Introduzione alla norma europea EN 1090 sulle strutture metalliche

A CURA DI

ING. MARCO TORRICELLI
ING.TORRICELLI@GMAIL.COM

QUADRO LEGISLATIVO: perché è importante la norma EN 1090-2

- Dal 1° luglio 2014 è obbligatoria la Marcatura CE per le strutture metalliche secondo la norma EN 1090-1.
- In pratica non solo i materiali base devono avere la marcatura ce ma anche i prodotti finiti (pilastri, travi, giunti, ….).
- Per ottenere la possibilità di marcare ce i componenti edili, l'officina deve predisporre un sistema di controllo della produzione e un sistema di gestione del processo di saldatura conforme alla norme EN 1090-2.
- Con le NTC2018 la norma è obbligatoria nell'esecuzione delle strutture metalliche.
- La norma è molto corposa, noi vedremo gli elementi salienti.

Progettazione

1. Il Committente prepara disegni concettuali della struttura, per illustrare le proprie esigenze, mentre l'Appaltatore esegue tutta la progettazione: progetto preliminare con identificazione dell'unifilare, dimensionamento degli elementi strutturali, calcolo delle connessioni e loro sviluppo.

All'appaltatore si forniranno:

- Disegni concettuali della struttura con l'evidenza di eventuali limiti estetici, spaziali e strutturali da rispettare;
- Norme di riferimento per il calcolo da adottare;
- Carichi da utilizzare;
- Resistenza al fuoco;
- Classe/i di esecuzione della struttura;
- Durabilità, classe di corrosività, grado di preparazione, requisiti per la preparazione delle superfici al trattamento superficiale, tipo di trattamento superficiale richiesto;
- Elenco degli elaborati (grafici e relazioni) da produrre e relativo programma di emissione e approvazione.

Progettazione

2. Il Committente, mediante il proprio Progettista, esegue il progetto di massima della struttura identificandone l'unifilare e il dimensionamento degli elementi strutturali (travi e colonne), mentre l'Appaltatore esegue il calcolo delle connessioni ed il loro sviluppo, sulla base dei carichi agenti sulla struttura fornitigli dal Progettista.

Progettazione

All'Appaltatore si forniranno (1 di 2):

- Progetto di massima della struttura identificandone l'unifilare e il dimensionamento degli elementi strutturali (travi e colonne);
- Norme di riferimento per il calcolo da adottare;
- Carichi da utilizzare;
- Resistenza al fuoco;
- Classe/i di esecuzione della struttura (App. B EN 1090-2);
- Classe di tolleranza funzionale (App. D2 EN 1090-2);
- Tipo, qualità e grado dell'acciaio da impiegare;
- Tipo di bulloneria da adottare;
- Fattore di utilizzazione (U) per le saldature trasversali a completa penetrazione e a parziale penetrazione in giunti testa a testa soggetti a sforzo di trazione (Tab. 24 EN 1090-2);

Progettazione

All'Appaltatore si forniranno (2 di 2):

- Durabilità, classe di corrosività, grado di preparazione, requisiti per la preparazione delle superfici al trattamento superficiale, tipo di trattamento superficiale richiesto (EN 12944 + EN 8501 + EN 1416);
- Documenti progettuali: Specifiche di esecuzione (dentro il capitolato), metodo di montaggio del progettista (dentro il capitolato), disegni di montaggio;
- Elenco degli elaborati (grafici e relazioni) da produrre e relativo programma di emissione e approvazione.

Progettazione

3. Il Committente, mediante il proprio Progettista, esegue il progetto di massima della struttura identificandone l'unifilare, il dimensionamento degli elementi strutturali (travi e colonne), il calcolo delle connessioni ed il disegno di connessioni tipiche; sulla base dei disegni tipici delle connessioni l'Appaltatore esegue il loro sviluppo.

Progettazione

All'Appaltatore si forniranno (1 di 2):

- Progetto di massima della struttura identificandone l'unifilare, il dimensionamento degli elementi strutturali (travi e colonne), il calcolo delle connessioni ed il disegno di connessioni tipiche;
- Norme di riferimento per il calcolo da adottare;
- Carichi da utilizzare;
- Resistenza al fuoco;
- Classe/i di esecuzione della struttura (App. B EN 1090-2);
- Classe di tolleranza funzionale (App. D2 EN 1090-2);
- Tipo, qualità e grado dell'acciaio da impiegare;
- Tipo di bulloneria da adottare;

Progettazione

All'Appaltatore si forniranno (1 di 2):

- Fattore di utilizzazione (U) per le saldature trasversali a completa penetrazione e a parziale penetrazione in giunti testa a testa soggetti a sforzo di trazione (Tab. 24 EN 1090-2);
- Durabilità, classe di corrosività, grado di preparazione, requisiti per la preparazione delle superfici al trattamento superficiale, tipo di trattamento superficiale richiesto (EN 12944 + EN 8501 + EN 1416);
- Documenti progettuali: Specifiche di esecuzione (dentro il capitolato), metodo di montaggio del progettista (dentro il capitolato), disegni di montaggio;
- Elenco degli elaborati (grafici e relazioni) da produrre e relativo programma di emissione e approvazione.

EN 1090-2: Execution classes

- Il principio cardine della norma è che il livello di attenzione e di controllo sulla realizzazione dell'opera è direttamente proporzionale alla sua «importanza».
- L'importanza è data dalla «Classe di esecuzione».
- Vengono definite 4 classi (EXC) da 1 a 4 con requisiti stringenti crescenti.

- Come e quando viene individuata la EXC?

EN 1090-2: Execution classes

- La EXC dipende da:

  - Classe di importanza (CC): va da 1 a 3 – crescente. Considera il grado di gravità delle possibili conseguenze di collasso o malfunzionamento della struttura sulle persone, sull'ambiente, sulla società (anche dal punto di vista economico). CC vengono definite nell'Eurocodice 0, annex B – Tabella B1.

EN 1090-2: Execution classes

Table B1 - Definition of consequences classes

Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	**High** consequence for loss of human life, *or* economic, social or environmental consequences **very great**	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	**Medium** consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences **considerable**	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	**Low** consequence for loss of human life, *and* economic, social or environmental consequences **small or negligible**	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses

EN 1090-2: Execution classes

- La EXC dipende da:

  - Categoria di servizio (SC): va da 1 a 2 – crescente. Considera i tipi di azione sulla struttura. SC vengono definite nella norma in questione EN 1090-2, annex B – Tabella B.1

EN 1090-2: Execution classes

Categories	Criteria
SC1	- Structures and components designed for quasi static actions only (Example: Buildings) - Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with low seismic activity and in DCL* - Structures and components designed for fatigue actions from cranes (class S_0)**
SC2	- Structures and components designed for fatigue actions according to EN 1993. (Examples: Road and railway bridges, cranes (class S_1 to S_9)**, structures susceptible to vibrations induced by wind, crowd or rotating machinery) - Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with medium or high seismic activity and in DCM* and DCH*

* DCL, DCM, DCH: ductility classes according to EN 1998-1

** For classification of fatigue actions from cranes, see EN 1991-3 and EN 13001-1

EN 1090-2: Execution classes

- La EXC dipende da:

  - Categoria di produzione (PC): va da 1 a 2 – crescente. Considera la complessità della realizzazione della struttura. PC vengono definite nella norma in questione EN 1090-2, annex B – Tabella B.2.

EN 1090-2: Execution classes

Categories	Criteria
PC1	- Non welded components manufactured from any steel grade products - Welded components manufactured from steel grade products below S355
PC2	- Welded components manufactured from steel grade products from S355 and above - Components essential for structural integrity that are assembled by welding on construction site - Components with hot forming manufacturing or receiving thermic treatment during manufacturing - Components of CHS lattice girders requiring end profile cuts

EN 1090-2: Execution classes

- Combinando le varie tabella si determina la EXC.

Consequence classes		CC1		CC2		CC3	
Service categories		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production categories	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 [a)]	EXC3 [a)]
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 [a)]	EXC4

a) EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provisions.

- In una struttura possono coesistere parti con diversa EXC.
- La scelta della/e EXC spetta al committente supportato dal progettista.

EN 1090-2: Execution classes

- Le strutture non soggette a fatica e progettate per sisma di bassa intensità e senza le regole del capacity design, rientrano in classe EXC2;
- Le strutture soggette a fatica (es.: ponti ferroviari) o realizzate come dissipative in zona sismica, rientrano in classe EXC3.

EN 1090-2: Execution classes

- Se progettualmente non è specificata la EXC si utilizza di default la EXC2.
- Per determinare EXC si può far riferimento anche a EC3-1-1:

Determinazione delle classi di esecuzione secondo EN 1993-1-1 (tab. C.1 Appendice C, in corso di emissione)

Classi di Affidabilità (RC) o Classi di Conseguenze (CC)	Tipo di carico	
	Quasi-statico e/o classe di duttilità sismica DCL (1)	Soggette a fatica (2) e/o classe di duttilità sismica DCM o DCH (1)
RC3 o CC3	EXC3(3)	EXC3(3)
RC2 o CC2	EXC2	EXC3
RC1 o CC1	EXC1	EXC2

(1) Classi di duttilità definite in EN 1998-1; DCL=bassa, DCM=media, DCH=alta.
(2) Vedi EN 1993-1-9.
(3) Per strutture nelle quali il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose, può essere specificata la classe EXC4.

- All'interno della norma EN 1090-2 si trovano requisiti più o meno stringenti a seconda della EXC adottata.

EN 1090-2: Materiali

- Per quanto riguarda i materiali impiegabili nella costruzione di strutture metalliche si rimanda a quanto già detto nelle lezioni precedenti.
- La norma dà indicazioni sul tipo di certificazione di collaudo da richiedere a seconda del materiale impiegato.

EN 1090-2: Materiali

Constituent product	Inspection documents
Structural steels (Tables 2 and 3)	according to Table B.1 of EN 10025-1:2004 [a b]
Stainless steels (Table 4)	3.1
Steel castings	according to Table B.1 of EN 10340:2007
Welding consumables (Table 5)	2.2
Structural bolting assemblies	2.1 [c]
Hot rivets	2.1 [c]
Self-tapping and self-drilling screws and blind rivets	2.1
Studs for arc studs welding	2.1 [c]
Expansion joints for bridges	3.1
High strength cables	3.1
Structural bearings	3.1

[a] For structural steel grade S355 JR or J0 inspection document 3.1 is required for EXC2, EXC3 and EXC4.

[b] EN 10025-1 requires that the elements included in the CEV formula shall be reported in the inspection document. The reporting of other added elements required by EN 10025-2 should include Al, Nb, and Ti.

[c] If a 3.1 certificate is required, this may be substituted by a manufacturing lot identification mark.

EN 1090-2: Materiali

- Per i materiali EN 10025/10210/10219 in particolare:

Requirement	Inspection document
Specified minimum yield strength for the thinnest thickness range ≤ 355 MPa[a] and a specified impact energy tested at a temperature of 0 °C or 20 °C	2.2
Specified minimum yield strength for the thinnest thickness range ≤ 355 MPa[a] and a specified impact energy tested at a temperature less than 0 °C	3.1[b] or 3.2[c]
Specified minimum yield strength for the thinnest thickness range > 355 MPa[a]	3.1[b] or 3.2[c]

[a] 1 MPa = 1 N/mm^2.

[b] Inspection document type 3.1 replaces in EN 10204:2004 type 3.1.B of EN 10204:1991.

[c] Inspection document type 3.2 replaces in EN 10204:2004 type 3.1.C of EN 10204:1991.

Tabella riferita a EN 10025 ma valida anche per i profili cavi

per gli acciai sino all'S355 gradi JR e J0

per l'S355 grado J2 e superiori

per acciai con snervamento superiore all'S355, qualsiasi grado

EN 1090-2: Materiali

- Per tutti i prodotti viene richiesta la rintracciabilità dei prodotti dalla loro produzione fino al loro impiego. Tale requisito è obbligatorio per le EXC3 e EXC4.

- Il DM 14/1/08 impone SEMPRE la rintracciabilità. In Italia quindi indipendentemente dalla EXC la rintracciabilità è obbligatoria.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

- Il capitolo 6 della norma parla delle lavorazioni che normalmente avvengono in officina.
- Si parla di:
  - taglio;
  - formatura;
  - foratura.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

TAGLIO

- Il taglio può avvenire normalmente attraverso la segatura, la tranciatura, il taglio a disco, il taglio termico e il taglio a getto d'acqua.
- Per il taglio termico è necessario verificare periodicamente le superfici di taglio. La qualità delle superfici deve rispettare la ISO 9013 e dipende dalla EXC del componente.
- Se si utilizza la tranciatura è necessario pulire con il flessibile i bordi dopo il taglio per renderli privi di difetti evidenti.
- I processi di taglio possono produrre durezza locale sul bordo. Si deve controllare la durezza per non superare valori massimi imposti.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

FORMATURA

- Parlando di formatura intendiamo la piegatura, pressatura e la forgiatura. Sono indicati procedimenti a caldo e procedimenti a freddo. In nessun caso tali processi devono inficiare le caratteristiche fisico-chimiche del materiale.
- La norma fissa diversi paletti sia per i procedimenti a caldo sia per quelli a freddo in rapporto ai tipi di acciaio da formare e ai loro profili.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

FORATURA

- La foratura può avvenire mediante trapano, punzone, taglio termico. La punzonatura è consentita solo se il diametro del foro è maggiore dello spessore della lamiera da forare.
- Per i componenti in EXC1 e EXC2 dopo la punzonatura può essere omessa l'alesatura. Per i componenti in EXC3 e EXC4 l'alesatura può essere omessa solo se la lamiera ha spessore inferiore a 3 mm.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

FORATURA

- I fori realizzati devono essere controllati dal punto di vista geometrico (alcuni controlli indicati sono comunque difficili da realizzare...).
- Per quanto riguarda le tolleranze dei fori e delle asole, queste dipendono dal diametro nominale dei bulloni che si andranno ad impiegare. Il prospetto 11 del capitolo 6 definisce in modo chiaro queste tolleranze.

EN 1090-2: Preparazione e assemblaggio

FORATURA

Tolleranze nominali per viti e perni (mm) (meno restrittive rispetto a XTC08)

Diametro nominale *d* (mm) per viti e perni	12	14	16	18	20	22	24	27 e superiori
Fori circolari ordinari [a]	1 [b) c)]		2					3
Fori circolari sovradimensionati	3		4				6	8
Fori ovalizzati corti (in lunghezza) [d]	4		6				8	10
Fori ovalizzati lunghi (in lunghezza) [d]	15 *d*							

a) Per le applicazioni quali torri e tralicci la tolleranza nominale per i fori circolari normale deve essere ridotta di 0,5 mm se non diversamente specificato.
b) Per connettori rivestiti, 1 mm di tolleranza nominale può essere aumentato dallo spessore del rivestimento del connettore.
c) I bulloni con diametro nominale 12 mm e 14 mm, o i bulloni svasati possono essere usati anche in fori con 2 millimetri di tolleranza nelle condizioni forniti nella EN 1993-1-8.
d) Per i bulloni in fori ovalizzati la tolleranza nominale per tutta la larghezza deve essere la stessa tolleranza del diametro specificato per fori circolari ordinari.

EN 1090-2: Saldature

La saldatura deve essere eseguita in conformità alle norme ISO 3834 (saldatura per fusione) o ISO 14554 (saldatura a resistenza).

A seconda della EXC si deve adottare una parte diversa della ISO 3834:

- EXC1: ISO 3834-4;
- EXC2: ISO 3834-3;
- EXC3, 4: ISO 3834-2.

Per marcare CE le strutture l'officina deve avere sempre un sistema di gestione della qualità delle saldature certificato oppure tale certificazione può essere ricompresa nel FPC.

EN 1090-2: Saldature

Che significato ha la certificazione ISO 3834?

La certificazione riguarda i "Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici" e si applica alle operazioni di saldatura sia in officina che in cantiere.

Esistono tre livelli di certificazione: elementare (parte 4 della norma), normale (parte 3 della norma), esteso (parte 2 della norma).

EN 1090-2: Saldature

In tutti e tre i casi, la UNI EN ISO 3834 serve a certificare le aziende che svolgono operazioni di saldatura nei riguardi della "Qualità" delle saldature prodotte.

Questa è dunque una Certificazione dell'azienda (officina) che esegue saldature. In tal senso è una certificazione che non può mai sostituire la Certificazione ISO 9001, ma la può integrare quando questa si applica ai costruttori di carpenteria metallica.

EN 1090-2: Saldature

La scelta del livello di certificazione deve passare dal DM 14/1/08 (Tab. 11.3.XI).

Tipo di azione sulle strutture	**Strutture soggette a fatica in modo non significativo**			**Strutture soggette a fatica in modo significativo**
Riferimento	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, s ≤ 30mm S275, s ≤ 30mm	S355, s ≤ 30mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

EN 1090-2: Saldature

Cosa comporta la certificazione (Iso 3834-2)?

Per prima cosa è richiesto il “Riesame dei requisiti” e il “Riesame tecnico”.

In soldoni “Riesaminare” significa verificare, prima di iniziare a lavorare, di essere in possesso di tutti i dati necessari per partire con le lavorazioni e di avere tutte le competenze per poter eseguire bene i lavori.

In pratica l’azienda deve verificare se tutti i dati provenienti dal Committente sono completi e corretti, al fine di potere partire con i lavori. In caso contrario deve richiedere al Committente i dati conformi. Inoltre con il riesame l’azienda verifica di possedere le capacità e le competenze per poter sviluppare i lavori. In caso contrario si deve attivare per sopperire alle lacune.

EN 1090-2: Saldature

Il rapporto con eventuali subappaltatori deve prevedere il trasferimento a questi di tutti i requisiti necessari per la corretta esecuzione delle saldature. In pratica si deve consegnare l'intero progetto al subappaltatore, nonché tutti gli eventuali chiarimenti ottenuti dal proprio Committente principale.

I saldatori e gli operatori di saldatura devono essere qualificati secondo la ISO 9606-1 o ISO 14732 e deve esserci il Coordinatore delle saldature.

Il Coordinatore è una figura "esperta" di saldatura che deve appunto "coordinare" le attività di officina. Il Coordinatore deve essere qualificato secondo la ISO 14731.

EN 1090-2: Saldature

I procedimenti di saldatura (WPS) devono essere qualificati secondo la ISO 15607, ISO 15610, ISO 15611, ISO 15612, ISO 15613, ISO 15614-1.

Deve esserci personale addetto alle prove non distruttive adeguatamente qualificato secondo la ISO 9712.

Deve essere gestito in maniera controllata tutto il parco macchine e attrezzature, con tanto di Piano di manutenzione aggiornato periodicamente.

La produzione deve essere pianificata.

I materiali di apporto per le saldature devono essere gestite adeguatamente (controllo al ricevimento, eventuali prove, stoccaggio).

EN 1090-2: Saldature

I materiali base devono essere gestiti in maniera che la loro identificazione sia mantenuta anche in fase di stoccaggio.

Devono essere previste prove prima, durante e dopo le operazioni di saldatura.

Devono essere gestite Non Conformità (NC) ed Azioni Correttive (AC).

Deve essere mantenuta l'identificazione e la rintracciabilità del processo di saldatura quando richiesto (dal contratto o dalla legge). In pratica si deve tracciare quali saldature sono state fatte, dove sono state fatte (sui pezzi finiti), quali materiali sono stati usati e quali controlli sono stati eseguiti.

EN 1090-2: Saldature

Vale sempre la regola che è necessario avere procedure di saldatura qualificate e saldatori qualificati (ISO 9606-1 o ISO 14732).

Relativamente alla qualifica delle procedure di saldatura (WPS) si segnala che, mentre le Norme Tecniche italiane ammettono la qualifica solo attraverso la norma ISO 15164-1, la norma EN 1090-2 ammette anche per tutte le EXC la qualifica tramite la ISO 15163 (per giunti qualificati non perfettamente aderenti ai giunti reali di officina) e per la sola EXC2 l'uso della norma ISO 15612 (WPS tipologiche già qualificate adottabili dall'officina).

EN 1090-2: Saldature

Method of qualification		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Welding procedure test	EN ISO 15614-1	X	X	X
Pre-production welding test	EN ISO 15613	X	X	X
Standard welding procedure	EN ISO 15612	X [a]	-	-
Previous welding experience	EN ISO 15611	X [b]	-	-
Tested welding consumables	EN ISO 15610			
X Permitted - Not permitted				
[a] Only for materials ≤ S 355 and only for manual or partly mechanized welding. [b] Only for materials ≤ S 275 and only for manual or partly mechanized welding.				

EN 1090-2: Saldature

Spesso chi vende saldatrici mette in "omaggio" anche le WPS tipologiche qualificate secondo la suddetta norma.

VALIDITA’ PROCEDURE (§ 7.4.1.4)

Le procedure qualificate secondo la ISO 15164-1, se non vengono impiegate per un certo tempo, devono essere "riqualificate" con le modalità riportate sulla EN 1090-2. Le Norme Tecniche italiane non danno nessuna indicazione sull'eventuale "scadenza" delle WPS.

EN 1090-2: Saldature

WELDING PLAN (§ 7.2.2,ovvero una roba complessa)

L'officina deve consegnare al committente il Welding Plan contenente:

- le WPS, compresa l'indicazione di: elettrodi da adottare ed eventuali requisiti di pre e/o post riscaldamento;
- accorgimenti da prendere per evitare distorsioni durante la saldatura;
- sequenza di saldatura (con eventuali restrizioni su punti di partenza e/o arresto);
- requisiti di controlli intermedi;
- rotazione dei componenti durante il processo di saldatura;
- dettagli dei vincoli da applicare;
- accorgimenti da adottare per evitare il lamellar tearing;
- accorgimenti da adottare per la conservazione degli elettrodi;
- profilo di saldatura e finitura per acciaio inox;
- criteri di accettazione secondo §7.6;
- riferimento al Piano di Ispezione delle saldature;
- requisiti per la identificazione e tracciabilità delle saldature;
- requisiti di trattamento superficiale secondo capitolo 10.

EN 1090-2: Saldature

COORDINAMENTO DI SALDATURA (§ 7.4.3)

Richiesto anche dal DM 14/1/08.

Le conoscenze tecniche del personale addetto devono essere queste (ISO 14731 - acciaio carbonio):

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \le 25$ [a]	$25 < t \le 50$ [b]	$t > 50$
EXC2	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C [c]
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C [d]	C
EXC3	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C

[a] Column base plates and endplates ≤ 50 mm.
[b] Column base plates and endplates ≤ 75 mm.
[c] For steels up to and including S275, level S is sufficient.
[d] For steels N, NL, M and ML, level S is sufficient.

B=basic;
S=specific
C=comprehensive

EN 1090-2: Saldature

PREPARAZIONE CONSUMABILI (§ 7.5.2)

Secondo la norma la tabella dovrebbe andare bene per tutti i tipi di consumabili ma non è così. Corretta solo per quelli basici.

	Livello di temperatura (T)	Tempo (t)
Essiccamento [a]	300 °C < T ≤ 400 °C	2 h < t ≤ 4 h
Conservazione [a]	≥ 150 °C	Prima della saldatura
Conservazione [b]	≥ 100 °C	Durante la saldatura

a) Forno fisso
b) Costipatore portatile

EN 1090-2: Saldature

PREPARAZIONE CONSUMABILI (§ 7.5.2)

La giusta tabella sarebbe questa:

TIPO DI ELETTRODO	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE DEGLI ELETTRODI		
	Conservazione nei fornetti portatili	Conservazione nei fornetti in stufa	Temperatura di ricondizionamento
Elettrodi basici per la saldatura di acciai bassolegati	90 ÷ 110 °C	150 ÷ 200 °C	350 ÷ 400 °C
Elettrodi per la saldatura di acciai inossidabili e leghe non ferrose	90 ÷ 110 °C	120 ÷ 150 °C	250 ÷ 300 °C
Elettrodi acidi o rutili per la saldatura di acciai bassolegati ^	20 °C	50 ÷ 70 °C	180 ÷ 200 °C
Elettrodi cellulosici	20 °C	50 ÷ 70 °C	100 ÷ 120 °C

Fonte: IIS

EN 1090-2: Saldature

CRITERI DI ACCETTAZIONE (§ 7.6)

I criteri di accettazione sono quelli di cui alla ISO 5817 a seconda della EXC:

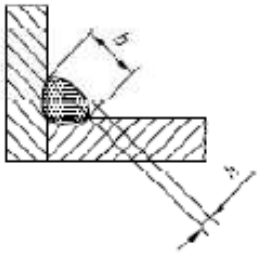
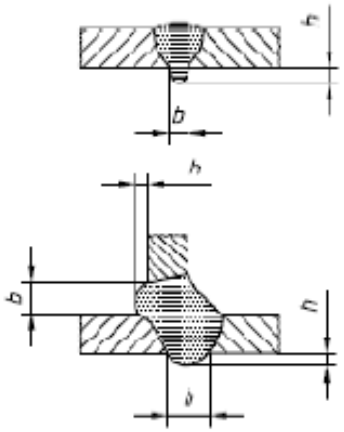
- EXC1: livello D;
- EXC2: livello C con alcune eccezioni (elencate nella norma);
- EXC3: livello B;
- EXC4: livello B più ulteriori requisiti più stringenti elencati nella norma (B+).

Il livello D (meno stringente) non è previsto dalle NTC, perciò non è possibile prescriverlo in un capitolato.

EN 1090-2: Saldature

CRITERI DI ACCETTAZIONE (§ 7.6)

Si ricorda che il DM 14/1/08 impone in generale il grado C e per le strutture soggette a fatica il grado B.

No.	ISO 6520-1 reference	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels		
					D	C	D
1.10	503	Excessive convexity (fillet weld)		≥ 0,5	$h \leq 1\ mm + 0,25\ b$, but max. 5 mm	$h \leq 1\ mm + 0,15\ b$, but max. 4 mm	$h \leq 1\ mm + 0,1\ b$, but max. 3 mm
1.11	504	Excess penetration		0,5 to 3	$h \leq 1\ mm + 0,6\ b$	$h \leq 1\ mm + 0,3\ b$	$h \leq 1\ mm + 0,1\ b$
				> 3	$h \leq 1\ mm + 1,0\ b$, but max. 5 mm	$h \leq 1\ mm + 0,6\ b$, but max. 4 mm	$h \leq 1\ mm + 0,2\ b$, but max. 3 mm

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

Si ricorda che il DM 14/1/08 impone il controllo visivo (VT) su TUTTE le saldature. Altri controlli possono essere prescritti da DL o Collaudatore (per tempo).

Per la EN 1090-2 tutte le PND devono essere svolte da personale qualificato Livello II secondo EN 473 (ora EN 9712), ad eccezione delle VT. Il DM 14/1/08 non fa questa distinzione.

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

Le PND non devono essere fatte subito dopo aver eseguito la saldatura. E’ necessario aspettare del tempo perché eventuali difettosità (cricche da idrogeno) possono manifestarsi dopo ore dalla saldatura.

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

Questa tabella definisce il tempo minimo di attesa:

Weld size (mm) [a]	Heat input Q (kJ/mm) [b]	Hold time (hours) [c]	
		S235 to [A1] S460 [A1]	[A1] Above S460 [A1]
a or *s* ≤ 6	All	Cooling period only	24
6 < *a* or *s* ≤ 12	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a or *s* > 12	≤ 3	16	40
	[A1] > 3	24	48 [A1]

[a] Size applies to the nominal throat thickness *a* of a fillet weld or the nominal material thickness *s* of a full penetration weld. For individual partial penetration butt welds the governing criterion is the nominal weld depth *a*, but for pairs of partial penetration butt welds welded simultaneously it is the sum of the weld throats *a*.

[b] Heat input *Q* to be calculated in accordance with Clause 19 of EN 1011-1:1998.

[c] The time between weld completion and commencement of NDT shall be stated in the NDT report. In the case of "cooling period only" this will last until the weld is cool enough for NDT to commence.

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

La norma fissa l'estensione delle PND:

Tipo di saldatura	Classe di esecuzione		
	EXC2	EXC3	EXC4
Saldature trasversali a completa penetrazione e a parziale penetrazione in giunti testa a testa soggetti a sforzo di trazione, con:			
$U \geq 0,5$	10%	20%	100%
$U \leq 0,5$	0%	10%	50%
Saldature trasversali a completa penetrazione e a parziale penetrazione:			
In giunti a croce	10%	20%	100%
In giunti a T	0%	10%	50%
Saldature trasversali a cordoni d'angolo in trazione e/o taglio:			
$a \geq 12$ mm oppure $t > 20$ mm	5%	10%	20%
$a \leq 12$ mm oppure $t \leq 20$ mm	0%	5%	10%
Saldature longitudinali a completa penetrazione tra anima e ala superiore delle vie di corsa	10%	20%	100%
Altre saldature longitudinali e saldature di piatti di irrigidimento	0%	5%	10%

NOTE:

Le saldature longitudinali sono quelle parallele all'asse del componente. Tutte le altre devono essere considerate trasversali.

U = fattore di utilizzazione per azioni quasi-statiche.

$U = E_d / R_d$, dove E_d è l'azione maggiore agente sulla saldatura, R_d è la resistenza della saldatura allo SLU

a = altezza di gola della saldatura; t = il maggiore degli spessori da saldare

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

Le PND utilizzabili oltre al VT sono:

Superficiali

- Liquidi penetranti (PT) (EN 571-1)
- Particelle magnetiche (MT) (EN 17638)

Volumetriche

- Ultrasuoni (UT) (EN 17640)
- Radiografia (RT) (EN 1435)

EN 1090-2: Saldature

CONTROLLI SULLE SALDATURE (§ 12.4)

Proposta per svincolare l'estensione delle PND dallo stato di sforzo.

Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature

Tipologia di saldatura	Controllo					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2	EXC3	EXC4
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a croce	10%	20%	100%	-	-	-
Saldatura longitudinale a completa penetrazione o a cordoni d'angolo tra la piattabanda superiore e l'anima di travi di scorrimento di carroponti	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a T	5%	10%	50%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato > 12 mm e/o su spessore > 20 mm	5%	10%	20%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato ≤ 12 mm e/o su spessore ≤ 20 mm	-	5%	10%	-	-	-

Fonte: Ing. B. Cordova - Milano

EN 1090-2: Saldature

Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature

Tipologia di saldatura	Controllo					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2	EXC3	EXC4
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a croce	10%	20%	100%	-	-	-
Saldatura longitudinale a completa penetrazione o a cordoni d'angolo tra la piattabanda superiore e l'anima di travi di scorrimento di carroponti	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a T	5%	10%	50%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato > 12 mm e/o su spessore > 20 mm	5%	10%	20%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato ≤ 12 mm e/o su spessore ≤ 20 mm	-	5%	10%	-	-	-

Estensione dei controlli non distruttivi per saldature di strutture di particolare impegno

Tipologia di saldatura	Controllo					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2	EXC3	EXC4
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	25%	50%	100%	25%	50%	100%
Giunti a parziale penetrazione	10%	20%	50%	5% (*)	10% (*)	20% (*)
Saldatura longitudinale a completa penetrazione o a cordoni d'angolo tra la piattabanda superiore e l'anima di travi di scorrimento di carroponti	25%	50%	100%	25%	50%	100%
Saldature a cordoni d'angolo	5%	10%	20%	5% (**)	10% (**)	20% (**)

(*) Se la profondità di penetrazione della saldatura è ≥ 8 mm.
(**) Per cordoni d'angolo di lato ≥ 20 mm.
(***) I controlli RT, in alternativa ai controlli UT, potranno essere impiegati preferibilmente in giunti testa a testa con spessori minori o uguali a 20 mm.

Fonte: Ing. B. Cordova - Milano

EN 1090-2: Saldature

www.svets.se/overview

European (international[b]) standards for fusion welding

QUALITY REQUIREMENTS for welding[a]	Arc welding: Steel	Arc welding: Aluminium	Copper	Nickel	Titanium & Zirconium
EN ISO 3834	CEN ISO/TR 15608, 20172, 20173, 20174		EN ISO 9606-3	EN ISO 9606-4	EN ISO 9606-5
Grouping of materials					
Welder qualification	EN ISO 9606-1	EN ISO 9606-2			
WPS	EN ISO 15609-1		Gas welding: EN ISO 15609-2	Electron beam welding: EN ISO 15609-3	Laser welding: EN ISO 15609-4
Welding procedure qualification	EN ISO 15607, 15610, 15611, 15612, 15613				
	EN ISO 15614-1	EN ISO 15614-2 & -4	Cast iron: EN ISO 15614-3	Titanium & Zirconium: EN ISO 15614-5	Copper: EN ISO 15614-6
Welding operator qualification	EN ISO 14732				
NDT-personnel	EN ISO 9712		Overlay welding: EN ISO 15614-7	Tube to tube plate: EN ISO 15614-8	Beam welding: EN ISO 15614-11
Welding coordination	EN ISO 14731				
Inspection & testing during welding - Measurement of preheat and interpass temp. - Recommendations for welding - Comparison of methods for avoidance of cold cracks	EN ISO 13916 EN 1011-2 & -3 (ISO/TR 17671-2 & -3) CEN ISO/TR 17844)	EN 1011-4 (ISO/TR 17671-4)	Clad steel: EN 1011-5 (ISO/TR 17671-5)	Laser: EN 1011-6 (ISO/TR 17671-6)	Electron beam: EN 1011-7 (ISO/TR 17671-7)
Inspection & testing after welding - NDT – General rules - Visual testing - Radiographic testing - Ultrasonic testing - Magnetic particle testing - Macro- & microscopic testing - Penetrant testing (general)	EN ISO 17635 EN ISO 17637 EN ISO 17636-1 & -2 EN ISO 17640 EN ISO 17638 EN ISO 17639		Cast iron: EN 1011-8 (ISO/TR 17671-8)		
Post-weld heat treatment	EN ISO 3452-1				
Calibration/validation	EN ISO 17663 EN ISO 17662				

Quality levels & Joint preparation	Steel	Aluminium
Qual.lev. fusion welding (not beam)	EN ISO 5817	EN ISO 10042
Quality levels for beam welding	EN ISO 13919-1	EN ISO 13919-2
Quality levels for cutting	EN ISO 9013	
Joint preparation	EN ISO 9692-1 & -2	EN ISO 9692-3

Other	
Joint details	
Geometric imperfections - Definitions	
Pressurized comp. / Steel constr.	EN 1708-1 & -3 / -2 (ISO 'missing')
Fusion welding / Pressure welding	EN ISO 6520-1 / -2
Thermal cuts	EN 12584 (ISO 17658)
Designation system	CEN ISO/TS 17845

See continued

Environment, health & safety	
Fume sampling in laboratory	EN ISO 15011-1 till -4 & CEN ISO/TR 15011-5
Fume sampling in breathing zone	EN ISO 10882-1 & -2
Filters	EN ISO 15012-1 & -2
Eye protection	EN 169, 170, 171, 175 & 379
Protective clothing	EN ISO 11611, EN 12477
Welding curtains	EN 1598
Environm. checklist	EN 14717

Other continued	
Symbolic repr.	ISO 2553
Proc. numbers	EN ISO 4063
Terms & Def.	CEN/TR 14599 (ISO/TR 25901)
Def. weld proc.	EN 14610
Terms on joints & welds	EN ISO 17659
Tolerances	EN ISO 13920
Welding positions	EN ISO 6947, CEN/TR 14633
Reinforcing steel	EN ISO 17660

Welding consumables	
Product	EN 13479
Quality req. for manufacturing	EN 12074
Technical deli-very conditions	EN ISO 544
Procurement	EN ISO 14344
Type testing	EN 14532-1, -2 & -3
Testing	EN ISO 15792-1, -2 & -3, 6847, 14372, 8249, 3690 & ISO 2401
TIG-electrodes	EN ISO 6848
Hard facing	EN 14700

Destructive testing	
Impact	EN ISO 9016
Tensile long.	EN ISO 5178
Tensile perp.	EN ISO 4136
Tensile cruc.	EN ISO 9018
Bend	EN ISO 5173
Fracture	EN ISO 9017
Hardness	EN ISO 9015-1 & -2
Macroscopic	EN ISO 17639, CR 12361 (ISO/TR 16060)
Hot crack	EN ISO 17641-1, -2 & -3
Cold crack	EN ISO 17642-1, -2 & -3
Delta ferrite	EN ISO 17655

Acceptance levels for NDT	
Radiography	EN ISO 10675-1 & -2
Ultrasonic	EN ISO 11666, 15626, 22825, 23279
Magnetic particle	EN ISO 23278
Penetrant	EN ISO 23277
Visual testing (+ macro/micro etc)	For all imperfections EN ISO 5817 etc apply

Classification of welding consumables

	Steel: Non-alloy and fine grain	Steel: High strength	Steel: Creep resistant	Steel: Stainless and heat resisting	Other materials: Nickel	Other materials: Copper	Other materials: Aluminium	Other materials: Cast iron	Other materials: Titanium
MMA	EN ISO 2560	EN ISO 18275	EN ISO 3580	EN ISO 3581	EN ISO 14172	prEN ISO 17777		EN ISO 1071	
MIG/MAG	EN ISO 14341	EN ISO 16834	EN ISO 21952	EN ISO 14343	EN ISO 18274	EN ISO 24373	EN ISO 18273		EN ISO 24034
TIG	EN ISO 636								
Electrodes etc for submerged arc	EN ISO 14171	EN ISO 26304	EN ISO 24598						
Fluxes for submerged arc	EN ISO 14174								
Cored wires	EN ISO 17632	EN ISO 18276	EN ISO 17634	EN ISO 17633	EN ISO 12153			EN ISO 1071	
Gas welding	EN 12536 (ISO/CD 20378)		EN 12536 (ISO/CD 20378)						
Shielding gas	EN ISO 14175								

[a] References in fields with this colour are directly linked to EN ISO 3834

[b] The ISO-reference in brackets is in most cases identical with or is based on corresponding EN

Update available at www.svets.se/overview

Mathias Lundin, Swedish Welding Commission, April 2015

EN 1090-2: Bullonature

I bulloni che si possono utilizzare sono di due tipi e il loro uso dipende dalle scelte del progettista legate al tipo di giunto.

BULLONI NON PRECARICATI (a taglio EN 15048-1)

Requisiti generali	UNI EN 15048-1
Caratteristiche dimensionali delle viti	UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato) UNI EN ISO 4017 e 4018 (gambo totalmente filettato)
Caratteristiche meccaniche delle viti	UNI EN ISO 898-1
Caratteristiche dei dadi	UNI EN ISO 4032 e 4034
Caratteristiche delle rondelle	UNI EN ISO 7091
Caratteristiche meccaniche dei dadi	UNI EN 20898-2
Prove di idoneità all'impiego	UNI EN 15048-2

EN 1090-2: Bullonature

BULLONI NON PRECARICATI (a taglio EN 15048-1)

La norma si applica all'assieme bullone-dado-rondella.

Si applica per i filetti da M12 a M36.

La fornitura dell'assieme può essere fatta in un'unica confezione oppure in confezioni separate tutte comunque provviste di etichetta con numero di lotto e identificazione del fabbricante.

EN 1090-2: Bullonature

BULLONI NON PRECARICATI (a taglio EN 15048-1)

I bulloni e i dadi devono riportare impresso i seguenti dati:

- Classe di resistenza
- Marchio di identificazione del produttore
- Sigla «SB»

Le rondelle non devono riportare informazioni.

Gli assiemi devono avere la Marcatura CE.

EN 1090-2: Bullonature

BULLONI ADATTI AL PRECARICO (EN 14399-1)

Requisiti generali	UNI EN 14399-1 (HR e HV)
Sistema HR - Assieme vite/dado	UNI EN 14399-3
Sistema HV - Assieme vite/dado	UNI EN 14399-4
Rondelle piane	UNI EN 14399-5
Rondelle piane smussate	UNI EN 14399-6
Prove di idoneità all'utilizzo per serraggio controllato	UNI EN 14399-2
Caratteristiche meccaniche	UNI EN ISO 898-1
Rondelle con indicazione di carico	UNI EN 14399-9 (HR e HV)
Sistema HR – Assieme vite con testa svasata e dado	UNI EN 14399-7
Sistema HV – Assieme vite a testa esagonale con gambo calibrato e dado	UNI EN 14399-8
Sistema HRC - Assieme vite e dado con serraggio calibrato	UNI EN 14399-10

EN 1090-2: Bullonature

BULLONI ADATTI AL PRECARICO (EN 14399-1)

La norma si applica all'assieme bullone-dado-rondella.

Si applica per i filetti da M12 a M36.

La fornitura dell'assieme viene fatta in un'unica confezione.

Come non devono essere approvvigionate le bullonerie…

EN 1090-2: Bullonature

BULLONI ADATTI AL PRECARICO (EN 14399-1)

I bulloni e i dadi devono riportare impresso i seguenti dati:

- Classe di resistenza
- Marchio di identificazione del produttore
- Sigla «HR»/«HV»/»HVP»/»HRC»/»HRD»

Le rondelle non devono riportare informazioni.

Gli assiemi devono avere la Marcatura CE.

EN 1090-2: Bullonature

Il DM 14/1/08 obbliga ad usare solo bulloni a filetto parziale. La EN 1090-2 non dà nessuna indicazione a proposito.

- Per i bulloni non precaricati non è richiesto, in generale, l'uso di rondelle.
- Per i bulloni 10.9 precaricati si richiede l'uso di 2 rondelle: una sotto la testa (secondo UNI EN 14399-6) ed una sotto il dado (secondo UNI EN 14399-5).
- Per i bulloni 8.8 precaricati si richiede l'uso di una sola rondella sotto la parte (testa o dado) che viene ruotata (sempre in accordo a UNI EN 14399-6 o UNI EN 14399-5).

EN 1090-2: Bullonature

SERRAGGIO BULLONI NON PRECARICATI

Viene richiesto solo che le superfici delle piastre siano «aderenti a tenuta»: condizione ottenibile mediante lo sforzo di un uomo con chiave per bulloni di dimensioni normali senza braccio di estensione.

Controllo:

Visivo al 100%.

EN 1090-2: Bullonature

SERRAGGIO BULLONI PRECARICATI

La forza da generare nel gambo (Fp,c) è pari a.

$F_{p,c} = 0,7 \times f_{u,b} \times A_s$

con

$F_{u,b}$ = carico nominale di rottura del bullone;

A_s = sezione resistente del bullone.

La forza equivale ad un momento Mr pari a:

$M_r = k \times d \times F_{p,c}$

con

k = coeff. Di rendimento della coppia;

d = diametro nominale del bullone.

EN 1090-2: Bullonature

Coppia di serraggio per bulloni EN 14399 classe 8.8

Bulloni 8.8			k			
Diam.	A_s[mm²]	$F_{p,C}$[kN]	0,10	0,12	0,14	0,16
12	84,3	47,2	56,6	68,0	79,3	90,6
14	115	64,4	90,2	108,2	126,2	144,3
16	157	87,9	140,7	168,8	196,9	225,1
18	192	107,5	193,5	232,2	271,0	309,7
20	245	137,2	274,4	329,3	384,2	439,0
22	303	169,7	373,3	448,0	522,6	597,3
24	353	197,7	474,4	569,3	664,2	759,1
27	459	257,0	694,0	832,8	971,6	1110,4
30	561	314,2	942,5	1131,0	1319,5	1508,0
36	817	457,5	1647,1	1976,5	2305,9	2635,3

EN 1090-2: Bullonature

Coppia di serraggio per bulloni EN 14399 classe 10.9

Bulloni 10.9			k			
Diam.	A_s[mm²]	$F_{p,C}$[kN]	0,10	0,12	0,14	0,16
12	84,3	59,0	70,8	85,0	99,1	113,3
14	115	80,5	112,7	135,2	157,8	180,3
16	157	109,9	175,8	211,0	246,2	281,3
18	192	134,4	241,9	290,3	338,7	387,1
20	245	171,5	343,0	411,6	480,2	548,8
22	303	212,1	466,6	559,9	653,3	746,6
24	353	247,1	593,0	711,6	830,3	948,9
27	459	321,3	867,5	1041,0	1214,5	1388,0
30	561	392,7	1178,1	1413,7	1649,3	1885,0
36	817	571,9	2058,8	2470,6	2882,4	3294,1

EN 1090-2: Bullonature

SERRAGGIO BULLONI PRECARICATI

Il coeff. k viene determinato dal produttore della bulloneria attraverso 3 metodi:

Modalità k0: il k non viene determinato (se si usano rondelle a controllo di carico o sistemi HRC)

Modalità k1: il k viene determinato in un intervallo di valori compreso tra 0,10 e 0,16;

Modalità k2: il k viene determinato come valore medio km in un intervallo compreso tra 0,10 e 0,23 con un coeff. di variazione Vk<=0,10.

EN 1090-2: Bullonature

SERRAGGIO BULLONI PRECARICATI

Il serraggio può essere fatto seguendo 2 metodi:

Metodo della coppia (solo per k2)

Metodo combinato (sia per k1 che per k2)

EN 1090-2: Bullonature

SERRAGGIO BULLONI PRECARICATI

Metodo della coppia (solo per k2)

Si inizia serrando i bulloni a 0,75Mr. Poi si serra con una coppia di 1,1Mr.

Metodo combinato (sia per k1 che per k2)

Si inizia serrando i bulloni a 0,75Mr. Poi si ruota il dado in funzione dello spessore «t» totale da serrare (comprese le rondelle):

- 60° per t<2d
- 90° per t compreso tra 2d e 6d
- 120° per t compreso tra 6d e 10d

EN 1090-2: Bullonature

ESTENSIONE DEI CONTROLLI

Connessioni non precaricate

FASE	ESTENSIONE	AZIONE
Connessione dopo il serraggio	100%	Controllo visivo

Connessioni precaricate

FASE	ESTENSIONE	AZIONE
Ispezione delle superfici di contatto	100%	Controllo visivo
Connessioni prima del serraggio	100%	Controllo visivo – Eventuali aggiustaggi degli spessori
	EXC2, EXC3 ed EXC4	Controllo dei certificati di taratura delle chiavi dinamometriche
Metodo della coppia – 2. fase	EXC2 : 5% EXC3, EXC4: 10%	Applicazione con chiave dinamometrica di 1,05 Mr e verifica che ci sia un inizio di rotazione – se rotazione > 15° il bullone deve essere serrato ancora
Metodo combinato – 1. fase	EXC2 : --- EXC3, EXC4: 5%	Applicazione con chiave dinamometrica di 0,75 Mr e verifica che ci sia un inizio di rotazione – se rotazione > 15° il bullone deve essere serrato ancora
Metodo combinato – 2. fase	EXC2 : 5% EXC3, EXC4: 10%	se l'angolo di rotazione è sotto il valore specificato di più di 15°, correggere l'angolo; se l'angolo di rotazione è sopra il valore specificato di più di 30°, sostituire il bullone.

Fonte: Ing. B. Cordova - Milano

EN 1090-2: Bullonature

http://www.sbe.it/pdf/Bulloneria_a_serraggio_controllato_it.pdf

Buona sintesi

MODALITA' DI CONTROLLO

L'ispezione deve essere condotta usando un criterio di campionamento sequenziale secondo quanto prescritto nell'Appendix M e usando:

- per EXC2 e EXC3 sequenza tipo A
- per EXC4 sequenza tipo B

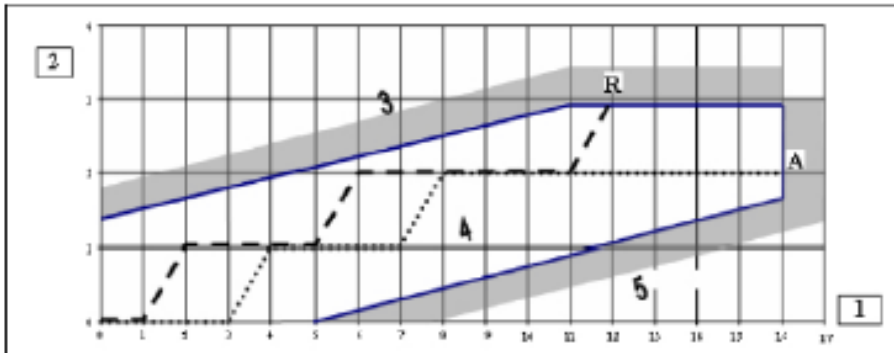


Diagramma d'ispezione sequenziale tipo A

A: zona di accettabilità
R: zona di rigetto
4: zona di indecisione

asse 1: numero di bulloni controllati
asse 2: numero di bulloni non accettabili
n.ro bulloni da controllare: min 5, max 16

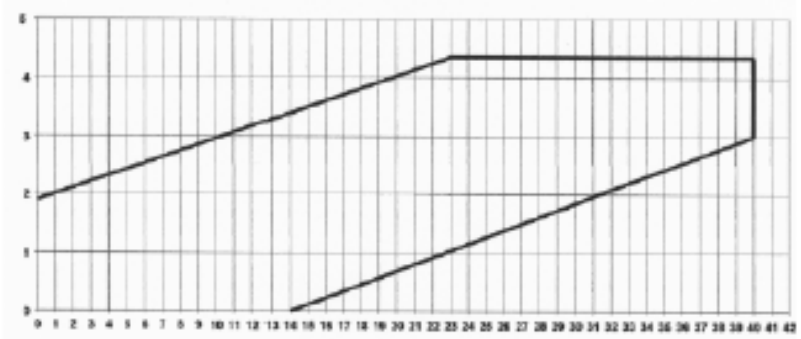


Diagramma d'ispezione sequenziale tipo B

n.ro bulloni da controllare: min 14, max 40

Fonte: Ing. B. Cordova - Milano

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

PROGETTAZIONE

Classe di corrosività (EN 12944-2) + durabilità EN 12944-1)

Eliminazione difettosità – Grado di preparazione (EN 1090-2)

Eliminazione ruggine – Pulitura (EN 12944-4)

Definizione del ciclo di verniciatura (EN 12944-5)

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La definizione dei parametri di protezione delle strutture metalliche necessita di una vera e propria progettazione.
Già la norma EN 1090-2 "*Esecuzione di strutture di metallo e alluminio - Requisiti tecnici per strutture di acciaio*" dedica il capitolo 10 ai **trattamenti superficiali**.

Fortunatamente esistono norme europee che ci possono guidare nel capire le regole da seguire per progettare ed eseguire interventi di pitturazione fatti per bene.
La serie EN ISO 12944 è in tal senso di fondamentale importanza.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

INSERIRE ELENCO NORME DELLA SERIE.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La parte 1 della serie "Introduzione generale" definisce principalmente il **campo di applicazione della serie**:

- si applica sia ai nuovi lavori che a quelli di manutenzione;

- si applica solo alla protezione dalla corrosione della verniciatura (non si applica ad esempio alla protezione contro il fuoco);

- si applica solo alle strutture in acciaio non legato o poco legato (il comune acciaio EN 10025 risulta compreso) di spessore >= 3 mm;

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

- si applica alle superfici non rivestite ma anche a quelle rivestite mediante zincatura o sherardizzate;
- si applica a superfici esposte all'atmosfera, immerse in acqua o a contatto con il terreno;
- si applica a superfici trattate con prodotti vernicianti che essiccano all'aria.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La parte 1 definisce anche la "**durabilità**". La durabilità non è da intendersi come la durata in servizio della struttura.

Di fatto la durabilità è il tempo che intercorre dal primo trattamento protettivo al primo importante intervento manutentivo (che deve sempre essere pensato a livello progettuale).

Per questo esistono tre differenti *classi di durabilità*:
- L: da 2 a 5 anni;
- M: da 5 a 15 anni;
- H: > 15 anni.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Non si può pensare che un intervento protettivo abbia durata infinita.
Occorre sempre programmare una sua manutenzione entro il termine di durabilità stabilito dal progettista dell'opera.
Fondamentale a livello progettuale pensare la struttura affinchè operativamente sia manutenibile.

Vedremo più avanti che la definizione del ciclo di pitturazione è molto influenzata dalla classe di durabilità prescelta.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La parte 2 della EN 12944 tratta della classificazione degli ambienti corrosivi.

La norma ci dà una rappresentazione dei possibili ambienti corrosivi in cui la struttura si troverà ad operare durante il suo esercizio.

Gli ambienti corrosivi sono definiti mediante la "Classe di corrosività".

Queste classi per l'acciaio assomigliano molto alle classi di esposizione del calcestruzzo. Rappresentano dunque i possibili fattori di aggressività delle strutture metalliche.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Da cosa può dipendere la corrosività di una carpenteria metallica? Su questo tema si possono reperire veri e propri trattati!
Presso il Politecnico di Milano esiste un laboratorio specifico. E' il POLILAPP (Laboratorio di corrosione dei materiali "Pietro Pedeferri") super specializzato sulla corrosione (**http://polilapp.chem.polimi.it/?lang=it**).

Lasciando quindi agli esperti una trattazione maggiore e più dettagliata diciamo semplicemente che la norma tratta della corrosione atmosferica e della corrosione da acqua/terreno.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Corrosione atmosferica:
La corrosione atmosferica è in generale influenzata dall'umidità, dalla temperatura dell'ambiente e da quella superficiale della struttura, da fattori metereologici/ambientali e da eventuali fattori inquinanti. Ovviamente una struttura esterna è maggiormente aggredibile dalla corrosione atmosferica rispetto ad una struttura interna.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Corrosione da acqua:
La corrosione determinata dall'acqua dipende dal tipo di acqua (es. marina o dolce) e dal grado di immersione della struttura in acqua. Le zone della struttura esposte agli spruzzi di acqua marina sono quelle che possono riportare i maggiori danni da corrosione. Se non vado errato anche per il calcestruzzo è così considerando la classe di esposizione XS3.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Corrosione da terreno:
La corrosione determinata dal terreno a contatto con l'acciaio dipende dalla natura del terreno e dalla presenza di acqua e ossigeno.

Per definire dunque la classe di corrosività esistono delle tabelle presenti nella norma che permettono l'individuazione della classe corretta.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Per la classe di corrosività atmosferica sono previste sei classi: da C1 a C4, C5-I, C5-M. La classe C5 rappresenta gli ambienti più aggressivi.
Per la definizione della classe (prospetto 1 della norma) si possono utilizzare due strade: la prima, sperimentale, prevede l'esposizione in atmosfera di una provetta metallica per verificarne in un anno (!) la perdita di massa. In base ai valori tabellati è poi possibile stabilire la classe; la seconda, certamente più immediata, prevede di incasellare il proprio ambiente reale tra alcune tipologie specificate dalle tabelle (es. Aree industriali e zone costiere con moderata salinità).

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Classi corrosività ambientali

Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie/perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		All'esterno	All'interno
	Perdita di massa g/m^2	Perdita di spessore µm	Perdita di massa g/m^2	Perdita di spessore µm		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi.
C2 bassa	da > 10 a 200	da > 1,3 a 25	da > 0,7 a 5	da > 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento. Soprattutto aree naturali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esempio depositi, locali sportivi.
C3 media	da > 200 a 400	da > 25 a 50	da > 5 a 15	da > 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità e un certo inquinamento atmosferico; per esempio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici.
C4 alta	da > 400 a 650	da > 50 a 80	da > 15 a 30	da > 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
C5-I molto alta (industriale)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
C5-M molto alta (marina)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.

Nota 1 - I valori delle perdite utilizzati per le classi di corrosività sono identici a quelli indicati nella ISO 9223.
Nota 2 - Nelle aree costiere, in zone calde e umide, le perdite di spessore possono superare i limiti della classe C5-M. Pertanto occorre prendere precauzioni particolari nella scelta della verniciatura protettiva per le strutture situate in queste aree.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Per la classe di corrosività da acqua e terreno sono previste 3 classi: da Im1 a Im3. Im1 e Im2 si utilizzano rispettivamente per l'acqua dolce e per l'acqua salmastra o di mare. La classe Im3 si utilizza per il terreno (prospetto 2 della norma).

la scelta della classe di corrosività sia determinante per l'individuazione del livello eliminazione dei difetti delle superfici da trattare.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Classi corrosività acqua/terreno

Classi per le strutture immerse in acqua o interrate

Classe	Ambiente	Esempi di ambienti e di strutture
Im1	Acqua dolce	Installazioni fluviali, centrali idroelettriche
Im2	Acqua salmastra o di mare	Zone portuali con strutture come chiuse, conche, pontili; strutture offshore
Im3	Terreno	Serbatoi interrati, pali di acciaio, tubi di acciaio

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Trattiamo della preparazione dei pezzi prima della verniciatura.

In particolare, secondo la EN ISO 1090-2, gli aspetti che il progettista deve prendere in considerazione sono il "Grado di preparazione" e la "Preparazione della superficie".

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Grado di preparazione secondo EN ISO 8501
Rappresenta una sorta di grado di accuratezza con cui vengono preparati la superficie e i bordi dei pezzi poi da trattare al fine di rimuovere eventuali imperfezioni che potrebbero innescare fenomeni corrosivi.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Il riferimento normativo per stabilire il grado di preparazione è la serie EN ISO 8501:

- EN ISO 8501-1 "Preparazione dei substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie - Parte 1: Gradi di arrugginimento e di preparazione di substrati di acciaio non rivestito o di substrati di acciaio dopo la rimozione totale del rivestimento preesistente";
- EN ISO 8501-2 "Preparazione delle superfici di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti affini - Valutazione visiva del grado di pulitura della Parte 2: Gradi di preparazione di superfici di acciaio già rivestite dopo rimozione locale dei rivestimenti precedenti";

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

- EN ISO 8501-3 "Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie - Parte 3: Gradi di preparazione di saldature, bordi e altre aree con imperfezioni superficiali";
- EN ISO 8501-4 "Preparazione dei substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie - Parte 4: Condizioni della superficie, gradi di preparazione e gradi di ruggine immediata in seguito a spruzzatura di acqua ad alta pressione";

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

In generale vengono definiti tre gradi di preparazione P1, P2, P3 con P3 grado massimo. Maggiore è il grado minori sono le probabilità nell'arco di tempo in cui si deve garantire la durabilità della struttura che avvenga la corrosione.

Il prospetto 22 della norma EN ISO 1090-2, in funzione della durabilità e della classe di corrosività, definisce il corretto grado di preparazione.

Il grado di preparazione di cui alla EN ISO 8501-3 deve essere specificato dal progettista.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Grado di preparazione

Durata prevista della protezione dalla corrosione [a]	Categoria di corrosività [b]	Grado di preparazione
>15 anni	C1	P1
	da C2 a C3	P2
	Superiore a C3	P2 o P3 come specificato
Da 5 anni fino a 15 anni	da C1 a C3	P1
	Superiore a C3	P2
< 5 anni	da C1 a C4	P1
	C5 - Im	P2

a), b) La durata prevista della protezione della corrosione e la categoria di corrosività fanno riferimento alla EN ISO 12944 e alla EN ISO 14713-1.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Preparazione della superficie secondo EN ISO 12944-4

È necessario preparare la superficie dell'acciaio prima di applicare lo strato di pittura al fine di determinare la corretta adesione dei prodotti applicati. In sostanza si deve ottenere una superficie pulita e con la giusta rugosità.

La norma tratta diversi metodi di preparazione:

- Pulitura con acqua o solventi e pulitura chimica;
- Pulitura meccanica compresa la sabbiatura;
- Pulitura alla fiamma.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

I metodi vengono rappresentati nelle appendici A e B della norma.

Il metodo più utilizzato è certamente quello della sabbiatura.

La norma EN ISO 8501-1 contiene fotografie che aiutano a capire se è stato raggiunto il prescritto grado di sabbiatura.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Eliminazione ruggine e sporco

Grado normalizzato di preparazione[1]	Metodo di preparazione della superficie	Esempi fotografici rappresentativi nella ISO 8501-1[2,3,4]	Caratteristiche essenziali delle superfici preparate Per ulteriori dettagli, compreso il trattamento prima e dopo la preparazione della superficie (colonna 2), vedere ISO 8501-1	Campo di applicazione
Sa 1	Sabbiatura (6.2.3)	B Sa 1 C Sa 1 D Sa 1	Rimozione solo di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti[5].	Preparazione della superficie di: a) superfici di acciaio non rivestito; b) superfici di acciaio rivestito, se i rivestimenti sono rimossi in misura tale da raggiungere il grado di preparazione specificato[6].
Sa 2		B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	Rimozione della maggior parte di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni contaminazione residua deve essere ben aderente.	
Sa 2½		A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
Sa 3[7]		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. La superficie deve avere un colore metallico uniforme.	
St 2	Pulitura con utensili manuali o meccanici (6.2.1, 6.2.2)	B St 2 C St 2 D St 2	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti[5].	
St 3		B St 3 C St 3 D St 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti[5]. Comunque la superficie deve essere trattata molto più a fondo che per St 2, fino a presentare un riflesso metallico dovuto al substrato metallico.	
Fl	Pulitura alla fiamma (6.3)	A Fl B Fl C Fl D Fl	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni residuo deve presentarsi solo come uno scolorimento della superficie (ombre di diversi colori).	[6]
Be	Decapaggio acido (6.1.8)		Rimozione completa di calamina, ruggine e residui di verniciature. La verniciatura deve essere rimossa con mezzi idonei prima del decapaggio acido.	Prima della zincatura a caldo, per esempio.

1) Legenda dei simboli usati:
Sa = sabbiatura (ISO 8501-1)
St = pulitura mediante utensili manuali o meccanici (ISO 8501-1)
Fl = pulitura alla fiamma (ISO 8501-1)
Be = decapaggio acido
2) A, B, C e D sono le condizioni iniziali delle superfici di acciaio non rivestite (vedere ISO 8501-1).
3) Gli esempi fotografici rappresentativi mostrano unicamente superfici o zone di superfici che non erano mai state rivestite.
4) Nel caso di superfici di acciaio con rivestimenti metallici verniciati o non verniciati può essere concordata una analoga indicazione di certi gradi normalizzati di preparazione, purché siano tecnicamente realizzabili nelle condizioni date.
5) La calamina è considerata poco aderente se può essere rimossa per sollevamento con una spatola per stucco.
6) I fattori che influenzano la valutazione devono essere oggetto di particolare attenzione.
7) Questo grado di preparazione della superficie può essere ottenuto e mantenuto solo in determinate condizioni, che non è possibile realizzare in loco.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Superficie secondo EN ISO 8501-1



A

Steel surface largely covered with adhering mill scale but little, if any, rust.



B

Steel surface which has begun to rust and from which the mill scale has begun to flake.



C

Steel surface on which the mill scale has rusted away or from which it can be scraped, but with slight pitting visible under normal vision.



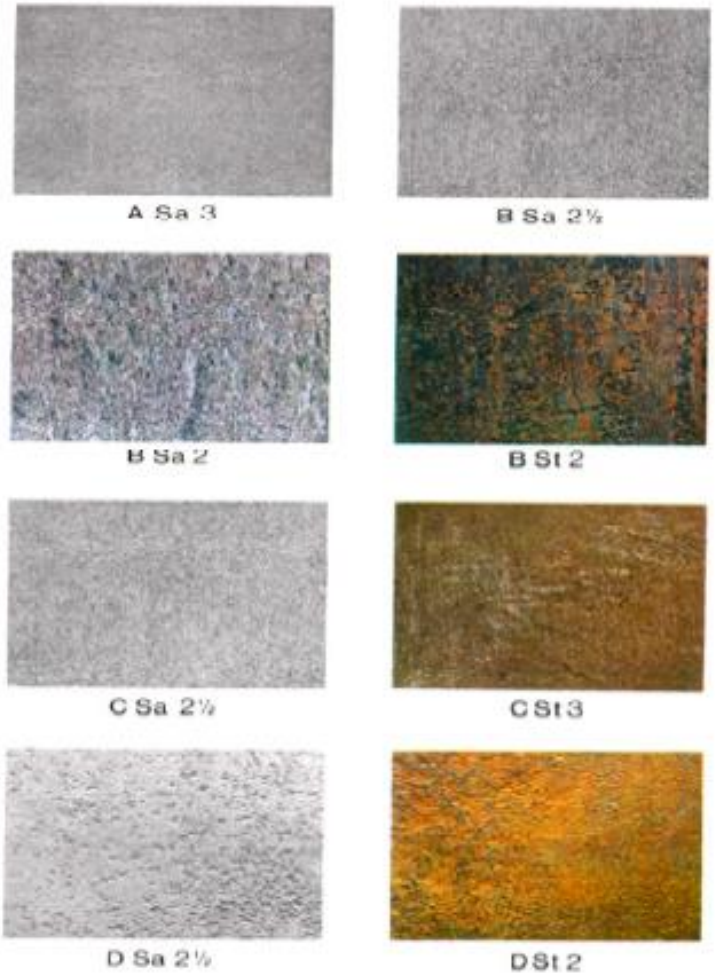
D

Steel surface on which the mill scale has rusted away and on which general pitting is visible under normal vision.

Figure 1: Representative photographic examples of rust grades

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Superficie secondo EN ISO 8501-1



Sa 1	Light blast-cleaning
Sa 2	Thorough blast-cleaning
Sa 2 $^{1}/_{2}$	Very thorough blast-cleaning
Sa 3	Blast-cleaning to visually clean steel

Hand and power tool cleaning

St 2	Thorough hand and power tool cleaning
St 3	Very thorough hand and power tool cleaning

Flame cleaning, Fl
Rarely used.

Figure 2: Representative photographic examples of surface preparation grades.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Dopo aver parlato della durabilità dei trattamenti superficiali, della classificazione degli ambienti aggressivi e della preparazione dei pezzi metallici da sottoporre a verniciatura, diamo qualche indicazione sulle modalità di scelta del trattamento superficiale.

Il trattamento verniciante viene steso con più mani. In generale parliamo di:

- Primer: sigilla il substrato e garantisce l'adesione dello strato successivo;
- Strato intermedio: serve per dare spessore al ricoprimento;
- Strato di finitura: garantisce la finitura desiderata.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Un prodotto verniciante è composto da:

- un legante polimerico;
- un mezzo solvente e/o disperdente;
- un pigmento ed eventuali cariche;
- additivi.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

LEGANTE POLIMERICO

Il legante polimerico ha lo scopo di sigillare il substrato e di creare un film continuo capace di tenere insieme tutti i componenti del sistema verniciante. E' possibile utilizzare vari tipi di polimeri (resine alchidiche, resine epossidiche, resine poliestere, resine poliuretaniche, resine acriliche) a seconda del fine che si vuole raggiungere. Se si vuole massimizzare il risultato protettivo (ambiente fortemente aggressivo) si devono utilizzare resine epossidiche.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

SOLVENTI E DISPERDENTI

Servono per permettere la stesa del prodotto verniciante. I composti utilizzati come solventi o disperdenti evaporano lasciando il prodotto verniciante. L'uso dei solventi è delicato rapportato ad esigenze ambientali. Anche per questo oggi si utilizzano molto prodotti a base acquosa. Le vernici a polvere non contengono solventi.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

PIGMENTI, CARICHE E ADDITIVI

I pigmenti e le cariche sono prodotti che servono a conferire il voluto aspetto esteriore alla superficie verniciata. Le cariche assolvono la funzione dei pigmenti ma costano meno di questi. Gli additivi vengono messi per conferire particolari caratteristiche alla superficie finale (es. additivi plastificanti che aumentano l'elasticità della pellicola finita).

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La norma UNI EN ISO 12944-5 "Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva" fornisce indicazioni utili ma non esaustive sull'argomento proponendo una serie di tabelle in cui vengono rappresentati svariati cicli di verniciatura a seconda della classe di corrosività e della durabilità richiesta. Per questi cicli vengono definiti i possibili prodotti utilizzabili come primer e successivi strati, e le possibili mani con gli spessori definiti come "NDFT" (Nominal Dry Film Thickness). Le indicazioni sono estremamente utili anche per i meno addetti ai lavori perchè permettono di capire se un trattamento prescritto rappresenta veramente la giusta soluzione o meno.

Vedi documento

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Ad esempio, volendo garantire una durabilità alta con una classe di corrosività C3 si può utilizzare un ciclo così composto (tab. A.1 UNI EN ISO 12944-5):

- primer zincante epossidico 60 micron;
- undercoat epossidico 50 micron;
- topcoat epossidico 50 micron;

per un totale di 160 micron.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

La parte 7 della EN 12944 tratta dell'esecuzione e controllo dei lavori di verniciatura.

Viene definito il principio secondo il quale gli operatori che eseguono lavori di verniciatura devono essere qualificati e certificati da un organismo accreditato. Non si specifica però il significato pratico della richiesta in quanto non viene definito il quadro normativo dell'eventuale accreditamento.

Comunque se l'impresa che esegue i lavori è certificata ISO 9001 (Qualità) allora deve predisporre un Piano della Qualità in cui descrive le modalità di lavoro applicate alla commessa specifica allegando le procedure di esecuzione e controllo che adotterà.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Relativamente ai materiali vernicianti si specifica che devono essere conservati in luogo chiuso ad una temperatura compresa tra 3°C e 30°C e per un tempo non superiore a quello indicato dal produttore.

L'applicazione dei prodotti deve avvenire secondo le specifiche dei produttori. Un occhio particolare va posto alla temperatura superficiale del pezzo da verniciare. Non deve essere inferiore alla temperatura di rugiada ambientale del momento.

EN 1090-2: Trattamenti superficiali

Per il controllo della verniciatura vengono suggeriti esami visivi ed esami strumentali.

Visivamente si consiglia di verificare l'uniformità, il colore, il potere coprente ed eventuali difettosità come crateri, bolle, ecc.

Strumentalmente si consigliano prove sullo spessore della pellicola secca (ISO 2808), prove di adesione (ISO 2409 o ISO 4624) e prove di porosità mediante sonda ad alta o bassa tensione.

Nella misura dello spessore della pellicola secca occorre che l'impresa esecutrice e il proprio committente definiscano i criteri di accettabilità della prova, di registrazione dei dati, oltre che il piano di campionamento, i metodi e gli strumenti da utilizzare e le modalità di taratura della strumentazione.

EN 1090-2: Tolleranze geometriche

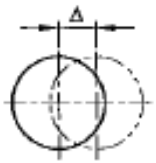
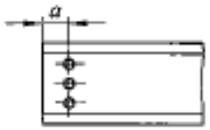
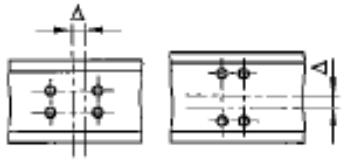
TIPI

- Tolleranze essenziali (sono di fabbricazione e di montaggio; sono quelle che garantiscono rispetto la stabilità/resistenza della struttura);
- Tolleranze funzionali (sono quelle che hanno a che fare con l'esercizio della struttura, all'estetica, …)

L'annex D della norma propone una valanga di tolleranze.

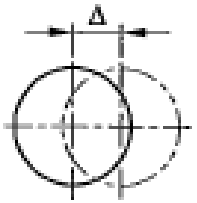
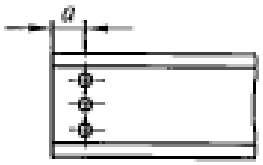
EN 1090-2: Tolleranze geometriche

D.1.8 Tolleranze di produzione essenziali - Fori di fissaggio, intagli e bordi tagliati

N°	Criterio	Parametro	Deviazione ammessa Δ
1	Posizione dei fori per gli elementi di connessione: 	Deviazione Δ della linea d'asse di un foro singolo dalla sua posizione prevista all'interno di un gruppo di fori:	Δ = ± 2 mm
2	Posizione dei fori per gli elementi di connessione: 	Deviazone Δ nella distanza *a* tra un singolo foro e un estremo libero:	- Δ = 0 (non vengono forniti valori positivi)
3	Posizione di un gruppo di fori: 	Deviazone Δ di un gruppo di fori dalla sua posizione prevista:	Δ = ± 2 mm

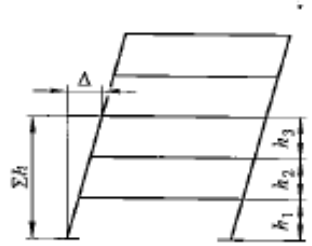
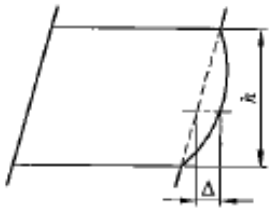
EN 1090-2: Tolleranze geometriche

D.2.8 Tolleranze funzionali di produzione - Fori di elementi di fissaggio, intagli e bordi tagliati

N°	Criterio	Parametro	Deviazione ammessa Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Posizione dei fori per gli elementi di fissaggio: 	Deviazione Δ della linea d'asse di un foro singolo dalla sua posizione prevista all'interno di un gruppo di fori	Δ = ± 2 mm	Δ = ± 1 mm
2	Posizione dei fori per gli elementi di fissaggio: 	Deviazone Δ nella distanza *a* tra un singolo foro e un estremo libero	- Δ = 0 + Δ ≤ 3 mm	- Δ = 0 + Δ ≤ 2 mm
3	Posizione di un gruppo di fissaggio:			

EN 1090-2: Tolleranze geometriche

D.1.12 **Tolleranze di montaggio essenziali - Colonne multipiano**

N°	Criterio	Parametro	Deviazione ammessa Δ
1	Posizione ad ogni livello di piano, rispetto al livello di base: 	Posizione della colonna nel piano, ad ogni livello di piano relativamente ad una linea verticale che attraversa il suo centro a livello di base	$\Delta = \pm\Sigma h/(300\sqrt{n})$
2	Inclinazione di una colonna tra due livelli di piano adiacenti: 	Posizione della colonna nel piano, relativamente ad una linea verticale che attraversa il suo centro a livello del piano successivo	$\Delta = \pm h/500$
3	Rettilinearità di una colonna continua tra due livelli di piano adiacenti: 	Posizione della colonna nel piano, rispetto ad una linea retta tra i punti di posizione a livelli di piani adiacenti	$\Delta = \pm h/750$

EN 1090-2: Metodo di montaggio

- Condizioni del cantiere: la sicurezza del cantiere deve essere assicurata per prima. Senza buone condizioni sicuristiche non si parte con il montaggio (§ 9.2);
- Metodo di montaggio di progetto: il progettista deve fare un piano di montaggio prendendo in considerazione:

a) posizioni e tipologie dei giunti di montaggio;
b) dimensione, peso e ubicazione dell'elemento maggiore;
c) sequenza di montaggio;
d) concetto di stabilità per la struttura in condizioni di parziale montaggio, ivi compresi eventuali requisiti temporanei di rinforzo o di puntellatura;
e) puntellature o altre misure per l'esecuzione del getto progressivo di strutture miste;
f) condizioni per la rimozione di rinforzi temporanei o delle puntellature, o qualsiasi prescrizione per detensionare o pensionare la struttura;
g) caratteristiche che potrebbero creare dei rischi per la sicurezza durante la costruzione;
h) i tempi e metodi per la regolazione delle connessioni di ancoraggio o dei cuscinetti e per l'iniezione;
i) curvature e regolazioni appropriate in funzione di quelle previste in fase di fabbricazione;
j) utilizzo di lamiere profilate in acciaio per garantire la stabilità;
k) utilizzo di lamiere profilate in acciaio per il contenimento laterale;
l) trasporto di elementi, inclusi i dispositivi per il sollevamento, la rotazione o la trazione;
m) posizioni e condizioni per il sostegno ed il sollevamento;
n) concetto di stabilità per i cuscinetti;
o) deformazioni della struttura in condizioni di parziale montaggio;
p) posizione dei supporti;
q) posizioni e carichi particolari delle gru, componenti immagazzinate, contrappeso ecc., per le varie fasi costruttive;
r) istruzioni per la consegna, lo stoccaggio, il sollevamento, la costruzione ed il pretensionamento dei cavi strallati;
s) dettagli di tutte le opere temporanee e del loro collegamento ad opere permanenti con le istruzioni relative alla loro rimozione.

EN 1090-2: Metodo di montaggio

- Metodo di montaggio del costruttore: il costruttore deve elaborare un proprio metodo sulla base di quello di progetto con queste aggiunte:

a) le esperienze di qualsiasi montaggio di prova eseguito in conformità al punto 9.6.4;

b) le restrizioni necessarie per garantire la stabilità prima della saldatura e per controllare il movimento locale del giunto;

c) i dispositivi di sollevamento necessari;

d) la necessità di individuare i pesi e/o i baricentri su pezzi di grandi dimensioni o di forma irregolare;

e) il rapporto tra i pesi da sollevare e il raggio di operazione dove sono utilizzate le gru;

f) l'identificazione delle forze di oscillazione e di ribaltamento, in particolare di quelle dovute alle condizioni del vento previsto in loco durante il montaggio, e le modalità esatte per mantenere adeguate la resistenza all'oscillazione ed al ribaltamento;

g) i metodi per far fronte ai rischi per la sicurezza;

h) la disposizione di postazioni di lavoro e di mezzi sicuri per il loro accesso.

Inoltre, i seguenti aspetti si applicano per le strutture miste acciaio calcestruzzo:

i) la sequenza di fissaggio di profilati in acciaio per lastre di rivestimento composite deve essere pianificata al fine di garantire che, prima del fissaggio, le lamiere siano adeguatamente sostenute da travi di sostegno, e siano saldamente fissate prima di essere utilizzate per accedere alle successive postazioni di lavoro;

j) le lamiere d'acciaio profilato non dovrebbero essere utilizzate per ottenere l'accesso per la saldatura di connettori a taglio a meno che le lamiere siano già saldamente collegate da elementi di fissaggio che rispettino quanto previsto dal punto i);