetismo presente nella vergella dell'elettrodo la situazione è diversa. In questo caso il magnetismo è legato al sistema di produzione, esso dipende dal tasso di incrudimento provocato durante la trafilatura (formazione di una pseudo-martensite che è magnetica).

Questo fenomeno si verifica su tutti i diametri, ma particolarmente nella produzione di diametri sottili causa i passi di riduzione elevati senza ricotture intermedie resi possibili dai moderni impianti di trafilatura dell'acciaio inossidabile.

L'effetto di magnetismo perciò non dipende in questo caso dalla natura o dall'analisi della vergella, ma esclusivamente dal sistema di trafilatura adottato. Il cordone depositato avrà un magnetismo contenuto nei limiti propri di ogni tipo di elettrodo i cui valori sono quantificabili esattamente tramite il diagramma CHAFFLER o DELONG (5%÷10% come già detto per le qualità più correnti).

Sono sempre maggiormente diffusi gli elettrodi Koy ad alto rendimento per acciaio inossidabile nelle qualità Koy 54 HL, 66 HL, e 77. Questa crescente richiesta è dovuta alla notevole riduzione dei costi di saldatura ottenibile grazie alla elevata velocità di deposito, alla perfetta saldabilità, alla costanza di qualità ed alle ottime caratteristiche meccaniche dei punti nonché alla versatilità d'impiego.

Questa serie è costituita da un'anima in acciaio dolce basso carbonio. Il cromo, il nichel e gli altri elementi, sono in polvere fine uniformemente miscelata nel rivestimento dell'elettrodo stesso.

La composizione della lega di acciaio inossidabile scritta all'inizio del capitolo (ferro = 74%, cromo 18%, nichel = 8%) in questo caso avviene durante la saldatura quando entrano in fusione contemporaneamente sia l'anima che il rivestimento. Si ottiene il deposito di acciaio inossidabile a struttura stenitica con il 6÷9% di ferrite prescritto per inferire al giunto resistenza alle cricche a caldo fittamente come impiegando elettrodi tradizionali a anima di lega. A volte rimangono imprigionati i residui di ferrolega nella scoria che a contatto con il cordone durante il raffreddamento lasciano residui di ferro sulla superficie dello stesso.

In particolari condizioni di umidità atmosferica il cordone "fa la ruggine" così come quando l'acciaio inox viene limato (tracce di acciaio proveniente dalla lima), pulito con spazzola di ferro (residui di acciaio dolce proveniente dalla spazzola), smerigliato con dischi inquinanti per avere lavorato dell'acciaio al borio, etc.

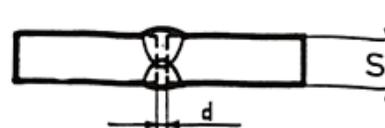
In tutti questi casi è sufficiente effettuare la normale pulizia prevista per l'acciaio inossidabile (spazzolatura e decapaggio); il difetto sparisce e non si presenta più.

Vediamo ora i più ricorrenti difetti nelle saldature ad elettrodo su acciaio inno con i relativi rimedi:

Porosità	- pezzo sporco - elettrodo umido
Incisione al bordi del cordone	- corrente troppo alta - arco troppo lungo - elettrodo troppo inclinato - diametro troppo grosso
Inclusioni di scoria nel depositi sovrapposti	- cattiva scorificazione dei cordoni sottostanti - preparazione con angolo troppo stretto - passate troppo oscillale - elettrodo troppo inclinato - errata sequenza dei cordoni
Scarsa penetrazione	- corrente troppo bassa - elettrodo troppo grosso in relazione all'apertura d'angolo dello smusso sul fondo cianfrino - insufficiente distanza fra i lembi - elettrodo troppo inclinato - errata sequenza dei cordoni

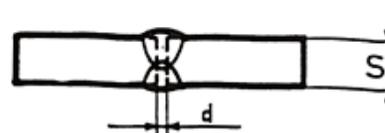
Di seguito alcune tabelle che ti indicano le corrette preparazioni, il diametro da usare e la corrente adatta in relazione degli spessori

## SALDATURA IN PIANO A CORDONI SOVRAPPOSTI



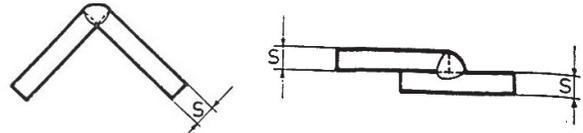
Spessore da saldare (mm)	Diametro dell'elettrodo (mm)	Distanza lembi (mm)	Passate N°	Intensità di corrente (A)	Velocità di saldatura (cm/min)	Elettrodi per metro di saldatura N°	Tempo min.
2,0	2,5	0,8÷1,0	1 2	55÷70	32	6,4	6,3
2,5	3,25	1,0÷1,2	1 2	85÷105	36	5,4	5,6
3,0	3,25	1,0÷1,5	1 2	90÷110	35	5,7	5,7
4,0	4,0 3,25	1,5÷2,0	1 2	115÷140 90÷110	33	2,2 2,8 } 5,0	3,1 3,0 } 6,1
5,0	5,0 4,0	0,8÷1,0	1 2	150÷175 110÷135	32	2,1 2,4 } 4,5	3,1 3,2 } 6,3

## SALDATURA IN PIANO A LEMBI RETTI



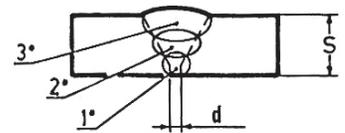
Spessore da saldare (mm)	Diametro dell'elettrodo (mm)	Distanza lembi (mm)	Intensità di corrente (A)	Velocità di saldatura (cm/min)	Elettrodi per metro di saldatura N°	Tempo min.
1,5	2,0	0,5÷0,7	35÷45	30	3,7	3,3
2,0	2,5	0,8÷1,0	55÷70	32	2,9	3,1
2,5	3,25	1,0÷1,2	85÷105	36	2,6	2,8
3,0	3,25	1,0÷1,5	90÷110	34	2,9	2,9

## SALDATURA IN CORNICE ED A LEMBI SOVRAPPOSTI



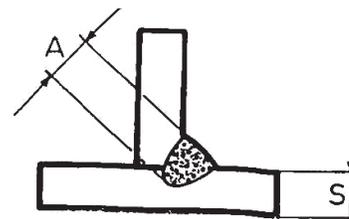
Spessore da saldare (mm)	Diametro dell'elettrodo (mm)	Intensità di corrente (A)	Velocità di saldatura (cm/min)	Elettrodi per metro di saldatura N°	Tempo min.
1,5	2,0	45÷55	50	2,9	2,0
2,0	2,5	65÷75	45	2,4	2,2
2,5	2,5	70÷80	42	2,6	2,4
3,0	3,25	95÷105	40	2,2	2,5
4,0	3,25	100÷115	33	3,2	3,0
5,0	4,0	125÷140	29	2,7	3,4

## SALDATURA IN PIANO CON SMUSSO



Spessore da saldare (mm)	Passate N°	Diametro dell'elettrodo (mm)	Distanza lembi (mm)	Intensità di corrente (A)	Velocità di saldatura (cm/min)	Elettrodi per metro di saldatura N°	Tempo min.																																																																
4,0	1	2,5	1,0	70÷80	25	4,6 } 8,5	8,0																																																																
	2	3,25		95÷110				5,0	1	2,5	1,0	65÷75	24	4,6 } 7,7	8,2	2	4,0	110÷135	6,0	1	3,25	1,5	80÷100	20	4,0 } 8,3	10,0	2	5,0	120÷140	7,0	1	4,0	1,5	90÷110	18	4,5 } 8,6	11,0	2	5,0	150÷180	8,0	1	4,0	2,0	110÷130	18	3,5 } 7,9	11,2	2	5,0	155÷190	9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4	2	5,0	160÷195	10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2
5,0	1	2,5	1,0	65÷75	24	4,6 } 7,7	8,2																																																																
	2	4,0		110÷135				6,0	1	3,25	1,5	80÷100	20	4,0 } 8,3	10,0	2	5,0	120÷140	7,0	1	4,0	1,5	90÷110	18	4,5 } 8,6	11,0	2	5,0	150÷180	8,0	1	4,0	2,0	110÷130	18	3,5 } 7,9	11,2	2	5,0	155÷190	9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4	2	5,0	160÷195	10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2	4,0	120÷145		3	5,0		160÷195				
6,0	1	3,25	1,5	80÷100	20	4,0 } 8,3	10,0																																																																
	2	5,0		120÷140				7,0	1	4,0	1,5	90÷110	18	4,5 } 8,6	11,0	2	5,0	150÷180	8,0	1	4,0	2,0	110÷130	18	3,5 } 7,9	11,2	2	5,0	155÷190	9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4	2	5,0	160÷195	10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2	4,0	120÷145		3	5,0		160÷195															
7,0	1	4,0	1,5	90÷110	18	4,5 } 8,6	11,0																																																																
	2	5,0		150÷180				8,0	1	4,0	2,0	110÷130	18	3,5 } 7,9	11,2	2	5,0	155÷190	9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4	2	5,0	160÷195	10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2	4,0	120÷145		3	5,0		160÷195																										
8,0	1	4,0	2,0	110÷130	18	3,5 } 7,9	11,2																																																																
	2	5,0		155÷190				9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4	2	5,0	160÷195	10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2	4,0	120÷145		3	5,0		160÷195																																					
9,0	1	4,0	2,0	110÷130	15	4,0 } 9,8	13,4																																																																
	2	5,0		160÷195				10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9	2	4,0	120÷145		3	5,0		160÷195																																																
10,0	1	4,0	2,0	110÷130	17	4,0 } 13,5	17,9																																																																
	2	4,0		120÷145																																																																			
	3	5,0		160÷195																																																																			

## SALDATURA IN ANGOLO



Spessore da saldare (mm)	Diametro dell'elettrodo (mm)	Spessore del cordone (mm)	Corrente di saldatura (A)	Velocità di saldatura (cm/min)	Elettrodi per metro di saldatura N°	Tempo min.
1,5	2,0	2,0	40÷50	22	6,0	4,6
2,0	2,5	2,5	55÷75	22	4,8	4,6
2,5	2,5	2,5	60÷80	24	4,8	4,2
3,0	3,25	3,0	85÷105	26	4,0	3,8
4,0	3,25	3,0	95÷115	28	4,0	3,6
5,0	4,0	3,5	120÷140	26	3,1	3,9
6,0	4,0	4,0	125÷145	20	4,0	5,0
7,0	4,0	4,5	130÷150	16	5,1	6,1
8,0	5,0	5,0	160÷180	18	4,0	5,7
9,0	5,0	5,5	165÷190	15	4,8	6,5
10,0	5,0	6,0	170÷200	13	5,7	7,5

La **saldatura TIG** é un procedimento molto utilizzato su spessori sottili e per passate eli fondo su acciaio inox in cianfrino prima del riempimento degli smussi.

Rispetto all'elettrodo la saldatura é piú lenta, ma l'arco molto concentrato consente di operare con poche deformazioni dei pezzi ed ottime qualit meccaniche e radiografiche.

La saldatura in prima passata su tubazioni in acciaio inossidabile di spessore superiore a 3mm viene ormai correntemente eseguita con l'ausilio della barretta animata TG.

Questa barretta animata disponibile nelle qualità AISI 308L, 309L, 347 copre il rovescio del cordone con una scoria leggera e compatta che si forma durante la fusione proteggendolo dall'ossidazione e rendendo superfluo il riempimento totale e parziale, con gas neutro, delle tubazioni.

Gli evidenti vantaggi si traducono in maggiore semplicità operativa e in un drastico taglio dei costi per i minori tempi di preparazione delle saldature e per l'azzeramento del costo/gas necessario alla saturazione ed allo spurgo dei tubi.

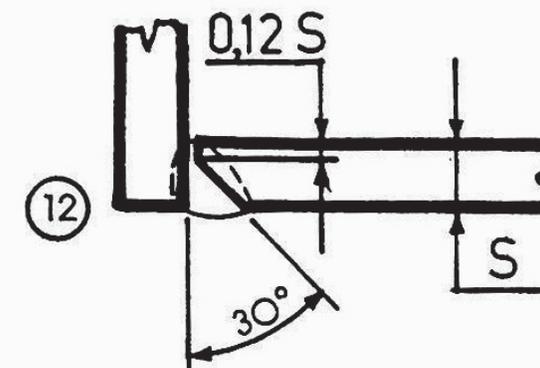
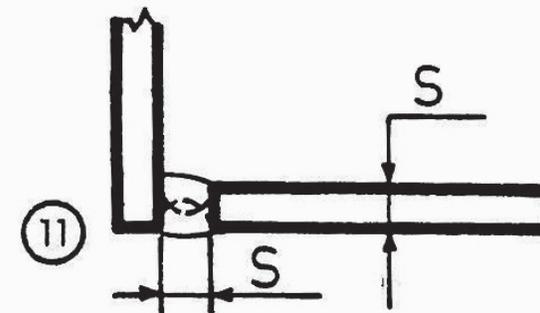
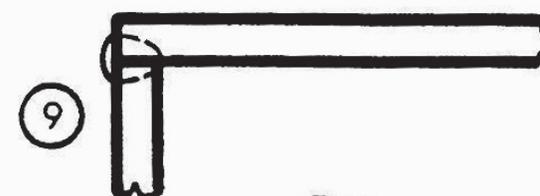
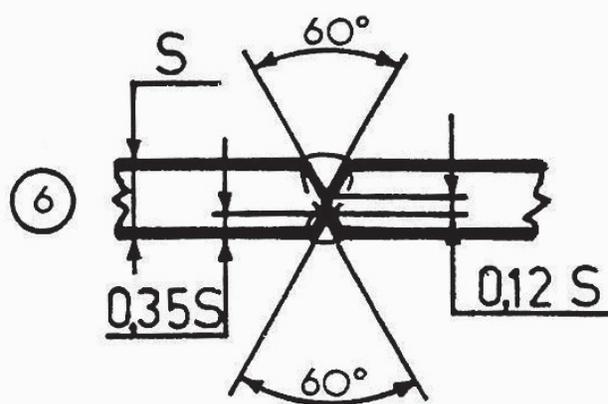
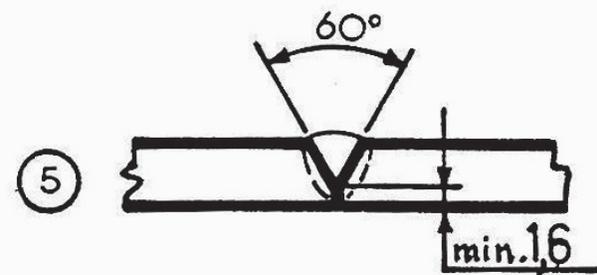
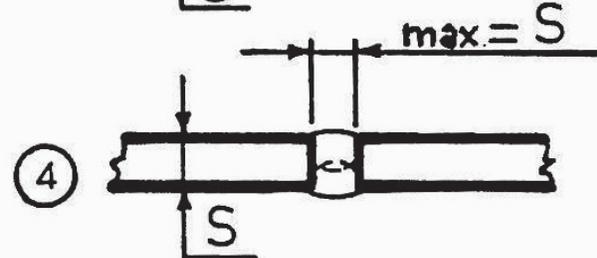
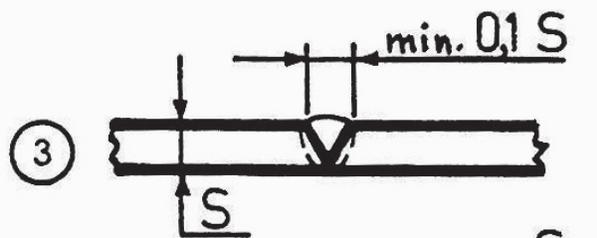
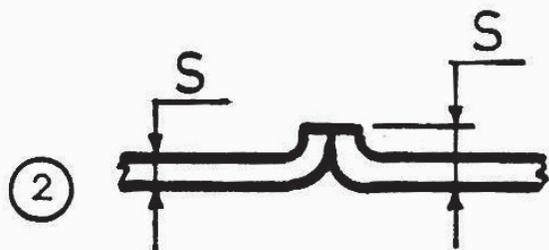
Ad illustrazione di questa nuova tecnica é disponibile un manuale ed una videocassetta che potrai richiederci gratuitamente.

Per la saldatura TIG con barrette piene in acciaio inossidabile dovrai attenerti alle preparazione ed ai dati operativi che seguono.

Per quanto concerne la regolazione della macchina dovrai attenerti alla seguente tabella, apportando caso per caso le piccole variazioni necessarie. I parametri per la saldatura in piano vanno regolati sui valori di cui alla tabella precedente. Appena lo spessore te lo permette potrai operare in Arco Lungo per ottenere una migliore estetica del deposito.

Per la saldatura con filo pieno inossidabile con protezione Ar+2%O<sup>2</sup> in posizione non i palla atteniti alle tabelle che seguono

# TIPO DI GIUNTO



## DATI OPERATIVI

Sp. mm	Giusto tipo	Corrente saldatura (A)		Barretta Ø mm	Elettrodo Ø mm	Velocità di saldatura cm/min	Portata Argon l/min	Note:
		Piano	Verticale					
0,4 0,6 0,8	1-2 1-2 1-2	15÷20 20÷30 30÷40	10÷15 15÷25 25÷35	0,5÷1 1 1	1 1 1	45 40 35	3 3 3	una passata
1	1-2 7-8 9-10	45÷55 55÷65 50÷60	40÷50 50÷60 50÷60	1÷1,6	1,6 1,6 1,6	30 30 28	3,5 3,5 3,5	una passata
1,5	1-2 7-8 9-10	75÷90 90÷100 90÷110	70÷85 85÷105 85÷100	1,6	1,6 1,6 1,6	28 25 28	4 4 4	una passata
2	1-3-4 7-8 9-10-11	90÷105 100÷115 95÷110	90÷100 95÷110 90÷105	2÷2,4	1,6÷2,4 1,6÷2,4 1,6÷2,4	26 24 26	5 5 5	una passata
3	1-3-4 7-8 9-10-11	120÷135 130÷145 130÷150	110÷125 120÷140 125÷145	2÷2,4	1,6÷2,4 1,6÷2,4 1,6÷2,4	25 23 24	5 5 5	una passata e leggera ripresa rovescio
4	3-4-5 7-8 11-12	125÷145 130÷150 135÷155	120÷135 125÷145 125÷145	2,4÷3,2	2,4 2,4÷3,2 2,4÷3,2	24 20 22	5,5 5,5 5,5	una passata e leggera ripresa rovescio
5	3-4 8-10 11-12	190÷220 195÷230 200÷250	170÷200 175÷205 180÷210	2,4÷3,2	3,2 3,2 3,2	22 18 18	6 6 6	due passate
6	3-4 8-10 11-12	220÷275 250÷300 280÷330	190÷230 210÷250 230÷280	3,2÷4	3,2 3,2 3,2	15÷24	7 7 7	due passate di cui la prima senza metallo d'apporto
8	5-6 8-10 12	300÷380 320÷400 340÷420	200÷270 210÷280 210÷280	3,2÷4	3,2 3,2 3,2	12÷22	8 8 8	due passate di cui la prima senza metallo d'apporto
12	5-6 8-10 12	330÷410 350÷430 370÷450	210÷280 220÷290 210÷280	4	4 4 4	10÷20	10 10 10	tre o quattro pas- sate di cui la prima senza me- tallo d'apporto
15	5-6 8-10 12	350÷430 370÷450 390÷470	220÷290 220÷290 220÷290	4	4 4 4	10÷20	11 11 11	quattro o cinque passate di cui la prima senza metallo d'apporto

A fine paragrafo è inserita una tabella con riferimento alla sigla AISI che ti può aiutare nella scelta del materiale d'apporto più adatto in relazione al materiale base da saldare.

Per la saldatura MIG dell'acciaio inossidabile austenitico puoi scegliere tra:

### FILO PIENO FILO ANIMATO

Con il **filo pieno** dovrai attenerti alle indicazioni di cui al paragrafo "la saldatura a filo" con alcune attenzioni e qualche accorgimento in piú rispetto alla saldatura dell'acciaio dolce.

Il **gas** schermante normalmente utilizzato per l'acciaio inossidabile é Argon + 2% O<sup>2</sup>. Con questa protezione si ha una buona penetrazione ed un discreto aspetto della saldatura.

Con l'**Argon puro** avrai una minore stabilità d'arco, ed una buona estetica soprattutto in angolo.

La miscela **Argon-Elio**, utilizzata in alcuni casi su grossi spessori produce un bagno piú caldo ed una migliore estetica a scapito delle caratteristiche del deposito.

Le **nuove miscele** Argon CO, ed Argon CO<sup>2</sup> O<sup>2</sup> di recente introdotte in Italia, garantiscono spesso un'ottima estetica e discrete caratteristiche del metallo depositato.

Con i fili pieni inossidabili non si possono utilizzare le **miscele Argon CO<sub>2</sub>** (75÷25; 80÷20) normalmente impiegate per l'acciaio al carbonio e meno che mai il CO<sup>2</sup> causa la caduta della esistenza meccanica, della resistenza alla corrosione e per l'impossibilità di ottenere una buona estetica.

La torcia di saldatura dovrà essere del tipo raffreddato per evitare il surriscaldamento del gas con la conseguente riduzione della sua funzione protettiva.

Le guaine in teflon duro o in acciaio saranno sottoposte ad una forte usura e pertanto dovranno essere cambiate frequentemente.

I cavi dovranno essere piú corti possibile e i rulli traina filo perfettamente in ordine. In caso contrario si moltiplicheranno i fermi macchina per incostanza o blocco di alimentazione del filo.

Per le saldature in automatico é consigliabile dare la preferenza ai fili Koy satiri-glide la cui superficie é trattata in modo da garantire una migliore regolarità di uscita; per contro, guaina, ugello di contatto e rulli si usurano di piú e debbono essere cambiati molto

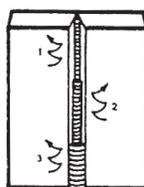
frequentemente.

In relazione allo spessore da saldare, alla posizione di saldatura ed alle caratteristiche che sono richieste al giunto con il filo pieno per acciaio inossidabile si può saldare in Arco Corto (short arca) ed in Arco Lungo (spray arca) variando la tensione della saldatrice.

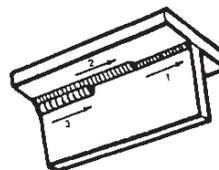
Tensione d'arco (V)	Amperaggio in rapporto al diametro			
	0.8 mm	1.0 mm	1.2 mm	1.6 mm
arco corto 16÷23	80÷130	100÷150	120÷160	--
arco lungo 27÷32	--	170÷260	190÷280	240÷340

La lunghezza d'arco consigliabile in relazione allo spessore ed alle posizioni di saldatura é la seguente:

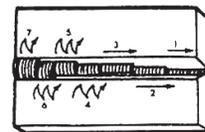
#### ARCO CORTO



di testa verticale ascendente



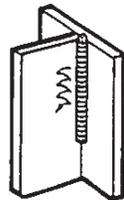
d'angolo sottotesta



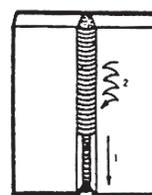
di testa piano frontale

#### ARCO LUNGO

spessore fino a 3 mm

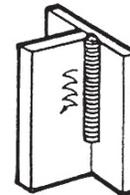


angolo verticale discendente



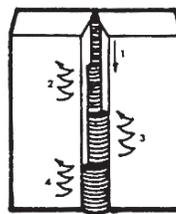
testa verticale discendente

spessore da 3 a 6 mm

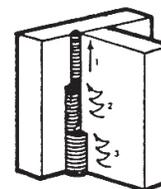


angolo verticale discendente

spessore oltre 6 mm



testa verticale ascendente



angolo verticale ascendente

## ALLUMINIO E LEGHE LEGGERE

L'alluminio é un metallo leggero, malleabile, buon conduttore di elettricit  e resistente alla corrosione. La saldatura non presenterebbe inconvenienti se nonch , alla semplice esposizione all'aria, si forma una patina superficiale di ossido di alluminio (o allumina).

Questa patina fonde a circa 2000°C mentre il punto di fusione del metallo 'e di 650°C.

Ci  comporta l'impiego di energici disossidanti se si opera al cannello e di corrente alternata nella saldatura TIG.

L'elevata conducibilit  termica rende inoltre necessario un notevole apporto eli calore al giunto con il conseguente rischio eli comparsa di tensioni interne e deformazioni provocate dalla saldatura. Questo problema deve essere risolto in fase di progettazione dei giunti. L'allumiffio   commercializzato in diverse qualit  che differiscono l'una dall'altra per gli elementi di lega presenti.

La tabella che segue riporta la classificazione corrente, la denominazione commerciale pi  diffusa, le caratteristiche principali ed i prodotti Koy della gamma tecnica per saldatura TIG e MIG.

SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE	BARRETTA TIG	FILO MIG
Al 99,5	Alluminio puro	Conducibilit� elettrica alluminio	535 1502 <sub>s</sub>	325 326
Al Mn	Aluman	Anodizzabile		
Al Mg <sup>3</sup>	Peralluman	Resistente alla corrosione	1503 1504	327 329
Al Mg <sup>5</sup>	Peralluman	Resistenza meccanica e alla corrosione	522	328
Al Si5	Duralluminio	Per fusioni	523 524	330 370

### Saldatura dell'alluminio

I procedimenti impiegabili in ordine di importanza sono:

- la saldatura TIG
- la saldatura MIG a filo continuo
- la saldatura al cannello ossiacetilenico
- la saldatura con elettrodi rivestiti

La saldatura TIG viene effettuata con apporto eli materiale, dall'esterno manualmente o automaticamente. L'argon puro, impiegato come gas protettivo, nella saldatura TIG dell'alluminio, evita il formarsi dell'allumina, ma poich  non pu  distruggere quella preesistente, occorre saldare in corrente alternata con sovrapposizione di alta frequenza per stabilizzare l'arco. La corrente alternata, grazie alla positiva, frantuma l'ossido superficiale e rende possibile la congiunzione

Per una corretta tecnica di esecuzione procedere verso sinistra con torcia inclinata eli 10-15'. La barretta si immette nel bagno di fusione con ritmo regolare e continuo di "va e vieni".

L'innescio dell'arco si effettua all'esterno del giunto su una lamiera di rame o di acciaio inox permanendovi per un tempo di uno o CILIC secondi per dare la possibilit  all'elettrodo di scaldarsi prima di operare sul giunto.

Lo spegnimento si esegue raddrizzando la torcia, avvicinandola al cordone fino ad avere una lunghezza d'arco di circa 3 mm. e ruotandola in senso contrario alla direzione di saldatura prima di staccare.

Se inavvertitamente si tocca il bagno con l'elettrodo di tungsteno occorrerà asportare la zona inquinata e riprenderla dopo aver molato il cordone e pulito l'elettrodo.

Alla partenza, quando il bagno di saldatura avrà raggiunto la dimensione voluta e si inizierà ad apportare materiale, occorrerà evitare che la parte calda della barretta fuoriesca dalla zona protetta dal gas.

Il cordone deve sempre presentare un aspetto brillante. Una ossidazione della sua superficie è spesso provocata da una protezione di gas insufficiente. I parametri per la saldatura manuale con il procedimento TIG, le preparazioni dei giunti ed alcuni esempi di corretto assemblaggio sono riportati nelle tabelle che seguono:

### DATI OPERATIVI SALDATURA ALLUMINIO IN CORRENTE ALTERNATA CON SOVRAPPOSIZIONE DI ALTA FREQUENZA.

Spessore (mm)	Tipo di giunto	Intensità di corrente (A)	Diametro l'elettrodo (mm)	Diametro del metallo d'apporto (Cm)	Velocità di saldatura attiva(cm/min)	Portata di Argon (lh)	Numero di passate
0,4	1	15	1	1	30	3	1
0,6	1	30	1	1	35	4	1
0,8	1	45	1,6	1	35	4	1
1	1	60	1,6	1	35	4	1
	6	60	1,6	1	35	4	1
	8	70	1,6	1	32	4	1
1,5	1	100	2,4	1,5	32	4	1
	6	110	2,4	1,5	30	4	1
	8	120	2,4	1,5	30	4	1
2	1-2	140	2,4	2	28	5	1
	6	150	2,4	2	27	5	1
	8	160	2,4	2	27	5	1
3	1-2	140	2,4	2	27	6	1
	6	150	2,4	3	26	6	1
	8	160	2,4	3	25	6	1
4	2-3	180	3,2	2	25	6	1+ R
	6	200	3,2	3	24	6	1
	8	210	3,2	3	24	6	1
5	2-3-9	230	4	3	23	8	1+ R
	6	250	4	3	22	8	1
	8	260	4	3	21	8	1
6	3-4-5	280	5	3	21	10	1+ R
	6-7-8	300	5	3	20	10	1
	9	330	5	3	18	10	1
8	3-4-5	340	5	4	10	12	2
	6-7-8	340	5	4	-	12	2
	9	360	5	4	-	12	2
12	3-5	430	6	5	8	14	2-4
	8	450	6	5	-	14	2-3
	9	450	6	5	-	14	2-3
15	5	450	6	6	5	15	4-6
	8	500	6	-	-	15	3
	9	450	6	-	-	15	4-5

**N.B.:** per la saldatura di stampi in alluminio o di strutture MASSICCE preriscaldare il materiale base a 250°C - 350°C.