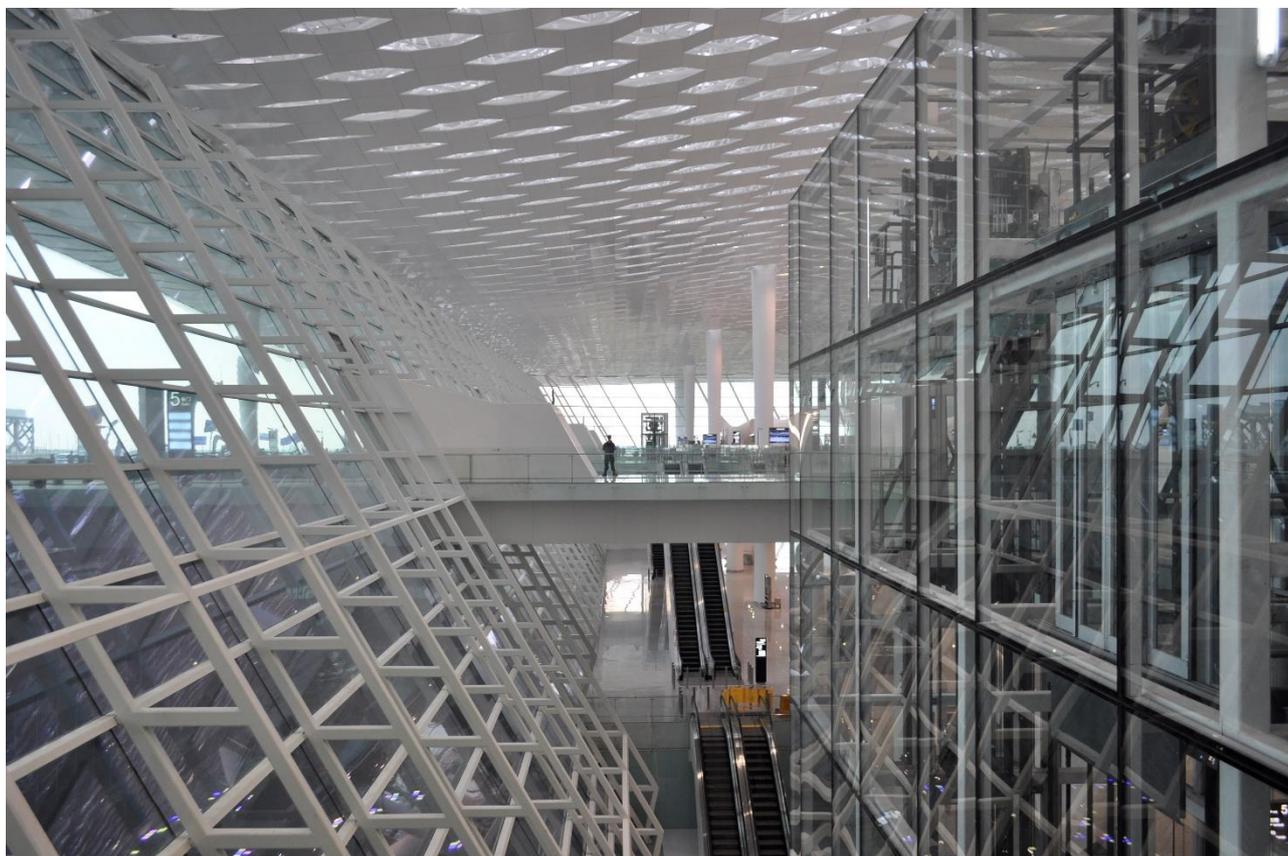


QUADERNI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

5: UNIONI SALDATE – parte 2



Fondazione
Promozione Acciaio

CRESCE L'ACCIAIO, CRESCE IL PAESE.

Sommario

UNIONI SALDATE.....	3
1) ULTERIORI CONSIDERAZIONI TRATTE DALL'EUROCODICE 3	3
1.1. Saldature su flange non irrigidite	3
1.2. Giunti lunghi.....	4
1.3. Giunzioni saldate di profili tubolari	5
1.4. Saldature elementi formati a freddo.....	7
1.5. Prevenzione degli strappi lamellari	10
1.6. Saldature undermatching	13
2) REQUISITI PER L'ESECUZIONE DELLE SALDATURE	14
Procedimento di saldatura.....	14
Qualità del costruttore	14
Materiali d'apporto	14
Controlli sulle saldature.....	14
RIFERIMENTI NORMATIVI	15
CREDITS	17

UNIONI SALDATE

1) ULTERIORI CONSIDERAZIONI TRATTE DALL'EUROCODICE 3

1.1. Saldature su flange non irrigidite

La norma UNI EN 1993-1-8 [3] afferma che per saldature su flange non irrigidite, dove la zona della flangia in prossimità dell'anima e delle pareti laterali risulta maggiormente rigida generando una distribuzione delle tensioni non uniforme, è necessario considerare una larghezza efficace b_{eff} .

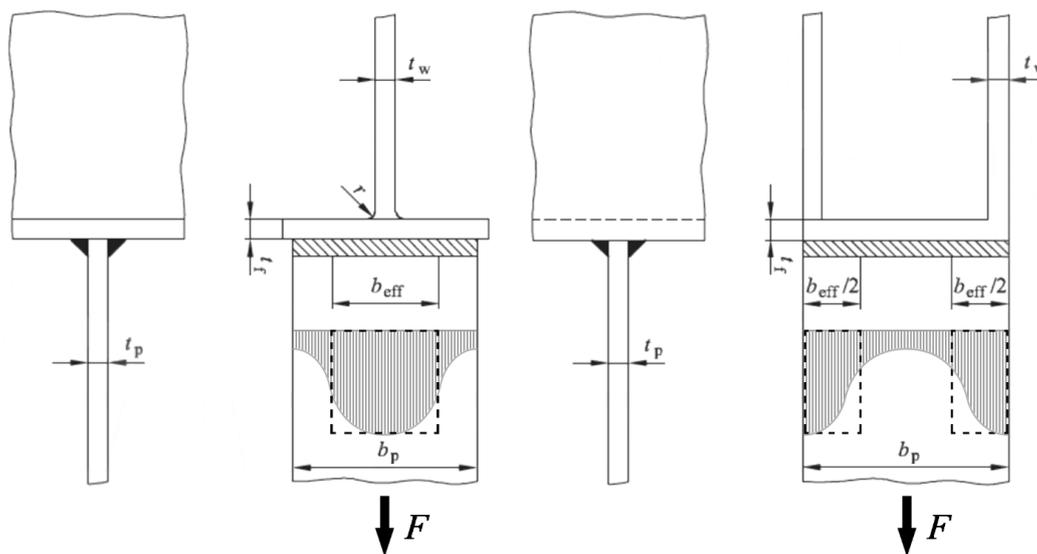


Fig.1 – Distribuzione tensioni su flange non irrigidite

Per sezioni a doppio T la larghezza efficace si raccomanda il seguente limite inferiore:

$$b_{eff} = t_w + 2s + 7kt_f \geq \frac{f_{y,p}}{f_{u,p}} b_p$$

Per sezioni scatolari e sezioni a C si raccomanda il rispetto del seguente limite:

$$b_{eff} = 2t_w + 5t_f \leq 2t_w + 5kt_f$$

dove

$$k = \frac{t_f}{t_p} \frac{f_{y,f}}{f_{y,p}} \leq 1$$

$f_{y,f}$ è la tensione di snervamento della flangia della sezione a doppio T

$f_{y,p}$ è la tensione di snervamento del piatto saldato

s è pari a r per profili laminati

è pari a $\sqrt{2}a$ per sezioni saldate

$f_{u,p}$ è la resistenza a rottura della piastra saldata

È consigliabile progettare saldature che garantiscano lo snervamento della piastra, assumendo una distribuzione uniforme delle tensioni.

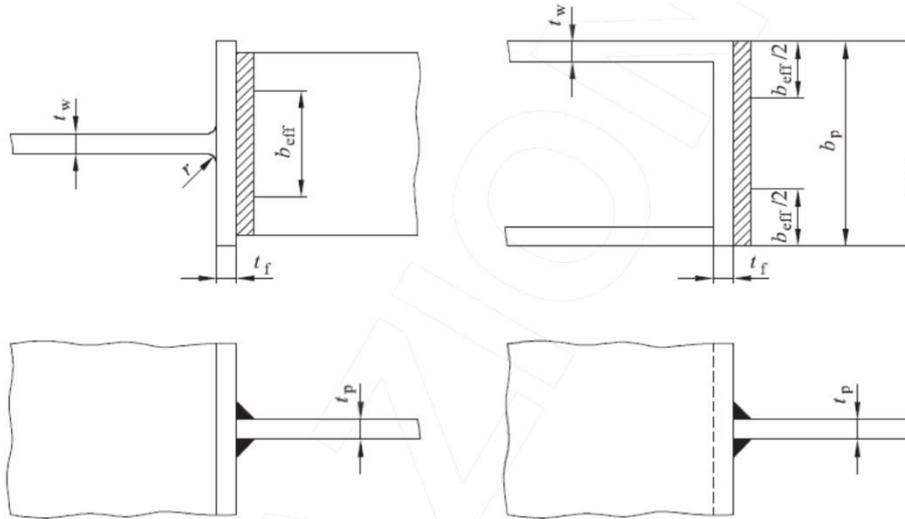


Fig.2 – Larghezza efficace b_{eff} saldature su flange non irrigidite

1.2. Giunti lunghi

Per connessioni saldate lunghe, la distribuzione delle tensioni risulta non uniforme per la presenza dei picchi.

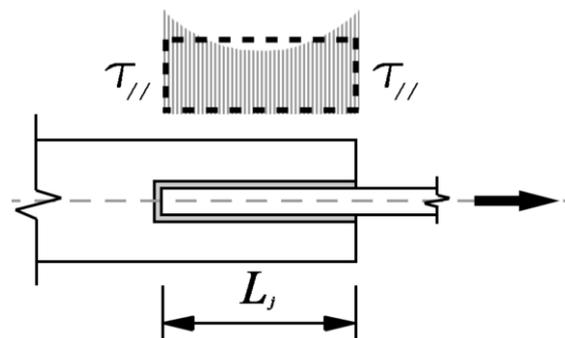


Fig.3 – Distribuzione delle tensioni su giunti saldati lunghi

È necessario pertanto considerare una resistenza ridotta mediante un coefficiente β_{Lw} , pari a:

$$\beta_{Lw} = \begin{cases} \beta_{Lw,1} = 1.2 - \frac{0.2 \cdot L_j}{150 \cdot a} & \beta_{Lw,1} \leq 1.0 \quad \text{se } L_j > 150a \text{ con } L_j \text{ pari alla lunghezza del collegamento} \\ \beta_{Lw,2} = 1.1 - \frac{L_w}{17} & 0.6 \leq \beta_{Lw,2} \leq 1.0 \quad \text{se } L_w > 1.7m \text{ con } L_w \text{ pari alla lunghezza totale della saldatura} \end{cases}$$

dove a è l'altezza di gola ed L_w è la lunghezza della saldatura in metri.

Tale limitazione non si applica quando la distribuzione lungo le saldature corrisponde alla distribuzione delle tensioni nel materiale base, ad esempio nel caso di un collegamento ala-anima nelle sezioni composte saldate.

1.3. Giunzioni saldate di profili tubolari

Per la progettazione e la verifica delle connessioni saldate fra elementi tubolari è possibile fare riferimento al capitolo 7 della UNI EN 1993-1-8 [3], la quale norma prescrive limitazioni geometriche per le giunzioni e per gli elementi che le compongono, essenziali per controllare i possibili meccanismi di collasso, indicati nel seguente prospetto:

- Classe 1 e 2 per tutti gli elementi, al fine di garantire un comportamento duttile nel caso di modellazione con aste incernierate ai nodi, trascurando gli eventuali momenti del secondo ordine che nascono per l'effettiva rigidità del nodo;
- Spessore degli elementi $2,5 \leq t \leq 25$ mm, per garantire un'adeguata distribuzione delle tensioni all'interno dello spessore del tubo e prevenire strappi lamellari a seguito della saldatura di elementi ortogonali;
- Angoli θ_i e θ_j fra i diagonali e i correnti non inferiori a 30° ;
- Gap $g \geq t_i + t_j$;
- Rapporto di sovrapposizione (*overlap*) $\lambda_{ov} = (q/p) \geq 0,25$

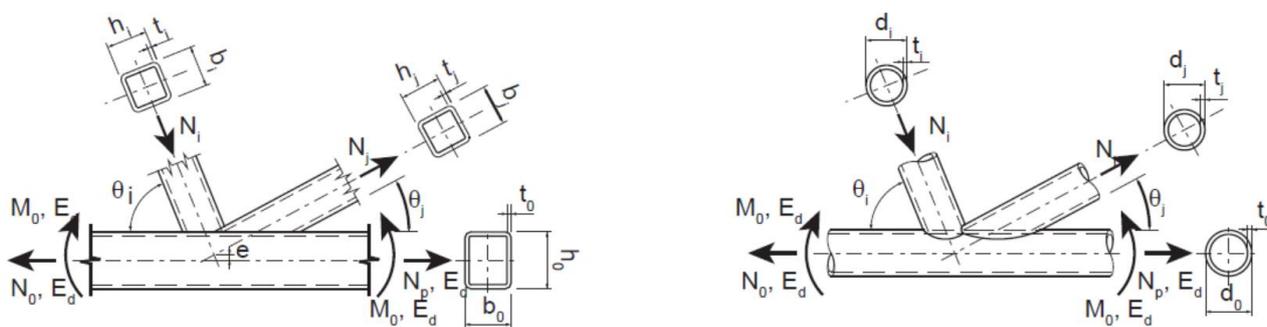


Fig.4 – Geometria del nodo

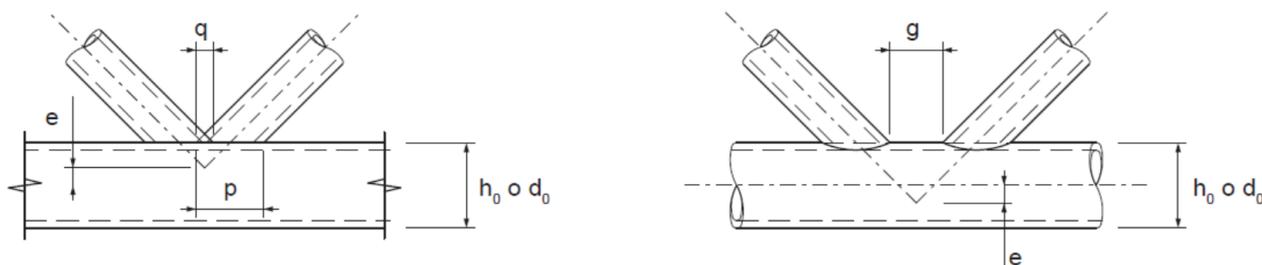


Fig.5 – Definizione di overlap (q) e di gap nel giunto (g)

È importante tenere presente che le giunzioni con elementi di parete sovrapposti presentano maggiore efficienza nei confronti della resistenza a taglio del nodo rispetto a quelli con gap, a scapito di una maggior lavorazione necessaria per la preparazione delle teste oltre che per la saldatura.

Per sforzi assiali sugli elementi diagonali non differenti più del 20% non è necessario saldare anche lungo la parte nascosta del perimetro dell'elemento tubolare.

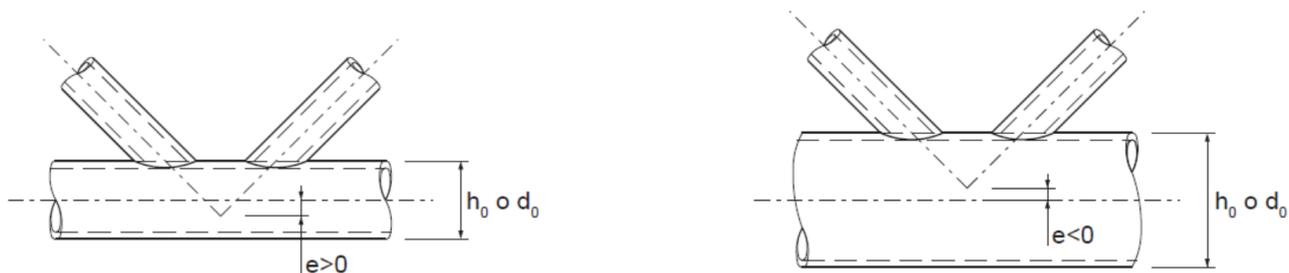


Fig.6 – Definizione dell'eccentricità (e) nel giunto

Data l'impossibilità in alcuni casi di far convergere gli assi degli elementi nello stesso punto, i movimenti dovuti alle eccentricità possono essere trascurati se sono rispettate le seguenti condizioni:

- $-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 d_0$
- $-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 h_0$

Nella progettazione è importante tener presente che, al fine di garantire maggiore stabilità globale, i correnti compressi richiedono un rapporto diametro/spessore (d_0 / t_0) elevato, a scapito della resistenza locale dei nodi e di una maggior superficie esposta e quindi costi per la protezione maggiore.

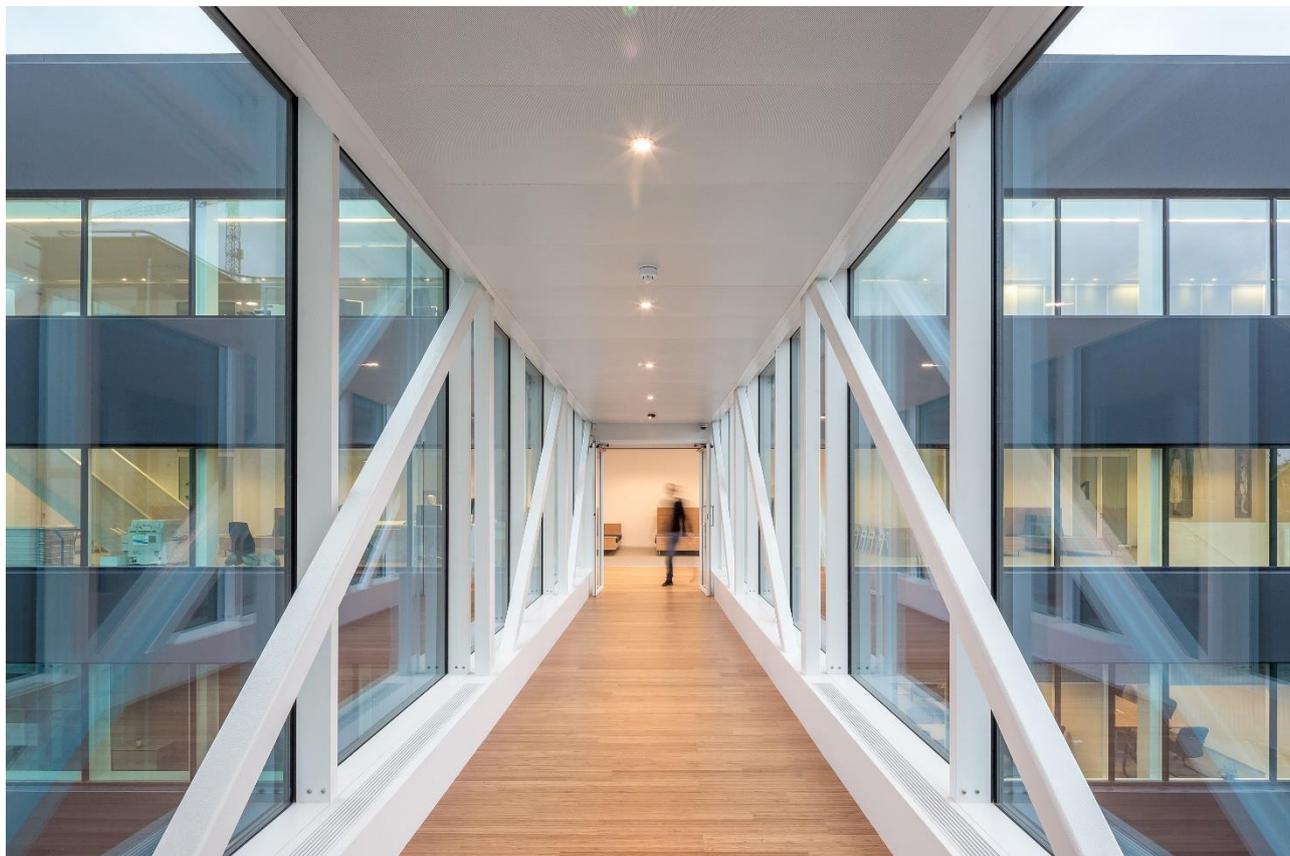


Fig.7 – Esempio di travatura reticolare con profili tubolari saldati

1.4. Saldature elementi formati a freddo

Progettazione in accordo alla UNI EN 1993-1-3 [2] e UNI EN 1993-1-8.

Le saldature su elementi formati a freddo possono essere eseguite entro una larghezza di $5t$ rispetto a ciascun lato di una zona formata a freddo a patto che una delle seguenti condizioni sia soddisfatta:

- Le zone formate a freddo siano normalizzate dopo il processo di formatura a freddo ma prima di eseguire la saldatura;
- Il rapporto r/t soddisfa il pertinente valore in riferimento allo schema seguente.

r/t	Deformazione dovuta al processo di formatura a freddo (%)	Spessore massimo (mm)		
		Generalmente		Alluminio totalmente calmato - acciaio calmato (%) (Al $\geq 0,02\%$)
		Carichi statici predominanti	Fatica predominante	
≥ 25	≤ 2	-	-	-
≥ 10	≤ 5	-	16	-
$\geq 3,0$	≤ 14	24	12	24
$\geq 2,0$	≤ 20	12	10	12
$\geq 1,5$	≤ 25	8	8	10
$\geq 1,5$	≤ 33	4	4	6

Il diagramma illustra un elemento curvo a freddo con spessore t , raggio r e larghezza $5t$. Le dimensioni sono indicate con linee e frecce: $5t$ per la larghezza totale, t per lo spessore, e r per il raggio di curvatura.

Tab.1 – Limiti del rapporto r/t al variare dello spessore, del tipo di sollecitazione e della percentuale di alluminio nella lega, tratti dal prospetto 4.2 – UNI EN 1993-1-8:2005

Saldature per sovrapposizione

Spessore materiale: ≤ 4 mm.

Altezza di gola: per il dimensionamento della saldatura, affinché la resistenza del collegamento sia governata dallo spessore dell'elemento collegato e non dalla saldatura, si raccomanda che l'altezza di gola a sia pari almeno allo spessore dell'elemento.

Nel calcolo delle resistenze di progetto si raccomanda l'uso del coefficiente di sicurezza $\gamma_{M2} = 1,25$.

Saldature d'angolo

Resistenza di progetto di un collegamento per saldatura d'angolo $F_{w,Rd}$:

- Cordone laterale di una coppia di cordoni laterali:

$$F_{w,Rd} = t L_{w,s} \left(0,9 - \frac{0,45 L_{w,s}}{b}\right) f_u / \gamma_{M2} \quad \text{se } L_{w,s} \leq b$$

$$F_{w,Rd} = 0,45 t b f_u / \gamma_{M2} \quad \text{se } L_{w,s} > b$$

- Cordone di estremità:

$$F_{w,Rd} = t L_{w,e} \left(1 - \frac{0,3 L_{w,e}}{b}\right) f_u / \gamma_{M2} \quad \text{se } L_{w,s} \leq b$$

dove

$L_{w,e}$ è la lunghezza efficace della saldatura d'angolo di estremità

$L_{w,s}$ è la lunghezza della saldatura d'angolo laterale

b è la lunghezza della parte o lamiera collegata, come indicato nella seguente figura.

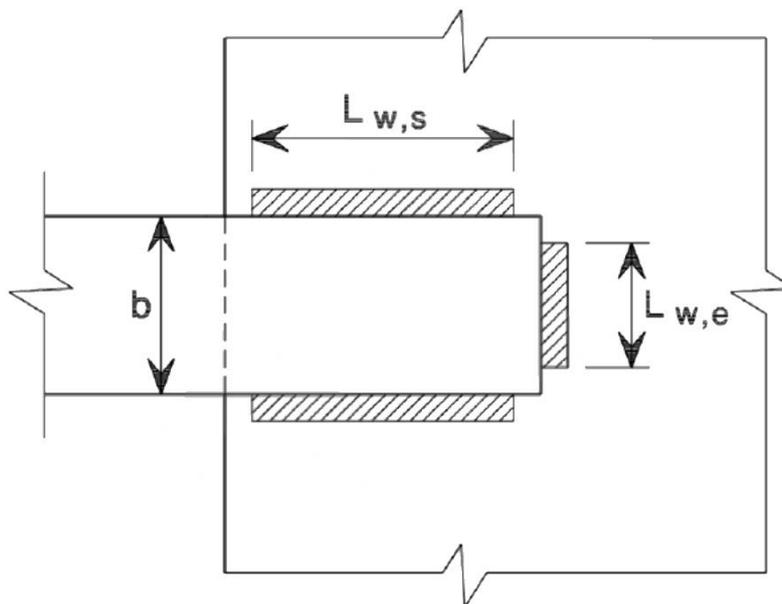


Fig.8 – Collegamento con saldatura ad angolo a sovrapposizione

Purché la saldatura sia a dimensione piena lungo tutta la lunghezza, non è necessario fare alcuna riduzione nella lunghezza efficace per l'inizio o la fine della saldatura.

Si raccomanda di considerare per la trasmissione delle forze saldature d'angolo con lunghezze efficaci L_w non minori di 8 volte lo spessore della parte collegata più sottile.

Saldature per punti

Realizzate mediante saldature a resistenza o a fusione.

Materiale di base: acciai laminati e acciai zincati

Spessori limite: $t_{max} \leq 4$ mm, ma spessore più sottile parte collegata $t \leq 3$ mm

Si raccomanda di stimare la resistenza di progetto di una saldatura a punti caricata a taglio come indicato nella seguente tabella:

Saldature a punti caricate a taglio:	
<u>Resistenza allo strappo e portante:</u>	
- se $t \leq t_1 \leq 2,5 t$:	$F_{tb,Rd} = 2,7 \sqrt{t} d_s f_u / \gamma_{M2}$ [con t in mm]
- se $t_1 > 2,5 t$:	$F_{tb,Rd} = 2,7 \sqrt{t} d_s f_u / \gamma_{M2}$ ma $F_{tb,Rd} \leq 0,7 d_s^2 f_u / \gamma_{M2}$ e $F_{tb,Rd} \leq 3,1 t d_s f_u / \gamma_{M2}$
<u>Resistenza terminale:</u>	$F_{e,Rd} = 1,4 t e_1 f_u / \gamma_{M2}$
<u>Resistenza della sezione netta:</u>	$F_{n,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$
<u>Resistenza al taglio:</u>	$F_{v,Rd} = \frac{\pi}{4} d_s^2 f_u / \gamma_{M2}$
<u>Condizioni:</u> $F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{tb,Rd}$ oppure $F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{e,Rd}$ oppure $\Sigma F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{n,Rd}$	
<u>Intervallo di validità:</u>	
$2 d_s \leq e_1 \leq 6 d_s$	$3 d_s \leq p_1 \leq 8 d_s$
$e_2 \leq 4 d_s$	$3 d_s \leq p_2 \leq 6 d_s$

Tab.2 – Resistenze di progetto per saldature a punti, tratte dal prospetto 8.5 – UNI EN 1993-1-3

dove

A_{net} è l'area della sezione trasversale netta della parte collegata

n_w è il numero di saldature a punti in un collegamento

t è lo spessore della parte o lamiera più sottile collegata

t_1 è lo spessore della parte o lamiera più spessa collegata

Nel calcolo delle resistenze di progetto si raccomanda l'uso del coefficiente di sicurezza $\gamma_{M2} = 1,25$.

d_s è il diametro dell'interfaccia di una saldatura a punti, che si raccomanda sia verificato con prove di taglio in conformità alla sezione 9 della UNI EN 1993-1-3 e che sia pari a:

- $d_s = 0,5 t + 5$ mm nelle saldature a fusione
- $d_s = 5\sqrt{t}$ nelle saldature a resistenza

1.5. Prevenzione degli strappi lamellari

Lo strappo lamellare è un difetto nel materiale indotto dalla saldatura che generalmente diventa evidente durante un'ispezione ultrasonica. Si tratta di un problema molto rilevante nei collegamenti a croce, a T, d'angolo e con saldature a completa penetrazione, soprattutto nelle lamiere di grande spessore.

La norma UNI EN 1993-1-10 [4] raccomanda la scelta della classe di qualità 1 per i materiali in funzione delle conseguenze dello strappo lamellare, come indicato nella seguente tabella.

Classe	Applicazione della linea guida
1	Tutti i prodotti di acciaio e tutti gli spessori elencati in norme europee per tutte le applicazioni
2	Alcuni prodotti di acciaio e spessori elencati in norme europee e/o alcune applicazioni elencate

Tab.3 – Scelta della classe di qualità, tratta dal prospetto 3.1 – UNI EN 1993-1-10

In funzione della classe di qualità scelta si raccomanda alternativamente che le proprietà attraverso lo spessore per il materiale base siano specificate dalla norma UNI EN 10164 [14] oppure che siano eseguite ispezione post-fabbricazione per l'individuazione di eventuale strappo lamellare.

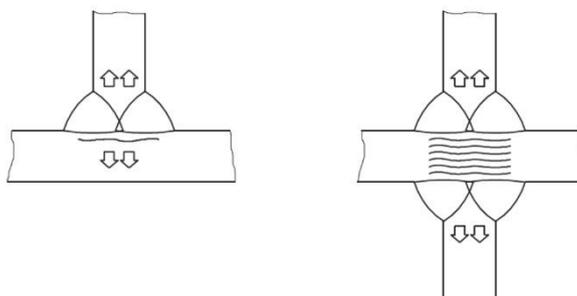


Fig.9 – Strappo lamellare

La deformazione nella direzione attraverso lo spessore dell'elemento è dovuta al ritiro indotto dal raffreddamento del metallo costituente la saldatura, soprattutto se impedita da altre parti della struttura.

Lo strappo lamellare avviene per effetto della trazione esterna trasmessa alla lamiera e si verifica comunemente se la deformazione nella connessione agisce nella direzione che attraversa lo spessore del materiale.

Diventa pertanto rilevante anche la natura del particolare costruttivo del collegamento: nei giunti a croce, a T e d'angolo la lamiera orizzontale potrebbe infatti avere ridotta duttilità che attraversa lo spessore. Questa circostanza si verifica se la superficie di fusione risulta grosso modo parallela a quella del materiale base e la deformazione da ritiro è perpendicolare alla direzione di laminazione del materiale. Più è estesa la saldatura, maggiore sarà la suscettibilità.

Elevati livelli di zolfo nella lega possono incrementare lo strappo lamellare.

La norma UNI EN 1993-1-10 raccomanda che la suscettibilità del materiale sia determinata misurando la qualità della duttilità attraverso lo spessore in accordo alla UNI EN 10164, espressa in termini di classi di qualità identificate da valori Z.

Il valore Z è la riduzione trasversale di area in una prova a trazione in accordo alla UNI EN 10002-1 [13] (versione sostituita da UNI EN ISO 6892-1:2020) per la valutazione della duttilità attraverso lo spessore di un provino, misurata come percentuale.

Lo strappo lamellare può essere trascurato se è soddisfatta la seguente condizione:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd}$$

dove

Z_{Ed} è il valore Z di progetto richiesto risultante dall'ampiezza delle deformazioni derivanti dal ritiro impedito del metallo al di sotto dei cordoni di saldatura

Z_{Rd} è il valore Z di progetto disponibile per il materiale secondo la norma UNI EN 10164, cioè Z15, Z25 o Z35.

Il valore di progetto richiesto Z_{Ed} può essere determinato utilizzando la seguente espressione:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e$$

In cui Z_a, Z_b, Z_c, Z_d, Z_e sono forniti nelle seguenti tabelle.

a	Altezza della saldatura pertinente per la deformazione da ritiro del metallo	Altezza efficace della saldatura a_{eff}	Spessore di gola a di saldature a cordone d'angolo	Z_i
		$a_{eff} \leq 7$ mm	$a = 5$ mm	$Z_a = 0$
$7 < a_{eff} \leq 10$ mm	$a = 7$ mm	$Z_a = 3$		
$10 < a_{eff} \leq 20$ mm	$a = 14$ mm	$Z_a = 6$		
$20 < a_{eff} \leq 30$ mm	$a = 21$ mm	$Z_a = 9$		
$30 < a_{eff} \leq 40$ mm	$a = 28$ mm	$Z_a = 12$		
$40 < a_{eff} \leq 50$ mm	$a = 35$ mm	$Z_a = 15$		
$a_{eff} > 50$ mm	$a > 35$ mm	$Z_a = 15$		

Tab.4 – Criteri che influenzano i valori obiettivo di Z_{Ed} , tratti dal prospetto 3.2 – UNI EN 1993-1-10

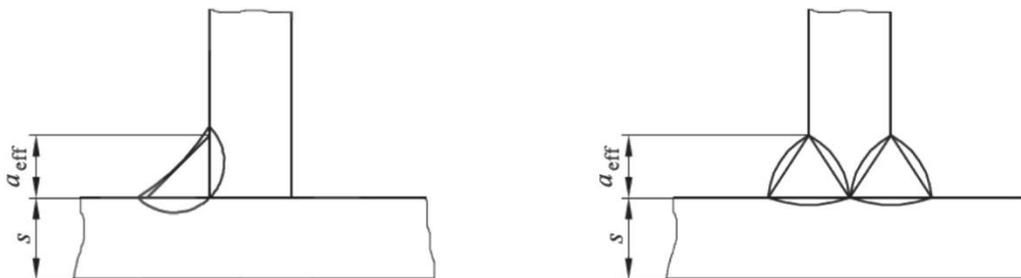


Fig.10 – Altezza efficace della saldatura a_{eff} per il ritiro

b	Forma e posizione di saldature in connessioni a T, a croce e d'angolo		$Z_b = -25$
	Collegamenti d'angolo		$Z_b = -10$
	Saldature a cordone d'angolo eseguite con singola passata $Z_a = 0$ o saldature a cordone d'angolo con $Z_a > 1$ e con testate aventi materiale di apporto a bassa resistenza		$Z_b = -5$
	Saldature a cordone d'angolo eseguite con più passate		$Z_b = 0$
	Saldature a parziale e completa penetrazione con opportune sequenze di saldatura allo scopo di ridurre gli effetti di ritiro		$Z_b = 3$
	Saldature a parziale e completa penetrazione con opportune sequenze di saldatura allo scopo di ridurre gli effetti di ritiro		$Z_b = 5$
	Collegamenti d'angolo		$Z_b = 8$
c	Effetto dello spessore s del materiale sul ritiro	$s \leq 10$ mm	$Z_c = 2^*)$
		$10 < s \leq 20$ mm	$Z_c = 4^*)$
		$20 < s \leq 30$ mm	$Z_c = 6^*)$
		$30 < s \leq 40$ mm	$Z_c = 8^*)$
		$40 < s \leq 50$ mm	$Z_c = 10^*)$
		$50 < s \leq 60$ mm	$Z_c = 12^*)$
		$60 < s \leq 70$ mm	$Z_c = 15^*)$
		$s > 70$ mm	$Z_c = 15^*)$
d	Ritiro impedito dopo la saldatura da altre porzioni della struttura	Bassa resistenza: ritiro libero possibile (per esempio collegamenti a T)	$Z_d = 0$
		Media resistenza: ritiro libero impedito (per esempio diaframmi in travi cave)	$Z_d = 3$
		Alta resistenza: ritiro libero non possibile (per esempio traversi in lamiere a piastra ortotropa)	$Z_d = 5$
e	Influenza del preriscaldamento	Senza preriscaldamento	$Z_e = 0$
		Con preriscaldamento $\geq 100^\circ\text{C}$	$Z_e = -8$

*) Può essere ridotto del 50% per materiali sollecitati, nella direzione che attraversa lo spessore, a compressione dovuta a carichi prevalentemente statici.

Tab.5 – Criteri che influenzano i valori obiettivo di Z_{Ed} , tratti dal prospetto 3.2 – UNI EN 1993-1-10

1.6. Saldature undermatching

La UNI EN 1993-1-12 [5] ammette il ricorso a saldature undermatching nel caso di saldature tra acciai ad alta resistenza di grado superiore all'S460 e fino al grado S700, le quali presentano infatti una maggiore duttilità e una minore difettosità rispetto a quelle overmatching.

Al momento questo tipo di saldature non è considerato all'interno delle NTC2018 [1], dal momento che le qualità di acciaio che si possono impiegare arrivano fino al grado S460, oltre il quale è necessario ottenere il benestare del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici.

Verifica saldature undermatching di acciai ad alta resistenza

Per gli acciai ad alta resistenza, l'EN 1993-1-12 ammette l'utilizzo di saldature *undermatching*. La verifica è condotta con la seguente espressione:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \beta \frac{f_{eu}}{\gamma_{M2}}$$

dove

β è assunto pari all'unità

f_{eu} è la resistenza ultima del materiale d'apporto, della quale vengono riportati in seguito i valori indicativi al variare della classe di resistenza dell'elettrodo utilizzato.

Classe di resistenza dell'elettrodo	35	42	55	62	69
f_{eu} [MPa]	440	500	640	700	770

Tab.6 – Resistenza f_{eu} degli elettrodi tratta da Oreste S. Bursi – Raffaele Pucinotti – Gabriele Zanon

Gli studi sperimentali condotti da Johansson e Collin (2005) sulle saldature di acciai ad alta resistenza propongono di utilizzare come resistenza della saldatura il valore medio fra la resistenza minima del materiale di base f_u e quella del materiale di apporto f_{eu} secondo la seguente relazione:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 2\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u + f_{eu}}{2\gamma_{M2}}$$



Fig.11 – Componenti strutturali saldati in officina

2) REQUISITI PER L'ESECUZIONE DELLE SALDATURE

Di seguito un prospetto riassuntivo sui requisiti per l'esecuzione delle saldature con le principali normative di riferimento, tratto da §§ 4.2.1.3 e 11.3.4.5 delle NTC2018. Si sottolinea che deve inoltre essere rispettato quanto indicato nella norma UNI EN 1090-2 [7] (ult. vers. 2018).

Procedimento di saldatura

- Procedimenti all'arco elettrico: UNI EN ISO 4063:2011 [10];
- Procedimenti differenti sostenuti da adeguata documentazione tecnica e sperimentale;
- Qualifica di tutti i procedimenti di saldatura: UNI EN ISO 15614-1:2017 [17] (ult. vers. 2019);
- Raccomandazioni per la saldatura ad arco: UNI EN 1011 parti 1, 2 e 3 [6].

Qualità del costruttore

- Requisiti di qualità: UNI EN ISO 3834:2006 parti 2, 3 e 4 [9], a seconda della tipologia dei manufatti;
- Qualifica operatori nei procedimenti semiautomatici e manuali: UNI EN ISO 9606-1:2017 [12], per le diverse tipologie di giunto;
- Qualifica operatori dei procedimenti automatici o robotizzati: UNI EN ISO 14732:2013 [16];
- Coordinamento delle attività di saldatura: UNI EN ISO 14731:2007 [15] (ult. vers. del 2019).

Materiali d'apporto

- Caratteristiche del materiale d'apporto in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base (snervamento, resistenza a rottura, allungamento a rottura, duttilità e tenacità);
- Per gli elettrodi nella saldatura ad arco si può far riferimento alla norma UNI EN ISO 2560 [8].

Controlli sulle saldature

- Controlli non distruttivi finali per accertamento della corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti nel progetto, come le classi di esecuzione EXC;
- In assenza di tali informazioni, si adottano i seguenti livelli di qualità della saldatura in accordo alla norma UNI EN ISO 5817:2014 [11]:
 - livello C per strutture non soggette a fatica;
 - livello B per strutture soggette a fatica;
- Controlli aggiuntivi, oltre a quello visivo al 100%, che potranno essere di tipo distruttivo o non distruttivo a discrezione del Collaudatore e del Direttore Lavori:
 - Giunti a cordoni d'angolo / parziale penetrazione: metodi di superficie (es. liquidi penetranti o polveri magnetiche);
 - Giunti testa a testa a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto: metodi volumetrici (es. raggi X, raggi gamma, ultrasuoni);
 - Giunti a T a piena penetrazione: ultrasuoni;
- Riferimento utile per modalità di esecuzione dei controlli: UNI EN ISO 17635 [18].

Per approfondimenti sulle certificazioni e qualificazioni delle saldature è possibile consultare la sezione dedicata sul sito www.promozioneacciaio.it: [Unioni saldate - Certificazioni e qualificazioni](#)

RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [2] UNI EN 1993-1-3:2007 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo;
- [3] UNI EN 1993-1-8:2005 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti;
- [4] UNI EN 1993-1-10:2005 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore;
- [5] UNI EN 1993-1-12:2007 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700;
- [6] UNI EN 1011-1:2009 - Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici - Parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco

UNI EN 1011-2:2005 - Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 2: Saldatura ad arco di acciai ferritici

UNI EN 1011-3:2019 - Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 3: Saldatura ad arco degli acciai inossidabili
- [7] UNI EN 1090-2:2018 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio
- [8] UNI EN ISO 2560 - Materiali di apporto per saldatura - Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai non legati e a grano fine - Classificazione
- [9] UNI EN ISO 3834-2:2006 - Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi

UNI EN ISO 3834-3:2006 - Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 3: Requisiti di qualità normali

UNI EN ISO 3834-4:2006 - Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 4: Requisiti di qualità elementari
- [10] UNI EN ISO 4063:2011 - Saldatura e tecniche affini - Nomenclatura e codificazione numerica dei processi;
- [11] UNI EN ISO 5817:2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni

- [12] UNI EN ISO 9606-1:2017 - Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
- [13] UNI EN 10002-1:2004 - Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente
- [14] UNI EN 10164:2018 - Acciai con caratteristiche di deformazione migliorate nella direzione perpendicolare alla superficie del prodotto - Condizioni tecniche di fornitura
- [15] UNI EN ISO 14731:2007 - Coordinamento delle attività di saldatura - Compiti e responsabilità
- [16] UNI EN ISO 14732:2013 - Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura e dei preparatori di saldatura per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
- [17] UNI EN ISO 15614-1:2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe
- [18] UNI EN ISO 17635:2017 - Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici

CREDITS

- Fig.1/3 a cura dell'Ufficio Tecnico di Fondazione Promozione Acciaio;
- Fig.2 – UNI EN 1993-1-8:2005 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti;
- Fig.4/5/6 – Oreste S. Bursi – Raffaele Pucinotti – Gabriele Zanon
PROGETTAZIONE DI GIUNZIONI E STRUTTURE TUBOLARI IN ACCIAIO
Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore
ISBN: 978-88-579-0158-9;
- Fig.7 – Tribunale temporaneo di Amsterdam – Foto: Leon van Woerkom / CEPEZED
- Fig.8 – UNI EN 1993-1-3:2007 – Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo;
- Fig.9/10 – UNI EN 1993-1-10:2005 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore;
- Fig.11 – Gentile concessione Pichler Projects s.r.l.;

- Copertina: Aeroporto Shenzhen - Foto: Archivio Fuksas

Redazione e pubblicazione: Maggio 2020

Documento a cura di Fondazione Promozione Acciaio - Tutti i diritti riservati.

**Immagini e disegni salvo diversamente specificato sono di proprietà esclusiva di
Fondazione Promozione Acciaio, ogni riproduzione parziale o totale è
esplicitamente vietata.**