

[Clic per tutti gli appunti](#) (AUTOMAZIONE – TRATTAMENTI TERMICI ACCIAIO – SCIENZA delle COSTRUZIONI...)



[e-mail per suggerimenti](#)

[Clic qui](#) – PRIMA PAGINA APPUNTI ACCIAIO

## 5 Unioni saldate

Secondo la normativa NTC, punto 11.3.4.4, la saldatura degli acciai deve avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico, codificati secondo le norme UNI ISO 4063 – 2001.

### 5.1 Generalità

La saldatura ad arco è un procedimento di giunzione tra due elementi metallici, ottenuti attraverso un arco voltaico, che scocca tra l'elettrodo e i lembi dei pezzi da unire, portandoli a fusione, insieme al materiale di apporto, che può fungere, esso stesso, da elettrodo.

Si ottiene una unione permanente, senza soluzione di continuità tra i singoli pezzi saldati.

Il bagno di fusione è costituito dal materiale dei pezzi da unire e il materiale di apporto, con caratteristiche, in generale, migliore dei pezzi da unire.

Le giunzioni saldate si presentano più rigide di quelle bullonate e, in assenza di difetti, più affidabili.

#### 5.1.1- L'arco elettrico

È il passaggio di corrente elettrica attraverso un mezzo gassoso (aria) ionizzato.

Quando agli atomi di un metallo è comunicata una sufficiente energia di estrazione, gli elettroni liberi di conduzione sono emessi all'esterno. Ciò può avvenire innalzando la temperatura, con una somministrazione di calore: effetto termico.

Aumentando la differenza di potenziale tra l'elettrodo e il pezzo, si genera un campo elettrico che accelera gli elettroni emessi, portandoli dal catodo (-) all'anodo (+) e, nel percorso, urtando le molecole dell'aria, la ionizzano, formando coppie di ioni positivi ed elettroni.

Si determina una colonna d'aria e altri gas, che fungono da conduttori di corrente.

L'innesco dell'arco avviene eseguendo un cortocircuito, appoggiando sul pezzo l'elettrodo, che, per la elevata intensità di corrente, viene riscaldato e portato ad alta temperatura. Staccando poi l'elettrodo dal pezzo s'innesca l'arco.

Nei sistemi automatici l'innesco avviene tramite una scintilla pilotata, che ionizza l'aria.

Nella formazione dell'arco, oltre all'emissione di elettroni si ha anche quella di fotoni, di diverso livello energetico, e quindi, radiazioni di differente frequenza, dagli infrarossi agli ultravioletti. Occorre quindi una protezione visiva dell'operatore.

I generatori possono essere a corrente continua o alternata (più costosi).

In corrente continua l'arco si porta dal polo negativo (catodo) al positivo (anodo), raggiungendo temperature differenti nel percorso:

colonna di plasma ionizzata	$5000 \div 5500^{\circ} C$ ;
anodo (+)	$3500 \div 4000^{\circ} C$ ;
catodo (-)	$2500 \div 3000^{\circ} C$ .

Sull'anodo si raggiungono temperature superiori a quella sul catodo; si hanno così effetti diversi a seconda della polarità posta sul pezzo o sull'elettrodo.

### 5.1.1.1 Polarità diretta

Il pezzo è collegato alla polarità positiva, e quindi raggiunge più elevate temperature rispetto all'elettrodo. Si impiega quando si vuole ottenere bagni di saldatura profondi; alta penetrazione.

### 5.1.1.2 Polarità inversa

Il pezzo è collegato al polo negativo. Si ha una elevata velocità di fusione del materiale di apporto.

### 5.1.2- Parametri dell'operazione di saldatura

Intensità di corrente - determina la velocità di fusione del materiale di apporto;

tensione di saldatura - influenza la larghezza del deposito del materiale di apporto

velocità di deposito - influisce sulla dimensione del bagno: ad alta velocità corrispondono cordoni meno regolari

### 5.1.3- Difetti nelle unioni saldate

Nelle operazioni di saldatura si possono presentare difetti dovute a diverse cause, che si possono raggruppare nelle due categorie:

#### - Cricche

Sono difetti dovuti a fenomeni metallurgici, che si presentano durante il processo di fusione e il ciclo termico di riscaldamento e raffreddamento, determinanti *microcavità* nel cordone di saldatura o nella zona adiacente ad esso, termicamente alterata, denominate *cricche*.

#### - Difetti per errori operativi

Sono difetti imputabili ad errori di operazioni di preparazione o esecuzione del giunto

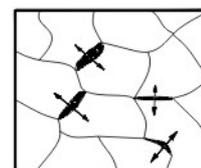
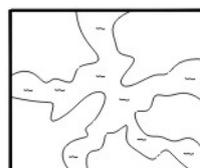
#### 5.1.3.1- La formazione di cricche nella zona fusa

Le microcavità che si possono presentare, o nel cordone di saldatura, o nella zona termicamente alterata adiacente ad esso, a seconda della composizione chimica e dello stato termico con i quali esse si formano, si distinguono, in ognuna delle citate zone, nelle due categorie:

- Cricche a caldo
- Cricche a freddo

#### 5.1.3.1.1- Cricche a caldo nella zona fusa

Sono delle microfessurazioni che si presentano nel cordone di saldatura, sia in direzione longitudinale sia trasversale.



Sono dovute principalmente alla presenza di impurezze di zolfo e fosforo presenti nel bagno. Esse formano dei composti, che solidificano a più bassa temperatura dell'acciaio.

Così, nella formazione dendritica di accrescimento dei germi di cristallizzazione, verso la formazione dei grani, quando questi sono solidificati, i composti di zolfo e fosforo rimangono

liquidi ai bordi. Con l'abbassarsi della temperatura, i grani di acciaio solidificati diminuiscono di volume, staccandosi ai bordi, ove sono interposte le impurezze ancora liquide, che solidificheranno a più bassa temperatura.

Nel distacco dei grani ai bordi, in prossimità delle impurezze, si formano così delle fessurazioni. Denominate *cricche a caldo nel cordone di saldatura*.

Per evitare le cricche a caldo occorre scegliere materiali con basso contenuto di impurezze di zolfo e fosforo. In presenza di queste, per evitare cricche a caldo, si introducono nel bagno elementi che, reagendo con le impurezze, formano composti galleggianti nella scoria da asportare

Nelle saldature manuali si utilizzano elettrodi con rivestimento basico, costituito da carbonati di calcio e magnesio, elementi che, con lo zolfo e fosforo, formano composti asportati con la scoria.

### 5.1.3.1.2- Cricche a freddo nella zona fusa

Sono dovute all'effetto dell'idrogeno disciolto nel bagno. Esso è assorbito dall'umidità dell'aria o dei rivestimenti degli elettrodi.

Nella dissociazione dell'acqua per effetto dell'arco, l'idrogeno atomico ottenuto, si discioglie nel bagno; poi, nella successiva solidificazione cristallina del ferro, nello stato allotropico  $\gamma$  (cubico a facce centrate) si forma una soluzione solida per intrusione, con un atomo di idrogeno al centro del reticolo cristallino del ferro.

Abbassandosi poi la temperatura, raggiunti i punti critici  $A_{r3} \rightarrow A_{r1}$ , si ha la trasformazione allotropica del ferro, dallo stato  $\gamma$  (cubico a facce centrate) allo stato  $\alpha$  (cubico a corpo centrato), che, avendo il centro occupato da un atomo di ferro, non discioglie l'idrogeno. Questo, in forma atomica, fuoriesce dal reticolo cristallino, portandosi ai bordi dei grani e, da questi, diffonde verso l'esterno.

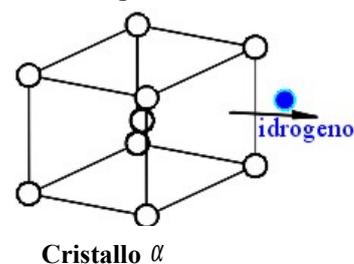
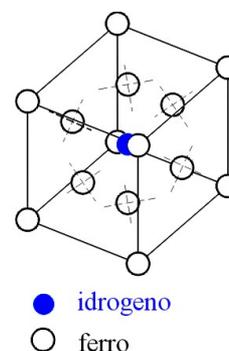
Così, con lentissimi raffreddamenti, o restando per lungo tempo alla temperatura poco al di sotto del punto critico  $A_{r1}$ , gli atomi di idrogeno possono fuoriuscire e disperdersi al di fuori del pezzo; ma, con raffreddamenti normali all'aria, può accadere che essi non hanno il tempo sufficiente e la possibilità di fuoriuscire, rimanendo intrappolati ai bordi dei grani. Qui, l'idrogeno dalla forma atomica si può formare molecolare  $2H \rightarrow H_2$  con notevole aumento di pressione, tale da generare delle microfessure denominate *fiocchi*.

Il fenomeno è accentuato nelle strutture a grana fine, specialmente negli acciai ad alto tenore di carbonio e contenente elementi di alligazione come *Cr*, *Mo*, *Mn.*, che, con il raffreddamento, tendono ad ottenere strutture temprate, con morfologia di tipo aghiforme, a setole, che rappresentano molti ostacoli alla migrazione degli atomi di idrogeno verso l'esterno del pezzo.

Gli acciai dolci, a basso tenore di carbonio sono meno soggetti al fenomeno delle cricche a freddo (dei fiocchi), mentre occorre molta attenzione e procedimenti particolari per gli acciai ad alto tenore di carbonio e legati.

Da quanto esposto, per evitare la formazione delle cricche a freddo nel bagno, occorre preservarlo dal contatto con l'umidità dell'aria e di quella che può essere contenuta nel rivestimento degli elettrodi. Questo deve essere essiccato prima di utilizzarlo nella saldatura.

Cristallo  $\gamma$



La fuoriuscita dell'idrogeno è favorita da lenti raffreddamenti e da post riscaldamenti subcritici.

### 5.1.3.2- Alterazioni e formazione di cricche nella zona termicamente alterata

La zona adiacente al cordone di saldatura subisce un ciclo termico di riscaldamento, durante la fusione del materiale costituente il cordone di saldatura, seguito da un successivo raffreddamento, per dispersione del calore verso l'esterno e nelle zone del pezzo più lontane dal bagno.

Per effetto di questo ciclo termico, nella zona interessata, si possono verificare, al variare della temperatura, delle alterazioni: per dilatazioni differenziali, variazioni di solubilità degli elementi in lega e variazioni strutturali di ricristallizzazione.

In tale zona, inoltre, si possono presentare, come nel cordone di saldatura, cricche a caldo e cricche a freddo

#### 5.1.3.2.1- Cricche a caldo nella zona termicamente alterata

La temperatura raggiunta in questa zona non fonde il materiale in acciaio del pezzo, ma è tale da fondere i composti di zolfo e fosforo, che, allo stato liquido, si portano ai bordi dei grani. Nel successivo raffreddamento, mentre le impurezze sono ancora liquide, i grani solidi di acciaio subiscono un restringimento con distacco ai bordi di essi. Si hanno, così, delle fessurazioni, costituenti le cricche a caldo della zona termicamente alterata.

#### 5.1.3.2.1- Cricche a freddo nella zona termicamente alterata

La zona adiacente al cordone di saldatura, per effetto del riscaldamento, può presentare oltre che le cricche a caldo anche quelle a freddo, dovute all'effetto dell'idrogeno e accentuate da alterazioni strutturali cristalline.

Fig.5.4

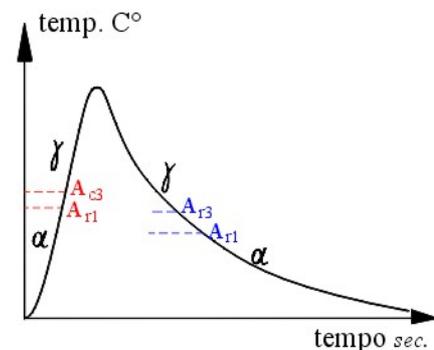
La zona in esame subisce un ciclo termico di riscaldamento al disopra dei punti critici  $A_{c1} \rightarrow A_{c3}$  e successivo raffreddamento al di sotto di  $A_{r3} \rightarrow A_{r1}$  (spostati per isteresi al disotto di  $A_{c1} \rightarrow A_{c3}$ ).

Nel riscaldamento, superata la temperatura del punto critico  $A_{c3}$ , si ha la trasformazione allotropica cristallina dallo stato  $\alpha$  (cubico a corpo centrato) allo stato  $\gamma$  (cubico a facce centrate), che, avendo il centro del reticolo non occupato da un atomo di ferro, può disciogliere per intrusione, oltre agli atomi di carbonio quelli di idrogeno.

Nel successivo raffreddamento, alla temperatura al disotto del punto critico  $A_{r1}$  si ha la trasformazione inversa dallo stato allotropico  $\gamma$  ad  $\alpha$ , che, praticamente, non discioglie né gli atomi di carbonio né quelli di idrogeno, essendo il centro del reticolo cristallino occupato da un atomo di ferro.

Gli atomi di idrogeno fuoriescono dal reticolo cristallino, portandosi ai bordi dei grani e, da questi, migrano verso l'esterno del pezzo, e vengono espulsi, se il raffreddamento è lento e non trova molti ostacoli.

L'atomo di carbonio, non disciolto dal reticolo  $\alpha$ , espulso da questo, si combina con gli atomi di ferro formando un carburo di ferro  $Fe_3C$  denominato *cementite*. Nel reticolo  $\alpha$  rimane

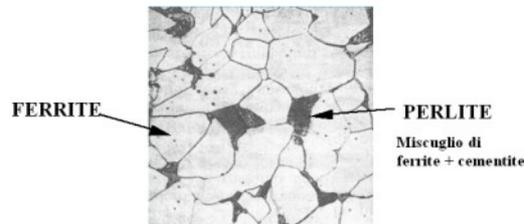


in soluzione, per intrusione, una piccolissima percentuale di carbonio determinando una soluzione detta *ferrite*.

Si forma così un miscuglio di ferrite  $\alpha$  e cementite  $Fe_3C$  denominata *perlite*.

Se l'acciaio ha basso tenore di carbonio si forma poco miscuglio di *perlite* ( $\alpha + Fe_3C$ ) e la struttura è formata principalmente da grani di ferrite.

Fig.5.5



È da evidenziare che il miscuglio perlitico, presentando molti giunti, rappresenta un ostacolo alla migrazione dell'idrogeno verso l'esterno. Ne risulta che: tanto minore è la percentuale di carbonio, tanto minore è la formazione di perlite e, quindi tanto più facile è l'espulsione dell'idrogeno dal pezzo, con minore possibilità di cricche a freddo.

Negli acciai a maggiore contenuto di carbonio aumenta la formazione del miscuglio  $\alpha + Fe_3C$  con maggiore possibilità di cricche a freddo; inoltre, specialmente negli acciai legati con elementi come il *Cr*, *Mn*, si possono ottenere zone temprate, dovute al ciclo termico di riscaldamento e raffreddamento.

Fig.5.6

Infatti, tali elementi di alligazione, nel raffreddamento (anche in aria), ritardano la trasformazione  $\gamma \rightarrow \alpha$ , che avviene a temperatura così bassa, che gli atomi di carbonio, prima disciolti nei cristalli  $\gamma$ , rimangono intrappolati nei nuovi cristalli  $\alpha$  (che normalmente non li disciolgono), formando così una soluzione sovrasatura di carbonio nel ferro  $\alpha$ , denominata *martensite*.



Il carbonio, intrappolato nel cristallo  $\alpha$  determina una deformazione tetragonale di esso; cosicché, la martensite, formata a bassa temperatura, con cristalli deformati, si presenta in forma aciculare.

In questi acciai, anche se, nel raffreddamento, non si ottengono strutture martensitiche, se ne possono presentare altre miste, finemente disperse, che rappresentano, come la martensite, un ostacolo alla migrazione e fuoriuscita da pezzo dell'idrogeno, precipitato dai cristalli del ferro  $\alpha$ .

### 5.1.3.2.1.1- Periodi di formazione delle cricche a freddo

Le cricche a freddo, dovute all'effetto dell'idrogeno, si presentano in periodi diversi dopo l'operazione di saldatura.

Nelle zone ad alta concentrazione di idrogeno le cricche a freddo si presentano immediatamente all'abbassarsi della temperatura; mentre, nelle zone ove la concentrazione è bassa, le cricche si possono presentare anche molte ore dopo che è avvenuta la saldatura. Questo perché la migrazione dell'idrogeno, tra grano e grano, è molto lenta, specialmente a basse temperature, ed occorre molto tempo prima che si ottengano alte concentrazioni in zone ove le tensioni raggiungono valori tali da provocare fessurazioni.

Da quanto esposto le cricche a freddo sono favorite: dalla presenza di umidità nell'aria e nei rivestimenti degli elettrodi, dai rapidi raffreddamenti, dalle alte concentrazioni di carbonio e da quegli elementi in lega che ritardano la trasformazione allotropica  $\gamma \rightarrow \alpha$ , favorendo strutture di tempra.

Per eliminare la formazione di cricche a freddo occorre impedire l'introduzione dell'idrogeno in soluzione nell'acciaio, evitando il contatto con l'umidità nell'aria circostante la zona saldata e nel rivestimento degli elettrodi. Occorre evitare la formazione di zone di tempra, favorite dai rapidi raffreddamenti.

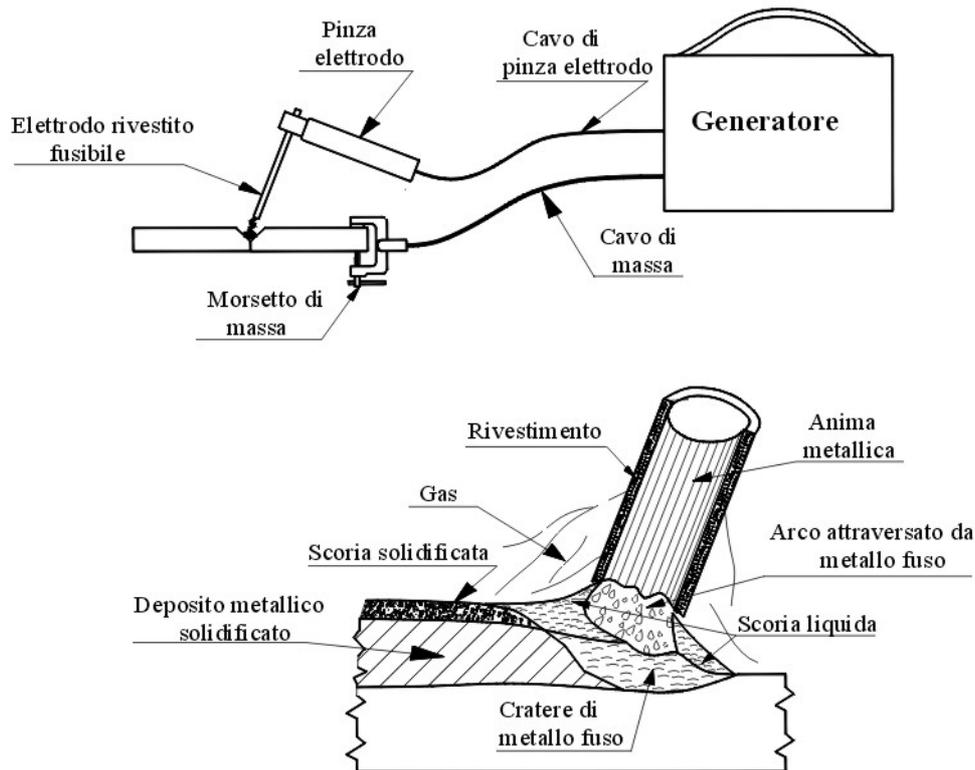
Il raffreddamento può essere rallentato da opportuni cicli di preriscaldamento, seguiti da altri di post-riscaldamento dopo la saldatura, in modo che, permanendo ad alta temperatura, si permetta all'idrogeno di migrare e fuoriuscire dai pezzi saldati.

## 5.2 Cenni sui tipi di saldature ad arco

### 5.2.1- Salature ad arco con elettrodo rivestiti

È tipicamente un procedimento di saldatura manuale

Fig.5.7



L'arco è attivato tra il pezzo da saldare e l'elettrodo di tipo fusibile. Questo è costituito da un filo metallico (anima), rivestito esternamente da un impasto solido (rivestimento).

Nello scoccare dell'arco, il filo metallico, l'anima, fonde insieme ai bordi dei pezzi da saldare; contemporaneamente si ha la fusione e la vaporizzazione del rivestimento.

L'anima fornisce, nella fusione, il materiale d'apporto, mentre il rivestimento svolge nel bagno azioni particolari, atte alla buona riuscita della saldatura, in particolare:

- eseguire reazioni chimiche di disossidazione del ferro; ciò per effetto degli elementi chimici aggiunti nel rivestimento, come *Mn*, *Si*, che formano ossidi galleggianti nel bagno, tolti poi con le scorie;
- formare uno strato protettivo galleggiante sul bagno, che lo preserva dal contatto con l'atmosfera circostante, e impedire, così, l'assorbimento di ossigeno ed azoto dell'aria circostante il cordone di saldatura
- introdurre nel bagno elementi che, combinandosi con lo zolfo e il fosforo, formano composti galleggianti che si raccolgono nella scoria.

La scoria, alla fine, dopo la solidificazione del bagno, deve essere facilmente eliminabile mediante scalpellatura.

In commercio sono disponibili elettrodi con diversi tipi di rivestimento.

### 5.2.1.1- Elettrodi con rivestimento basico

Il rivestimento è costituito da carbonati di calcio e magnesio o da fluorite (fluoruro di calcio), che, combinandosi con lo zolfo ed il fosforo, producono dei composti costituenti la scoria galleggiante sul bagno, tolta alla fine, dopo la solidificazione. Nella reazione chimica si produce anche biossido di carbonio, che svolge un'azione protettiva dagli agenti atmosferici circostanti la zona liquida.

Si utilizza la saldatura inversa con il negativo sul pezzo ed il positivo sull'elettrodo.

Gli elettrodi basici, essendo cotti a 450° C nella fase di costruzione, hanno un basso contenuto di umidità nel rivestimento. Essendo però questo fortemente igroscopico può assorbire acqua successivamente dall'ambiente atmosferico.

Data la loro temperatura di costruzione, gli elettrodi basici possono sopportare una essiccazione sui 400° C prima dell'operazione di saldatura, con la garanzia della mancanza di introduzione di idrogeno nel bagno e nella zona termicamente alterata del pezzo.

Negli elettrodi con rivestimento basico, con l'essiccazione, che impedisce l'introduzione dell'idrogeno, si scongiurano le cricche a freddo; inoltre i carbonati, contenuti nel rivestimento, reagendo con le impurezze di zolfo e fosforo, generando composti galleggianti sulle scorie, scongiurano le cricche a caldo.

Con i rivestimenti basici si ottengono bagni di fusione di materiale base di moderate dimensioni, con il pezzo sul polo negativo, con temperatura più bassa rispetto al positivo; perciò vengono denominati a bagno freddo. Da questa caratteristica ne deriva che risulta abbastanza agevole la saldatura in posizione.

Gli elettrodi con rivestimento basico presentano i vantaggi di ottenere salature con buone caratteristiche meccaniche, con assenza di cricche a freddo e a caldo; di contro si hanno gli svantaggi di richiedere un'abilità particolare di esecuzione e la necessità dell'essiccazione subito prima della saldatura. Dopo l'essiccazione gli elettrodi si possono anche trasportare e mantenere nel luogo d'impiego in fornelli a bassa temperatura (circa 80°). Oggi sono anche disponibili in commercio elettrodi con rivestimento basico in confezioni sotto vuoto, che non richiedono essiccazione.

### 5.2.1.2- Elettrodi con rivestimento acido

Il rivestimento è costituito da ossidi di ferro, ferro-leghe di Mn e Si, silicati di alluminio. Nella fusione i composti del rivestimento producono delle reazioni che non influenzano le proprietà del bagno; esplicano azioni di disossidazione e formano un ampio ombrello protettivo dagli agenti atmosferici.

Questi elettrodi sono impiegati sia con arco a corrente continua con polarità diretta (positivo sul pezzo), sia con corrente alternata, con tensione a vuoto superiore a 80 V.

Data la polarità diretta, con maggiore temperatura sul pezzo rispetto all'elettrodo, durante la saldatura viene fusa una elevata quantità di materiale base, perciò questi elettrodi vengono denominati a *bagno caldo*. Da questa caratteristica ne deriva che si hanno elevate penetrazioni, ma non risulta agevole la saldatura in posizione.

La scoria prodotta è di tipo vetroso, facilmente rimovibile, ma non è rifusibile; per cui, dopo una passata, occorre eliminarla prima di eseguire la successiva.

Gli elettrodi con rivestimento acido sono di facile utilizzo e producono cordoni regolari e di bell'aspetto, ma hanno lo svantaggio fondamentale di contenere umidità che non può essere eliminata con essiccazione, non sopportando l'elettrodo cotti ad alta temperatura.

Il rivestimento acido, non contenendo composti che possano reagire con le impurezze di zolfo e fosforo contenute nel materiale base, non elimina il pericolo di formazione di cricche a caldo; inoltre, contenendo umidità, e non potendo essere essiccato, si ha la possibilità di ottenere cricche a freddo.

Per quanto esposto solamente pochi elettrodi di qualità sono utilizzati per saldature di acciai dolci, con basse impurezze di zolfo e fosforo: acciai con percentuale di C non superiore a 0,25% e di S non superiore a 0,05%.

Negli acciai dolci la struttura è composta principalmente da grani di ferrite e poco miscuglio perlitico (Fig.7.5) e l'idrogeno, in soluzione, trova meno ostacoli per migrare verso l'esterno del pezzo, evitando così la formazione di cricche a freddo. Le cricche a caldo possono essere evitate solamente con i bassi tenori di impurezze di S e P contenuti nel metallo base.

### 5.2.1.3- Elettrodi con rivestimento al rutilo

Sono elettrodi contenente rutilo (biossido di titanio). Come gli elettrodi con rivestimento acido non esercitano alcuna azione depurante del bagno dalle impurezze di S.P. Si ha, però, una buona fluidità di deposito e si ottengono cordoni regolari e di bell'aspetto.

Questi elettrodi sono quindi raccomandati quando l'estetica è un elemento fondamentale della costruzione.

L'operazione di saldatura risulta maneggevole e facile in tutte le posizioni ed è ottima la stabilità dell'arco; si possono utilizzare sia la corrente continua con polarità diretta, sia l'alternata, con tensioni a vuoto sul secondario dell'ordine di 50 V.

La scoria si presenta in forma compatta e facile da asportare dopo la solidificazione.

Gli elettrodi al rutilo sono quelli più diffusi per le saldature su costruzioni di piccolo spessore, specialmente in quelle in cui è richiesto un bell'aspetto. Non sono invece adatti nelle costruzioni in cui debbono essere evitate cricche a caldo o a freddo, specialmente con acciai a più alto tenore di carbonio rispetto a quelli dolci.

### 5.2.1.4- Elettrodi con rivestimento alla cellulosa

Contengono circa il 30% di cellulosa, integrata da ferro-leghe di Mn e Si. Nella fusione la cellulosa produce un esteso ombrello protettivo di biossido di carbonio; gli altri elementi del rivestimento hanno un'azione disossidante del bagno.

Per la produzione dell'arco si utilizza la saldatura diretta con il positivo sul pezzo, ottenendo bagni caldi, con notevole quantità di materiale base. Per questo gli elettrodi alla cellulosa sono particolarmente adatti alla saldatura di giunti di tubi, ottenendo un prima passata una buona penetrazione con assenza di inclusione di scorie.

Essendo il rivestimento cellulosico molto igroscopico, che non può essere essiccato in forno, non sopportando alte temperature, con questi elettrodi non può essere evitato l'inquinamento da idrogeno, con conseguente formazione di cricche a freddo: anzi si ha un'accentuazione di queste, per effetto della produzione di idrogeno nella scomposizione della cellulosa. Per quanto esposto non si possono utilizzare elettrodi alla cellulosa per saldare acciai con percentuali di C superiori a  $0,25 \div 0,3\%$ , nei quali diviene difficoltosa la migrazione dell'idrogeno verso l'esterno del pezzo, ostacolato dal miscuglio perlitico. Ovviamente sono da

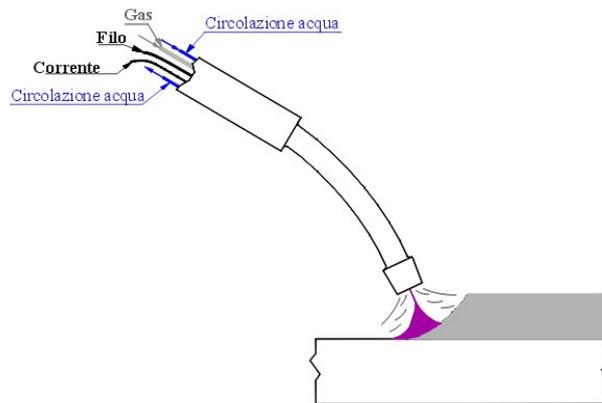
evitare le saldature di acciai con strutture aciculari di tempra o quelle setolose come le sorbiti o bainiti.

Gli elettrodi alla cellulosa, non avendo sostanze che reagiscono con S e P, non garantiscono l'assenza di cricche a caldo.

## 5.2.2 Saldature ad arco con gas di protezione

Durante la saldatura è fatta fluire dalla torcia un gas che produce un'atmosfera protettiva da quella dell'ambiente circostante, rendendo così superfluo l'uso di fondenti, che, nella solidificazione possono rimanere inglobati nel cordone, costituendo delle discontinuità e pericoli di corrosione.

Fig.5.8

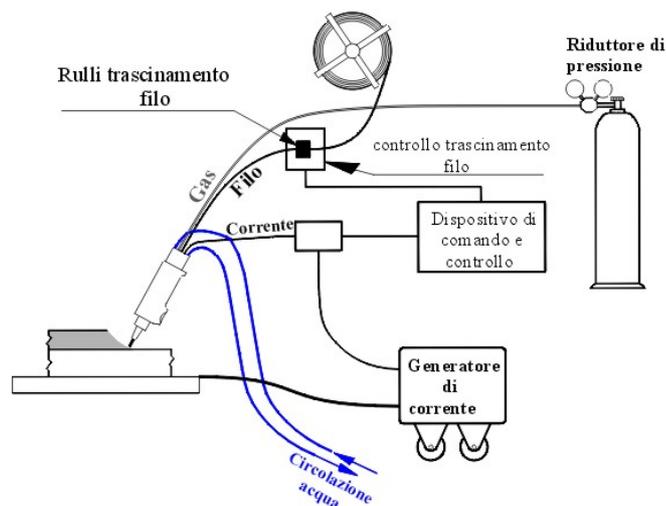


Il gas utilizzato può essere inerte o con reattività chimica e l'elettrodo può essere a filo fondente (MIG, MAG) o non fusibile (TIG).

### 6.2.2.1- Saldatura ad arco con filo continuo fusibile in gas protettivo

Si distinguono con gas inerte MIG o con gas attivo MAG.

Fig.5.9



Si impiega un elettrodo a fili continuo fusibile, avvolto su un aspo, e fatto avanzare tramite un meccanismo di alimentazione a rulli, con velocità  $10 \div 20 \text{ m/min}$ , controllata dalla variazione della intensità di corrente, da cui dipende la quantità di materiale d'apporto fuso.

L'apparecchiatura prevede un circuito elettrico, costituito da un generatore e da un sistema di regolazione, per il controllo dell'arco attraverso l'intensità di corrente.

La polarità più usuale è quella inversa, con il pezzo collegato al polo negativo. La polarità diretta è utilizzata solo nelle saldature a filo animato (FLUX)

Per il raffreddamento della torcia si ha un impianto idraulico di circolazione dell'acqua in una tubazione interna.

Il gas protettivo, prelevato da una bombola, regolato da un riduttore, è fatto fluire attraverso un condotto, dalla torcia.

### 5.2.2.1.1- Saldatura MIG (Metal Inert, Gas)

Per produrre l'atmosfera protettiva è utilizzato un gas inerte. Il più adoperato è l'argon, che, essendo 1/3 volte più pesante dell'aria, iniettato nella zona di fusione, si deposita sul bagno, cacciando l'aria più leggera, assicurando così la protezione.

In USA, come gas protettivo, è usato l'elio, che è più leggero dell'aria e tende a disperdersi; occorre così, in questo caso, un maggior flusso di gas, che però ha una conduttività termica 10 volte quella dell'argon, ottenendo così una maggiore penetrazione di saldatura. L'elio, quindi, è particolarmente adatto per saldature di giunti di grosso spessore

Con il MIG si ottengono saldature prive di ossidazioni, scorie. I cordoni hanno un buonissimo aspetto e una perfetta penetrazione, la saldatura è di facile esecuzione.

La saldatura MIG è particolarmente adatta per saldature di acciai inossidabili austenitici, acciai ferritici, leghe di metalli leggeri (Al, Mg), leghe di rame di nichel e titanio.

Gli impianti di saldatura MIG, e MAG non sono adatti ad essere impiegati in cantiere, in quanto gli agenti atmosferici possono contrastare la protezione dei gas sul bagno.

Con i processi di saldatura MIG, MAG si evitano le cricche a freddo, dovute alla presenza di idrogeno, derivante dall'umidità dell'aria e dal rivestimento degli elettrodi (evidentemente i gas protettivi debbono essere privi di umidità). La saldatura, invece, può essere affetta da cricche a caldo, favorite dall'elevato apporto termico del processo; occorre quindi, per evitare i difetti, utilizzare materiali con basso tenore di P,S.

### 5.2.2.1.2- Saldatura MAG (Metal Active Gas)

Per la protezione del bagno si impiega un gas con reattività chimica. Si utilizza una miscela che contiene, oltre all'argon  $Ar$ , anche una percentuale di anidride carbonica  $CO_2$  e una piccola percentuale di ossigeno  $O_2$ : usualmente 80%  $Ar$ , 15%  $CO_2$ , 5%  $O_2$ .

L'anidride carbonica  $CO_2$ , contenuta nella miscela, reagisce in modo diverso alle differenti temperature, esistenti tra la zona dell'arco e il bagno.

Alle alte temperature dell'arco l'anidride carbonica  $CO_2$  assorbe calore, dissociandosi in ossido di carbonio e ossigeno  $O_2$ :



Con l'abbassarsi della temperatura, in prossimità del bagno, si ha una reazione inversa, con cedimento di calore:



Si possono ottenere, per l'apporto di calore, cordoni più estesi e con maggiore penetrazione, con più elevata velocità e con costi contenuti. Si possono saldare sia acciai inossidabili sia acciai comuni, da costruzione; il tipo di saldatura è specialmente adatta per saldare lamiere di grosso spessore; è impiegata nell'industria meccanica pesante.

Per ridurre il pericolo di ossidazioni, dovuto alla presenza di ossigeno, si utilizzano fili con elementi disossidanti, quali  $Mn, Si$

### 5.2.2.1.3- Procedimento con filo animato

È una variazione delle saldature MIG, MAG.

Come elettrodo è utilizzato un filo internamente cavo e riempito da un flusso reattivo, con proprietà disossidanti, desolforanti, e defosforanti.

Il gas protettivo del bagno può essere generato dalla decomposizione di alcune polveri contenute nel flusso posto entro il filo (fili animati autoprotettivi); oppure, come per le saldature MIG, MAG, da un gas fornito alla torcia dall'esterno in aggiunta a quello del filo animato.

Il flusso, posto nell'anima del filo, è composto da elementi chimici che servono per ottenere particolari proprietà meccaniche e tecnologiche e, principalmente, per la deossidazione, defosforazione, defosforazione, producendo scorie che devono essere rimosse.

### 5.2.1.4 Saldatura TIG (Tungsten Inert Gas)

È un procedimento con protezione di gas che si differenzia dal MIG per l'utilizzo dell'elettrodo di tungsteno, non fusibile alle temperature raggiunte dall'arco.

Può essere eseguita con o senza materiale d'apporto.

L'arco scocca tra la bacchetta di tungsteno, che spunta dall'estremità della torcia e i bordi dei pezzi da saldare, protetti da un gas inerte di Argon Elio o miscele di essi.

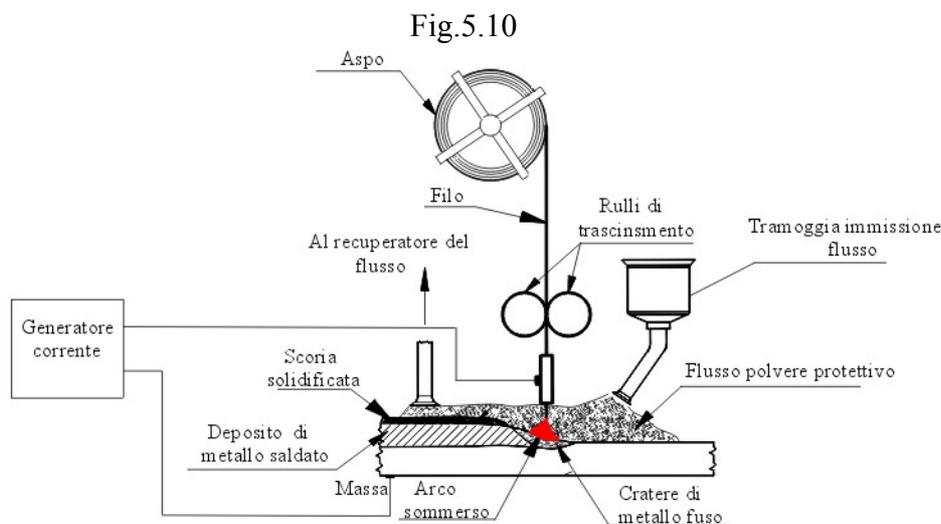
L'operazione di saldatura con metallo di apporto può essere manuale, ove l'operatore deve introdurre nell'arco la bacchetta fusibile, mentre fa scorrere l'estremità della torcia lungo i lembi da saldare, con richiesta di buona abilità.

L'operazione di saldatura può essere automatizzata con l'introduzione, nell'arco, di un filo continuo, come per il MIG.

La saldatura TIG è particolarmente indicata per saldature di pezzi di piccolo spessore, a partire da pochi centesimi di millimetro. Non è conveniente saldare grossi spessori, per i quali occorrerebbero tante passate; in pratica si possono saldare, al massimo, pezzi con spessori di  $2 \div 3 \text{ mm}$  in una sola passata.

Spesso la saldatura TIG è usata per effettuare una prima passata sul giunto, su cui, poi, sono applicati tipi di saldatura di maggiore produttività, per il completamento della giunzione.

### 5.2.2.3 Saldatura automatica ad arco sommerso



È un procedimento automatico, che consente alte produttività con affidabilità, per la continua regolazione dei principali parametri.

L'elettrodo è costituito da un filo nudo ramato, che si svolge da una bobina montata su un aspo, e trascinato verso la zona di saldatura da due rulli zigrinati, mossi da un motore elettrico.

Si ha, così, un elettrodo fusibile continuo, che riceve la corrente da un contatto a spazzola e, fondendo, fornisce il solo materiale d'apporto.

Da una tramoggia è fatto cadere il flusso di polvere protettivo, che circonda e ricopre completamente la zona di fusione dell'elettrodo e del bagno.

L'arco è completamente sommerso dal flusso di polvere, e quindi non è visibile dall'operatore, evitando così disturbi visivi, causati dalle irradiazioni luminose.

Nella saldatura, una parte di polvere fonde, ricoprendo il bagno, proteggendolo dall'azione degli agenti atmosferici circostanti, un'altra parte rimane solida e protegge la vista dell'operatore.

La polvere, inoltre, può avere le stesse funzioni dei rivestimenti degli elettrodi utilizzati per le saldature manuali, quali:

- eliminazione delle impurezze di zolfo e fosforo;
- disossidazione;
- eliminazione di gas;
- arricchimento di elementi che migliorano le caratteristiche meccaniche del cordone;

#### *Vantaggi del processo di saldatura automatica ad arco sommerso*

Si possono riscontrare i seguenti vantaggi:

- elevata penetrazione, che permette la saldatura di pezzi di grosso spessore;
- elevata velocità di saldatura;
- cordoni regolari;
- processo automatico;
- assenza di radiazioni e quindi protezione visiva.

#### **5.2.2.4 Saldatura al plasma**

Il plasma è considerato il quarto stato della materia. Esso è un gas fortemente ionizzato, composto da molecole, ioni, elettroni e fotoni. È conduttore di elettricità, contenendo ioni positivi ed elettroni liberi. Globalmente è elettricamente neutro, in quanto le cariche positive sono bilanciate da quelle negative.

La ionizzazione si può ottenere al raggiungimento di elevate temperature per mezzo di scariche elettriche.

La saldatura al plasma, con arco diretto, si può considerare un miglioramento della saldatura TIG.

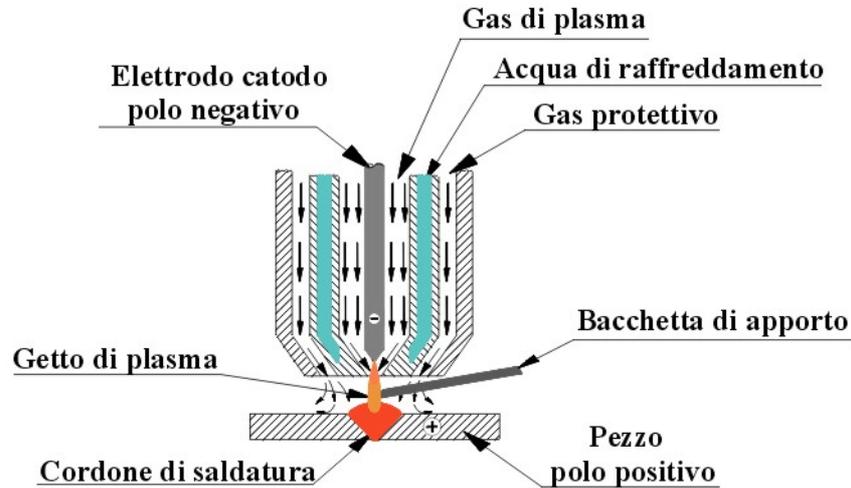
Entro la torcia, al centro, è posto l'elettrodo di tungsteno infusibile, costituente il catodo a potenzialità negativa. Attorno ad esso è fatto fluire il gas, che viene fortemente ionizzato dalla scarica elettrica, costituendo il plasma che è lanciato sul pezzo, posto a potenziale positivo. L'arco avviene tra l'elettrodo al tungsteno (catodo) e il pezzo; la torcia è denominata "ad arco trasferibile o ad arco diretto".

Nella ionizzazione viene assorbita una grande quantità di calore. Quando il gas ionizzato raggiunge il pezzo da saldare, nel ricongiungimento delle parti di segno opposto, gli elettroni liberi si ricongiungono agli ioni positivi, ripristinando il gas originario e liberando una

grande quantità di energia che provoca il raggiungimento di elevate temperature, fino a circa  $20000 \div 25000^{\circ}C$ .

I gas plasmogeni sono: *He, Ar, H<sub>2</sub>*

Fig.5.11



Dato l'elevata temperatura a cui può essere sottoposta la parte della torcia a contatto con il plasma, è applicato un appropriato circuito liquido di raffreddamento.

Per proteggere il bagno dagli agenti atmosferici, attorno al getto concentrato di plasma, è fatto fluire un altro gas inerte che ha praticamente solubilità nulla con il metallo liquido.

Nella saldatura TIG l'arco ha una forma conica e una porzione consistente di energia è dissipata all'esterno. Nella saldatura al plasma l'arco rimane ristretto quando fuoriesce dall'ugello, e la zona a  $10000 \div 20000^{\circ}C$  è trasferita al pezzo sotto forma di fascio concentrato.

Per effetto della concentrazione di energia in un fascio ristretto, può essere impiegata la *tecnica Keyhole*, consistente nella vaporizzazione istantanea del materiale che crea un foro, mentre il bagno è spinto ai lati, per poi, successivamente, richiudersi su se stesso.

Si ottiene una elevata penetrazione e produttività

In altri tipi di torcia l'arco avviene tra l'elettrodo al tungsteno, a potenziale negativo e l'ugello di uscita della torcia, a potenziale positivo. Il gas fluente tra l'elettrodo al tungsteno e l'ugello si ionizza determinando il fluido di plasma che viene lanciato sotto forma di fiamma sul pezzo. In questo caso il materiale di riporto viene immesso sotto forma di polveri per mezzo del flusso di gas inerti.

Vantaggi della saldatura al plasma

- Rapidità del processo;
- deformazioni limitate;
- alta qualità anche nella sovrapposizione dei cordoni per effetto keyhol;
- sovrappessori limitati, evitando così molature;
- riduzione dei tempi di preparazione;
- saldature testa a testa fino a  $8\text{ mm}$  di spessore senza cianfrinatura

## 5.2.3 Riassunto usi e caratteristiche di alcuni tipi di saldatura ad arco

### *1 Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti*

#### 1.1 Materiali saldabili

Acciai al solo carbonio - acciai inox - leghe leggere - ghisa - rame - nichel e sue leghe

#### 1.2 Caratteristiche

- Attrezzature semplici e portatili anche in cantiere.
- Saldature di parti con spessore diverso.

#### 1.2 Difetti

- Poca produttività rispetto ad altri processi.
- Formazione di scorie.
- L'elettrodo va sostituito per il frequente consumo, con interruzione dell'operazione e necessità di ripresa.
- Necessità di essiccazione degli elettrodi rivestiti, per scongiurare l'inquinamento da idrogeno e, quindi, formazione di cricche a freddo.
- Possibilità di infiltrazione di scorie nel cordone.

### *2 Saldatura MIG - MAG*

#### 2.1 Materiali saldabili

Acciai inox, sia austenitici che ferritici - acciai al carbonio e basso legati - leghe di rame - leghe leggere Al, Mg - leghe al nichel.

#### 2.2 Impiego

La saldatura MIG, utilizzando come gas protettivo Ar, He, inizialmente è stata impiegata per le saldature di acciai inox, si è estesa, poi, alle leghe leggere Al, Mg, alle leghe di rame, agli acciai al carbonio e basso legati.

Con l'introduzione, nel gas protettivo di miscele contenenti  $CO_2$ , nel MAG, si è ottenuto un migliore trasferimento di metallo dal filo al bagno e una migliore stabilità dell'arco.

#### 2.3 Pregi

- Saldatura automatica o semiautomatica;
- alta velocità;
- assenza di scorie;
- forte penetrazione;

- alta produttività;
- può essere usata per imburaggi (deposito materiale);
- è scongiurata la presenza di idrogeno e, quindi, di cricche a freddo.

### 2.3 Difetti

- Impianto più costoso rispetto a quello ad arco manuale;
- non possono essere evitate le cricche a caldo, in quanto non sono presenti elementi desolforanti, defosforanti;
- non è adatto per saldature in cantiere, ove una folata di vento disturba il gas protettivo nella zona di saldatura.

## 3 *Saldatura TIG*

### 3.1 Impieghi

- Può essere saldato qualsiasi materiale metallico che non abbia bassa temperatura di fusione: acciai al carbonio e legati - leghe di rame - leghe leggere Al,Mg - leghe al titanio;
- alta velocità;
- Adatto per saldare pezzi di piccolo spessore a partire da pochi decimi di mm

### 3.2 Pregi

- Saldatura che può essere automatizzata;
- facilità di esecuzione;
- apporto del materiale metallico indipendente da quello termico nella saldatura, come a quelle a filo consumabile;
- procedimento utilizzabile in qualsiasi posizione;
- può essere utilizzato per saldature continue e per saldature a punti.

### 3.3 Difetti

- possono essere saldati solo pezzi di piccolo spessore, fino a 2-3 mm; occorrono più passate per spessori maggiori. In genere la saldatura è utilizzata per spessori non superiori a  $5 \div 6 \text{ mm}$  ;
- è possibile inquinamento di scorie di tungsteno.

## 4 *Saldatura ad arco sommerso*

### 4.1 Impieghi

- Acciai inox, sia austenitici che ferritici - acciai al solo carbonio - acciai al carbonio debolmente e mediamente legati leghe al nichel;
- non adatto a saldare leghe leggere e ghisa;

### 4.2 Caratteristiche

- Funzionamento automatico o semiautomatico;
- saldatura di grossi spessori nel settore della carpenteria;

- alta penetrazione e produttività;
- protezione del metallo fuso dal contatto con l'atmosfera;
- possibilità di introdurre elementi desolforanti e defosforanti;
- protezione da radiazioni

#### ***4 Saldatura al plasma***

##### 4.1 Impieghi

- adatto a tutti materiali metallici;

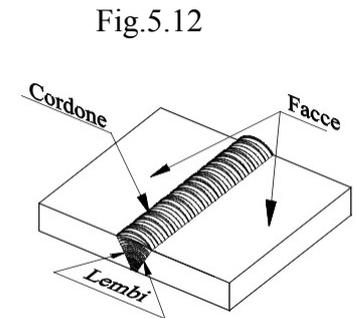
##### 4.1 Caratteristiche

- ha le stesse caratteristiche del TIG, ma al contrario di questo la saldatura è adatta a saldare pezzi di grosso spessore e con elevata velocità;

## 5.3 Giunti e loro rappresentazione

Si denomina giunto di saldatura la zona in cui avviene la connessione dei pezzi, mediante l'operazione di saldatura.

Le superfici più esili, direttamente interessate all'unione sono denominati lembi, teste o bordi, mentre la più estese sono dette facce.



### 5.3.1 Tipi di giunto

Il tipo di giunto dipende dalla posizione reciproca in cui sono posti i pezzi nella saldatura, dipendente dalle esigenze geometriche di costruzione da realizzare, tenuto conto della funzionalità e corretto andamento delle tensioni.

Nella tabella Fig.5.13 sono rappresentati diversi tipi di giunti, distinti dalla loro reciproca posizione.

Fig.5.13

#### TIPI DI GIUNTI



Giunto di testa



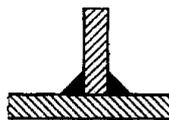
Giunto a lembi rilevati



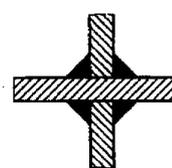
Giunto d'orlo



Giunto ad L



Giunto a T



Giunto a croce



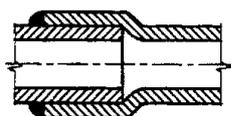
Giunto a spigolo



Giunto a sovrapposizione semplice



Giunto a sovrapposizione sagomato



Giunto a bicchiere



Giunto a coprigiunto semplice

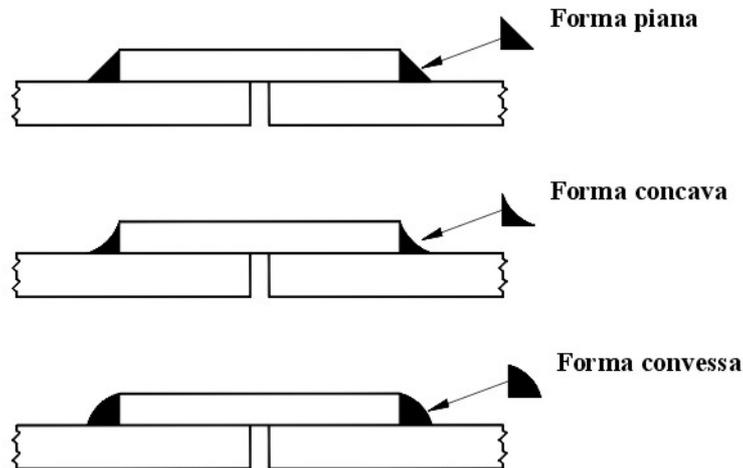


Giunto a doppio coprigiunto

### 5.3.2 Cordoni di saldatura

la superficie estrema del cordone di saldatura (sezione trasversale) può essere prescritta in tre diverse forme, come rappresentato in Fig.5.14

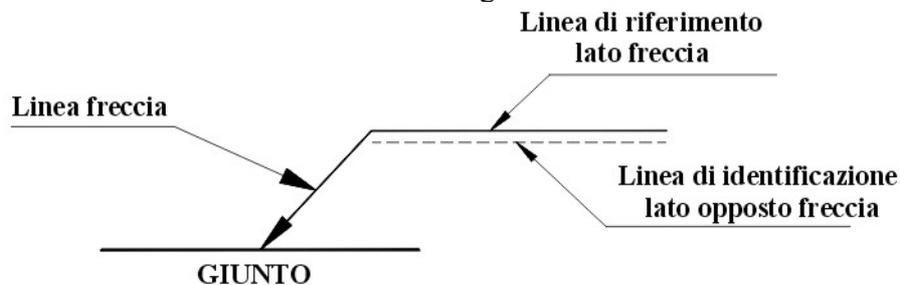
fig.5.14



### 5.3.3 Rappresentazione simbolica delle saldature

La rappresentazione simbolica delle saldature è riportata nelle normative di regolazione UNI EN - 1997, con una schematizzazione indicante i vari parametri, riguardanti: il tipo di giunto, sezione e lunghezza del cordone, tipo di saldatura ecc..., come specificato di seguito.

Fig.5.15



Nella figura Fig.5.15 è riportata una rappresentazione schematica, riguardante una saldatura, completata dalle indicazioni necessarie per la sua esecuzione.

Analizziamo uno alla volta le indicazioni della schematizzazione di figura.

#### 5.3.3.1 Linea di freccia

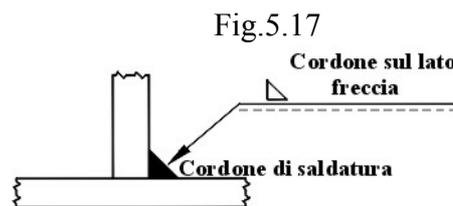
Indica il lembo dove deve essere eseguita la saldatura; termina con una freccia sul giunto.

#### 5.3.3.2 Linea di riferimento e di identificazione

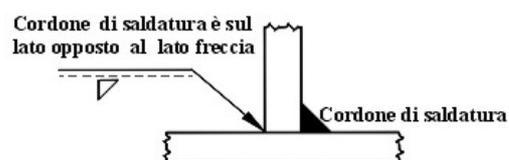
Nella giunzione tra due elementi saldati si distinguono due lati, nei quali, o in uno solo o in entrambi è eseguito un cordone di saldatura.

Se il cordone di saldatura è eseguito in un solo lato (il lato opposto è senza cordone), la linea freccia (indicante il giunto e non il cordone) può essere indifferentemente disegnata nel lato contenente il cordone, o nel lato opposto. Si presentano così due casi.

- 1° La *linea freccia* è disegnata sul lato contenente il cordone di saldatura  
In tal caso, le indicazioni dei parametri di saldatura si scrivono sulla la linea di riferimento continua, lato freccia



- 2° la *linea freccia* è disegnata sul lato opposto a quello dove è il cordone di saldatura.  
In tal caso la linea di identificazione è quella tratteggiata, al disotto di quella continua e, su di essa, si scrivono i parametri di saldatura

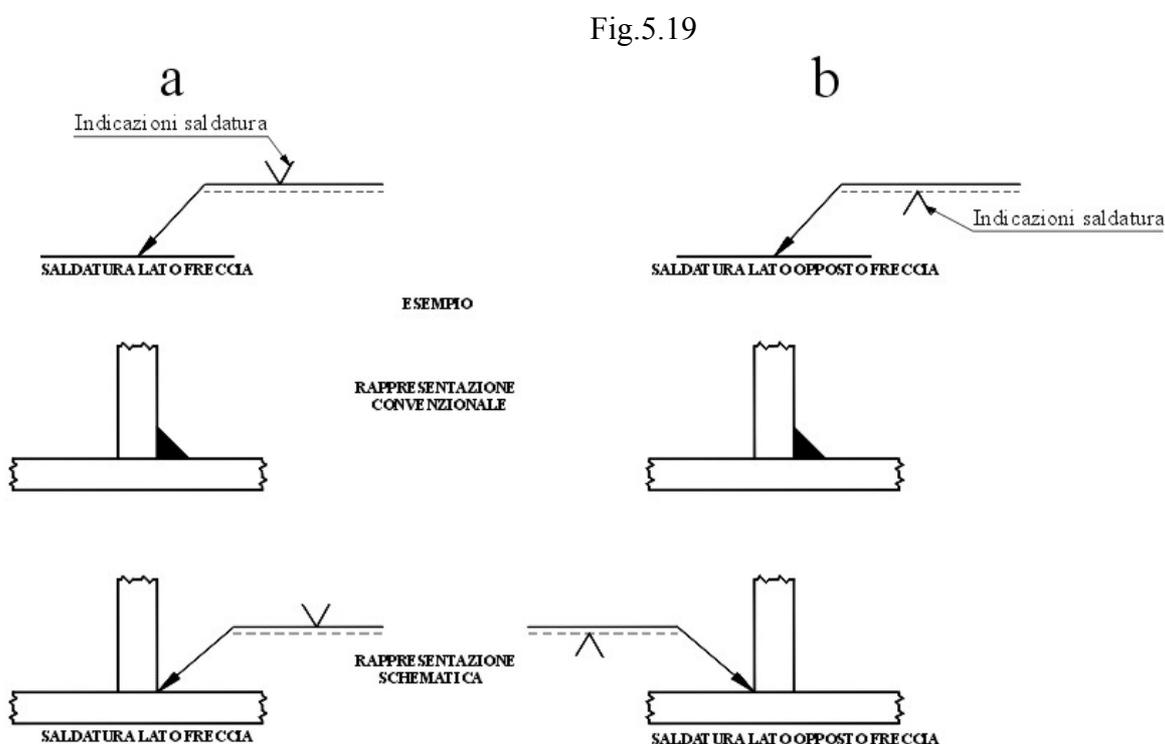


Da quanto si può rilevare dai due esempi Fig.5.17, Fig.5.18, per distinguere in quale lato è effettivamente il cordone di saldatura, si utilizzano due tipi di linee.

### 5.3.3.2.1 Linea di riferimento

È la linea riferita al caso in cui il cordone di saldatura è sul lato ove è disegnata la *linea freccia* (lato freccia). Si indica con linea continua e su di essa sono riportati i parametri di saldatura: tipo di cordone, dimensioni ecc....

La linea va disegnata parallela al bordo inferiore del disegno, Fig.5.19.a.



Come rappresentato in Fig.5.19.a si hanno due tipi di rappresentazioni: la rappresentazione convenzionale, nel quale è disegnato il profilo del cordone; la rappresentazione schematica, ove la linea freccia indica il giunto e, sulla linea continua di riferimento, sono indicati i parametri di saldatura, come il tipo di cordone, le sue dimensioni ecc....

### 5.3.3.2.1 Linea di identificazione

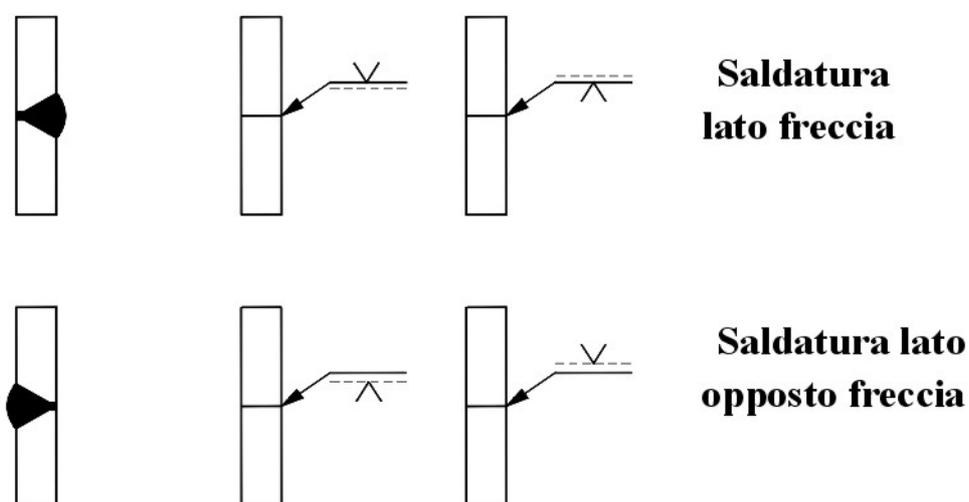
È la linea riferita al caso in cui il cordone di saldatura è sul lato opposto ove è disegnata la *linea freccia* (lato freccia). Si indica con linea tratteggiata, parallela a quella di riferimento e, in corrispondenza di essa, sono riportati i parametri di saldatura: tipo di cordone, dimensioni ecc....

La linea va disegnata parallela al bordo inferiore del disegno, Fig.5.19.b.

Come per il caso “a” si hanno due tipi di rappresentazioni: la rappresentazione convenzionale, nel quale è disegnato il profilo del cordone, posizionato nel lato opposto a quello della linea freccia; la rappresentazione schematica, ove la linea freccia indica il giunto e, sulla linea di identificazione, sono indicati i parametri di saldatura, come il tipo di cordone, le sue dimensioni ecc....

È da notare che è indifferente la posizione reciproca delle due linee, di riferimento e di identificazione: può essere posta la prima sopra e l'altra sotto o viceversa.

Fig.5.20



Per saldature simmetriche si la sola linea di riferimento continua: Fig.6.21

Fig.6.21



### 5.3.3.3 Segni grafici elementari e supplementari

In corrispondenza della linea di riferimento o di identificazione si pone un segno grafico elementare, indicante la forma della sezione del cordone di saldatura. Si aggiunge, se necessario, un altro segno supplementare, indicante il profilo esterno del cordone. Nelle pagine seguenti sono riportati i segni grafici

Tabella 5.1

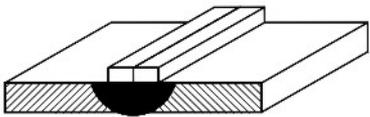
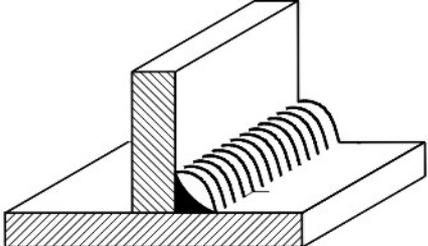
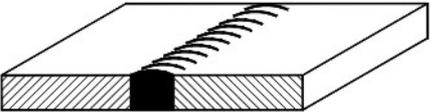
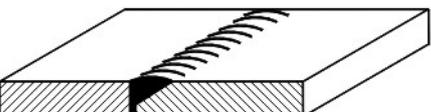
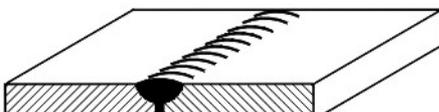
SEGNI GRAFICI ELEMENTARI		
Illustrazione	Documentazione saldatura	Simbolo
	a bordi rilevati	
	d'angolo	
	a bordi retti	
	a V	
	a mezzo V	
	a Y	
	a mezzo V con spalla	
	a U	
	a J	
	a ripresa rovescia	

Tabella 5.2

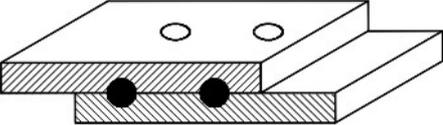
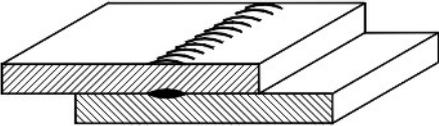
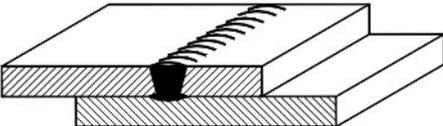
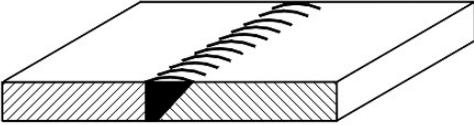
SEGNI GRAFICI ELEMENTARI		
Illustrazione	Documentazione saldatura	Simbolo
	in foro o in asola	
	a punti	
	in linea continua	
	a V a fianchi ripidi	
	A mezzo V a fianchi ripidi	

Tabella 5.3

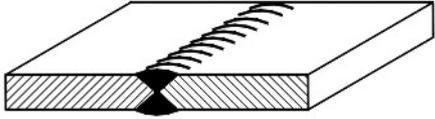
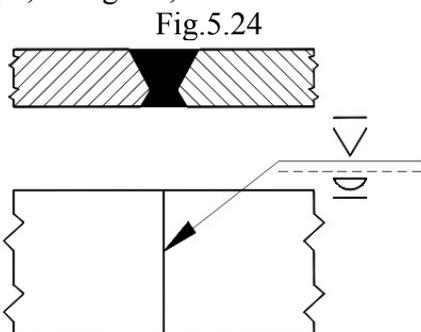
SEGNI GRAFICI COMBINATI		
Illustrazione	Documentazione saldatura	Simbolo
	a doppia V o a X	
	a K	
	a doppia V con spalla	
	a K con spalla	
	a doppia U	

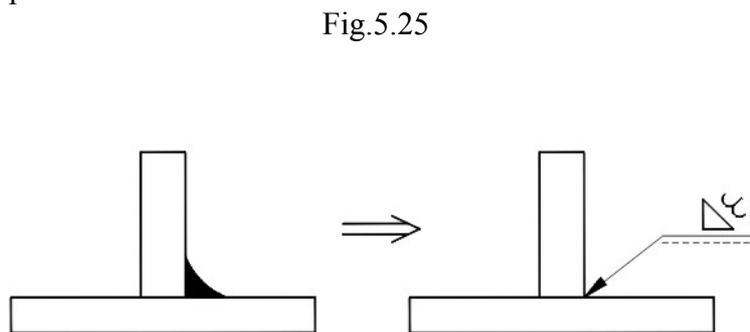
Tabella 5.4

SEGNI GRAFICI SUPPLEMENTARI	
Simbolo	Forma del cordone
	Piano (spianato)
	concavo
	convesso
	Con bordi ben raccordati

Qui, di seguito, sono indicati due esempi



Saldatura testa a testa a V con cordone spianato (piano) e cordone di ripresa a rovescio spianato



Saldatura d'angolo con bordi ben raccordati

### 5.3.4 Quotatura delle saldature

Sulle linee di riferimento o di identificazione, oltre ai segni grafici elementari e supplementari, individuanti il tipo di saldatura, si riportano delle cifre indicanti le dimensioni trasversali e longitudinali della sezione e la lunghezza del cordone; precisamente:

- a sinistra del segno grafico, la quota indicativa della sezione trasversale del cordone
- a destra del segno grafico, la quota indicativa della lunghezza del cordone

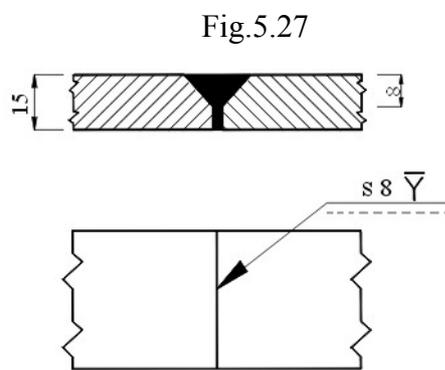
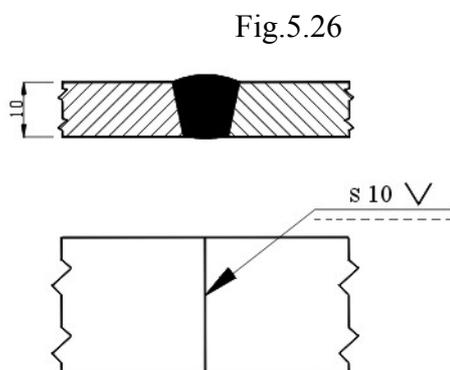
#### 5.3.4.1 Quote indicative della sezione del cordone

Si distinguono due tipi di quote trasversali: quello relativo alle saldature testa a testa e quello alle saldature d'angolo.

##### 6.3.4.1.1 Saldature testa a testa

La quota, indicativa della sezione trasversale, è la misura della distanza "s" tra la superficie esterna della lamiera e il vertice del cordone; ovviamente non può superare lo spessore della lamiera più sottile.

Nelle figure Fig.5.26 e Fig.5.27 sono riportati due esempi.



### 5.3.4.1.2 Saldature d'angolo

La quota, indicativa della sezione trasversale, è l'altezza relativa al lato esterno o il lato del massimo triangolo isoscele inscritto nella sezione triangolare del cordone.

Dove le dimensioni sono indicate con:

- $a$  altezza relativa alla base del triangolo isoscele;
- $z$  lato del triangolo isoscele

nel caso di triangolo rettangolo isoscele:

$$a = z \cdot \sin 45^\circ \qquad a = z \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$a = 0,7 \cdot z$$

Fig.5.27a

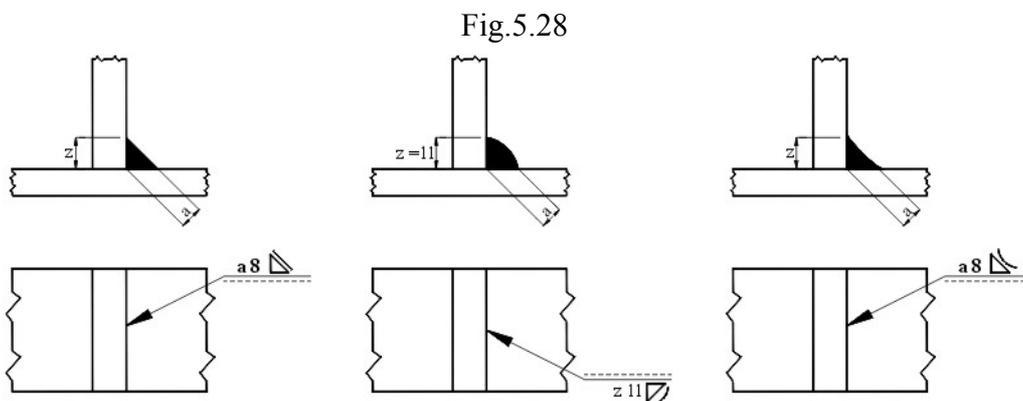
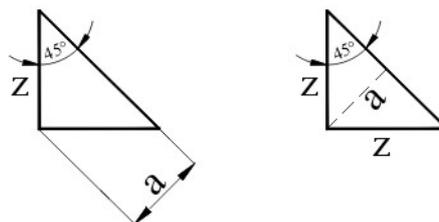


Fig.5.28

Nell'esempio di figura Fig.6.28 è riportata la quota  $a$  nei cordoni eseguiti con diversa forma.

### 5.3.4.2 Quota longitudinale

Indica la lunghezza del cordone di saldatura. È posto a destra del segno grafico, indicante il tipo di saldatura.

Si omette se la saldatura è continua per tutta la lunghezza del pezzo.

Fig.5.29



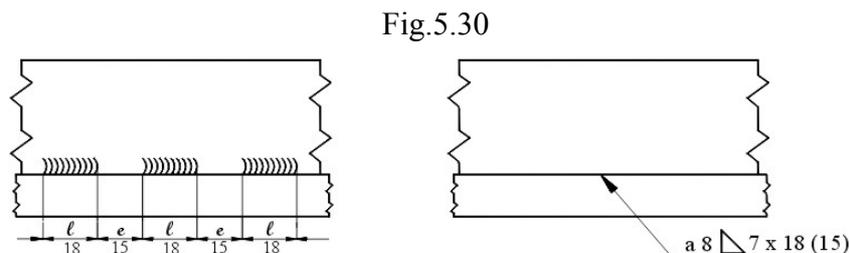
Così nell'esempio di figura Fig.5.29 è rappresentate una saldatura d'angolo, con cordone spianato. La sezione trasversale è un triangolo rettangolo isoscele, con altezza relativa alla base esterna  $a = 7 \text{ mm}$  e lunghezza del cordone  $l = 400 \text{ mm}$ .

### 5.3.4.3 Saldature a tratti

nella saldatura a tratti, alla destra del segno grafico, indicante il tipo di saldatura, si riporta in ordine:

- il numero "n" dei tratti di cordoni successivi utilizzati nell'unione dei pezzi
- la lunghezza "l" di ogni singolo tratto
- la reciproca distanza "e" (posta tra parentesi) tra un tratto e il successivo

*Esempio*



Nella figura Fig.5.30 è rappresentata una saldatura d'angolo a tratti, in ordine:

altezza del triangolo isoscele  $a = 8\text{ mm}$

segno grafico triangolo, indicante la saldatura d'angolo

numero dei tratti  $n = 7$

lunghezza di ogni tratto  $l = 18\text{ mm}$

distanza tra un tratto e il successivo  $e = 15$  posto tra parentesi tonda

### 5.3.5 Indicazioni complementari

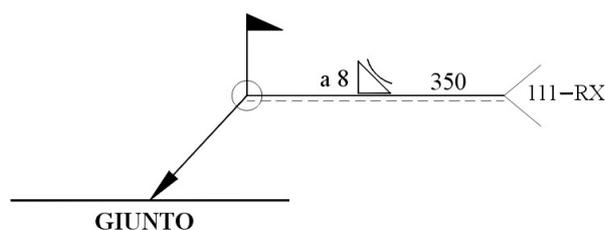
Per le indicazioni complementari si utilizzano le seguenti rappresentazioni simboliche:

**cerchio** Un cerchietto, posto nell'intersezione tra la linea freccia e quella di riferimento, indica che la saldatura deve essere eseguita su tutto il perimetro del particolare disegnato

**Banderuola** la banderuola, posta nell'intersezione tra la linea freccia e quella di riferimento, indica che la saldatura è eseguita in cantiere

**Forcella** entro una forcella, disegnata all'estremità destra della linea di riferimento, si pongono: un numero indicante il procedimento di saldatura - due lettere indicante il controllo non distruttivo richiesto. Vedi le tabelle **Tab.5.5** **Tab.5.6** di seguito riportate.

Fig.5.31



Così nell'esempio di Fig.5.31 è rappresentato un giunto d'angolo con le seguenti caratteristiche:

- cerchio sulla intersezione lato freccia e linea di riferimento, indicante che la saldatura deve essere eseguita su tutto il perimetro del particolare;

- banderuola, indicante che la saldatura è eseguita in cantiere;
- altezza, relativa alla base, del massimo triangolo isoscele inscritto nella sezione del cordone di saldatura “a 8” ( $a = 8\text{ mm}$ );
- segno grafico del tipo di saldatura: saldatura ad angolo con profilo concavo
- lunghezza del cordone di saldatura “400” ( $l = 400\text{ mm}$ )
- entro la forcina l’indicazione del tipo e controllo della saldatura: saldatura ad arco con elettrodi rivestiti (111) - controllo radiografico (RX).

Tabella 5.5 Simboli numerici per procedimenti di saldatura ad arco

Saldatura ad arco	11 Senza protezione	111 - Elettrodi rivestiti
		112 - A gravità, elettrodi rivestiti
		113 - Con filo nudo
		114 - Con filo animato in aria libera
		115 - Con filo rivestito, con elettrodo disteso
	12 Ad arco sommerso	121 - Con filo
		122 - Con nastro
	13 Con filo elettrico fusibile protetto da gas	131 - MIG in atmosfera di gas inerte
		135 - MAG in atmosfera di gas attivo
		136 - Con filo animato in atmosfera di gas attivo
	14 con elettrodo non fusibile protetto da gas	141 - TIG elettrodo di tungsteno protetto da gas inerte
		149 - All’idrogeno atomico
	15 - Al plasma	
	18 - Altri tipi di saldature ad arco	

Tabella 5.6 Controlli delle saldature

Sigla	Tipo di controllo non distruttivo
RX	Controllo radiografico
RF	Mediante rilevazione di fughe
MS	Controllo magnetoscopico
US	Controllo con ultrasuoni
LP	Controllo con liquidi penetranti
CI	Controllo con corrente indotta



[Clic per la pagina precedente](#)



[Clic per proseguire](#)



[Clic per tutti i file VI parte](#)