

Seminario

“Gestione del livello di qualità nella fabbricazione di strutture e componenti saldati”

*Roma 16 Ottobre 2009*

# **Livelli di qualità per le imperfezioni di saldatura, regole per l'applicazione dei controlli non distruttivi, classificazione delle indicazioni e criteri di accettabilità**

*Simone Rusca, Michele Murgia, Franco Lezzi – IIS*

# Controllo delle saldature

## CONTROLLI INDIRETTI

- Esame della documentazione tecnica
- Certificazione dei procedimenti/ saldatori
- Prove di omologazione materiale d'apporto
- Qualificazione della procedura di saldatura

## CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

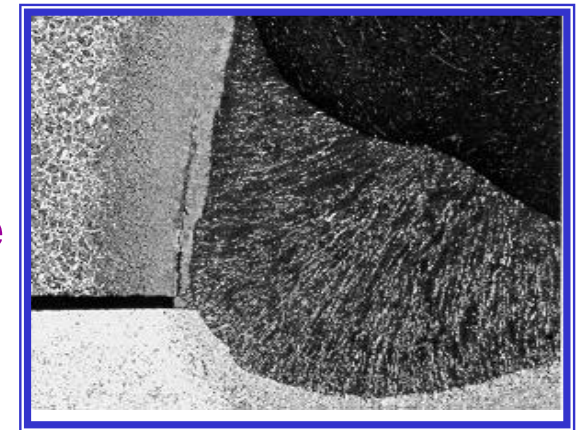
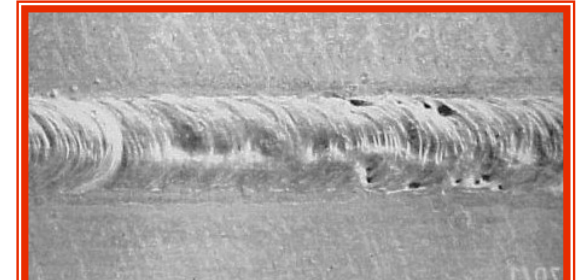
- Controlli distruttivi
- Controlli semidistruttivi (durezze, talloni, ecc.)
- Sorveglianza/verifica delle condizioni operative
- Assistenza alla fabbricazione

## CONTROLLI DIRETTI

- Controlli non distruttivi (PND):
  - Superficiali (VT, PT, MT)
  - Volumetrici (UT, RT)

## Considerazioni introduttive

- Esistono tre aspetti fondamentali che influenzano le caratteristiche finali di un giunto saldato:
  - **imperfezioni operative:** sono legate alle capacità operative del saldatore/operatore di saldatura in relazione alla tipologia (materiale, geometria) di giunto ed alla posizione di saldatura.
  - **imperfezioni metallurgiche:** sono legate alla metallurgia della saldatura, e quindi direttamente dipendenti dai parametri di saldatura in relazione alla tipologia (materiale, geometria) di giunto saldato
  - **caratteristiche meccaniche:** il giunto saldato deve rispondere a specifici requisiti di caratteristiche (resistenza, durezza, tenacità, ecc.)
- Questi aspetti richiedono pertanto un opportuno **controllo indiretto**, di cui sono elementi fondamentali la **qualifica dei processi di saldatura** e la **certificazione dei saldatori e degli operatori di saldatura**.



## Classificazione internazionale: UNI EN ISO 6520-1

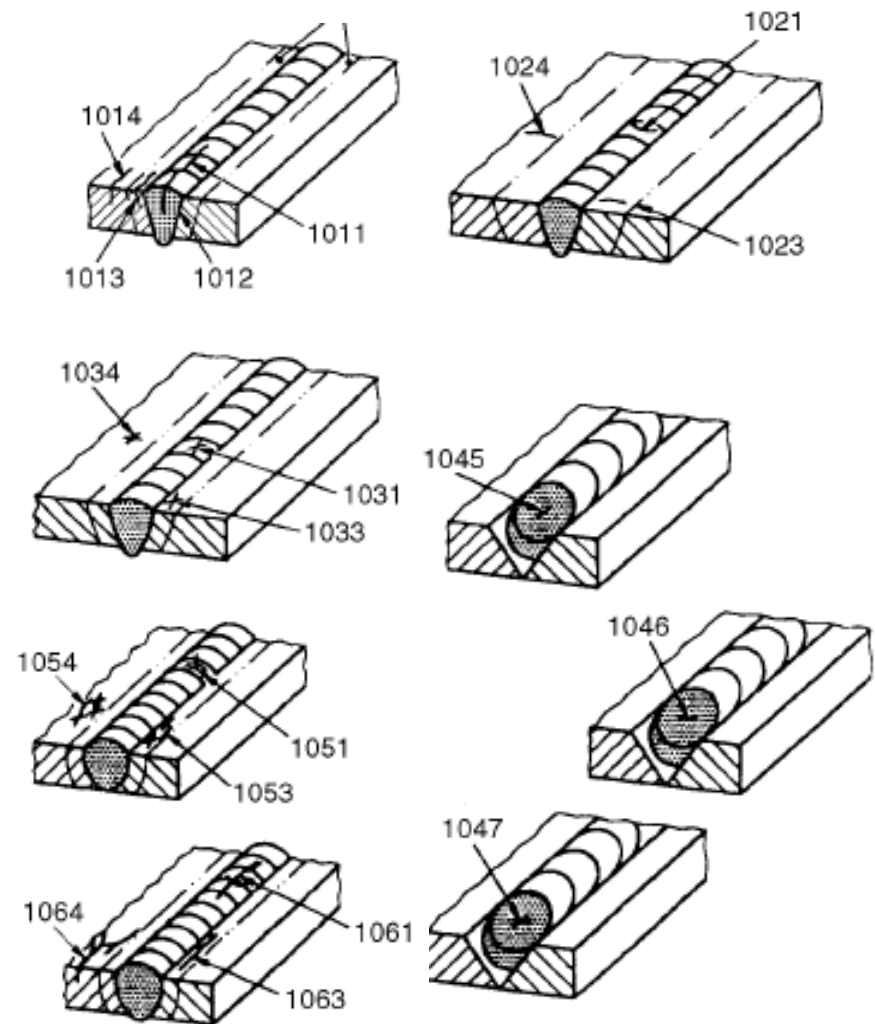
- La norma prevede sei gruppi:
  1. Cricche
  2. Cavità
  3. Inclusioni solide
  4. Mancanza di fusione e di penetrazione
  5. Difetti di forma e dimensionali
  6. Altre imperfezioni
- In aggiunta, una appendice informativa riporta una designazione dei tipi di cicche.

Riferimento	Designazione
<b>E</b>	<b>Cricche di saldatura</b>
Ea	Cricca a caldo
Eb	Cricca di solidificazione
Ec	Cricca di liquazione
Ed	Cricca da precipitazione
Ee	Cricca da indurimento strutturale
Ef	Cricca a freddo
Eg	Cricca per mancanza di duttilità (cricca fragile)
Eh	Cricca di ritiro
Ei	Cricca da idrogeno
Ej	Strappo lamellare
Ek	Cricca al bordo del cordone
El	Cricca da invecchiamento (cricca da diffusione di azoto)

UNI EN ISO 6520 - Appendice A (informativa)

## Cricche (gruppo 1)

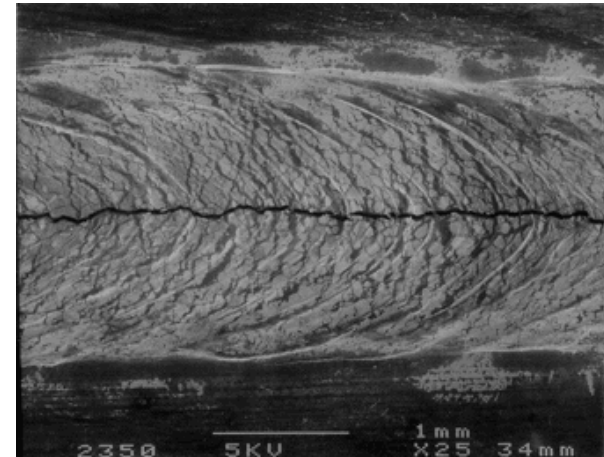
- “Imperfezioni prodotte da una rottura locale allo stato solido, che può formarsi per effetto del raffreddamento o di tensioni”.
  - Microcricche (1001) visibili solo al microscopio,
  - Altri tipi di cricche
    - 101 – Cricca longitudinale
    - 102 – Cricca trasversale
    - 103 – Cricca a raggiera
    - 104 – Cricca di cratere
    - 105 – rete di cricche
    - 106 – Cricche ramificate



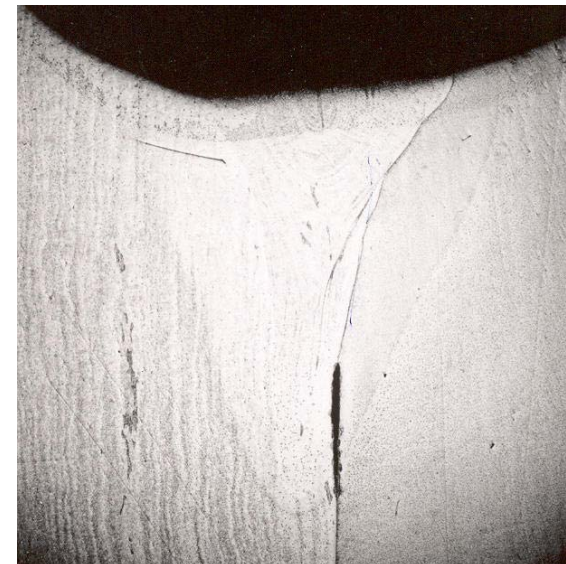


## Cricche longitudinali (101)

- *Cricche longitudinali in zona fusa (1011):*
  - Tipicamente **cricche a caldo**, causate dalla formazione di composti a bassa temperatura di fusione che, durante la solidificazione del metallo circostante, non resistono agli sforzi di ritiro.
- *Cricche longitudinali lungo la linea di fusione (1012):*
  - generalmente dovute alle **condizioni di esercizio** (es. cricche da corrosione, cricche di fatica) legate alla disomogeneità metallurgica tra zona fusa e zona termicamente alterata



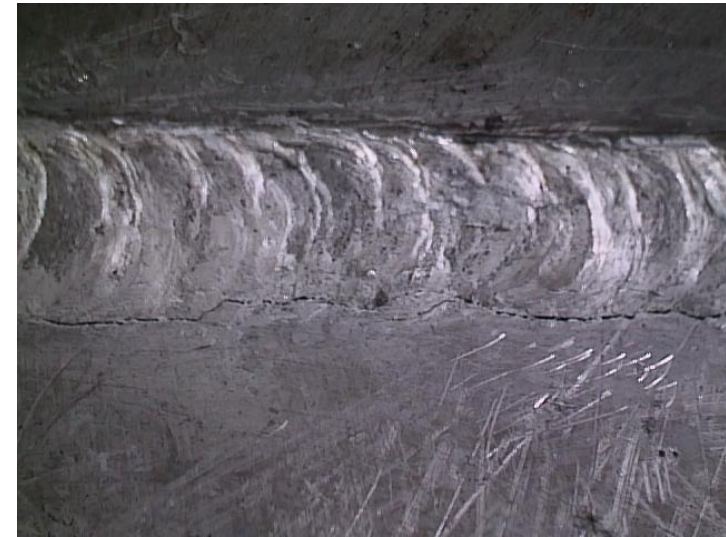
Cricca longitudinali in zona fusa  
(4 mm, MIG, A6082)



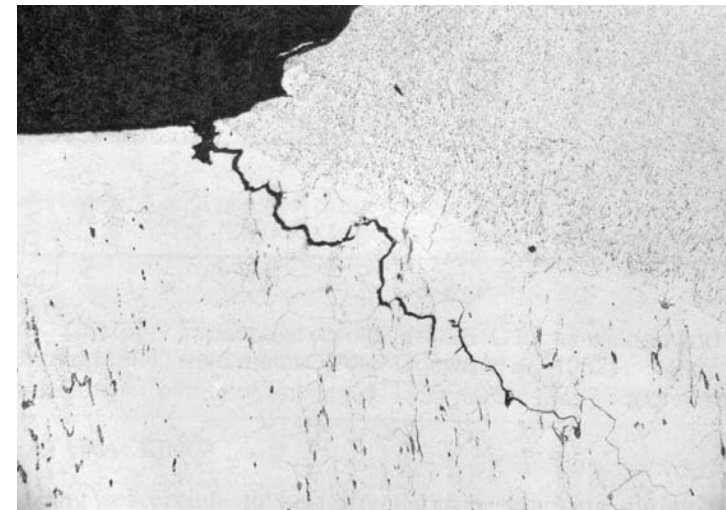
Cricca longitudinale lungo la linea  
di fusione (saldatura EBW)

## Cricche longitudinali (101)

- *Cricche longitudinali in zona termicamente alterata (1013)*
  - **Cricche a freddo** nella saldatura di acciai con materiali d'apporto bassolegati a bassa temprabilità, dovute alla formazione di strutture di tempra in saldatura associate alla presenza di elevati tenori di idrogeno diffusibile e alle tensioni di ritiro.
  - Cricche di **liquazione**, tipico delle leghe di Nichel ed Alluminio, con modalità di formazione simile alle cricche a caldo
  - Cricche da **trattamento termico** (cricche **da riscaldamento**), dovute alla fragilizzazione del materiale in seguito al riscaldamento ed alla presenza di deformazioni plastiche (rilassamento delle tensioni di ritiro).



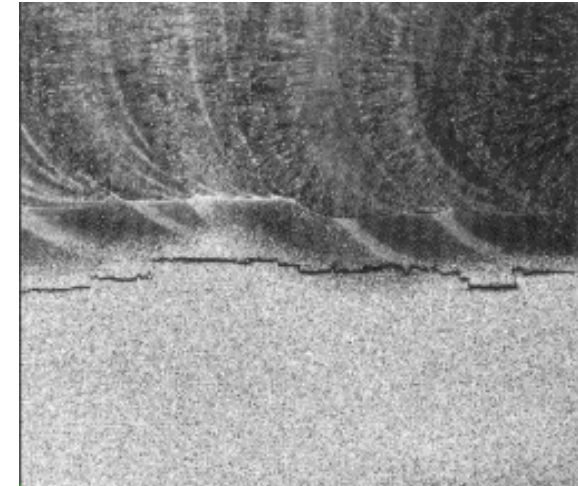
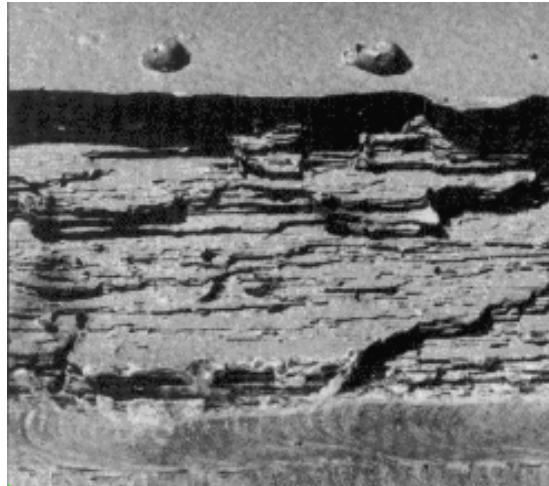
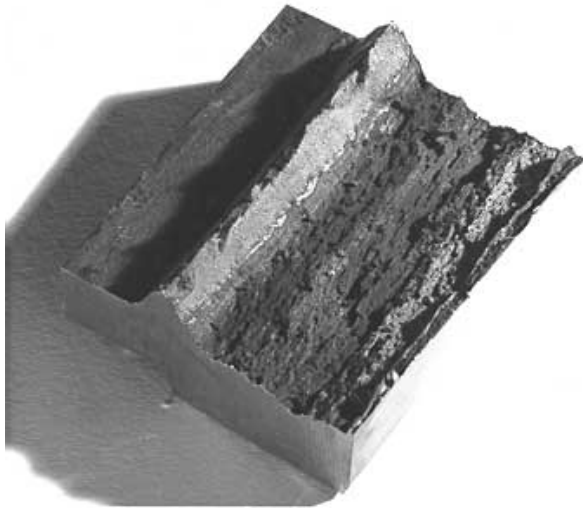
Cricca a freddo nella ZTA



Cricca da Riscaldamento in ZTA

## Cricche longitudinali (101)

- *Cricche longitudinali in materiale base (1013)*
  - Si può trattare, nel caso degli acciai bassolegati o degli estrusi di alluminio, di **strappi lamellari**, cioè discontinuità aventi tipicamente geometria a terrazza causati dalla rottura del laminato o estruso in prossimità di inclusioni lamelliformi per effetto delle tensioni di ritiro
  - Altre volte le cause possono essere legate alle **condizioni di esercizio**





## Cricche trasversali (102)

- *Cricche trasversali in zona fusa (1021):*
  - generalmente **cricche a freddo**, che si realizzano in questa posizione quando il materiale d'apporto ha caratteristiche di temprabilità equivalente al materiale base (es. acciai bonificati)
- *Cricche trasversali in zona termicamente alterata (1023) ed in materiale base (1024):*
  - legate alle condizioni di esercizio o trattamento termico in congiunzione con lo stato metallurgico e di sollecitazione della ZTA.
  - si può trattare del prolungamento di cricche a freddo trasversali in zona termicamente alterata dovute alla fragilità della zona termicamente alterata



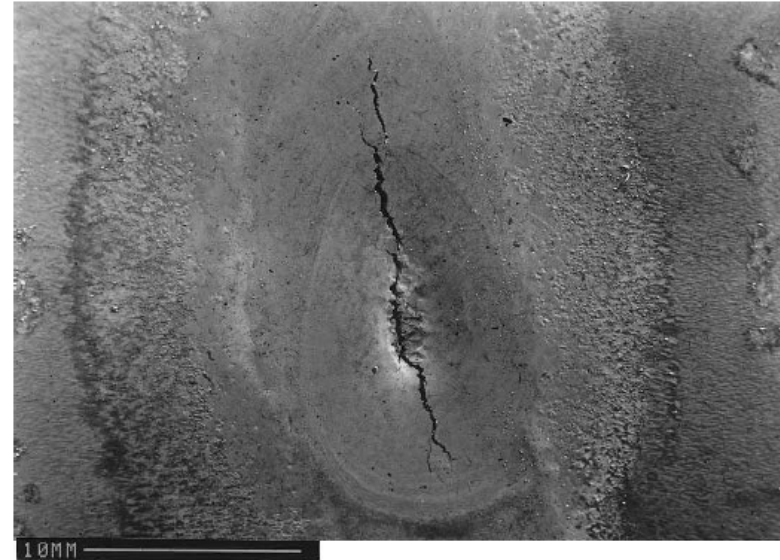
Cricca trasversale in zona fusa  
(Cricca a freddo – Controllo MT)



Cricca trasversale in ZF, ZTA e m.b.)  
(Cricca a freddo – Controllo MT)

## Cricche di cratere (104)

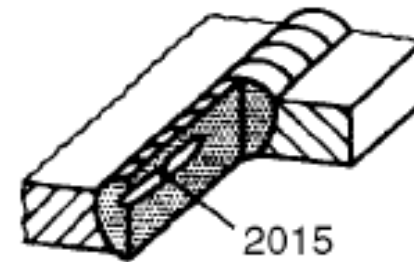
- Imperfezioni legate alla condizione metallurgica in prossimità della fine di una passata o di un tratto di saldatura:
  - il ritiro del metallo durante il raffreddamento determina la formazione di un **cratere** dovuto al risucchio del materiale ancora liquido da parte delle zone circostanti.
  - fenomeni di **segregazione** comportano spesso la presenza di sostanze a bassa temperatura di fusione.
- Si possono avere
  - *cricche di cratere longitudinali* (1045),
  - *cricche di cratere trasversali* (1046)
  - *cricche di cratere a stella* (1047).



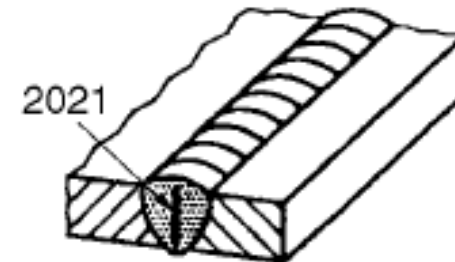
Cricca di cratere (TIG , A5083)

## Cavità (gruppo 2)

- Si tratta in generale di assenza di materiale classificate sulla base della posizione e della forma:
  - 201 soffiatura
    - 2011 poro
    - 2012 porosità distribuita uniformemente
    - 2013 nido di soffiature
    - 2014 pori allineati
    - 2015 cavità allungata
    - 2016 tarlo
    - 2017 poro superficiale
  - 202 cavità di ritiro
    - 2021 cavità di ritiro interdendritica
    - 2024 cavità di cratere
    - 2025 cavità di ritiro terminale
  - 203 microcavità di ritiro
    - 2031 microcavità di ritiro interdendritica
    - 2032 microcavità di ritiro transgranulare



2015 - CAVITA' ALLUNGATA

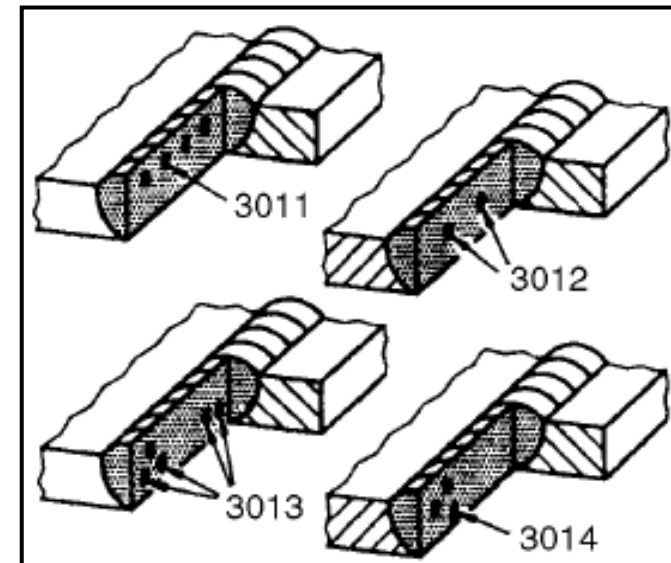


2021 - CAVITA' DI RITIRO  
INTERDENDRITICA

## Inclusioni solide (gruppo 3)

- Si tratta di sostanze estranee di vario genere intrappolate nel metallo fuso. Secondo il materiale stesso, si possono distinguere differenti imperfezioni

<b>301 – Inclusioni di scoria</b>	3011 – allineate
	3012 – isolate
	3013 – raggruppate
<b>302 – Inclusioni di flusso</b>	3021 – allineate
	3022 – isolate
	3024 – raggruppate
<b>303 – Inclusioni di ossido</b>	3031 – allineate
	3032 – isolate
	3033 – raggruppate
	3034 – Pellicola d'ossido
<b>304 – Inclusione metallica</b>	3041 – di tungsteno
	3042 – di rame
	3043 – di altro metallo



Inclusioni di scoria

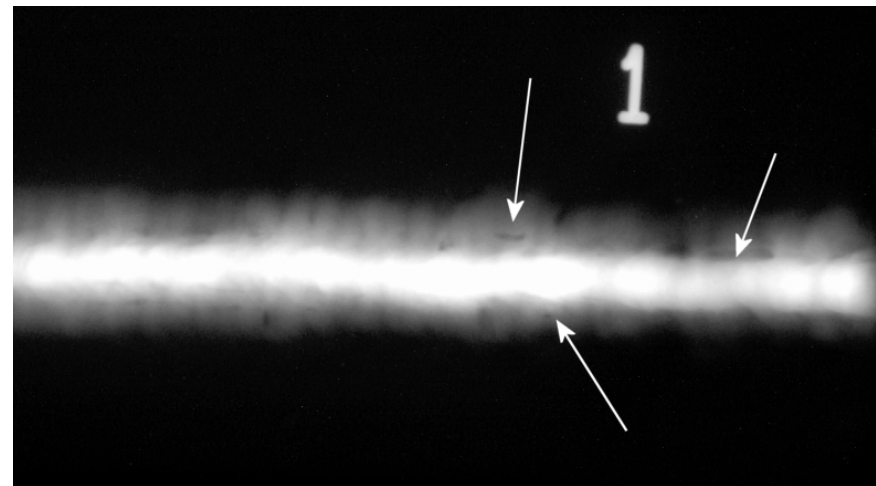


## Inclusioni di scoria e di flusso (301 e 302)

- E' una delle imperfezioni più comuni nei cordoni eseguiti con elettrodi rivestiti (inclusioni di scoria) o ad arco sommerso (inclusioni di flusso) in più passate.
  - **Asportazione** poco accurata delle scorie di una passata **prima dell'esecuzione della passata successiva** (influenza la regolarità superficiale del cordone la convessità dello stesso).
  - **Maneggio** non corretto dell'elettrodo rivestito
  - Non esatto **posizionamento della testa saldante**
  - Errati **parametri della preparazione** (per esempio, angolo di apertura del cianfrino troppo stretto).



Inclusioni di scoria

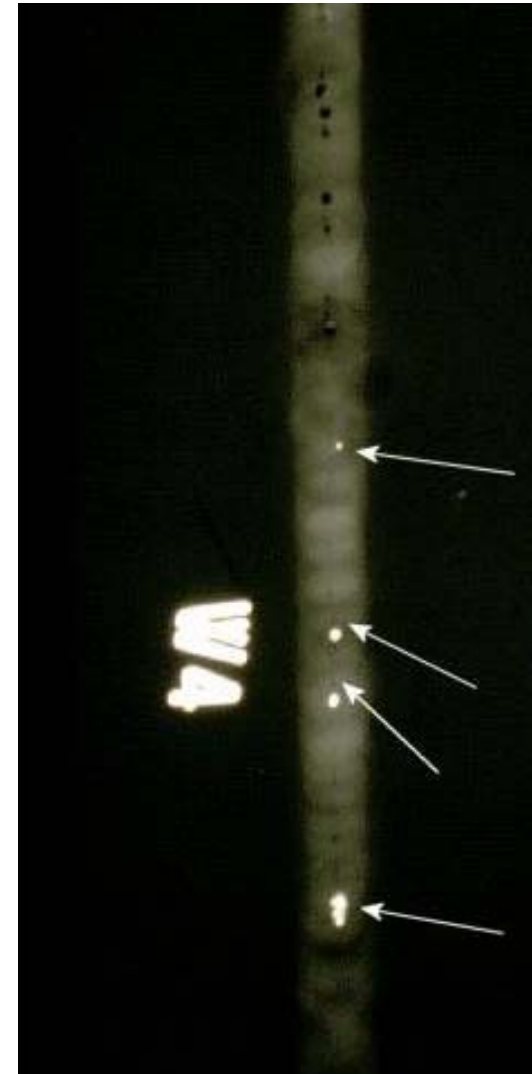


Inclusioni di scoria raggruppate (controllo RT)



## Inclusioni metalliche (304)

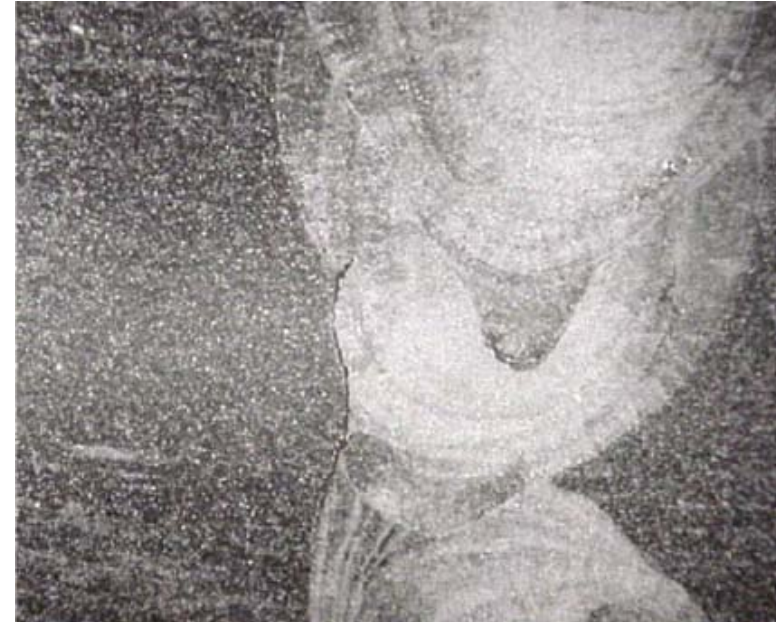
- *Inclusioni di tungsteno (3041)*
  - sono un’imperfezione tipica del **processo TIG**
  - Tra le possibili cause ci sono uno scorretto **maneggio della torcia**, insufficiente **protezione gassosa**, **corrente** troppo elevata o uso di alimentazione incorretta nella saldatura dell’alluminio.
  - Hanno **forma** generalmente molto irregolare ed ai vertici delle loro frastagliature possono trovarsi piccole cricche
- *Inclusioni di rame (3042)*
  - Sono caratteristiche della saldatura su **supporto infusibile**, e possono essere responsabili di un Infragilimento del metallo (**liquid metal embrittlement**) o della semplice riduzione di sezione resistente.



Inclusioni di tungsteno  
(Lega di alluminio, esame RT)

## Mancanze di fusione e di penetrazione (Gruppo 4)

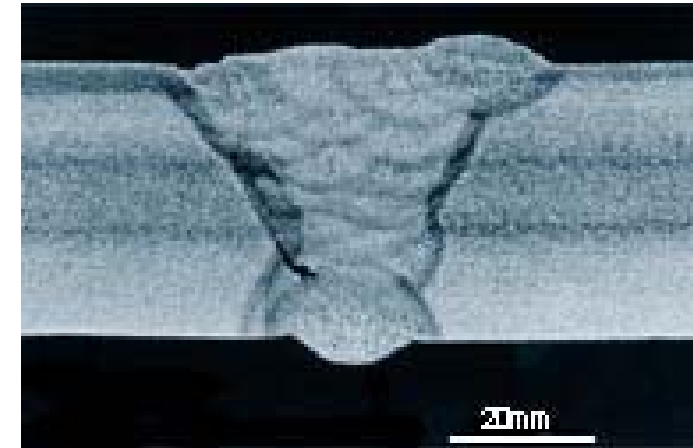
- Si tratta in generale di situazioni in cui
  - i **parametri elettrici** non sono corretti (in particolar modo la corrente risulta troppo bassa),
  - la **velocità di saldatura** è troppo elevata
  - la **tecnica operatoria** è inadeguata
  - La **preparazione dei lembi** non è corretta.
- Pericolose in considerazione della **geometria bidimensionale** dell'imperfezione che provoca un'intensificazione locale degli sforzi (effetto d'intaglio).



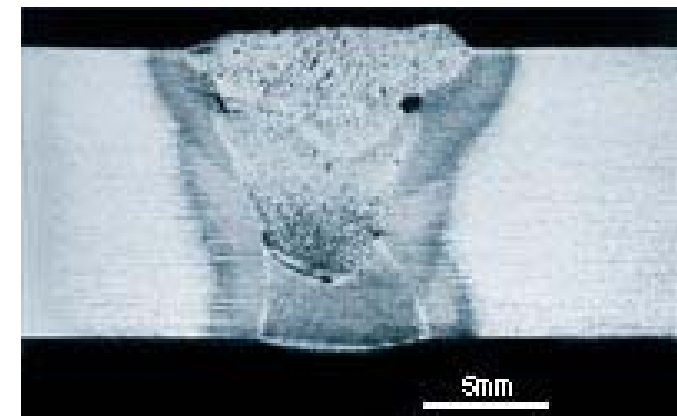
Mancanza di fusione laterale  
(saldatura MAG, preparazione a K)

## Mancanza di fusione o incollatura (401)

- Si tratta di una mancanza di collegamento tra il metallo depositato ed il metallo base, oppure tra strati contigui di metallo depositato.
  - Sono tipiche degli **acciai al carbonio o bassolegati**, per procedimenti come la saldatura ossiacetilenica (cioè ad apporto termico poco concentrato) o MAG (cioè con apporto termico basso)
  - materiali avente buona **trasmissione del calore**, come le leghe di alluminio e di rame.
- In base alla posizione dell'incollatura, è possibile distinguere:
  - *mancanza di fusione laterale (4011)*
  - *mancanza di fusione tra le passate (4012)*
  - *mancanza di fusione al vertice (4013)*



Mancanza di fusione laterale



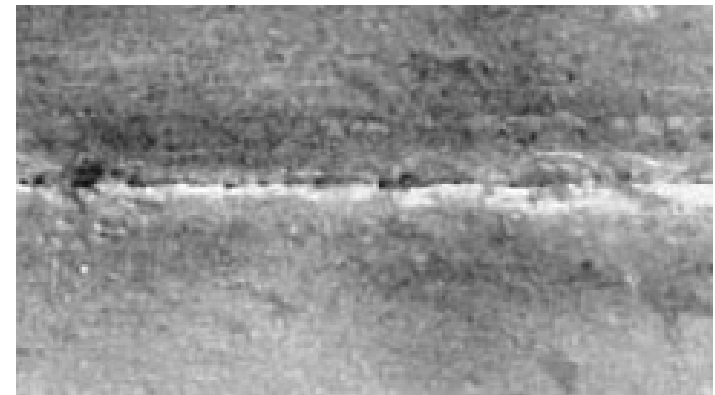
Mancanza di fusione tra le passate

## Mancanza di penetrazione o penetrazione incompleta (402)

- Si tratta di una differenza tra penetrazione richiesta dal progettista (nominale) e quella effettiva.
  - Cattiva preparazione dei lembi (angolo di apertura del cianfrino troppo piccolo, spalla eccessiva, distanza tra i lembi insufficiente, slivellamento)
  - Ripresa non adeguata
  - Scarsa abilità del saldatore, nel caso di procedimenti di saldatura non automatici.
- Generalmente il difetto è localizzato al vertice della saldatura (4021 – *mancanza di penetrazione al vertice*), sia in saldature testa a tesata, sia a T sia a cordone d'angolo.



Mancanza di penetrazione, incollatura



Mancanza di penetrazione al vertice  
(vista del rovescio del giunto)

## Difetti di forma e dimensionali (gruppo 5)

- Si tratta, in generale, di imperfezioni del profilo sulle superfici esterne della saldatura oppure della configurazione geometrica difettosa del giunto.
- Appartengono quindi a questo gruppo imperfezioni di carattere operativo
- Queste imperfezioni sono particolarmente critiche per le seguenti condizioni di sollecitazione:
  - Fatica
  - Corrosione
  - Creep

501 incisione marginale	5011 incisione marginale continua
	5012 incisione marginale discontinua
	5013 incisione al vertice
	5014 incisione tra le passate
	5015 incisione marginale discontinua; incisione marginale locale
502 sovrametallo eccessivo	
503 convessità eccessiva	
504 eccesso di penetrazione	5041 eccesso di penetrazione locale
	5042 eccesso di penetrazione continuo
	5043 sfondamento
505 raccordo difettoso	
506 traboccamento	5061 traboccamento dell'ultima passata
	5062 traboccamento della passata al vertice
507 slivellamento	5071 slivellamento fra lamiere
	5072 slivellamento fra tubi
508 deformazione angolare	
509 avvallamento	5091 avvallamento in frontale
	5092 avvallamento in piano o in soprattesta
	5093 avvallamento in saldatura d'angolo
	5094 avvallamento con spigolo fuso
510 sfondamento	
511 riempimento incompleto, insellamento	
512 asimmetria eccessiva di una saldatura d'angolo	
513 larghezza irregolare	
514 superficie irregolare	
515 insellamento al vertice	
516 spugnosità al vertice	
517 difetto di ripresa, ripresa difettosa	
520 distorsione eccessiva	
521 dimensioni non corrette della saldatura	5211 eccessivo spessore della saldatura
	5212 larghezza eccessiva della saldatura
	5213 altezza di gola insufficiente
	5214 altezza di gola eccessiva

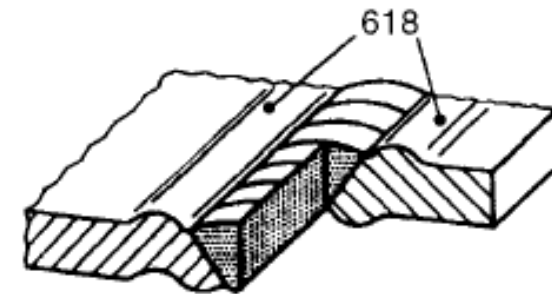


## Altre imperfezioni (Gruppo 6)

- Imperfezioni che non possono essere incluse nei gruppi da 1 a 5:
  - 601 colpo d'arco (sul pezzo)
  - 602 spruzzo
    - 6021 spruzzo di tungsteno
  - 603 strappo superficiale
  - 604 colpo di mola
  - 605 colpo di scalpello
  - 606 molatura eccessiva
  - 607 imperfezione della puntatura
  - 608 sfalsamento di saldature contrapposte
  - 610 colori di rinvenimento
  - 613 superficie ricoperta con calamina
  - 614 residuo di flusso
  - 615 residuo di scoria
  - 617 distacco non corretto in saldatura d'angolo
  - 618 rigonfiamento



Superficie ricoperta con calamina  
(Assenza di protezione al rovescio)



## Colori di rinvenimento (610)

- E' un fenomeno caratteristico di metalli particolarmente **suscettibili all'ossidazione**.
  - purezza del gas inadeguata
  - tecnica operativa
- Il fenomeno si può presentare al dritto o al rovescio della saldatura



Acciaio Cr-Mo

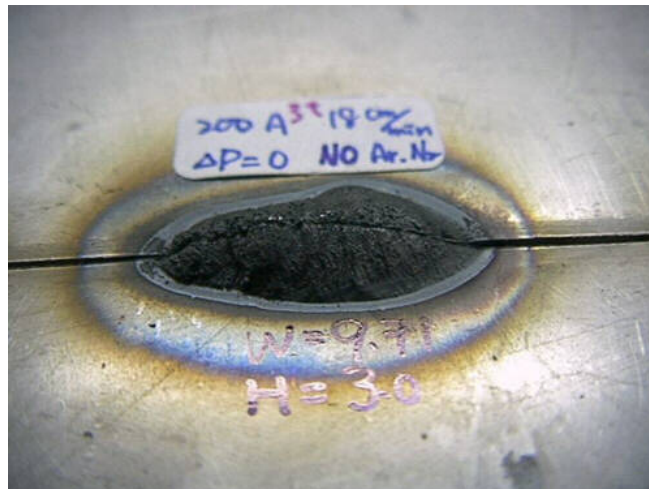


Acciaio Inossidabile austenitico






Lega Ti 6Al-4V

## Colori di rinvenimento (610)

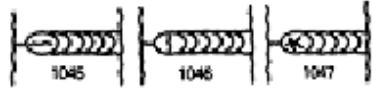


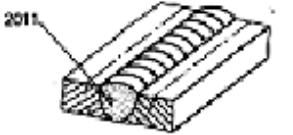




# Classificazione dei difetti: UNI EN ISO 6520-1

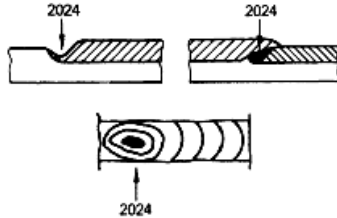
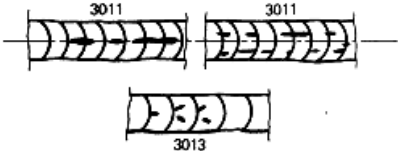
Riferimenti numerici e letterali della Raccolta di radiografie di riferimento dell'IIW		Designazione Italiano Inglese Francese Tedesco	Commenti esplicativi Italiano	Figure
1	2	3	4	5
100	E	cricca crack fissure Riss	<b>Gruppo N° 1 Cricche</b> Discontinuità prodotta da una rottura locale che può formarsi per effetto del raffreddamento o di tensioni.	
1001		microcricca micro-crack microfissure Mikroriss	Alorché la cricca ha dimensioni microscopiche, essa viene denominata microcricca.	
101 1011 1012 1013 1014	Ea	<u>cricca longitudinale</u> longitudinal crack fissure longitudinale Längsriss	Cricca la cui direzione è sostanzialmente parallela all'asse della saldatura. Essa può trovarsi: — nel metallo fuso; — al bordo della zona di fusione; — nella zona termicamente alterata; — nel metallo base.	
102 1021 1023 1024	Eb	<u>cricca trasversale</u> transverse crack fissure transversale Querriß	Cricca la cui direzione è sostanzialmente perpendicolare all'asse della saldatura. Essa può trovarsi: — nel metallo fuso; — nella zona termicamente alterata; — nel metallo base.	
103 1031 1033 1034	E	<u>cricche a raggiera</u> radiating cracks fissures rayonnantes sternförmiger Riss	Cricche irraggianti da uno stesso punto. Essa possono trovarsi: — nel metallo fuso; — nella zona termicamente alterata; — nel metallo base.  Nota — Le piccole cricche di questo tipo vengono denominate “cricche a stella”.	

# Classificazione dei difetti: UNI EN ISO 6520-1

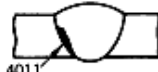



Riferimenti numerici e letterali della Raccolta di radiografie di riferimento dell'IIW		Designazione Italiano Inglese Francese Tedesco	Commenti esplicativi Italiano	Figure
1	2	3	4	5
104 1045 1046 1047	Ec	cricca di cratere crater crack fissure de cratère Endkraternriss	Cricca nel cratere terminale di una saldatura. Essa può essere: — longitudinale; — trasversale; — a stella.	
105 1051 1053 1054	E	rete di cricche group of disconnected cracks réseau de fissures maßbrées Rissanhäufung	Gruppo di cricche separate. Esse possono trovarsi: — nel metallo fuso; — nella zona termicamente alterata; — nel metallo base.	
106 1061 1063 1064	E	cricche ramificate branching cracks fissures ramifiées verzweigter Riss	Gruppo di cricche collegate tra loro, ramificate, che sono da distinguere dalla rete di cricche (105) e dalle cricche a raggiera (103). Esse possono trovarsi: — nel metallo fuso; — nella zona termicamente alterata; — nel metallo base.	
200 201	A	soffiatura gas cavity soufflure Gaseinschluss	<b>Gruppo N° 2</b> <b>Cavità</b> Cavità formata da gas intrappolati.	
2011	Aa	<u>poro</u> gas pore soufflure sphéroïdale Pore	Soffiatura di forma sostanzialmente sferica.	



# Classificazione dei difetti: UNI EN ISO 6520-1

Riferimenti numerici e letterali della Raccolta di radiografie di riferimento dell'IIW		Designazione Italiano Inglese Francese Tedesco	Commenti esplicativi Italiano	Figure
1	2	3	4	5
2023		microcavità di ritiro interdendritica interdendritic microshrinkage microretassure interdendritique Interkristalliner Mikrolunker	Cavità di ritiro interdendritica visibile solo al microscopio.	
2024	K	<u>cavità di cratere</u> crater pipe retassure de cratère Endkraterlunker	Cavità all'estremità di una passata di saldatura, non eliminata prima o durante l'esecuzione della passata successiva.	
300		inclusione solida solid inclusion inclusion solide fester Einschluss	<b>Gruppo N° 3</b> <b>Inclusioni solide</b> Sostanza solida estranea intrappolata nel metallo fuso.	
301 3011 3012 3013	Ba	<u>inclusione di scoria</u> slag inclusion inclusion de laitier Schlackeneinschluss	Scoria intrappolata nel metallo fuso. A seconda della loro distribuzione, le inclusioni di scoria possono essere: — allineate; — isolate; — distribuite in altro modo.	

# Classificazione dei difetti: UNI EN ISO 6520-1

Riferimenti numerici e letterali della Raccolta di radiografie di riferimento dell'IIW		Designazione Italiano Inglese Francese Tedesco	Commenti esplicativi Italiano	Figure
1	2	3	4	5
302 3021 3022 3023	G	inclusione di flusso flux inclusion inclusion de flux Flussmitteleinschluss	Flusso intrappolato nel metallo fuso. A seconda della loro distribuzione, le inclusioni di flusso possono essere: — allineate; — isolate; — distribuite in altro modo.	Vedere 3011-3013
303	J	inclusione di ossido oxide inclusion inclusion d'oxyde Oxideinschluss	Ossido metallico intrappolato nel metallo fuso durante la solidificazione.	
3031		pellicola di ossido puckering peau d'oxyde Oxidhaut	Pellicola di ossido metallico, che si forma in certi casi e specialmente nelle leghe di alluminio per difettosa protezione dall'atmosfera e per la turbolenza del bagno di fusione.	
304 3041 3042 3043	H	inclusione metallica metallic inclusion inclusion métallique Fremdmetalleinschluss	Particella di metallo estraneo intrappolata nel metallo fuso. Essa può essere costituita da: — tungsteno; — rame; — altro metallo.	
400 401 4011 4012 4013		<u>mancanza di fusione</u> ( <u>incollatura</u> ) lack of fusion manque de fusion Bindefehler	<p><b>Gruppo N° 4</b> <b>Mancanza di fusione e di penetrazione</b></p> <p>Mancanza di collegamento fra il metallo depositato e il metallo base, oppure fra due strati contigui di metallo depositato. Si possono distinguere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— la mancanza di fusione laterale, che interessa i bordi da saldare;</li> <li>— la mancanza di fusione<sup>1)</sup> tra le passate;</li> <li>— la mancanza di fusione al vertice della saldatura.</li> </ul> <p>1) In certi Paesi si usano i termini: "incollatura nera" quando si ha l'interposizione di uno strato di ossido non fuso tra il metallo depositato e il metallo base, e "incollatura bianca" quando il collegamento tra il metallo d'apporto e il metallo base è assicurato da una pellicola di ossido fuso.</p>	   

## Pericolosità delle imperfezioni e criteri di accettabilità

- Nel considerare la pericolosità di un'imperfezione e quindi nel fissare un criterio di accettabilità della stessa (eventualmente in funzione delle sue dimensioni), è necessario considerare il contesto in cui tale imperfezione si trova:
  - tipo di sollecitazione cui il giunto è sottoposto,
  - tipo, importanza e le condizioni di servizio della struttura di cui il giunto fa parte
  - caratteristiche del materiale base.
  - Ispezionabilità del giunto
- Gli aspetti più significativi risultano:
  - Riduzione della sezione resistente del giunto
  - Diminuzione della resistenza del giunto a causa delle alterazioni metallurgiche locali.
  - In caso di giunti sollecitati a fatica o a scorrimento viscoso a caldo l'effetto di intaglio (aumento di tensione locale)
  - In caso di esercizio a bassa temperatura, innesco e propagazione delle rotture, che possono portare ad una rottura fragile.



**SS Schenectady, Nave cisterna  
interamente saldata rottasi in due parti  
nel 1943, quando era ormeggiata in  
porto.**

## Pericolosità delle imperfezioni e criteri di accettabilità

- I codici e le norme più correntemente utilizzate stabiliscono infatti i criteri di accettabilità dei difetti sulla base **dell'esperienza della non pericolosità** dei difetti stessi ed hanno pertanto **carattere arbitrario e convenzionale**.
- In questo caso, un utile riferimento per il progettista nello stabilire i criteri di accettabilità può essere la norma **UNI EN ISO 5817 “Saldatura – Giunti saldati per fusione in acciaio, nickel, titanio e loro leghe (escluso il fascio elettronico) – Livelli di qualità per le imperfezioni”**, che fissa tre livelli di qualità per le imperfezioni:
  - **B**: Livello di qualità elevato
  - **C**: Livello di qualità medio
  - **D**: Livello di qualità moderato.
  - I valori indicati sono relativi alle **dimensioni reali dei difetti**. Il rilevamento e la valutazione di tali dimensioni possono richiedere l'uso di uno o più metodi di controllo non distruttivi
  - Esiste norma analoga per Alluminio e sue leghe: **UNI EN ISO 10042**

# Livelli di qualità nelle imperfezioni

Tali norme sono Riferimenti per la stesura di codici di applicazione

- Si applicano alle saldature con spessori maggiori di 0.5 mm
- Si applica a giunti saldati per fusione
- Vengono forniti tre livelli di qualità delle imperfezioni delle saldature

SIMBOLO DEL LIVELLO	LIVELLO DI QUALITA'
D	MODERATO
C	MEDIO
B	ELEVATO

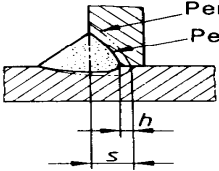

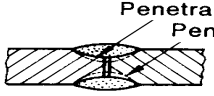
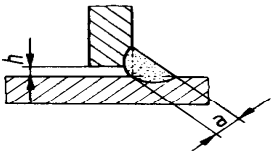
- **Non** rappresentano norme di accettabilità in quanto non si tiene conto dell'applicazione cui il manufatto è destinato (**fitness-for-purpose**)



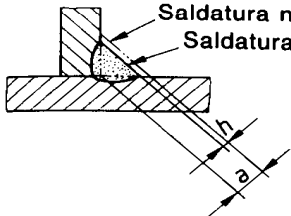
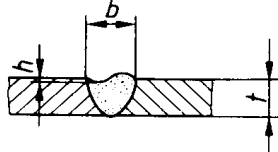
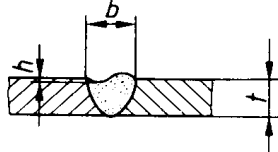
# UNI EN ISO 5817

N°	Designazione della imperfezione	Riferimento alla ISO 6520	Osservazioni	Limiti delle imperfezioni per i livelli di qualità:		
				moderato D	medio C	elevato B
1	Cricche	100	Tutti i tipi di cricche, eccetto microcricche ( $h \cdot l < 1 \text{ mm}^2$ ); per cricche di cratere vedere N° 2	Non ammesse		
2	Cricche di cratere	104		Ammesse	Non ammesse	
3	Porosità, soffiature e pori	2011 2012 2014 2017	Devono essere soddisfatti le seguenti condizioni e limiti per le imperfezioni:  a) Valore massimo della somma delle aree delle imperfezioni in percentuale rispetto all'area proiettata o all'area della superficie di frattura della saldatura.  b) Dimensione massima di una singola imperfezione per: — saldature testa a testa — saldature d'angolo  c) Dimensione massima per una singola imperfezione	4%	2%	1%
				$d \leq 0,5 s$ $d \leq 0,5 a$ 5 mm	$d \leq 0,4 s$ $d \leq 0,4 a$ 4 mm	$d \leq 0,3 s$ $d \leq 0,3 a$ 3 mm
5	Cavità allungate, tarli	2015 2016	Imperfezioni lunghe per: — saldature testa a testa — saldature d'angolo  In ogni caso, dimensione massima per cavità allungate, tarli	$h \leq 0,5 s$ $h \leq 0,5 a$ 2 mm	Non ammesse	Non ammesse
			Imperfezioni corte per: — saldature testa a testa — saldature d'angolo  In ogni caso, dimensione massima per cavità allungate, tarli	$h \leq 0,5 s$ $h \leq 0,5 a$ 4 mm o non maggiori dello spessore	$h \leq 0,4 s$ $h \leq 0,4 a$ 3 mm o non maggiori dello spessore	$h \leq 0,3 s$ $h \leq 0,3 a$ 2 mm o non maggiori dello spessore

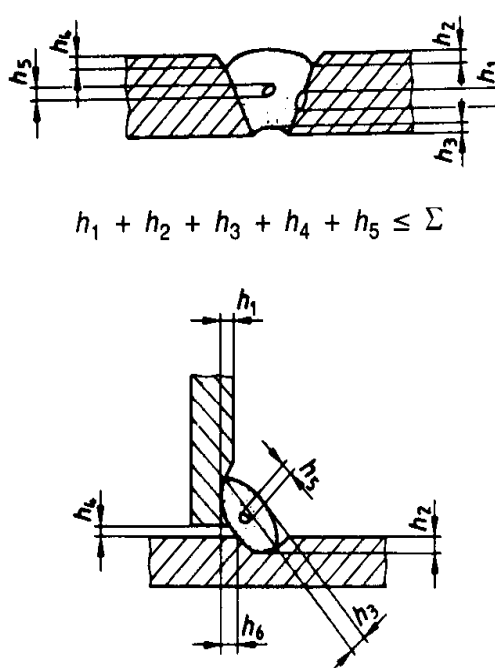
# UNI EN ISO 5817

8	Mancanza di fusione (fusione incompleta)	401		Ammessa, ma solo se intermittente e non affiorante alla superficie	Non ammessa	
9	Mancanza di penetrazione (penetrazione incompleta)	402	 <p>Fig. A</p>  <p>Fig. B</p>  <p>Fig. C</p>	<p>Imperfezioni lunghe: non ammesse</p> <p>Imperfezioni corte:</p> <p><math>h \leq 0,2 s</math>, max. 2 mm</p> <p><math>h \leq 0,1 s</math>, max. 1,5 mm</p>	Non ammessa	
10	Assiematura dei lembi difettosa (distacco dei lembi difettoso) in saldature d'angolo		<p>Distacco eccessivo o insufficiente tra le parti da unire</p>  <p>I distacchi che superano il limite ammesso possono in certi casi essere compensati con un aumento corrispondente dell'altezza di gola</p>	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$ , max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$ max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$ max. 2 mm

# UNI EN ISO 5817

15	Saldatura d'angolo avente un'altezza di gola minore del valore nominale	—	Una saldatura d'angolo avente un'altezza di gola apparentemente minore del valore prescritto non dovrebbe essere considerata imperfetta se l'altezza di gola effettiva sommata ad una maggiore profondità di penetrazione corrisponde al valore nominale				Non ammessa
				Imperfezioni lunghe: non ammesse			
19	Riempimento incompleto del cianfrino  Avvallamento	511  509	Si esige un raccordo dolce.				Non ammessa
				Imperfezioni corte: $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ max. 2 mm      max. 1 mm			
19	Riempimento incompleto del cianfrino	511	Si esige un raccordo dolce.	Imperfezioni lunghe: non ammesse			Non ammessa
	Avvallamento	509		Imperfezioni corte: $h \leq 0,2 t$ , max. 2 mm $h \leq 0,1 t$ , max. 1 mm $h \leq 0,05 t$ , max. 0,5 mm			
23	Ripresa difettosa	517		Ammessa	Non ammessa		Non ammessa
24	Colpo d'arco	601		Le condizioni di accettabilità possono essere modificate da un trattamento dopo saldatura. L'accettabilità dipende dal tipo di materiale base, con particolare riguardo alla sensibilità alla formazione di cricche.			
25	Spruzzo	602		L'accettabilità dipende dal tipo di applicazione.			

# UNI EN ISO 5817

N°	Designazio- ne della imperfezione	Riferi- mento alla ISO 6520	Osservazioni	Limiti delle imperfezioni per i livelli di qualità:		
				moderato D	medio C	elevato B
26	Imperfe- zioni mul- tiple in una se- zione tra- versale qualsiasi <sup>1)</sup>	—	<p>Per spessori <math>s \leq 10</math> mm od altezze di go- la <math>a \leq 10</math> mm, può essere necessario fare considerazioni particolari.</p>  <p><math>h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \leq \Sigma</math></p> <p><math>h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 = \Sigma h</math></p>	<p>Altezza totale massima delle imperfezioni corte <math>\Sigma h</math></p> <p>0,25 s o 0,25 a, max. 10 mm</p> <p>0,2 s o 0,2 a, max. 10 mm</p> <p>0,15 s o 0,15 a, max. 10 mm</p>		



# UNI EN 12062: Regole generali per l'applicazione dei controlli non distruttivi alle saldature

- Fornisce una guida per la redazione della documentazione (Procedure, piano di controllo, resoconto finale)
- Consiglia quali metodi sono applicabili sulla base del materiale e dello spessore e del tipo di giunto (testa a testa - a T)
- Fornisce una correlazione tra criteri di accettabilità (indicate dalle norme di metodo) e UNI EN ISO 5817

**Tabella 2 - Metodi generalmente riconosciuti per la rivelazione di imperfezioni superficiali accessibili per tutti i tipi di saldature, incluse quelle d'angolo**


Materiali	Metodo di esame
Acciaio ferritico	VT VT e MT VT e PT VT ed (ET)
Acciaio austenitico, alluminio, nichel, rame e titanio	VT VT e PT VT ed (ET)
( ) Indica che il metodo è applicabile con limitazioni	

# UNI EN 12062: Regole generali per l'applicazione dei controlli non distruttivi alle saldature

Tabella 3 - Metodi generalmente riconosciuti per la rivelazione di imperfezioni interne per i giunti testa a testa e a T a piena penetrazione

Materiali e tipo di giunto	Spessore in mm <sup>1)</sup>		
	$t \leq 8$	$8 < t \leq 40$	$t > 40$
Giunti testa a testa in acciaio ferritico	RT o (UT)	RT o UT	UT o (RT)
Giunti a T in acciaio ferritico	(UT) o (RT)	UT o (RT)	UT o (RT)
Giunti testa a testa in acciaio austenitico	RT	RT o (UT)	RT o (UT)
Giunti a T in acciaio austenitico	(UT) o (RT)	(UT) e/o (RT)	(UT) o (RT)
Giunti testa a testa in alluminio	RT	RT o UT	RT o UT
Giunti a T in alluminio	(UT) o (RT)	UT o (RT)	UT o (RT)
Giunti testa a testa in leghe di nichel e di rame	RT	RT o (UT)	RT o (UT)
Giunti a T in leghe di nichel e di rame	(UT) o (RT)	(UT) o (RT)	(UT) o (RT)
Giunti testa a testa in titanio	RT	RT o (UT)	
Giunti a T in titanio	(UT) o (RT)	UT o (RT)	
( ) Indica che il metodo è applicabile con limitazioni <sup>1)</sup> Lo spessore $t$ è lo spessore nominale del materiale base da saldare			

# UNI EN 12062: Scelta del livello di accettabilità


Esame visivo (VT) 

Livelli di qualità in conformità alla EN 25817 o EN 30042	Tecniche di esame e livelli in conformità alla EN 970	Livelli di accettazione <sup>1)</sup>
B	Livello non specificato	B
C	Livello non specificato	C
D	Livello non specificato	D

<sup>1)</sup> I livelli di accettazione per l'esame visivo sono uguali ai livelli di qualità della EN 25817 o EN 30042.

Liquidi penetranti (PT) 

Livelli di qualità in conformità alla EN 25817 o EN 30042	Tecniche di esame e livelli in conformità alla EN 571-1	Livelli di accettazione in conformità alla EN 1289
B	Livello non specificato	2 X
C	Livello non specificato	2 X
D	Livello non specificato	3 X

Particelle magnetiche (MT) 

Livelli di qualità in conformità alla EN 25817	Tecniche di esame e livelli in conformità alla EN 1290	Livelli di accettazione in conformità alla EN 1291
B	Livello non specificato	2 X
C	Livello non specificato	2 X
D	Livello non specificato	3 X

Controllo radiografico (RT) 

Livelli di qualità in conformità alla EN 25817 o EN 30042	Tecniche di esame e livelli in conformità alla EN 1435	Livelli di accettazione in conformità alla prEN 12517
B	B	1
C	B <sup>1)</sup>	2
D	A	3

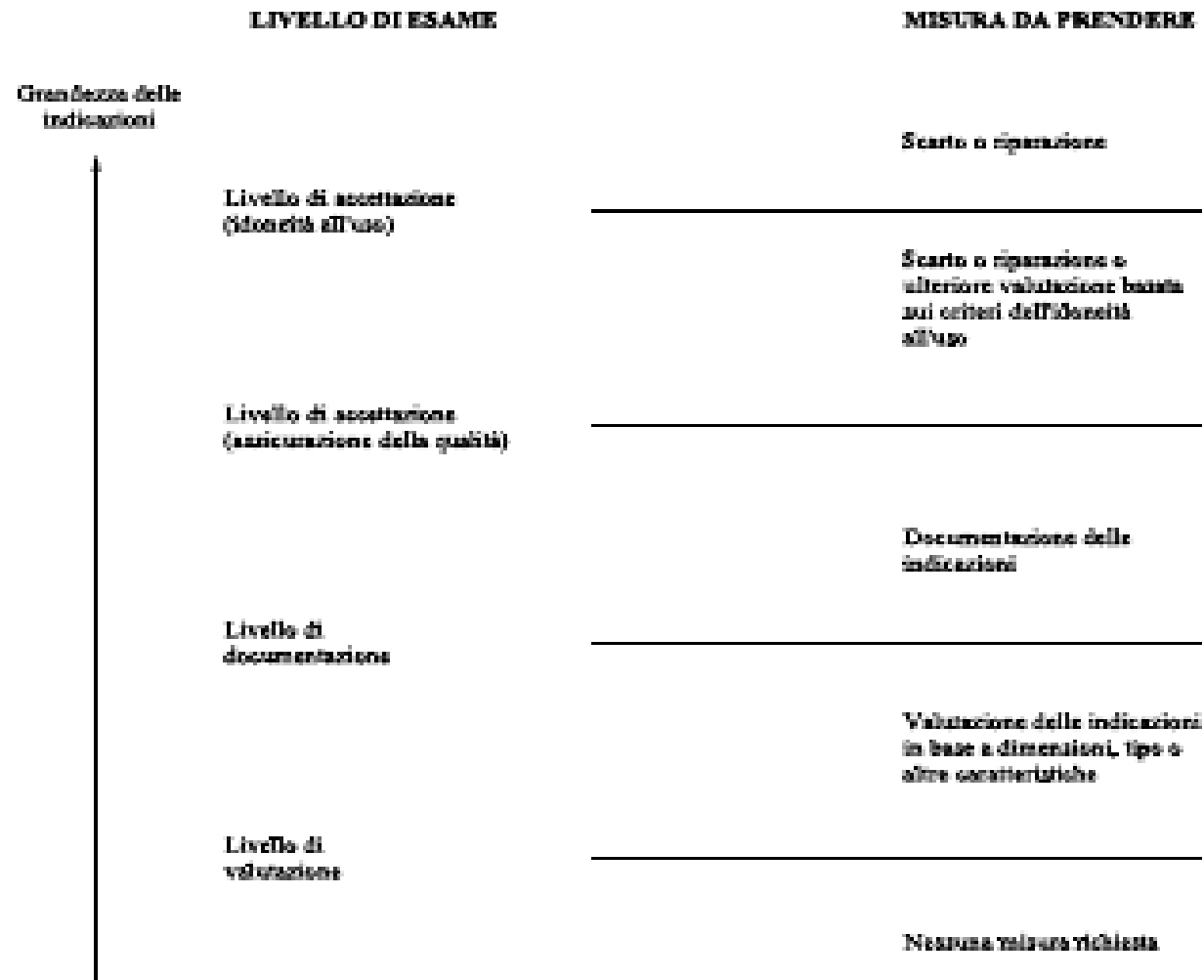
<sup>1)</sup> Comunque l'area massima per una singola esposizione deve corrispondere ai requisiti della classe A della EN 1435.

Controllo ultrasonoro (UT)  
(materiali ferritici) 

Livelli di qualità in conformità alla EN 25817 o EN 30042	Tecniche di esame e livelli in conformità alla EN 1714	Livelli di accettazione in conformità alla EN 1712
B	Almeno B	2
C	Almeno A	3
D	Livello non applicabile <sup>1)</sup>	non applicabile <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> L'esame UT non è raccomandato, ma può essere concordato fra le parti contraenti (con gli stessi requisiti del livello di qualità C).

# UNI EN 12062: Classificazione delle indicazioni



# Criteri di accettabilità

UNI EN 12517: Livelli di accettazione per metodo RT

Table 2 – Acceptance levels for internal indications in butt welds

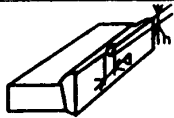

No.	Type of internal imperfections in accordance with EN ISO 6520-1	Acceptance level 3 <sup>a</sup>	Acceptance level 2 <sup>a</sup>	Acceptance level 1
1	Cracks (100)	Not permitted	Not permitted	Not permitted
2a	Porosity and gas pores (2012, 2011) Single layer	$A \leq 2,5 \%$ $d \leq 0,4a$ , max. 5 mm $L = 100$ mm	$A \leq 1,5 \%$ $d \leq 0,3a$ , max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 1 \%$ $d \leq 0,2a$ , max. 3 mm $L = 100$ mm
2b	Porosity and gas pores (2012, 2011) Multilayer	$A \leq 5 \%$ $d \leq 0,4a$ , max. 5 mm $L = 100$ mm	$A \leq 3 \%$ $d \leq 0,3a$ , max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 2 \%$ $d \leq 0,2a$ , max. 3 mm $L = 100$ mm
3 <sup>a</sup>	Clustered (localized) porosity (2013)	$A \leq 16 \%$ $d \leq 0,4a$ , max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,3a$ , max. 3 mm $L = 100$ mm	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,2a$ , max. 2 mm $L = 100$ mm
4a <sup>a</sup>	Linear porosity (2014) Single layer	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,4a$ , max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,3a$ , max. 3 mm $L = 100$ mm	$A \leq 2 \%$ $d \leq 0,2a$ , max. 2 mm $L = 100$ mm
4b <sup>a</sup>	Linear porosity (2014) Multilayer	$A \leq 16 \%$ $d \leq 0,4a$ , max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,3a$ , max. 3 mm $L = 100$ mm	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,2a$ , max. 2 mm $L = 100$ mm
5 <sup>a</sup>	Elongated cavities (2015) and wormholes (2016)	$h \leq 0,4a$ , max. 4 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 75 mm, $L = 100$ mm	$h \leq 0,3a$ , max. 3 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 50 mm, $L = 100$ mm	$h \leq 0,2a$ , max. 2 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 25 mm, $L = 100$ mm
6 <sup>a</sup>	Shrinkage cavity (202) (other than crater pipes)	$h \leq 0,4a$ , max. 4 mm $l \leq 25$ mm	Not permitted	Not permitted
7	Crater pipe (2024)	$h \leq 0,2t$ , max. 2 mm $l \leq 0,2t$ , max. 2 mm	Not permitted	Not permitted
8 <sup>a</sup>	Slag inclusions (301), flux inclusions (302) and oxide inclusions (303)	$h \leq 0,4a$ , max. 4 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 75 mm $L = 100$ mm	$h \leq 0,3a$ , max. 3 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 50 mm $L = 100$ mm	$h \leq 0,2a$ , max. 2 mm $\Sigma l \leq a$ , max. 25 mm $L = 100$ mm
9	Metallic inclusions (304) (other than copper)	$l \leq 0,4a$ , max. 4 mm	$l \leq 0,3a$ , max. 3 mm	$l \leq 0,2a$ , max. 2 mm



# Criteri di accettabilità nelle norme di prodotto

- Raccolta S

– definisce propri criteri per VT ed RT

1	100	Cricche (tutte)		Non ammesse
2	201X 202X	Cavità da inclusione di gas (tutte) Cavità da ritiro		Diametro: $d = 2$ mm o profondità $h = 1$ mm. con le seguenti ulteriori prescrizioni - non presenti alla fine o alla ripresa dei cordoni - non sistematici sulla stessa saldatura di contenimento della pressione o attacco temporaneo sollecitato
3	301X 302X 303X 304X	Inclusioni di scoria (tutte) Inclusioni di flusso (tutte) Inclusioni di ossido (tutte) Inclusioni metalliche (tutte)		Non ammesse: quando presenti sulla superficie dovranno essere rimosse (per es. mediante molatura)
4	401X	Mancanze di fusione		Non ammesse
6	601	Strisciature o colpi d'arco		Non ammesse. E' richiesta molatura più controllo MT o PT per assicurare l'assenza di cricche
	602	Spruzzi		Normalmente devono essere rimossi dalle saldature. Isolati spruzzi possono essere accettati su componenti costruiti in acciaio SAC 1
	603	Danneggiamenti dovuti alla rimozione di squadrette, attacchi, ecc.		Non ammessi, dovrà essere eseguita molatura e raccordatura
	604	segni di mola		Non ammessi, dovrà essere eseguita molatura e raccordatura