



Corso di metallurgia e saldatura – Parte 3

“Metallurgia della saldatura degli acciai”

“Difettologia”



Move Forward with Confidence

**BUREAU
VERITAS**

- Generalità
- Zona fusa e zona termicamente alterata
- Rapporto di diluizione
- Fattori importanti in saldatura

La saldatura è un tipo di giunzione che permette di unire permanentemente parti solide, realizzando la continuità del materiale.

Le giunzioni saldate risultano quindi monolitiche.

Ciò può presentare vantaggi (come la rigidità), ma può essere causa di inconvenienti. Per esempio, nei collegamenti imbullonati, le sollecitazioni si trasmettono tra le parti collegate ed eventuali rotture si arrestano in corrispondenza di un giunto. Nella giunzioni saldate, invece, esiste una vera e propria continuità metallica. Un'eventuale rottura iniziata in un qualsiasi elemento (anche secondario) può propagarsi fino a elementi principali e danneggiare l'intera struttura.

Nella saldatura si fa uso normalmente di un materiale d'apporto il quale viene distribuito allo stato fuso tra i lembi opportunamente preparati (materiale base)

Oltre al materiale d'apporto si porta a fusione anche una certa quantità di materiale base a generare il “bagno di saldatura” dalla cui solidificazione si ottiene il cordone.

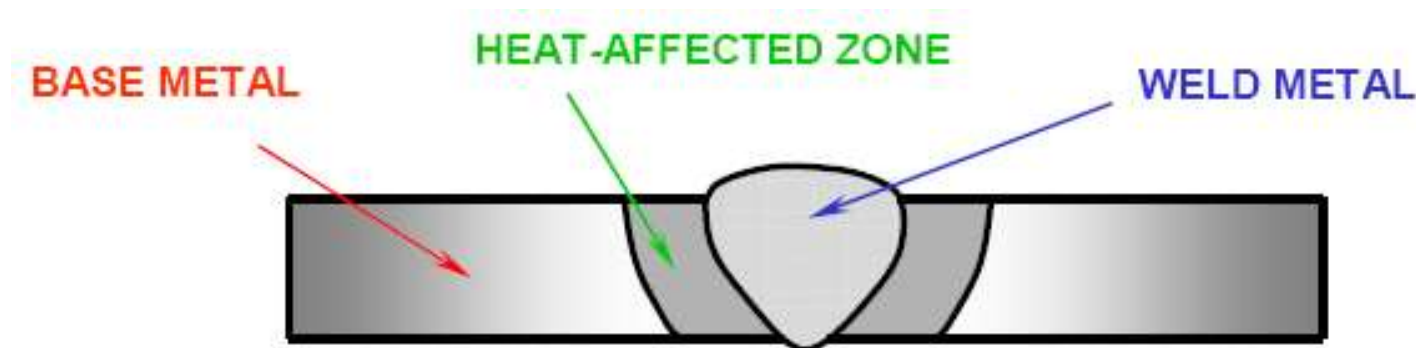
Nei tipi di giunzione in cui il materiale base non viene fuso, ma solo riscaldato si parla di saldobrasatura (con la tipica preparazione dei lembi come per la saldatura) o di brasatura

E' l'attitudine con cui il materiale si presta alla realizzazione di unioni saldate.

Ogni materiale, a seconda del procedimento usato, ha necessità di precauzioni generali ed esecutive tanto più importanti quanto minore è il suo grado di saldabilità

Bisogna inoltre considerare :

- ogni giunto ha una zona fusa e una zona termicamente alterata e quindi il materiale deve essere saldabile in modo da realizzare in queste zone strutture metallurgiche adatte alle caratteristiche richieste
- i giunti devono garantire la sicurezza e le caratteristiche della costruzione nel suo complesso



ZONA FUSA E ZONA TERMICAMENTE ALTERATA

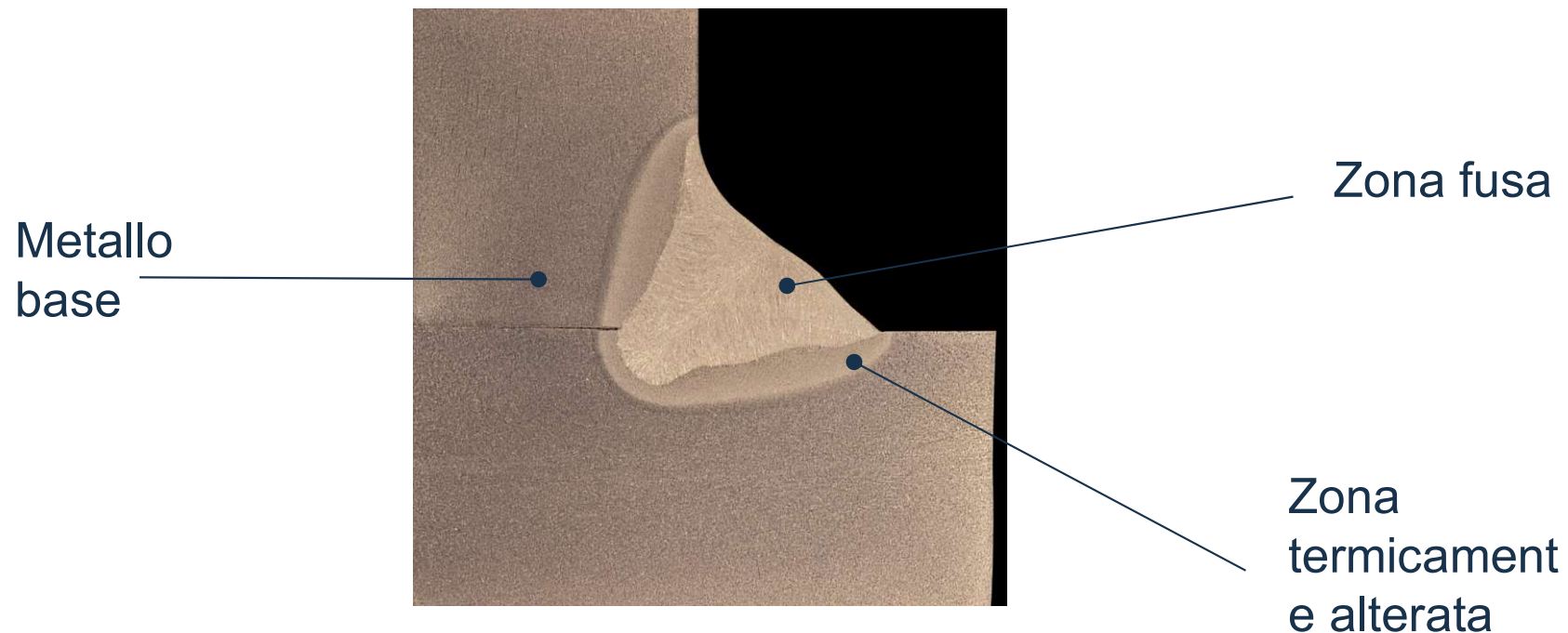
ZONA FUSA

Nell'esecuzione di una saldatura, il MB e quello d'apporto si mescolano formando il bagno di fusione; esso raffreddandosi origina il cordone di saldatura che prende il nome di Zona Fusa.

ZONA TERMICAMENTE ALTERATA

E' la zona di metallo base che non raggiunge la temperatura di fusione ma che è portata comunque ad alte temperature. Il materiale viene riscaldato e successivamente raffreddato con conseguenti trasformazioni strutturali.

Nel caso di acciai con C più elevato o elementi come Mn, Cr, Mo, Ni che aumentano la temprabilità è possibile trovare in ZTA strutture di tempra (necessario preriscaldamento per rallentare la velocità di raffreddamento)



RAPPORTO DI DILUIZIONE

La saldatura autogena si ottiene nella grande generalità portando a fusione una certa parte di metallo base e completando il giunto con l'apporto di una certa quantità di materiale metallico dall'esterno; i due metalli fusi si mescolano nel bagno di fusione e formano una nuova lega.

Il rapporto fra il volume di metallo base e il volume totale della ZF di un giunto saldato si chiama "rapporto di diluizione".

Quindi si definisce rapporto di diluizione d (%) il rapporto tra il volume di metallo base fuso e il volume totale della zona fusa moltiplicato 100.

Così, se indichiamo con " V_a " il contributo del metallo d'apporto e con " V_b " quello del metallo base avremo, nel caso di una sola passata: $R_d(\%) = V_b / (V_a + V_b) \times 100$

$$R_d = \frac{V_b}{V_a + V_b} \times 100$$

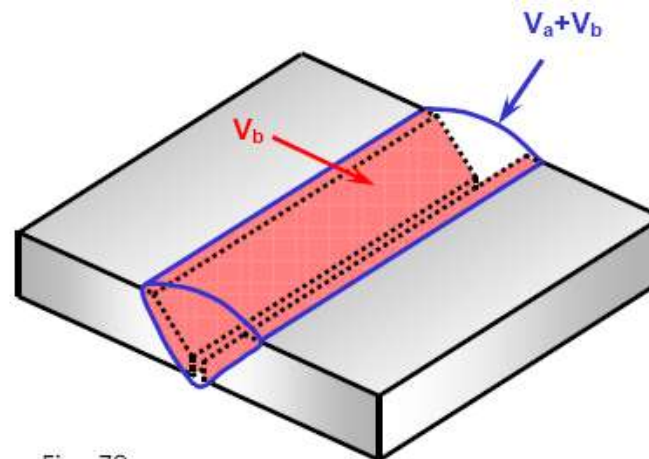


Fig. 73

I fattori che influenzano la buona resistenza di un giunto saldato sono molteplici.

I principali sono:

- pulizia dei giunti
- composizione della lega metallica
- preparazione dei lembi
- materiali d'apporto scelti
- gas di protezione scelti
- sequenza di saldatura
- preriscaldamento e temperatura di interpass
- apporto termico
- trattamenti termici dopo saldatura

Risulta fondamentale che prima di iniziare la saldatura con qualsiasi procedimento è necessario che i giunti sia ben puliti. I lembi devono essere esenti da ruggine, ossidi, vernici, grassi, olio, etc.

Oltre alla pulizia, è necessario sempre controllare che i giunti siano perfettamente asciutti per evitare successivi gravi difetti

Il 30% dei difetti finali sono provocati da mancata pulizia e asciugatura

Prima di cominciare le operazioni di saldatura è consigliabile conoscere le caratteristiche di saldabilità dei materiali da unire.

Bisogna tenere innanzitutto in considerazione i problemi di :

- criccabilità a caldo e a freddo
- temprabilità del materiale

Un buon parametro per determinare la temprabilità di un materiale è il carbonio equivalente oppure meglio ancora consultare i diagrammi TRC o CTC.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Mo+Cr+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (\%)$$

$$CEV < 0,43$$

Per ottenere saldature a completa o parziale penetrazione, la sorgente termica deve avere la possibilità di svolgere la sua azione anche nelle parti più profonde del giunto.

Considerando il giunto BW a lembi retti, la possibilità di conseguire la completa penetrazione mediante una sola passata dipende dalla potenza della sorgente termica. Quanto è più potente, maggiore è lo spessore che può essere saldato.

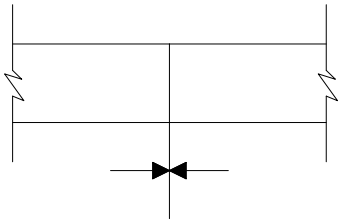
Vi è uno spessore, però, al di là del quale non è possibile ottenere la piena penetrazione ed è necessario ricorrere alla preparazione dei giunti per smussatura.

Tipi di preparazioni per giunti BW:

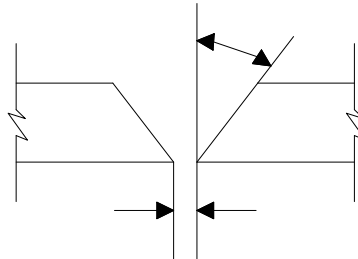
- a) Lembi retti o a I
- b) Preparazione a V
- c) Preparazione a X
- d) Preparazione a doppia Y
- e) Preparazione a U
- f) Preparazione a doppia U

PREPARAZIONE DEI LEMBI

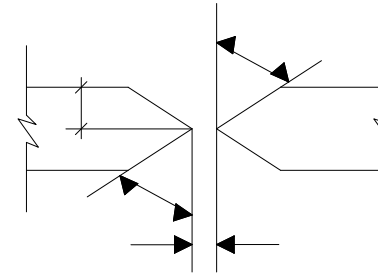
a) Lembi retti o a I



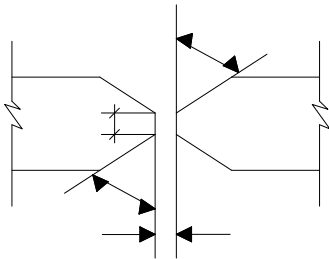
b) Preparazione a V



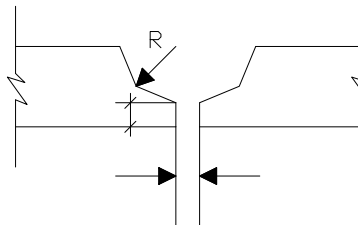
c) Preparazione a X



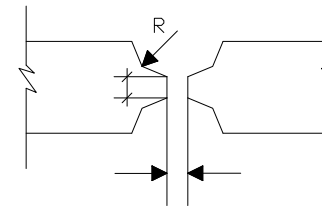
d) Preparazione a doppia Y



e) Preparazione a U

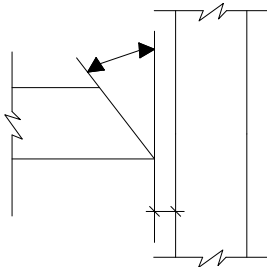


f) Preparazione a doppia U

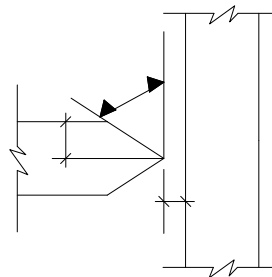


BW

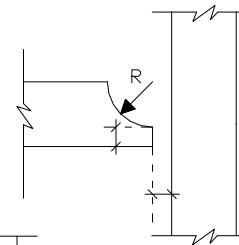
a) Preparazione a mezza V



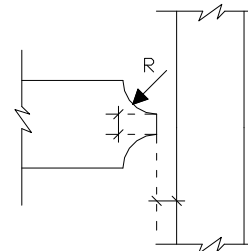
b) Preparazione a K



c) Preparazione a J



d) Preparazione a doppia J



NOZZLE

Angolo di apertura del cianfrino (α):

consente l'accessibilità della sorgente termica a profondità nonché i movimenti necessari a governare il bagno

Spalla (s):

sostiene il bagno di fusione evitando lo sfondamento. L'altezza della spalla dipende dall'angolo di apertura del cianfrino e dalla potenza della sorgente

Distanza tra i lembi o luce (g):

Ha lo scopo di facilitare la penetrazione resa più difficile dalla presenza della spalla. Essa dipende dalla potenza della sorgente.

Nella preparazione di un giunto possono anche tenuti in considerazione se si vuole :

- riprendere al rovescio un giunto (con o senza solcatura)
- utilizzare materiali come sostegno al rovescio (fisso o asportabile)

Preriscaldamento : temperatura a cui sono portati gli elementi da saldare prima di iniziare l'attività

Interpass : temperatura tra due passate di saldatura

Postriscaldamento : mantenere la saldatura ad una data temperatura dopo l'esecuzione (da non confondere con un PWHT)

Hanno lo scopo di :

- ridurre la velocità di raffreddamento, durante e dopo la saldatura per modificare la microstruttura*
- facilitare la diffusione dell'idrogeno (causa delle cricche a freddo)*
- modificare le tensioni residue*

TABELLA GENERALE SALDABILITA'

<i>Tipo di acciaio</i>	<i>Saldabilità</i>	<i>Note</i>
<i>Acciai al C</i>	<i>Eccellente saldabilità</i>	
<i>Acciai basso legati al Mn</i>	<i>Buona saldabilità</i>	
<i>Acciai ad alto carbonio (>0.45%)</i>	<i>Pessima saldabilità</i>	<i>Usata solo per riparazione o per ricarico</i>
<i>Acciai bonificati</i>	<i>Media saldabilità</i>	<i>Possono essere saldati con molte precauzioni</i>
<i>Acciai al Cr Mo</i>	<i>Media saldabilità</i>	<i>Richiedono un preriscaldamento e, a volte, un trattamento termico dopo saldatura</i>
<i>Acciai inossidabili austenitici</i>	<i>Eccellente saldabilità</i>	
<i>Acciai inossidabili martensitici</i>	<i>Scarsa saldabilità</i>	<i>Richiedono un forte preriscaldamento, e il trattamento termico di rinvenimento dopo saldatura è praticamente obbligatorio.</i>

La norma UNI EN ISO 6520-1 dal titolo generale, “Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici”, servirà di base per una precisa classificazione e descrizione delle imperfezioni di saldatura

DEFINIZIONI

- *imperfezione*: qualsiasi deviazione dalla saldatura ideale
- *difetto*: imperfezione non accettabile

La norma prevede sei gruppi:

1. cricche

2. cavità

3. inclusioni solide

4. mancanza di fusione e di penetrazione

5. difetti di forma e dimensionali

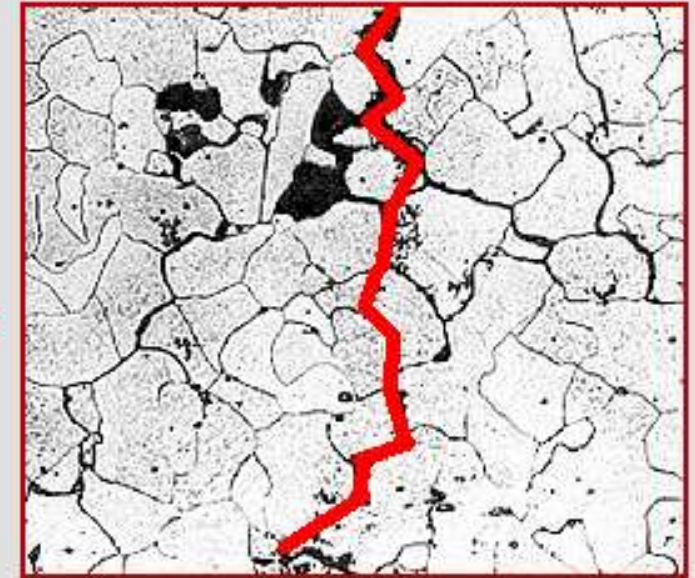
6. altre imperfezioni

DIFETTI IN SALDATURA - CRICCHE

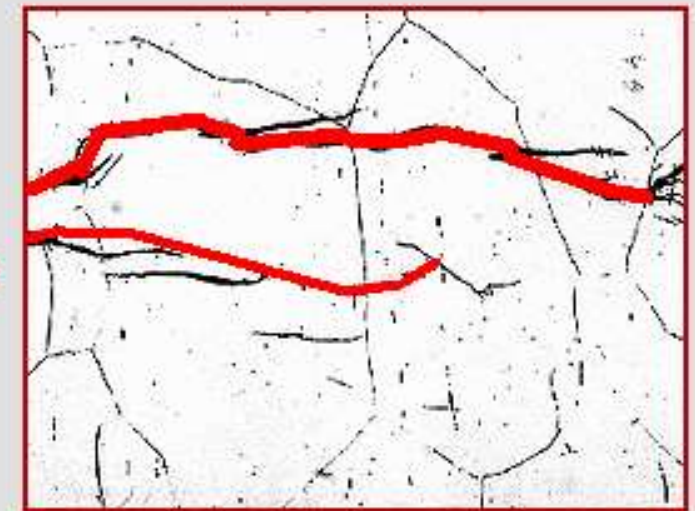
Una **cricca** è una discontinuità originatasi per distacco inter- o trans-cristallino in un materiale metallico originariamente continuo e sano. A seconda che il distacco avvenga lungo i bordi dei grani o attraverso i grani stessi, le cricche si distinguono in **intergranulari** o **transgranulari**.

Viene normalmente considerata una **discontinuità bidimensionale** perché è più o meno allungata e profonda con un andamento frastagliato, mentre i suoi lembi sono piuttosto ravvicinati. Se le dimensioni sono molto ridotte (inferiori a 1 mm) si parla di **microcricche**.

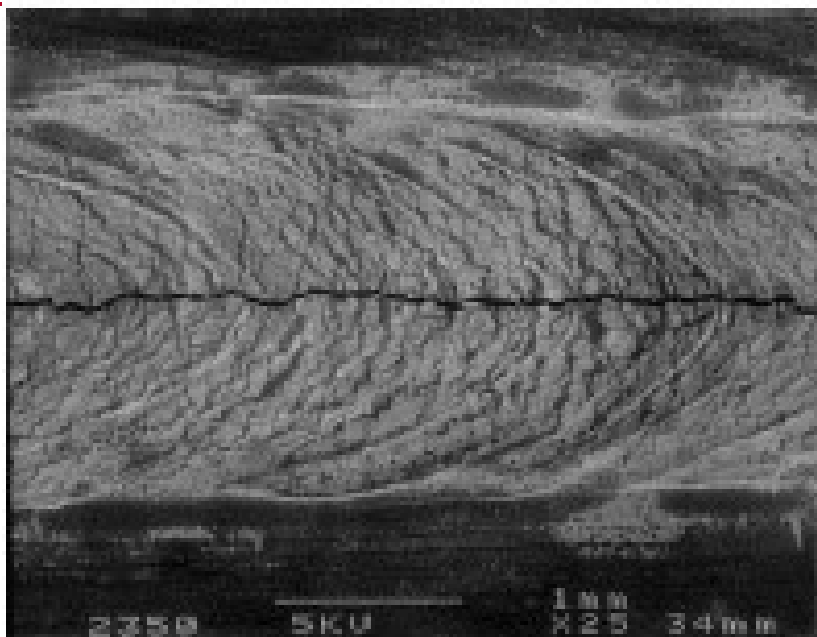
Cricca
INTERGRANULARE



Cricca
TRANSGRANULARE



DIFETTI IN SALDATURA – CRICCHE



Cricca longitudinali in zona fusa
(4 mm, MIG, A6082)

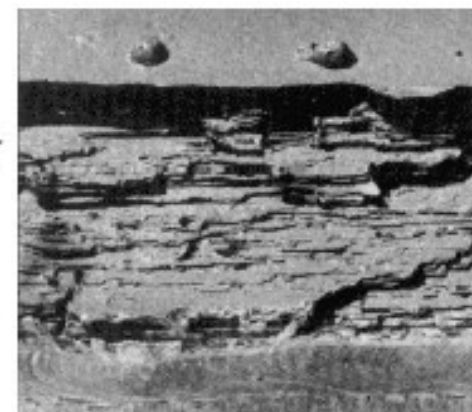
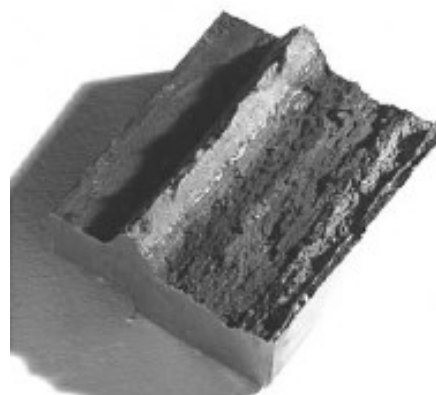


Cricca trasversale in zona fusa
(Cricca a freddo – Controllo MT)

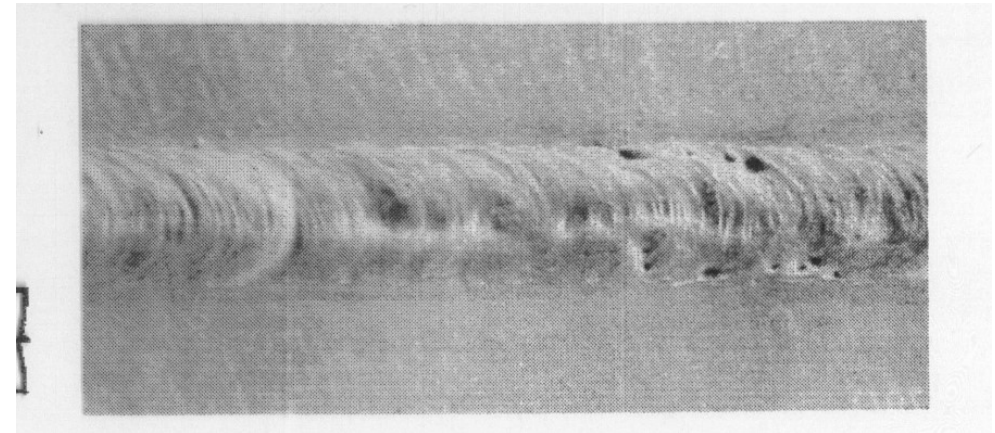
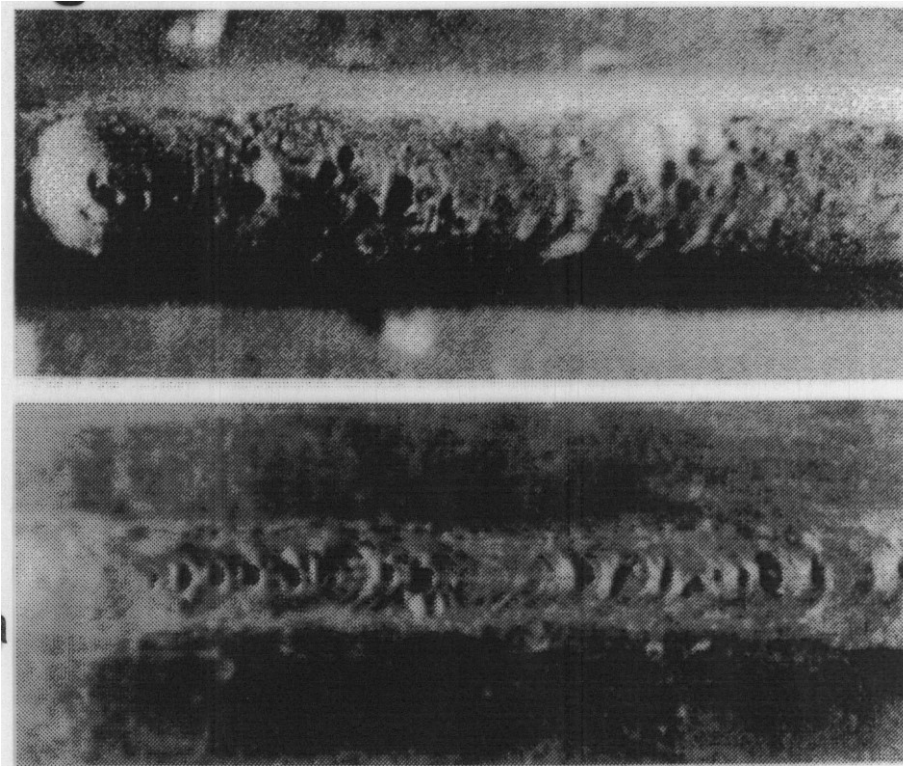


Cricca a freddo nella ZTA

Strappi
lamellari



DIFETTI IN SALDATURA – POROSITA' E SOFFIATURE



DIFETTI IN SALDATURA – CAVITA' DI CRATERE



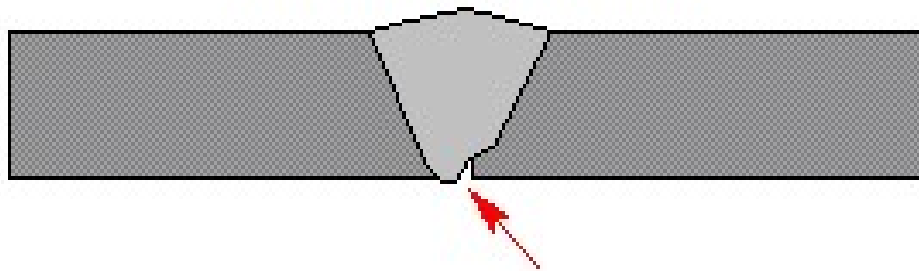
DIFETTI IN SALDATURA – INCLUSIONI DI SCORIA



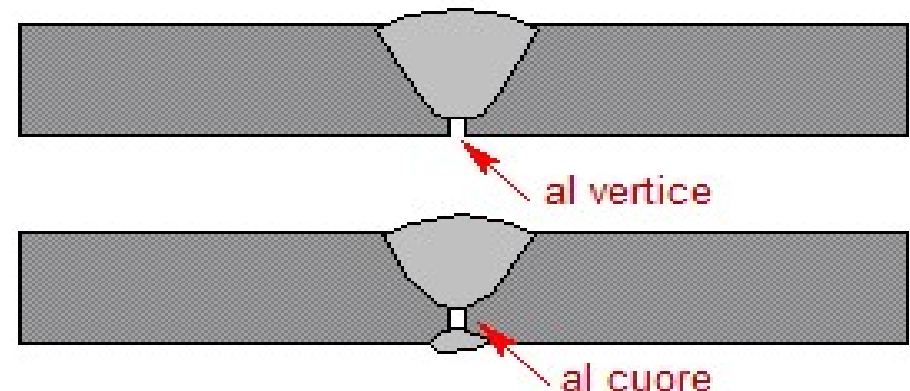
Inclusioni di scoria

- Si verifica tra due lembi del cianfrino con assenza di fusione della parte opposta alla torcia (mancanza di penetrazione) o tra un lembo e la zona fusa (mancanza di fusione). Sono provocate dalla mancata fusione di entrambi o di uno solo dei lembi.
- Possono essere causate dalla scorretta preparazione dei lembi (angolo di apertura del cianfrino troppo piccolo, spalla eccessiva, distanza tra i lembi insufficiente, slivellamento) o come nel caso della saldatura manuale ad arco, localizzato in corrispondenza delle riprese (cambio di elettrodo).

MANCANZA DI FUSIONE



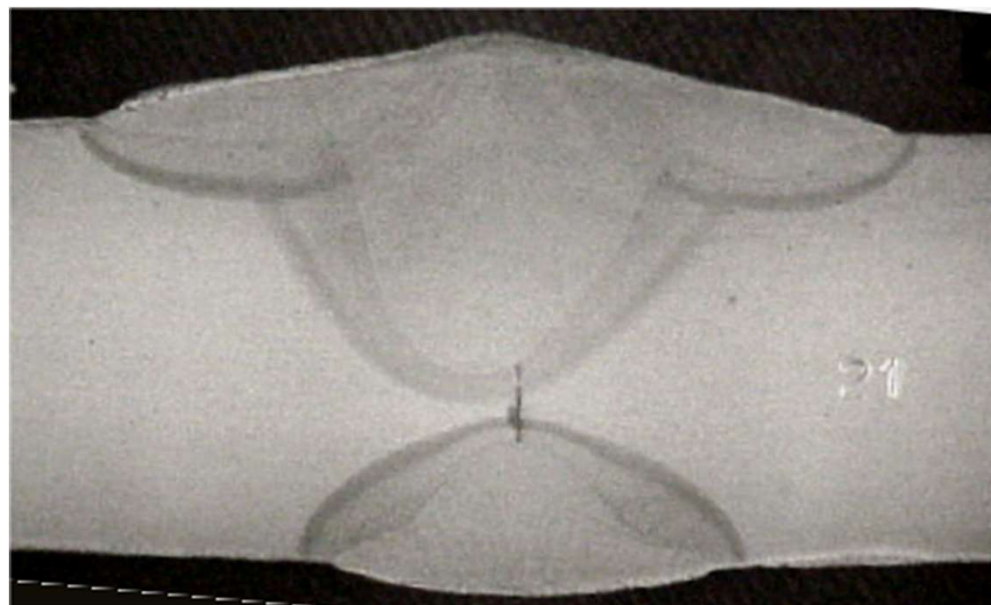
MANCANZA DI PENETRAZIONE



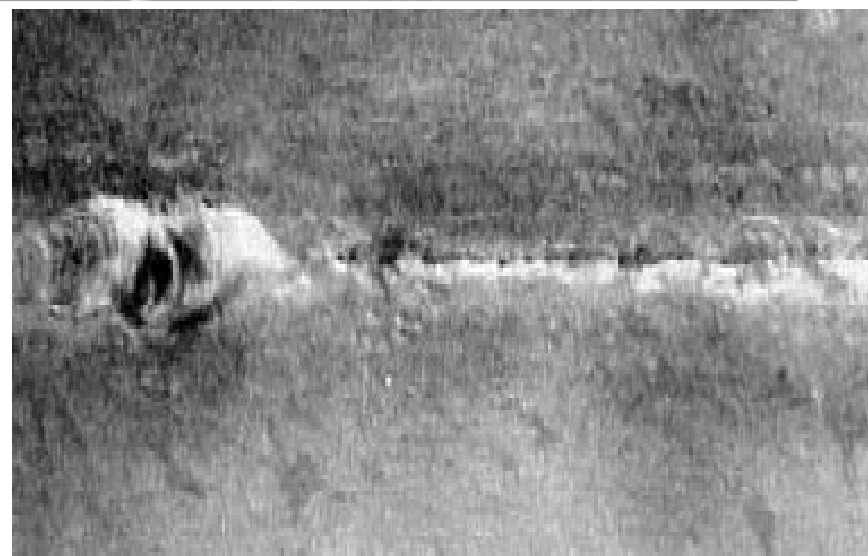
MANCANZA DI FUSIONE E/O PENETRAZIONE



Manca di penetrazione, incollatura



Manca di fusione alla radice



Manca di penetr. alla radice

INCISIONI MARGINALI – ECCESSO DI PENETRAZIONE

