



IL MATERIALE ACCIAIO

DESIGNAZIONE E CARATTERISTICHE
PER L'IMPIEGO NELLE COSTRUZIONI

Domenico Leone

fare sismica
 **APPUNTI**

IL MATERIALE ACCIAIO

DESIGNAZIONE E CARATTERISTICHE PER L'IMPIEGO NELLE COSTRUZIONI

Domenico Leone

Il prof. Domenico Leone vanta un'esperienza più che trentennale nel campo della progettazione e realizzazione di strutture metalliche sia in campo industriale che infrastrutturale e civile ed è titolare del laboratorio di "Costruzione dell'Architettura" presso la facoltà di Architettura di Genova in qualità di professore a contratto.

E' consulente di azienda avendo occupato in precedenza il ruolo di Responsabile del settore di progettazione di opere in carpenteria metallica prima presso la Società Italimpianti S.p.A. e successivamente presso le Società SMSDemag e Paul-Wurth S.p.A.

Ha partecipato alla progettazione di grandi impianti industriali di produzione e trasformazione dell'acciaio e ne ha seguito la realizzazione con le imprese costruttrici e di montaggio acquisendo ampia esperienza in tutti i settori del ciclo di esecuzione delle opere metalliche.

Per il suo impegno in campo internazionale vanta ampia conoscenza delle norme di settore utilizzate in varie nazioni con particolare riguardo agli Eurocodici.

Ha esercitato ed esercita tuttora attività formativa in ambito Aziendale, Universitario, Pubblico, Privato e dell'Ordine Professionale.

È autore del libro "Eurocodice 3" edito da Sistemi Editoriali nonché di numerosi programmi di calcolo automatico dedicati sia alla progettazione di strutture in acciaio di impianti industriali che alla progettazione di componenti strutturali e di dettaglio proprie degli edifici civili e delle infrastrutture (pacchetto SAITU edito da STA DATA S.r.l.) in base agli Eurocodici ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto dell'autore.

S.T.A. DATA srl
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino
tel. 011 6699345 www.stadata.com

IL MATERIALE ACCIAIO

DESIGNAZIONE E CARATTERISTICHE PER L'IMPIEGO NELLE COSTRUZIONI

GENERALITA' SUGLI ACCIAI DA COSTRUZIONE

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere :

- **identificati** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili
- **qualificati** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili
- **accettati** dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Qualificazione degli acciai

Tutti i prodotti di acciaio devono essere qualificati all'origine in accordo con la direttiva CEE 89/106 sui prodotti per le costruzioni.

In base alla NTC 2008 tutti gli acciai per impiego strutturale da utilizzarsi sul territorio italiano devono essere qualificati. In tal senso la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

- mediante la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, quando sia applicabile.
- attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, con la procedura indicata nelle NTC 2008 stesse.

I prodotti qualificati sono sottoposti nello stabilimento di produzione ad una serie sistematica di controlli delle caratteristiche fisiche, meccaniche, tecnologiche e, ove previsto, chimiche.

Ciascun prodotto qualificato deve essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile.

Non sono ammessi alla qualificazione prodotti ottenuti da laminazioni di rottame o di materiale deviato da altri impieghi.

Trasformatori intermedi (officine di carpenteria) devono approvvigionarsi di prodotti qualificati all'origine. È opportuno che il direttore dei lavori operi in stretto contatto con il trasformatore che, comunque, deve fornire assieme al prodotto la documentazione comprovante la qualificazione del materiale di origine utilizzato.

Designazione degli acciai

In accordo con la EN 10027 si riporta di seguito una tavola semplificativa della designazione degli acciai con il significato dei relativi simboli.

In calce alla tabella è riportato l'esempio di designazione di un acciaio per uso normale (S) ad alta resistenza (355 MPa) con resilienza minima di 27 J alla temperatura di -20°C (J2) , calmato (G2) e formato a freddo (C).

Gruppo acciaio da costruzione (*)	Caratteristiche meccaniche	Resilienza (J) (*)			Caratteristiche fisiche	
		min	min	Temp	Gruppo 1	Gruppo 2
S : acciai normali P : uso in pressione	Carico unitario di snervamento Re min in N/mm ²	27 J	40 J	°C		
		JR	KR	+20	M : laminazione termomeccanica	C : formatura speciale a freddo
		J0	K0	0	N : laminazione di normalizzazione	D : zincatura
		J2	K2	-20	G1 : effervescente	E : smaltatura
		J3	K3	-30	G2 : calmato	H : alta temperatura
		J4	K4	-40	G3 : stato di fornitura opzionale	L : bassa temperatura (*)
					G4 : stato di fornitura a discrezione del produttore	M : laminazione termomeccanica
						O : offshore
						S : costruzione navale
						T : tubi
						W : resistente alla corrosione atmosferica
S	355	J2			G2	C
(*) per gli acciai utilizzabili per apparecchi in pressione (EN 10028-3 , serie P) la resilienza a varie temperature è definita dalle caratteristiche fisiche : esempio P 355 NL2 acciaio normalizzato KV >= 40 J a -20°C						

Acciaio per strutture antisismiche

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti stabiliti dalle norme europee e dalle NTC 2008.

Per le parti **dissipative** si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} (nominale) e la tensione di snervamento f_{yk} (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;

- la tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$;

- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di **classe 8.8 o 10.9**.

Certificazione e controlli

La certificazione ed il controllo dei materiali da costruzione sono trattati dalle NTC 2008 e le relative Istruzioni di cui alla Circolare Ministeriale n° 617 del 02/02/2009 (di seguito denominata CM 2009) rispettivamente al Cap. 11 ed al Cap. C11. In particolare l'acciaio da costruzione è trattato ai Cap. 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC 2008 ed ai corrispondenti punti C11.3.1 e C11.3.4 della CM 2009. Le procedure di controllo per acciai da carpenteria sono trattate al punto 11.3.4.11 delle NTC 2008 mentre la documentazione di accompagnamento è indicata al punto 11.3.1.5 della stessa Norma. In particolare :

“tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della marcatura CE , devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore”.

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti dal direttore dei lavori effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione di peso massimo 30 t.

Per la certificazione ed il controllo dei materiali da costruzione da impiegarsi all'estero si può fare riferimento alla norma europea EN 1090 .

Durabilità delle strutture in acciaio

Le azioni anticorrosive devono cominciare già in fase pre-progettuale.

L'aspetto progettuale, in relazione alla corrosione del materiale acciaio, impone le limitazioni già riportate dalla normativa “storica” ed oggi riproposte sia dalle NTC 2008 sia dalla EN 1990 ovvero

- è vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm . Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore $t = 3$ mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici. Le limitazioni di cui sopra non riguardano elementi e profili sagomati a freddo.

- è proibito l'impiego di acciaio incrudito in ogni caso in cui si preveda la plasticizzazione del materiale (analisi plastica, azioni sismiche o eccezionali, ecc.) o prevalgano i fenomeni di fatica.

- gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, dovrebbero essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma UNI EN 10025-5) dovrebbero essere previste, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

La resistenza alla corrosione migliorata può essere ottenuta modificando leggermente la composizione chimica dell'acciaio onde fornirgli uno strato protettivo di ossido che lo preserva da ulteriore ossidazione (acciai patinabili) oppure può essere "legato" più o meno fortemente con altri metalli (cromo, nickel ecc.) per ottenere acciai meno ossidabili.

Progettare un sistema protettivo vuol dire proteggere adeguatamente l'acciaio al prezzo minimo ovvero mantenere le prestazioni di un sistema protettivo entro limiti economici.

Il grado di qualunque deterioramento può essere stimato sulla base di calcoli, indagini sperimentali, esperienza dalle costruzioni vicine o da una combinazione delle suddette considerazioni (EN 1990) Dopo aver determinato i tipi e l'intensità degli effetti corrosivi è possibile scegliere tra i metodi di protezione contro la corrosione.

Alcune proposte particolari per la garanzia di durabilità delle strutture in acciaio sono presentate dalle norme EN 1090 –1 ed EN 1990 .

Nel caso di parti inaccessibili, o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, potranno essere previsti adeguati sovrappessori.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati; possono essere invece zincati a caldo.

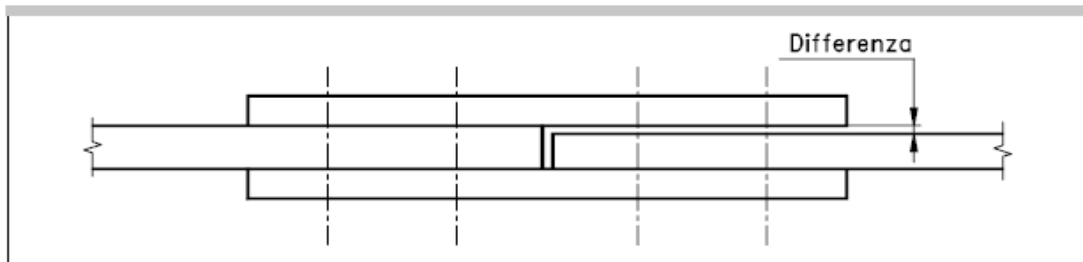
Dalla pratica quotidiana si rilevano molti esempi che forniscono principi informativi alla base di una buona progettazione ovvero :

- 1) Oculata scelta di forme semplici o composte atte a ridurre la corrosione :
in generale l'accoppiamento di profili o l'esecuzione di strutture con piatti di rinforzo aggiunti, sia eseguiti in soluzione saldata che bullonata, presentano facile attaccabilità dalla corrosione. Si consiglia quindi di evitare , ove possibile, l'uso di sezioni composte da sovrapposizione di elementi preferendo l'uso di sezioni "compatte" omogenee.
Qualora ciò non sia perseguibile, è bene che le saldature tra gli elementi siano continue e garantiscano la **sigillatura** degli interspazi e fessure. Nel caso di composizione bullonata , qualora non sia possibile per ragioni costruttive o di montaggio realizzare soluzioni equivalenti saldate, è bene che sia garantita una efficace protezione delle zone a contatto e dei relativi bulloni
- 2) Evitare ritenzione di acqua e/o polveri :
la conformazione o la disposizione di alcuni profili in acciaio può agevolare la ritenzione di acqua piovana e/o polveri corrosive. Profili alternativi o ruotati in modo da non fungere da collettori devono essere preferiti. Ove ciò non sia possibile è opportuno prevedere fori di drenaggio di diametro adeguato.
- 3) Evitare interstizi , sporgenze , spigoli vivi ed asperità :
una buona protezione dalla corrosione si ottiene mediante sigillatura delle fessure e preferendo, ove possibile, soluzioni saldate a quelle bullonate. Gli spigoli vivi dovrebbero essere arrotondati o opportunamente "smussati". L'esecuzione delle saldature deve essere sempre accurata.
- 4) Evitare il contatto tra materiali eterogenei :
se ciò non è possibile, il contatto tra metalli differenti può essere evitato mediante interposizione di un isolante.
- 5) Prevedere manutenzione delle componenti strutturali :
gli interspazi tra profili accoppiati o comunque adiacenti dovrebbero essere sufficientemente ampi per consentire ripristini di protezione e manutenzione. La Norma DIN 55928-2 suggeriva un valore del rapporto altezza/distanza profili ottimale per il pre-trattamento, il rivestimento ed il controllo di tutta la superficie di profili accoppiati in funzione della tipologia dei profili stessi. Tale suggerimento può essere ancora oggi utilizzato.
- 6) Evitare l'apertura degli elementi di giunto :
in particolare nei giunti con flangia di estremità è bene disporre i bulloni tesi da ambo i lati della piattabanda della trave che trasmette il momento.

Le basi di colonne dovrebbero essere tenute distanti o perlomeno isolate dal piano di calpestio preferendo piatti di base di maggior spessore piuttosto che piatti sottili irrigiditi. Per quanto riguarda i giunti bullonati a sovrapposizione la norma consente la seguente tolleranza sull'interspazio massimo tra i piatti ma è evidente che in queste situazioni una accurata protezione delle superfici a contatto deve essere prescritta. Le pitture sulle superfici del collegamento sono più soggette a danni meccanici durante il montaggio per cui l'ultima mano può essere rinviata a montaggio eseguito.

- (2) Componenti separate, facenti parte di un giunto comune, non devono differire in spessore in generale per più di 2 mm o di 1 mm in applicazioni precaricate, vedere figura 2.

Differenza di spessore fra componenti di un giunto comune



Si raccomanda l'uso di bulloni zincati per immersione a caldo, sherardizzati e di acciaio inossidabile.

Acciai laminati a caldo

Per la realizzazione di strutture metalliche possono essere utilizzati acciai conformi alle norme armonizzate EN 10025.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme EN ISO 377 ; EN 10002-1 ; EN 10045.

I controlli degli acciai laminati per uso generale possono essere eseguiti in base alle prescrizioni di cui al punto 11.3.4.10 delle NTC 2008 per impieghi nazionali. Quando richiesto all'ordinazione può essere eseguito un procedimento di normalizzazione in forno. E' accettabile, in sostituzione di detto trattamento, la laminazione con raffreddamento a temperatura controllata.

Acciai per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si possono impiegare acciai conformi alla Norma EN 10293. Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

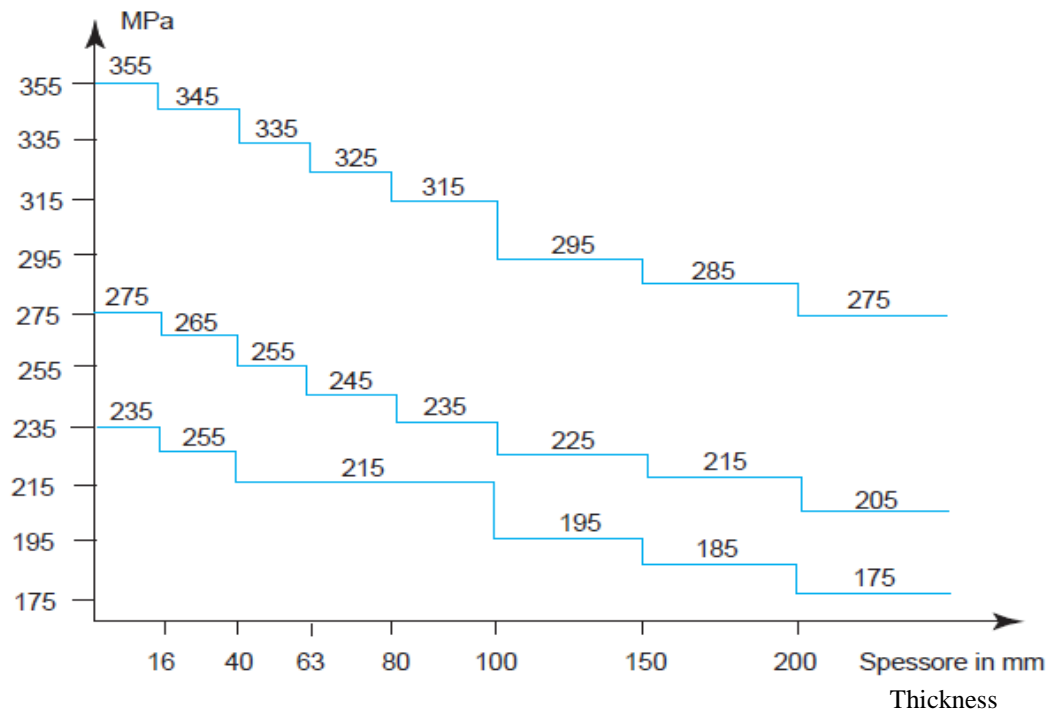
Acciai per profili piegati a freddo

I profilati a freddo e le lamiere grecate ricavate da lamiere laminate a caldo sono detti "prodotti laminati derivati" e sono soggetti alle stesse prescrizioni degli acciai laminati a caldo.

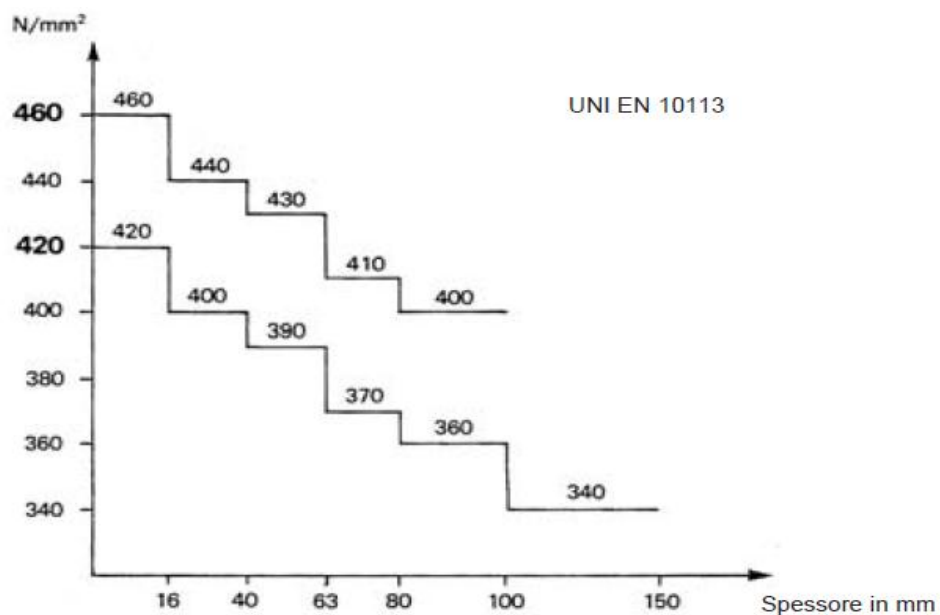
In accordo con la Norma EN 1993-1-3 gli acciai impiegati nella formatura a freddo avranno spessori grezzi (al netto del rivestimento protettivo) compresi tra 0,45 mm e 15 mm

Resistenza in funzione dello spessore

La tensione di snervamento degli acciai strutturali varia in funzione dello spessore secondo le indicazioni della norma EN 10025 : lo schema di seguito riportato visualizza tale variazione per gli acciai più comuni con classe di resistenza S 235 ; S 275 ; S 355 .



Per le classi di resistenza S 420 ; S 460 della EN 10113 il diagramma delle resistenze in funzione dello spessore è il seguente



Carico unitario di snervamento per i tipi a grana fine

STRUTTURE COMPOSTE SALDATE

Saldabilità

La saldatura degli acciai può essere eseguita con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma EN ISO 4063. Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa ed in zona termicamente alterata non inferiore a quella del materiale base.

In presenza di tenori di carbonio $C > 0,22\%$, di carbonio equivalente $> 0,41$ e di spessori ≥ 40 mm, sono richieste precauzioni speciali per effettuare la saldatura, particolarmente per quanto riguarda il tenore di idrogeno del metallo fuso, la temperatura di pre-riscaldamento e le condizioni di apporto termico.

Gli acciai per impieghi a basse temperature ($< -20\text{ °C}$) non dovranno comunque avere un tenore di zolfo superiore a $0,010\%$.

Accettabilità

Le saldature devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della Norma EN 12062

Le lamiere destinate a formare elementi strutturali saldati e sottoposti a stati di sollecitazione nei quali sono presenti sforzi di trazione diretti secondo la normale al piano di laminazione, dovrebbero offrire sufficiente uniformità di proprietà meccaniche attraverso lo spessore.

Per tali lamiere con spessore ≥ 25 mm destinate alle strutture saldate può essere richiesta la rispondenza ai requisiti della classe A della Norma EN 12062 comprovata mediante certificato U.S..

Esecuzione delle saldature

Nella esecuzione delle saldature si potrà fare riferimento alle norme EN 1090 (sez. 7), EN 1011 e, per la preparazione dei lembi, alla norma EN ISO 9692-1.

I materiali di saldatura (materiale d'apporto e mezzi di protezione) devono essere adatti al materiale base.

Fragilità alle basse temperature

La scelta della qualità dell'acciaio e l'eventuale richiesta di ulteriori requisiti particolari dovrebbe essere fatta in modo da evitare fenomeni di rottura fragile o per fatica tenendo conto dei seguenti dati :

- temperatura di esercizio
- spessore della parte strutturale
- caratteristiche e procedimenti di saldatura
- dettagli costruttivi interessati
- tipo di sollecitazione prevista (statica, dinamica, fatica)
- regime di tensione previsto nel calcolo

Per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di tensioni, la temperatura T alla quale è garantita per l'acciaio una resilienza longitudinale KV di 27 J (EN 10045) dovrebbe essere minore o uguale alla temperatura minima di servizio (Ts).

In particolare per la scelta della qualità dell'acciaio strutturale da impiegare a basse temperature possono essere utilizzate le tabelle seguenti dove il grado per gli acciai italiani ed europei è conforme alla qualifica secondo EN 10025 e EN 10028-3.

**QUALITA' DELL'ACCIAIO STRUTTURALE ALLE BASSE TEMPERATURE
IN FUNZIONE DELLO SPESSORE**

Ts (°C)	Spessori (mm)					
	0	10	15	20	25	40 > 40 mm
+30						
+20	JR			JR o JRG2		JR o JRG2 o J0**
+10	JR		JRG2 o J0*	J0		
0	JR		JRG2 o J0*	J0		J0 o J2G3**
-10	JR	JRG2 o J0*	J0 o J2G3*	J2G3 o J2G4		
-20	JRG2 o J0*		J0 o J2G3*	J2G3 o J2G4 o NH***	J2G3 o J2G4 o K2G3 o K2G4**	
-30	J0	J0 o J2G3*	J2G3 o K2G3*	J3G3 o K3G3* o NL1***	K3G3	
-40	J0 o J2G3*		J2G3 o K2G3*	K2G3	J4G3 o K4G3* o NL1***	K4G3
-50	J2G3 o J2G4	J2G3 o K2G3*	K2G3 o NL1***	K4G3 o NL2***		altri - others

(*) a seconda dell'importanza dell'elemento strutturale: sono da considerarsi elementi strutturali importanti le colonne, le travi composte-saldate, gli elementi di giunzione (piatti e profilati) soggetti a fatica o a sollecitazioni d'urto

(**) grado superiore per strutture soggette a fatica o a sollecitazioni d'urto e per temperature di servizio prossime al livello inferiore

(***) il grado si riferisce agli acciai della norma EN 10028-3 e per spessori <= 40 mm ; per questi acciai valgono le prescrizioni riportate nella tabella che segue

EN 10028-3 Tipo di acciaio	Spessore di prodotto	Resilienza longitudinale min. KV (J) Alla temperatura di				
		-50	-40	-20	0	+20
P...N P...NH	<= 40 mm	-	-	45	65	75
P...NL1		30	40	50	70	80
P...NL2		42	45	55	75	85

La tabella che segue riporta l'equivalenza tra acciai europei e di altre nazioni relativamente alla resilienza dichiarata con riferimento a 3 classi di resistenza nominale e a valori di temperatura compresi tra 0 e -60°C

Temp. Ts (°C)	Norma	CLASSE DI RESISTENZA					
		235		275		355	
		acciaio tipo	resilienza	acciaio tipo	resilienza	acciaio tipo	resilienza
0	UNI EN 10025	S 235J0	27 J / 0°C	S275J0	27 J / 0°C	S355J0	27 J / 0°C
	UNI EN 10028-3			P275N-NH	65 J / 0°C	P355N-NH	65 J / 0°C
	UNI EN 10113			S275N	47 J / 0°C	S355N	47 J / 0°C
	ASTM	A516/65	78 J / 0°C	A662 B-C	54 J / 0°C	A537 cl.1	108 J / 0°C
	GOST	C - 16Д	64 J / 0°C	09Г2	89 J / 0°C	10Г2С1-14Г2	89 J / 0°C
	JIS	SM 41 B	27 J / 0°C	SM 50 B	27 J / 0°C	SM 53 B	27 J / 0°C
-20	UNI EN 10025	S235J2G3	27 J / -20°C	S275J2G3	27 J / -20°C	S355J2G3	27 J / -20°C
	UNI EN 10028-3			P275N-NH	45 J / -20°C	P355N-NH	45 J / -20°C
	UNI EN 10113			S275N	40 J / -20°C	S355N	40 J / -20°C
	ASTM	A516/65	48 J / -20°C	A662 B-C	41 J / -32°C	A537 cl.1	78 J / -20°C
	GOST	C - 16Д	34 J / -20°C	09Г2	59 J / -20°C	10Г2С1-14Г2	59 J / -20°C
	JIS	SM 41 C	47 J / 0°C	SM 50 C	47 J / 0°C	SM 53 C	47 J / 0°C
-30	UNI EN 10025					S355K2G3	40 J / -20°C
	UNI EN 10028-3			P275NL1	50 J / -20°C	P355NL1	50 J / -20°C
	UNI EN 10113					S355NL	40 J / -30°C
	ASTM	A516/65	33 J / -30°C	A662 B-C	41 J / -32°C	A537 cl.1	63 J / -30°C
	GOST	C	29 J / -40°C	09Г2	29 J / -40°C	10Г2С1-14Г2	29 J / -40°C
	JIS					SPV 46	47 J / -10°C
-40	UNI EN 10028-3			P275NL1	40 J / -40°C	P355NL1	40 J / -40°C
	UNI EN 10028-3			P275NL2	45 J / -40°C	P355NL2	45 J / -40°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	50 J / -40°C	15NiMn6	60 J / -40°C
	UNI EN 10113					S355NL	31 J / -40°C
	ASTM			A662 B-C	34 J / -40°C	A537 cl.1	48 J / -40°C
	ASTM			A633 A	34 J / -40°C	A612	27 J / -46°C
	GOST	C	29 J / -40°C	09Г2	29 J / -40°C	10Г2С1-14Г2	29 J / -40°C
-50	UNI EN 10028-3			P275NL1	30 J / -50°C	P355NL1	30 J / -50°C
	UNI EN 10028-3			P275NL2	42 J / -50°C	P355NL2	42 J / -50°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	45 J / -50°C	15NiMn6	50 J / -50°C
	UNI EN 10113					S355NL	27 J / -50°C
	ASTM			A633 A	27 J / -51°C	A633 C-E	27 J / -51°C
	ASTM			A662 A	41 J / -50°C	A537 cl.2	27 J / -68°C
	GOST			09Г2С	29 J / -70°C	10Г2С1	25 J / -70°C
-60	UNI EN 10028-3			P275NL2	42 J / -50°C	P355NL2	42 J / -50°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	40 J / -60°C	15NiMn6	50 J / -60°C
	UNI EN 10028-4					12Ni14	50 J / -60°C
	ASTM			A662 A	27 J / -60°C	A537 cl.2	27 J / -68°C
	GOST			09Г2С	29 J / -70°C	10Г2С1	25 J / -70°C
	GOST					10XCHД	29 J / -70°C

La norma EN 1993-1-10 fornisce indicazioni sulla relazione **temperatura-resilienza** (Charpy V) dell'acciaio che può essere sintetizzata nel seguente diagramma :

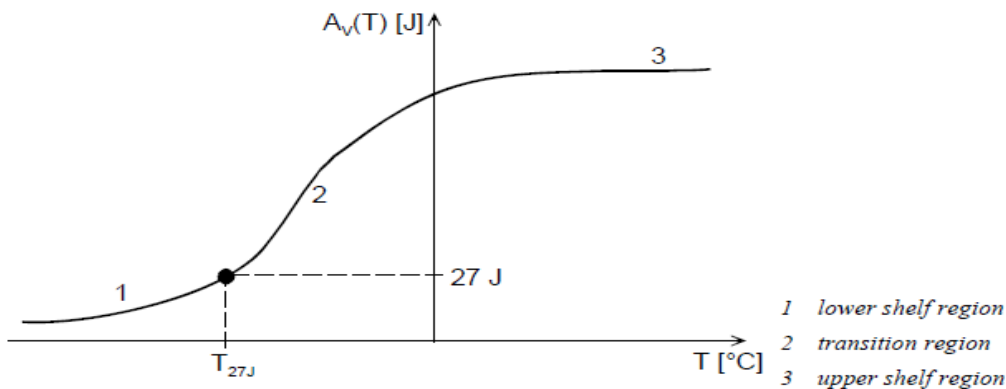


Figure 1.1: Relationship between impact energy and temperature

La stessa norma stabilisce il valore minimo dello spessore di diverse qualità di acciaio in relazione alla temperatura di progetto, al grado di resilienza richiesto e per 3 differenti stati di sollecitazione ovvero :

- a) $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ [N/mm²]
- b) $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$ [N/mm²]
- c) $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ [N/mm²]

dove :

$$f_y(t) = f_{y, nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} \quad [N/mm^2]$$

t è lo spessore del piatto; t₀ = 1 mm

La tabella seguente, per ogni tipo di acciaio e per diverse temperature, indica lo spessore minimo richiesto degli elementi sollecitati al fine di garantire la resilienza minima pari a 27J

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	Charpy energy CVN at T [°C]	J _{min}	Reference temperature T _{Ed} [°C]																							
				σ _{Ed} = 0,75 f _y (t)								σ _{Ed} = 0,50 f _y (t)								σ _{Ed} = 0,25 f _y (t)							
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	65	55	45	40	30	25	20	110	95	80	70	60	55	45				
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50			
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60			
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75			
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85			
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100			

BULLONI

In generale si può fare riferimento alle prescrizioni delle norme europee EN 1090 (sez. 8) ed EN 1993-1-8 [4] e, per applicazioni sul territorio italiano, delle NTC 2008 di cui al punto 11.3.4.6 con le seguenti precisazioni :

- è consigliabile non usare bulloni di grado superiore a 10.9 (EN ISO 898-1) se non in applicazioni particolari definite nei capitolati di appalto.
- i bulloni di classe 10,9 impiegati a basse temperature ($< -20^{\circ}\text{C}$) dovrebbero avere una composizione chimica tale da assicurare una resilienza KCU do almeno 35 J/cm^2 alla temperatura minima di servizio.
- per le viti ed i dadi si può fare riferimento alla norma EN 14399 parti 3 e 4 mentre per le rosette e piastrine alla stessa norma , parti 5 e 6.
- gli elementi di collegamento impiegati nelle unioni a taglio devono soddisfare i requisiti di cui alla norma EN 15048.

NOTA :

E' importante per un progettista di strutture in acciaio conoscerne le caratteristiche prestazionali (resistenza, saldabilità, durabilità) non solo a "temperatura ambiente" (valori riferiti a 20°C) ma anche ad alte e basse temperature per impieghi non secondari in campo civile e industriale.

La resilienza è un parametro fondamentale per acciai impiegati a basse temperature e caratterizza la finezza del grano ferritico sia agli effetti della efficacia delle saldature che della resistenza a urti e sollecitazioni cicliche.

Questo articolo si presenta sotto forma di Specifica tecnica per la scelta dell'acciaio più idoneo all'impiego previsto dal progetto ed è estratto dal volume "**Componenti strutturali in acciaio : Come progettare componenti e connessioni secondo Eurocodici e NTC**" di prossima pubblicazione da parte di UTET.