

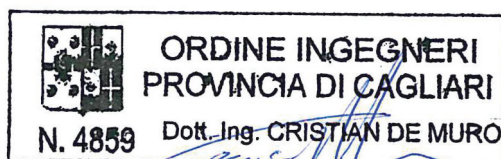
LINEA FERROVIARIA TURISTICA MACOMER/BOSA

RISANAMENTO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA TRAVATA METALLICA

- Ponte n. 19 km 1+793

PROGETTO ESECUTIVO

progettazione: Servizio Tecnico - ARST SpA



COMPUTI - CAPITOLATI E SCHEMA DI CONTRATTO

OGGETTO:

CAPITOLATO TECNICO

NOME-FILE

SCALA:

TAVOLA:

4.50

REV.	MODIFICHE	DATA	ELABORAZIONE
0	PRIMA EMISSIONE	DIC.2019	SERVIZIO TECNICO
1			
2			
3			
4			

1. PREMESSA

Il presente Capitolato tecnico ha essenzialmente lo scopo di fornire una dettagliata descrizione delle caratteristiche e delle condizioni generali e particolari, tecniche, in conformità alle quali dovranno essere eseguite tutte le prestazioni oggetto dell'appalto.

2. OGGETTO DELLA GARA

Oggetto dell'appalto è il **risanamento e la manutenzione straordinaria della travata metallica MB18 della linea ferroviaria Turistica Macomer/Bosa comprese tutte le attività connesse e correlate a tali interventi** sulla base del progetto esecutivo predisposto da ARST, completo in tutte le sue parti e relativi accessori, secondo le modalità e condizioni riportate nella documentazione contrattuale, in perfetta relazione allo scopo, all'uso ed alla funzione cui le prestazioni sono finalizzate.

Si tratta di interventi di tipo manutentivo, in particolare finalizzati prioritariamente alla conservazione della funzionalità e della sicurezza dell'esercizio ferroviario.

La manutenzione sarà svolta principalmente fuori opera, nello stabilimento dell'affidatario, dove le lavorazioni saranno svolte sotto la diretta responsabilità del Responsabile dello stabilimento anche per quanto attiene le misure di sicurezza da adottare nel corso delle lavorazioni di manutenzione.

3. NORME DI RIFERIMENTO

3.1 NORMATIVA TECNICA

La normativa tecnica da seguire è quella cui si fa esplicito riferimento negli elaborati di progetto ai quali si rimanda. Sono contrattualmente vincolanti tutte le leggi e le norme vigenti in materia di appalti pubblici e, in particolare:

D. Lgs n. 50 del 18 aprile 2016 e s.m.i.

D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”, per gli articoli che restano in vigore nel periodo transitorio.

D. Lgs n. 81 del 9 aprile 2008 – Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Linee guida di attuazione del D. Lgs. n. 50/2016 predisposte dall’ANAC;

Legge 19/03/1990, n. 55 - Nuove disposizioni per la prevenzione della delinquenza di tipo mafioso e di altre forme di manifestazione di pericolosità sociale;

Inoltre, per gli aspetti peculiari dello specifico appalto, dovranno essere assunte a riferimento anche le seguenti norme tecniche:

EN ISO 8501-1:2007 - Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (ISO 8501-1:2007)

UNI EN ISO 1461:2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova

Specifica Tecnica 44/S RFI DI TC/AR ST PO 001 A “SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI;

Specifica Tecnica 44T RFI DI TC/AR ST PO 002 A “SPECIFICA TECNICA RELATIVA AL COLLAUDO DEI MATERIALI ED ALLA COSTRUZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE PER PONTI FERROVIARI E CAVALCAFERROVIA;

UNI EN ISO 14399-3:2005 e 14399-4:2005 – Bulloneria strutturale: sistema HR e sistema HV. Assieme vite e dado esagonale.

L'appalto in oggetto è altresì soggetto alla completa osservanza, per quanto applicabili:

delle leggi, dei decreti e delle circolari ministeriali vigenti alla data di esecuzione dei lavori;

delle leggi, dei decreti, dei regolamenti e delle circolari vigenti nella Regione, Provincia e Comune nel quale devono essere eseguite le opere oggetto dell'appalto;

delle norme emanate dal CNR, delle norme UNI, delle norme CEI, delle tabelle CEI-UNEL, ANCC, INAIL (ex ISPESL) anche se non espressamente richiamate, e di tutte le altre norme modificative e/o sostitutive che fossero eventualmente emanate nel corso dell'esecuzione dell'appalto.

La sottoscrizione del contratto e del presente capitolato, allo stesso contratto allegato, da parte dell'Appaltatore, equivale a dichiarazione di completa e perfetta conoscenza di tutte le leggi, decreti, circolari, regolamenti norme, etc. sopra richiamate e della loro accettazione incondizionata.

3.2 CAPITOLATO GENERALE E CAPITOLATI SPECIALI D'APPALTO DI RIFERIMENTO

3.2.1 CAPITOLATO GENERALE

D.M.LL.PP. del 19.04.2000, n.145 "Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici", limitatamente agli articoli non abrogati dal DPR 207/2010 e dal D.Lgs. n. 50/2016.

D.M. del 7.03.2018, n. 49 "Regolamento recante approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione".

3.2.2 CAPITOLATI SPECIALI DI RIFERIMENTO

RFI – Capitolato Costruzioni Opere Civili (in particolare Sezione XII Ponti, Viadotti, Sottovia; Sezione XIII Opere Particolari per Ponti, Viadotti, Sottovia).

4. QUALITÀ DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

4.1 MATERIALI IN GENERE

Quale regola generale si intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali, per la costruzione delle nuove opere, proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di seguito indicate.

Nel caso di prodotti industriali la rispondenza alle norme in vigore può risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

4.2 RESINE PER APPOGGI E MATERIALI INERTI PER MALTE

4.2.1 Resine per appoggi

Le resine sono sostanze vetrose e amorfe, allo stato solido-liquido, che subiscono una graduale variazione della viscosità sotto l'effetto del calore. Esse si distinguono in termoplastiche e termoindurenti, a seconda del loro comportamento.

In particolare, le resine epossidiche, che si ottengono dalla reazione controllata in ambiente alcalino tra difenilolpropano (bistenolo F) ed epicloridrina, sono caratterizzate dalla presenza di due gruppi epossidici terminali in ogni molecola, che ne rappresentano i punti reattivi e permettono di ottenere un accrescimento del peso molecolare tale da trasformare il prodotto fluido di partenza in una sostanza solida dotata di particolari proprietà (fenomeno di indurimento). Questo a seguito della reazione dei gruppi epossidici con i gruppi funzionali reattivi di alcune sostanze chimiche, come le ammine polifunzionali, che sono conosciute quali indurenti delle resine epossidiche. La riuscita di tale reazione - che avviene a temperatura ambiente e non necessita, nella maggior parte dei casi, di un addizionale apporto di calore - dipende dalla miscelazione, da effettuarsi nel modo più completo possibile, dei due componenti.

Le resine indurite dovranno avere i seguenti requisiti:

- * elevato peso molecolare e consistenza solida;
- * configurazione molecolare tridimensionale, in modo da conferire loro eccezionali proprietà meccaniche e un'elevata resistenza alla deformazione sotto carico dovuto allo scorrimento;

- * perfetta adesione ai materiali da costruzione per i quali vengono impiegate, che dipende dal numero di gruppi polari presenti nella molecola e dai legami fisici di affinità che questi stabiliscono con i costituenti minerali dei materiali da costruzione;

- * completa irreversibilità della reazione di indurimento con conseguente prevedibile stabilità alla depolimerizzazione e al relativo invecchiamento;

- * limitatissimo ritiro nella fase di indurimento;

- * assenza nelle molecole di punti idrolizzabili o saponificabili dall'acqua o da sostanze alcaline e dagli aggressivi chimici.

Per quanto riguarda l'applicazione, le metodologie di impiego e posa in opera dipendono dal tipo di intervento che si deve effettuare e la Ditta appaltatrice dovrà attenersi alle indicazioni che le verranno fornite dal Direttore dei Lavori nel corso dell'esecuzione dei lavori.

Per quanto concerne le caratteristiche meccaniche, i prodotti applicati, una volta induriti, dovranno presentare - per qualunque applicazione - le seguenti proprietà:

- * resistenze meccaniche nettamente superiori a quelle dei materiali per i quali vengono impiegati;

- * adesione superiore al punto di rottura del calcestruzzo al taglio e alla trazione;

- * ritiro trascurabile nel corso della reazione di indurimento;

- * resistenza a lungo termine alle deformazioni sotto carico per scorrimento e per innalzamento della temperatura di esercizio;

- * resistenza a lungo termine all'invecchiamento, all'acqua e alle soluzioni aggressive.

La scelta dell'indurente amminico è di fondamentale importanza, poiché esso influenza in maniera notevole le proprietà tecnologiche dei sistemi.

Le sostanze amminiche utilizzate come indurenti si distinguono in:

- * ammine aromatiche, le quali induriscono a bassa temperatura e in presenza d'acqua e conferiscono al sistema elevate resistenze meccaniche, alla temperatura e alla deformazione per scorrimento;

- * ammine alifatiche, le quali, essendo di peso molecolare alquanto basso, consentono di conferire al sistema una reticolazione tridimensionale molto stretta e completa, da cui ne deriva una resistenza alle deformazioni per scorrimento sotto carico molto elevata. Trattandosi di sostanze idrofile, non consentono un adeguato indurimento in presenza d'acqua, tranne che non vengano addizionate con opportuni prodotti;

- * ammine cicloalifatiche, le quali sono dotate di scarsa reattività a temperatura ambiente, che, unitamente agli impedimenti sterici causati dalla struttura molecolare, non consente il completamento della reazione di indurimento. Dovranno essere, pertanto, impiegate solamente nel caso in cui siano possibili operazioni di post-indurimento a caldo, che consentano il raggiungimento di sufficienti caratteristiche meccaniche;

- * addotti amminici, i quali consentono l'indurimento a temperature estremamente basse e in presenza d'acqua con il raggiungimento di elevati valori delle caratteristiche di resistenza;

- * resine poliammidiche e indurenti poliamminoamidici, che sono fra gli indurenti di più vasto impiego e impartiscono elevata flessibilità ai sistemi che li contengono per l'introduzione nel reticolo tridimensionale di catene lineari piuttosto lunghe, che ne consentono una migliore mobilità molecolare. Proprio per questo, non sono da ritenersi idonei nel caso di impieghi quali adesivi di collegamento che debbano trasmettere forze di taglio o di compressione, poiché conferiscono elevati valori di scorrimento sotto carico e limitata resistenza agli incrementi di temperatura.

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

4.2.2 Materiali inerti per calcestruzzi e malte

Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili o scistososi, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature, non dovranno, inoltre, contenere gesso, solfati solubili o pirite.

La Ditta appaltatrice farà accertare a propria cura e spese presso un laboratorio ufficiale - mediante esame mineralogico - l'assenza di silice reattiva verso gli alcali di cemento producendo la relativa documentazione alla Direzione Lavori.

Gli inerti saranno divisi in almeno tre pezzature la più fine delle quali non dovrà contenere più del 5% di materiale trattenuto dal vaglio avente maglia quadrata da 5 mm di lato; inoltre le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche, relative alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, relative alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature. La percentuale di elementi piatti o allungati, la cui lunghezza sia maggiore di 4/5 volte lo spessore medio, non dovrà superare il 15% del peso di pietrischi e graniglie.

La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio; nella composizione granulometrica della sabbia dovrà essere posta ogni attenzione al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding (essudazione) nel calcestruzzo.

4.3 PROFILATI E LAMIERE

I profili laminati a caldo, le lamiere ed i profili cavi finiti a caldo o formati a freddo per impiego strutturale devono essere conformi alle norme applicabili indicate in Tabella 1.

I prodotti in acciaio strutturale, lamiere e nastri, da usare per la produzione di profilati piegati a freddo devono avere proprietà idonee per le lavorazioni di piegatura a freddo. Gli acciai al carbonio adatti per tale scopo sono elencati in Tabella 2.

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Dimensioni	Tolleranze
Sezioni ad I ed H	UNI EN 10025-1/6 Per quanto applicabili	UNI 5397-5398(3)	UNI EN 10034
Profili ad I laminati a caldo ad ala rastremata		UNI 5679	UNI EN 10024
Profili a C o U		UNI EU 54	UNI EN 10279
Angolari		UNI EN 10056-1	UNI EN 10056-2
Sezioni a T		UNI EN 10055	UNI EN 10055
Piatti e lamiere		N/A	UNI EN 10029 (2) UNI EN 10051
Barre		UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061	UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Profili cavi finiti a caldo	UNI EN 10210-1	UNI EN 10210-2	UNI EN 10210-2
Profili cavi formati a freddo	UNI EN 10219-1	UNI EN 10219-2	UNI EN 10219-2
NOTE: - Materiali da impiegare: S235, S275 e S355 JR, J0, J2 e K2 (UNI EN 10025-2, acciai non legati); S275, S355, S420 e S460 N e NL (UNI EN 10025-3, acciai a grana fine); S275, S355, S420 e S460 M e ML (UNI EN 10025-4,			

CONTRATTO E CAPITOLATI

<p>acciai a grana fine); S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione miglio- rata).</p> <p>– Tolleranza sullo spessore: Classe B.</p> <p>Valide soltanto per le dimensioni; per le tolleranze di laminazione vale la UNI EN 10034.</p>
--

Tabella 1 - Profili laminati a caldo, lamiera e profili cavi: materiali, dimensioni e tolleranze

La scelta dei materiali è riportata nei disegni di progetto, ovvero sarà indicata dalla D.L.

Per i profilati, le lamiera ed i tirafondi da sostituire o ripristinare, il progettista indicherà la loro denominazione completa (ad es.: S275 J0 UNI EN 10025-2), come indicato dalle UNI EN 10020 e UNI EN 10027-1 e 2, con indicazione, se applicabile, dei rivestimenti superficiali e del grado di finitura, e della applicabilità della zincatura a caldo. I materiali dovranno essere conformi alle prescrizioni applicabili del presente capitolato.

Gli elaborati di progetto indicano il grado dell'acciaio (JR, J0, J2, K2) da impiegare, in modo da evitare fragilità negli impieghi alle basse temperature. A tale scopo, per strutture sollecitate in flessione e/o trazione, in funzione degli spessori massimi previsti, dello stato di sforzo e della temperatura di riferimento TEd, potrà utilizzare la tabella 2.1 della norma UNI EN 1993-1-10. In mancanza di dati più precisi, si potrà assumere per TEd i valori di -25°C per strutture non protette e -10°C per strutture protette. La suddetta tabella 2.1 vale per elementi tesi, inflessi o tensoinflessi. Per elementi sicuramente sempre compressi si potrà valutare gli spessori massimi utilizzando la stessa tabella ma considerando, indipendentemente dallo sforzo reale, solo la colonna con $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$.

Per i dettagli nei quali è segnalato il rischio di strappo lamellare, l'Appaltatore dovrà dare evidenza di avere adottato idonei procedimenti di saldatura atti a minimizzare tali rischi.

La valutazione può essere fatta calcolando il parametro ZEd secondo le indicazioni EN 1993-1-10, e ricavando, con l'ausilio della tabella 3.2 della norma UNI EN 1993-1-1, l'eventuale valore richiesto per la classe Z secondo UNI EN 10164.

Se si sceglie un acciaio con caratteristiche di deformazione migliorate nella direzione perpendicolare alla superficie del prodotto, esso deve essere specificatamente indicato (ad esempio: S355 J2 UNI EN 10025-2 + Z25 UNI EN 10164).

In relazione al progetto, per profilati e lamiera da utilizzare in elementi dissipativi di strutture in classe di duttilità bassa o alta (CD"B" e CD"A") in zone a sismicità media o alta, dovrà risultare, dai documenti di controllo che accompagnano la fornitura o da risultati di idonee prove, che il valore della tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ dell'acciaio non superi il valore caratteristico di più del 20%.

Se i componenti devono essere zincati a caldo, al fine di ottenere rivestimenti con aspetto lucido ed omogeneo e con tessitura fine dello strato di zinco, ed allo scopo di evitare il rischio della formazione di rivestimenti eccessivamente spessi, con conseguente possibile danneggiamento del rivestimento in seguito ad urti, è preferibile utilizzare acciai appartenenti alle categorie A e B di cui al prospetto 1 della norma UNI EN ISO 14713-2, e precisamente:

- * Categoria A: acciai con contenuto di silicio (Si) $\leq 0,04\%$, e fosforo (P) $< 0,02\%$;
- * Categoria B: acciai con contenuto di silicio (Si) $> 0,14\%$ e $\leq 0,25\%$, e fosforo (P) $< 0,035\%$.

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Tolleranze
Acciai strutturali non legati	UNI EN 10025-2	UNI EN 10051
Acciai strutturali a grana fine	UNI EN 10025-3/4	UNI EN 10051
Acciai ad alto limite di snervamento per piegatura a freddo	UNI EN 10149-1/3 UNI EN 10268	UNI EN 10029, 10048, 10051, 10131,

CONTRATTO E CAPITOLATI

		10140
Lamiere di acciaio di qualità struttura- le ridotte a freddo	ISO 4997	UNI EN 10131
Nastri e lamiere di acciaio ad alto limi- te di snervamento rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo	UNI EN 10346	UNI EN 10143
Prodotti piani di acciaio rivestiti in continuo con materiale organico (nastri rivestiti)	UNI EN 10169	UNI EN 10169
Nastri stretti non rivestiti laminati a freddo di acciaio dolce per formatura a freddo	UNI EN 10139	UNI EN 10048 UNI EN 10140

Tabella 2 - Lamiere e nastri per piegatura a freddo: materiali, dimensioni e tolleranze

4.4 BULLONI NON PRECARICATI

I bulloni non precaricati sono quelli da impiegare in unioni a taglio. Possono essere impiegati bulloni di classe 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8 e 8.8.

Le caratteristiche generali devono essere conformi alla UNI EN 15048-1; le caratteristiche meccaniche delle viti devono essere secondo la UNI EN ISO 898-1, quelle dei dadi secondo la UNI EN 20898-2, le prove d'idoneità d'impiego secondo UNI EN 15048-2. Le rondelle devono avere durezza minima 100 HV secondo UNI EN ISO 6507-1.

Gli accoppiamenti vite-dado-rondella consentiti sono riportati in Tabella 3.

I bulloni possono essere in accordo alle UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato) o UNI EN ISO 4017 e 4018 (gambo interamente filettato). Se si adottano bulloni con vite con gambo interamente filettato, occorre avere specifica autorizzazione da parte del Progettista.

E' opportuno l'uso di una rondella al fine di non rovinare il trattamento protettivo con la rotazione del dado.

Vite [classe]	Dado [classe]	Rondella [durezza]
4.6, 4.8	4, 5, 6 oppure 8	100 HV min.
5.6, 5.8	5, 6 oppure 8	
6.8	6 oppure 8	
8.8	8 oppure 10	100 HV min; 300 HV min (*)
10.9	10 oppure 12	

(*) Per giunti a semplice sovrapposizione con una sola fila di bulloni (cfr. UNI EN 1993-1-8 §3.6.1)

Tabella 3 – Accoppiamenti vite-dado-rondella per bulloni non precaricati

4.5 BULLONI PRECARICATI

I bulloni precaricati sono quelli da impiegare nelle unioni ad attrito. Possono essere impiegati bulloni di classe 8.8 e 10.9.

Essi devono essere conformi alla UNI EN 14399-1; le caratteristiche meccaniche devono essere secondo la UNI EN ISO 898-1. Possono essere impiegati bulloni tipo HR secondo UNI EN 14399-3 (assieme vite-dado), o del tipo HV secondo UNI EN 14399-4 (assieme vite-dado). Le rondelle devono essere secondo UNI EN 14399-5 (rondelle piane) oppure UNI EN 14399-6 (rondelle piane smussate).

Possono anche essere impiegati bulloni del tipo HRC a serraggio calibrato secondo UNI EN 14399-10.

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

I bulloni del tipo HR e HV possono anche essere impiegati con rondelle con indicazione di carico secondo UNI EN 14399-9.

I bulloni precaricati e non precaricati possono essere zincati a freddo secondo la UNI EN ISO 4042 o a caldo secondo UNI EN ISO 10684. Non è ammessa la zincatura a caldo per i bulloni classe 10.9. In alternativa possono adottarsi altri metodi di protezione purché approvati dal Produttore.

4.6 TIRAFONDI

I tirafondi devono essere ricavati da acciaio laminato a caldo secondo UNI EN 10025-2/4.

In alternativa essi possono essere in accordo a UNI EN ISO 898-1. Per l'impiego in strutture con duttilità media o alta (DC"B" o DC"A") questa seconda possibilità non è raccomandata.

Se richiesto, possono essere impiegati tirafondi ricavati da barre di armature per cemento armato non precompresso, con caratteristiche conformi a quanto indicato nella normativa NTC2008.

4.7 GRIGLIATI METALLICI E LAMIERE STRIATE O BUGNATE

Grigliati metallici, lamiere striate e bugnate saranno di norma realizzati in acciaio S235JR UNI EN 10025. I grigliati saranno di norma zincati a caldo.

4.8 INGHISAGGIO DI ARMATURE E GETTI PER RINFORZI STRUTTURALI DELLE SPALLE

Inghisaggi strutturali di barre d'armatura ad aderenza migliorata classe B450C, diametri da Ø8 a Ø32 e ancorante chimico ibrido a base vinilestere secondo EOTA TR023 con marcatura CE specifico per riprese di getto e per applicazioni su foro eseguito a rotopercolazione. Prima dell'applicazione è necessaria la pulizia dei fori.

Il sistema dovrà presentare testata resistenza al fuoco e certificazione CSTB per applicazione in zona sismica.

Gli acciai da costruzione devono rispondere alle prescrizioni contenute nelle NTC 2018.

5. MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

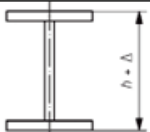
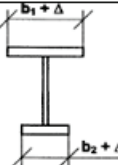
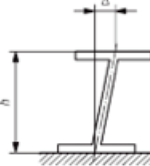
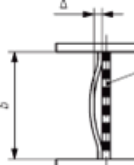
5.1 TOLLERANZE DI FABBRICAZIONE

Le tolleranze di fabbricazione definite "essenziali" di cui alla UNI EN 1090-2, §11.1 e tabelle D.1.1 – D.1.10, sono quelle il cui mancato rispetto può alterare alcune ipotesi sulle quali le strutture sono state calcolate. Esse devono essere in ogni caso rispettate nel corso del processo di fabbricazione. Per i componenti per i quali risultasse il mancato rispetto di una o più di tali limiti, dovrà essere emessa una azione di non conformità ed esaminate le opportune azioni correttive da intraprendere, che potrebbero consistere anche soltanto in un ricalcolo dell'elemento strutturale interessato, che dimostri, nonostante le non conformità geometriche, comunque il rispetto dei requisiti di stabilità e resistenza stabiliti dalle norme. Delle non conformità e della azione correttiva adottata dovrà essere data comunicazione al Committente e al Direttore dei Lavori.

Le tolleranze di fabbricazione "funzionali" di cui alla UNI EN 1090-2 tabelle D.2.1 – D.2.13 sono quelle che attengono ai problemi di compatibilità con altri materiali, di estetica, etc. L'Appaltatore deve scegliere, tra tali tolleranze, la classe più opportuna (1 o 2, con prescrizioni più restrittive passando dalla prima alla seconda) per le strutture, o per parti di esse, in funzione della tipologia delle strutture e delle interfacce con altri elementi strutturali o non strutturali.

La scelta del livello di tolleranze adottato è stabilita dalla normativa di settore e specifica di RFI.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le principali tolleranze di fabbricazione, sia essenziali che funzionali, da rispettare.

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Altezza globale h	$\Delta = -\frac{h}{50}$ nessun valore positivo
2	 Larghezza delle flange ($b = b_1$ o b_2)	$\Delta = -\frac{b}{100}$ nessun valore positivo
3	 Verticalità dell'anima agli appoggi, per componenti senza irrigidimenti agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{h}{200}$ $ \Delta = t_w$ (*) (t_w = spessore anima)
4	 Deviazione Δ sull'altezza dell'anima b	$\Delta = \pm \frac{b}{200}$ se $b/t_w \leq 80$ $\Delta = \pm b^2 \left(\frac{1}{16000 t_w} \right)$ se $80 \leq b/t_w \leq 200$ $\Delta = \pm b/80$ se $b/t_w > 200$ $ \Delta = t_w$


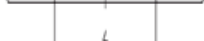
5		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (distorsione dell'anima)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \Delta = r_{ts}$
6		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (ondulazione dell'anima)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \Delta = r_{ts}$

Tabella 4 - Profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali


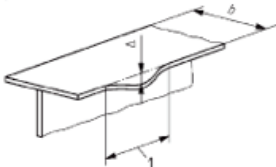
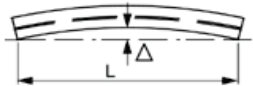
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)</p>	$\Delta = \pm \frac{b}{150} \text{ se } b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2 (3000t) \text{ se } b/t > 20$ <p>t = spessore flangia</p>
2	 <p>Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)</p>	$\Delta = \pm \frac{b}{150} \text{ se } b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2 (3000t) \text{ se } b/t > 20$ <p>t = spessore flangia</p>
3	 <p>Deviazione Δ delle singole flange dalla rettilinearità</p>	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 5 - Flange di profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali

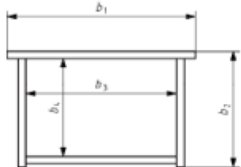
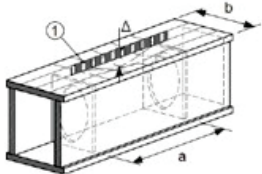
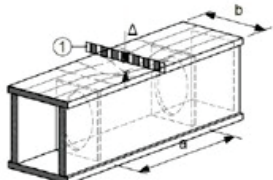
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1		<p>Dimensioni interne od esterne</p> $\Delta = - \frac{b_i}{100}$ <p>$i=1,2,3,4$ nessun valore positivo</p>
2		<p>Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidenti, caso generale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto</p> $a \leq 2b:$ $\Delta = \pm \frac{a}{250}$ $a > 2b:$ $\Delta = \pm \frac{b}{125}$
3		<p>Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidenti, caso speciale con compressione in direz. ortogonale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto</p> $b \leq 2a:$ $\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $b > 2a:$ $\Delta = \pm \frac{a}{125}$

Tabella 6 - Flange di profili scatolati saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

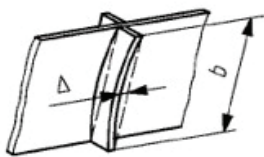
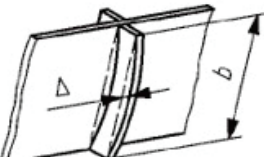
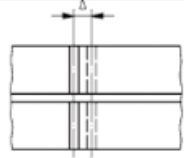
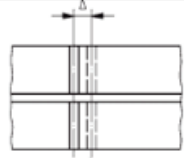
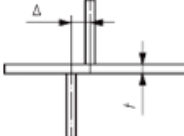
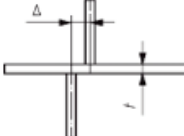
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Deviazione Δ sulla rettilineità nel piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $b \leq 4 \text{ mm}$
2	 Deviazione Δ dalla rettilineità in direzione ortogonale al piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{500}$ $b \leq 4 \text{ mm}$
3	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, posiz. generica	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
4	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, agli appoggi	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
5	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, posiz. qualsiasi	$\Delta = \pm \frac{t}{2}$
6	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{t}{3}$

Tabella 7 - Irrigidimenti d'anima di profili composti o scatolati saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali



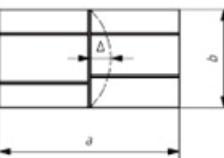
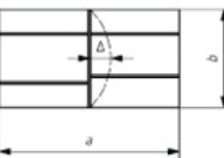
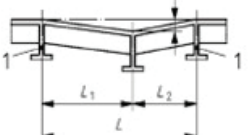
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	Rettilineità degli irrigidimenti: irrigid. long. in piastre irrigidite longitudinalmente 	Deviazione Δ perpendicolare alla piastra: $\Delta = \pm a/400$
2		Deviazione Δ parallela alla piastra, su una lunghezza di misura uguale alla larghezza b : $\Delta = \pm b/400$
3	Rettilineità degli irrigidimenti: irrigid. trasv. in piastre irrigidite longitudinalmente e trasversalmente 	Deviazione Δ perpendicolare alla piastra: Il minore tra: $\Delta = \pm a/400$; $\Delta = \pm b/400$
4		Deviazione Δ parallela alla piastra: $\Delta = \pm b/400$
5	 Differenza di quota tra irrigidimenti trasversali adiacenti	$\Delta = \pm L/400$

Tabella 8 - Piastre nervate - tolleranze di fabbricazione essenziali

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico




N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Larghezza A tra due piegature	$\Delta = -\frac{A}{50}$ nessun valore positivo
2	 Larghezza B tra una piegatura ed un bordo libero	$\Delta = -\frac{B}{80}$ nessun valore positivo
3	 Deviazione Δ dalla rettilinearità	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 9 - Profili piegati a freddo - tolleranze di fabbricazione essenziali

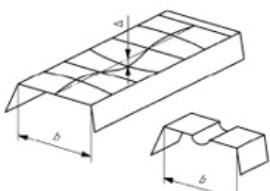
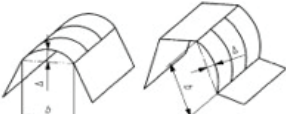
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Planarità di flange o anime irrigidite o non irrigidite: Deviazione Δ dalla planarità	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$
2	 Curvatura di flange o anime: Deviazione Δ dalla superficie teorica	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$

Tabella 10 - Lamiere piegate a freddo - tolleranze di fabbricazione essenziali

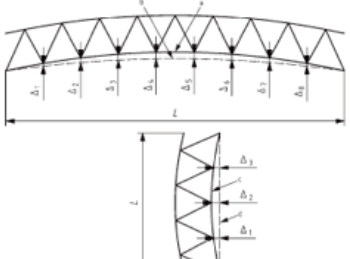
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Scostamento Δ _i di ciascun nodo dalla posizione teorica lungo una linea retta o lungo il profilo di premonta, se previsto, misurato con struttura adagiata in piano	$\Delta = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta_i = 12 \text{ mm}$ il valore maggiore dei due

Tabella 11 - Strutture tralicciate - tolleranze di fabbricazione essenziali

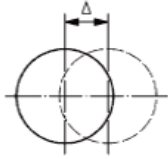
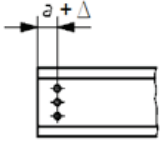
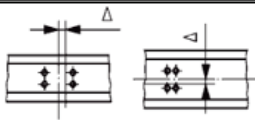
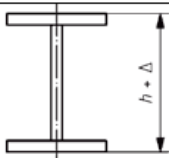
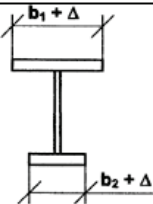
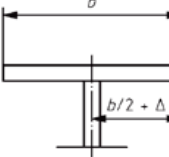
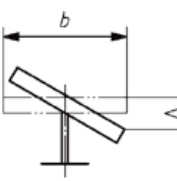
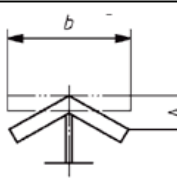
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Deviazione Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	 Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero	$\Delta = - 0 \text{ mm}$ (Nessun valore positivo prescritto)
3	 Deviazione Δ di un gruppo di fori dalla posizione teorica	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

Tabella 12 - Forature - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Altezza globale h : $h \leq 900 \text{ mm}$: $900 < h \leq 1800 \text{ mm}$: $h > 1800 \text{ mm}$:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	 Larghezza delle flange ($b = b_1$ o b_2)	$\Delta = + b / 100$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$	$\Delta = + b / 100$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$
3	 Eccentricità dell'anima: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
4	 Non perpendicolarità flangia-anima: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$
5	 Fuori piano flangia: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

6		Verticalità dell'anima agli appoggi, per componenti senza irrigidimenti agli appoggi	$\Delta = \pm b / 300$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 500$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$
7		Deviazione Δ sull'altezza dell'anima b (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$
8		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (distorsione dell'anima) (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$
9		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (ondulazione dell'anima) (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$

(*) Valori validi anche per anime di profili scatolari

Tabella 13 - Profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		$\Delta = \pm \frac{b}{100}$	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$
2		$\Delta = \pm \frac{b}{100}$	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$
3		$\Delta = \pm \frac{L}{750}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$

Tabella 14 - Flange di profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

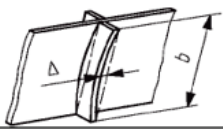
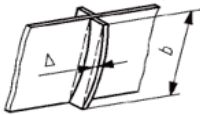
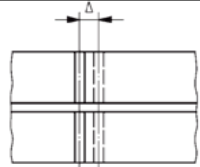



N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Deviazione Δ sulla rettilineità nel piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $ \Delta = 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{b}{375}$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$
2	 Deviazione Δ dalla rettilineità in direzione ortogonale al piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{500}$ ma $ \Delta = 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{b}{750}$ ma $ \Delta = 2 \text{ mm}$
3	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, posiz. generica	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
4	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, agli appoggi	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
5	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, posiz. qualsiasi	$\Delta = \pm \frac{t}{2}$	$\Delta = \pm \frac{t}{3}$
6	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{t}{3}$	$\Delta = \pm \frac{t}{4}$

Tabella 16 - Irrigidimenti d'anima di profili composti o scatolari saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

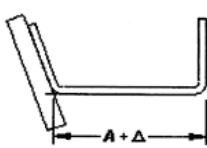
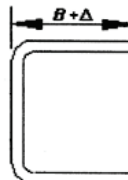
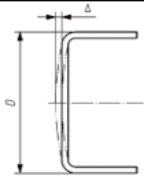
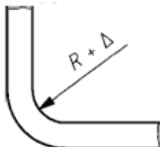
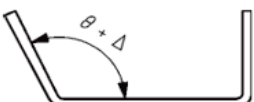
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Larghezza A tra due piegature: $t < 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}$: $t < 3 \text{ mm}; L \geq 7 \text{ m}$: $t \geq 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}$: $t \geq 3 \text{ mm}; L \geq 7 \text{ m}$:</p>	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = -5/+9 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+6 \text{ mm}$
2	 <p>Larghezza B tra una piegatura ed un bordo libero - bordo laminato: $t < 3 \text{ mm}$: $t \geq 3 \text{ mm}$: - bordo tagliato: $t < 3 \text{ mm}$: $t \geq 3 \text{ mm}$:</p>	$\Delta = -3/+6 \text{ mm}$ $\Delta = -5/+7 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+6 \text{ mm}$	$\Delta = -2/+4 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -1/+3 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+4 \text{ mm}$
3	 <p>Convessità o concavità</p>	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
4	 <p>Raggio interno di piegatura R</p>	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	 <p>Angolo θ tra componenti adiacenti</p>	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

Tabella 17 - Profili piegati a freddo - tolleranze di fabbricazione funzionali

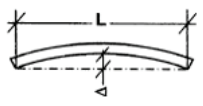
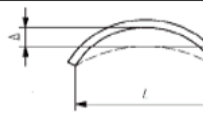
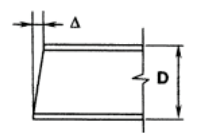
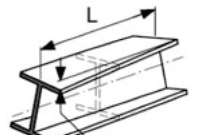
N.	Descrizione		Tolleranza ammessa	
			Classe 1	Classe 2
1	Lunghezza dei profilati L caso generale	Lunghezza L misurata includendo lo spessore di eventuali piastre saldate alle estremità	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{5000} + 2 \right) \text{ mm}$	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{10000} + 2 \right) \text{ mm}$
2	Lunghezza dei profilati L superfici spianate a contatto		$\Delta \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
3		(Deviazione dalla rettilineità di un profilato, laminato o saldato, entrambi gli assi)	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$
4		Elementi curvi o calandrati	$\Delta = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta \leq 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$
5	Superficie finita per appoggio a contatto. Scostamento Δ max dalla sup. piana		$\Delta \pm 0,5 \text{ mm}$	$\Delta \pm 0,25 \text{ mm}$
6		Ortogonalità sup. di estremità	sup. a contatto: $\Delta = \pm D / 1000$ sup. non a contatto: $\Delta = \pm D / 300$ Se l'elemento contiguo dista > 20 mm: $\Delta = \pm D / 100$	sup. a contatto: $\Delta = \pm D / 1000$ sup. non a contatto: $\Delta = \pm D / 300$ ma $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$
7		Torsione. Deviazione globale Δ sulla lunghezza L	$\Delta = \pm \frac{L}{700}$ $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 20 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 15 \text{ mm}$

Tabella 18 - Componenti lavorati - tolleranze di fabbricazione funzionali

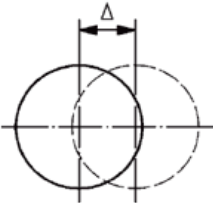
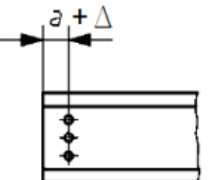
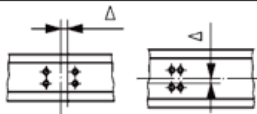
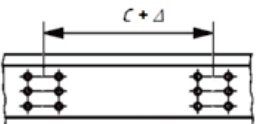
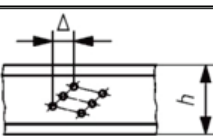
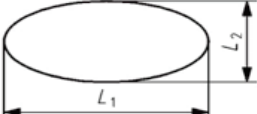
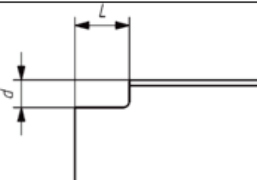
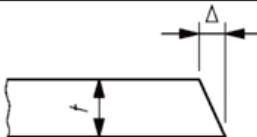
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Scostamento Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori	$\Delta \pm 2 \text{ mm} (*)$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
2	 Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero	$\Delta = - 0 \text{ mm}$ $\Delta = + 3 \text{ mm} (*)$	$\Delta = - 0 \text{ mm}$ $\Delta = + 2 \text{ mm} (*)$
3	 Scostamento Δ di un gruppo di fori dalla posizione teorica	$\Delta \pm 2 \text{ mm} (*)$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
4	 Scostamento Δ della spaziatura c tra i baricentri di gruppi di fori	$\Delta = \pm 5 \text{ mm} (**)$ caso generale $\Delta = \pm 2 \text{ mm} (*)$ stesso elem. connesso ai 2 gruppi di bulloni	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ caso generale $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$ stesso elem. connesso ai 2 gruppi di bulloni
5	 Rotazione di un gruppo di fori: $h \leq 1000 \text{ mm}$ $h > 1000 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	 Ovalizzazione dei fori $\Delta = L_{1\text{mm}} - L_2$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
7	 Spallature Scostamento Δ della misura in altezza d o in lunghezza L	$- \Delta = 0 \text{ mm}$ $+ \Delta \leq 3 \text{ mm}$	$- \Delta = 0 \text{ mm}$ $+ \Delta \leq 2 \text{ mm}$
8	 Scostamento Δ dai 90° di un taglio di bordo	$\Delta = \pm 0,1t$	$\Delta = \pm 0,05t$
NOTE: (*) Valori da adottare se si usano i giochi foro-bullone della Tabella 9.6.1 (conforme a UNI EN 1090). Se si usano invece i valori delle NTC usare il valore: $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$; (**) Valori da adottare se si usano i giochi foro-bullone della Tabella 9.6.1 (conforme a UNI EN 1090). Se si usano invece i valori delle NTC usare il valore: $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$.			

Tabella 19 - Forature, spallature, tagli - tolleranze di fabbricazione funzionali

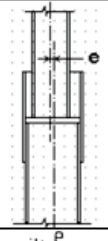
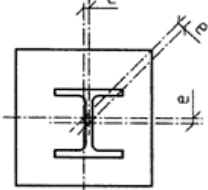
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Disallineamento dell'asse delle colonne in un giunto</p>	$e = \pm 5 \text{ mm}$	$e = \pm 3 \text{ mm}$
2	 <p>disallineamento della colonna rispetto alla piastra di base</p>	$e = \pm 5 \text{ mm}$	$e = \pm 3 \text{ mm}$

Tabella 20 - Giunti di colonne e piastre di base – tolleranze di fabbricazione funzionali

5.2 MONTAGGIO

L'Appaltatore deve organizzare il proprio cantiere in modo da soddisfare i requisiti tecnici che garantiscono la sicurezza dei lavori, mostrando di aver esaminato e preso in considerazione almeno i seguenti punti, se pertinenti:

- impiego dei mezzi di sollevamento e loro manutenzione;
- viabilità interna e di accesso;
- condizioni del terreno influenzanti la sicurezza dei lavori;
- possibili cedimenti dei supporti di montaggio delle strutture;
- conoscenza dettagliata degli underground, dei cavi sospesi e degli eventuali ostacoli;
- limitazioni dimensionali e di peso dei componenti da spedire in cantiere;
- condizioni ambientali del sito;
- strutture adiacenti influenzanti il montaggio;
- procedure di cooperazione con altri Appaltatori agenti nel sito;
- disponibilità di utenze;
- carichi massimi di stoccaggio e di montaggio ammessi sulle strutture;
- controllo del getto di calcestruzzo per strutture composte.

L'Appaltatore deve redigere per ogni opera un opportuno metodo di montaggio, tenendo in conto la tipologia di intervento quale appare dai documenti progettuali e le eventuali prescrizioni ivi contenute, affinché le attività di montaggio siano svolte in totale sicurezza ed al fine di raggiungere il livello di qualità stabilito per l'opera nei tempi stabiliti dal programma temporale.

Tali procedure devono essere consegnate al Direttore dei Lavori per approvazione, prima dell'inizio di ogni attività di montaggio.

Nel caso del ponteggio, la relativa documentazione (calcoli, schemi, etc.) deve essere consegnata prima della consegna dei lavori.

Le attività di montaggio di un'opera non possono iniziare prima che il relativo metodo di montaggio sia stato approvato dal Direttore dei Lavori.

Nel metodo di montaggio devono essere inclusi, se pertinenti, i seguenti punti:

- * Posizione e tipologia delle connessioni delle strutture da effettuare in opera;
- * Pesi e dimensioni massime degli elementi da montare;
- * Sequenze di montaggio;
- * Stabilità dell'opera in fase di montaggio. A tale scopo il Progettista deve rendere noto all'Appaltatore la posizione nella struttura di controventature temporanee, impalcati metallici o altri ritegni che sono necessari per garantire la stabilità di ogni singolo elemento o dell'intera struttura, se previsti a progetto;
- * Condizioni per la rimozione delle controventature provvisorie di montaggio;
- * Qualsiasi circostanza che possa causare rischi durante le fasi di montaggio;
- * Metodi previsti per l'allineamento delle strutture e per l'inghisaggio delle stesse;
- * Risultati da eventuali attività di premontaggio;
- * Vincoli provvisori da imporre per assicurare la stabilità prima delle operazioni di saldatura in opera e per tenere sotto controllo eventuali deformazioni locali;
- * Apparecchiature di sollevamento necessarie;
- * Necessità di marcare pesi e baricentri per pezzi pesanti e/o irregolari;
- * Relazione tra pesi da sollevare e raggio d'azione dei mezzi di sollevamento impiegati;
- * Identificazione delle azioni di ribaltamento causate dal vento durante le fasi di montaggio, ed indicazione del metodo per contrastarle;
- * Metodi per far fronte ai rischi per la sicurezza;
- * Realizzazione di aree di lavoro sicure e di mezzi sicuri di accesso ad esse;
- * Devono essere pianificate sequenze di fissaggio di lamiera grecate per solette composte acciaio calcestruzzo tali da garantire che le lamiere siano adeguatamente supportate dalle travi prima del fissaggio, e che siano fissate alle strutture prima di essere impiegate come mezzo di accesso ad altre aree di lavoro;
- * Le lamiere grecate non devono essere usate come mezzo di accesso per la saldatura di piolature, se non precedentemente fissate alle strutture;
- * Sequenze di posa in opera e metodi per assicurare e sigillare cassature, prima di impiegarle come mezzo di accesso per altre operazioni di costruzione.

L'Appaltatore deve predisporre disegni di montaggio che fanno parte integrante del Metodo di Montaggio.

Essi devono contenere le seguenti informazioni:

- * piante ed elevazioni in una scala tale che tutte le marche di montaggio dei singoli componenti siano visibili;
- * assi delle strutture, la posizione degli appoggi e l'assemblaggio dei componenti insieme alle tolleranze di montaggio ammesse;
- * le piante delle fondazioni devono mostrare l'orientamento delle basi delle colonne e di altre strutture in contatto diretto con le fondazioni, la quota delle fondazioni e la quota d'imposta delle

CONTRATTO E CAPITOLATI

strutture, il giusto livello di dettaglio per la posa in opera dei tirafondi, il metodo di supporto provvisorio previsto durante il montaggio e l'inghisaggio previsto;

- * le eventuali opere provvisorie necessarie per il montaggio;
- * i pesi dei componenti maggiori di 5 ton e la posizione dei baricentri dei componenti molto irregolari.

I componenti devono essere movimentati e accuratamente stoccati in modo da minimizzare il rischio di abrasioni o danni alle superfici.

Gli elementi per le connessioni e gli elementi metallici di piccole dimensioni devono essere immagazzinati in spazi chiusi e asciutti.

Ogni danno alla struttura metallica durante la fase di scarico, trasporto, stoccaggio o messa in opera deve essere riparato in modo tale da rispettare i limiti di lavorazione indicati in questo CT. Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4 deve essere preparata una procedura riguardo ai metodi di riparazione da adottare.

Le parti connesse dalle bullonature devono essere a stretto contatto. Qualora vi sia uno spazio tra gli elementi che possa compromettere l'integrità della connessione, esso deve essere colmato mediante l'inserimento di opportuni spessori. Se la mancanza di corrispondenza delle connessioni non può essere risolta con l'uso di spessoramenti, i pezzi devono essere modificati in modo opportuno, garantendo che le prestazioni strutturali non subiscano penalizzazioni in fase di montaggio e in fase di esercizio.

Se durante il montaggio si rileva un disallineamento dei fori, si può ricorrere all'alesaggio dei fori stessi purché il diametro finale dei fori rientri nei limiti stabiliti per la categoria dei "fori maggiorati" di cui alla tabella 12, e solo dopo avere richiesto ed ottenuto il parere favorevole del Progettista, di cui deve restare evidenza. Per consentire un appropriato allineamento e livellamento della struttura sugli appoggi/fondazioni, possono essere utilizzati spessori in acciaio, purché presentino superfici piane ed adeguata resistenza alla deformazione. Se essi vengono lasciati in opera durante l'inghisaggio, la malta deve ricoprirli totalmente per almeno 25 mm in ogni direzione.

L'Appaltatore deve progettare e prevedere i ritegni e le controventature provvisorie.

L'Appaltatore deve assicurare che nessuna parte della struttura venga permanentemente danneggiata dall'accumulo dei materiali o dai carichi dovuti alle fasi di montaggio degli elementi.

Il Committente deve assicurare che non siano applicati carichi sulla struttura parzialmente montata senza il permesso dell'Appaltatore.

5.3 TOLLERANZE DI MONTAGGIO

Le tolleranze di montaggio definite "essenziali" di cui alla UNI EN 1090-2 §11.1 sono quelle il cui mancato rispetto può pregiudicare la stabilità e/o la resistenza delle strutture. Esse devono essere in ogni caso rispettate nel corso del montaggio. Per i componenti per i quali risultasse il mancato rispetto di una o più di tali limiti, dovrà essere informato il Direttore dei Lavori e dovrà essere emessa una azione di non conformità ed esaminate le opportune azioni correttive da intraprendere.

Le tolleranze di montaggio "funzionali" di cui alla UNI EN 1090-2 §11.1 sono quelle che attengono ai problemi di compatibilità con altri materiali, di estetica, o di rispetto delle distanze, etc. Esse sono distinte in due classi, 1 e 2, con prescrizioni più restrittive passando dalla prima alla seconda.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le principali tolleranze di montaggio, sia essenziali che funzionali, da rispettare.

CONTRATTO E CAPITOLATI

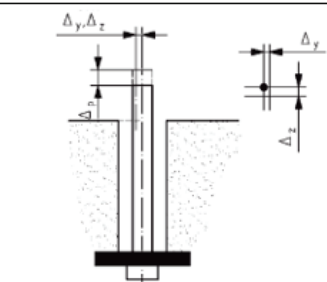
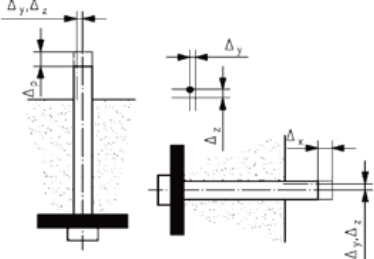
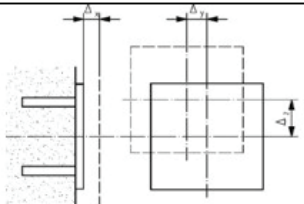
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Tirafondi con possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 25 \text{ mm}$
2	 <p>Tirafondi senza possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 45 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$
3	 <p>Piastra di ancoraggio annessa nel calcestruzzo</p>	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

Tabella 21 - Posizione dei tirafondi ed inserti - tolleranze di montaggio funzionali

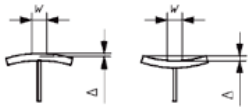
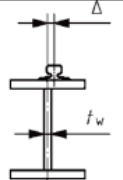
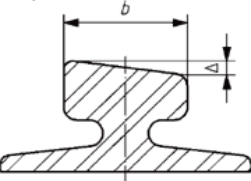
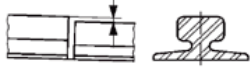
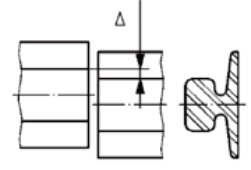
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Fuori piano dell'estradosso di una via di corsa su una larghezza w uguale alla larghezza della rotaia più 10 mm per parte</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	 <p>Eccentricità dell'asse della rotaia rispetto all'asse dell'anima: $t_w \leq 10 \text{ mm}$: $t_w > 10 \text{ mm}$:</p>	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$
3	 <p>Inclinazione della rotaia rispetto al piano orizzontale</p>	$\Delta \leq \pm b / 333$	$\Delta \leq \pm b / 333$
4	 <p>Disallineamento verticale tra rotaie in prossimità del giunto</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5	 <p>Disallineamento orizzontale tra rotaie in prossimità del giunto</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

Tabella 22 - Vie di corsa dei carroponti - tolleranze di costruzione e montaggio funzionali

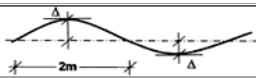
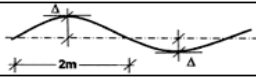
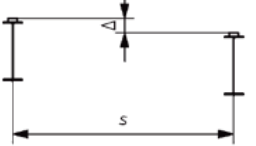
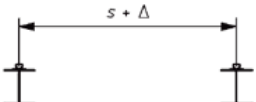
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	Posizionamento in piano rispetto all'asse teorico	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	 Rettilineità in orizz. su 2 m	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
3	Quota della rotaia	Rispetto al livello teorico $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
4		Sulla luce L di una via di corsa $\Delta = \pm L / 1000$	$\Delta = \pm L / 1000$
5	 Quota della rotaia su 2 m	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	 Differenza di livello tra le 2 rotaie con scartamento s	$\Delta = \pm s / 2000 \text{ ma}$ $\Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm s / 2000 \text{ ma}$ $\Delta \leq 10 \text{ mm}$
7	 Variazione dello scartamento: $s \leq 15 \text{ m}$: $s > 15 \text{ m}$:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = 3 + 0,25 \times (s-15) \text{ mm}$ (s in metri)	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = 3 + 0,25 \times (s-15) \text{ mm}$ (s in metri)

Tabella 23 - Vie di corsa dei carroporti - tolleranze di montaggio funzionali

5.4 TRASPORTO

Tutto il materiale lavorato e le parti premontate devono essere adeguatamente conservati per proteggerli dalla corrosione e dai danneggiamenti accidentali.

Tutte le parti pronte per la spedizione devono essere sottoposte ad accurati controlli visivi e dimensionali. I numeri di posizione ed i pesi devono comparire sulle bolle di consegna per la spedizione.

Durante il trasporto i materiali devono essere protetti con opportuni materiali al fine di prevenire danneggiamenti.

5.5 STOCCAGGIO

L'Appaltatore su richiesta del Committente deve dare la disponibilità di idonee aree di stoccaggio in officina per le strutture pronte per il trasporto, nell'eventualità di non disporre di aree libere per lo stoccaggio in cantiere, definendo preventivamente l'onere per l'occupazione delle aree di stoccaggio.

L'Appaltatore deve consegnare al Committente le opportune istruzioni operative per preservare i materiali staccati in cantiere da corrosione, deterioramento, danni accidentali, etc., prima di iniziare il montaggio.

6. LAVORAZIONI D'OFFICINA E IN OPERA

6.1 IDENTIFICAZIONE, DOCUMENTI D'ISPEZIONE E TRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI

Le caratteristiche tecniche dei componenti (profilati, lamiere, bulloni, elettrodi, lamiere grecate, grigliati, etc.) approvvigionati per le successive lavorazioni, devono essere documentate in modo da poter controllare se tali componenti soddisfano i requisiti richiesti dalle specifiche e norme applicabili.

I documenti d'ispezione di cui alla UNI EN 10204, relativi ai controlli sui materiali da parte del Produttore, devono essere conformi ai requisiti minimi riportati sulla UNI EN 1090-2 Tabella 1 con la seguente modifica: sono richiesti controlli specifici (documenti d'ispezione del tipo 3.1, secondo UNI EN 10204), cioè analisi chimiche, prove meccaniche e di resilienza, relativi alle unità di prova specifiche alle quali appartengono i materiali oggetto della fornitura, per tutti gli acciai strutturali di cui alle Tabelle 8.1 e 8.2.

L'officina di trasformazione dell'Appaltatore deve possedere i requisiti di legge stabiliti nel paragrafo 11.3.1.7 delle NTC.

Per le classi di esecuzione EXC3 ed EXC4 deve essere garantita la tracciabilità completa dei componenti, dal momento dell'approvvigionamento e ingresso in officina al momento della spedizione in cantiere e montaggio. Ogni componente cioè, contraddistinto da una marca nei disegni costruttivi d'officina, deve poter essere collegato, in tutte le parti principali costituenti la marca completa, al corrispondente lotto di fornitura ed ai documenti d'ispezione ad esso legati. L'Appaltatore deve essere dotato di un sistema di acquisizione, trattamento ed archiviazione di tali dati.

La tracciabilità completa dovrà in particolare essere garantita per ogni parte costituente un componente da impiegare come elemento dissipativo in una struttura calcolata secondo le regole del capacity design in zone a media o alta sismicità.

Per le classi di esecuzione EXC1 ed EXC2 si dovrà garantire che i materiali in ingresso (lamiere, profilati, bulloni, etc.) siano riconducibili ai rispettivi documenti d'ispezione di cui alla UNI EN 10204. Non è richiesta la tracciabilità dei singoli pezzi lavorati.

6.2 MARCATURA DELLE STRUTTURE

Ciascun componente deve essere identificabile ad ogni stadio della lavorazione. I componenti completati devono essere marcati in modo permanente, senza danneggiare il materiale, in modo da essere chiaramente identificabili. Per acciai di classe inferiore o uguale alla S355, possono essere impiegate incisioni, ad eccezione dei casi indicati nelle specifiche di produzione. Qualora nei disegni di progetto, o nelle informazioni di fabbricazione siano individuate delle zone sulla struttura in acciaio non marcabili, esse devono essere lasciate libere da ogni sorta di marcatura o incisione.

6.3 MOVIMENTAZIONE E STOCCAGGIO

Le strutture in acciaio devono essere imballate, movimentate e trasportate (in relazione ai casi) con cura, in maniera tale da non provocare deformazioni permanenti e minimizzare eventuali danni superficiali. Particolare cura deve essere posta per irrigidire le estremità libere e proteggere le superfici lavorate. Le misure preventive riportate nella Tabella 8 della UNI EN 1090-2 vanno applicate se pertinenti.

6.4 TAGLIO

Il taglio e la preparazione dei lembi dell'acciaio possono essere ottenuti mediante utilizzo di sega a disco, trancitura, taglio automatico, piallatura, fresatura o altri tipi di lavorazioni. Il taglio manuale può essere impiegato solamente qualora sia impraticabile l'utilizzo del taglio automatico.

I bordi dovuti ai tagli termici che sono privi di notevoli irregolarità possono essere accettati senza ulteriori trattamenti, eccetto la rimozione delle sbavature. Diversamente, i bordi devono essere levigati per rimuovere le eventuali irregolarità. I livelli accettabili della qualità del taglio, definiti in accordo alla UNI EN ISO 9013, sono riportati nella Tabella 9 della UNI EN 1090-2 per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4.

Gli intagli non possono essere a spigoli vivi. Essi devono essere raccordati con raggio di curvatura di 5 mm per classi di esecuzione EXC2 ed EXC3, e di 10 mm per classe di esecuzione EXC4.

Sono da evitare le operazioni di taglio in componenti già sottoposti a zincatura a caldo. Se comunque tali operazioni vengono effettuate, si deve procedere ad un idoneo ripristino della zincatura.

6.5 FORMATURA

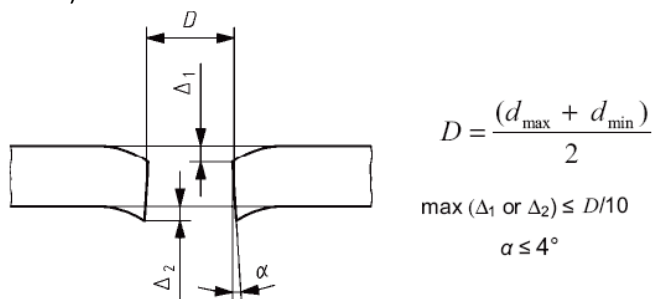
La curvatura o il raddrizzamento degli elementi durante la produzione possono essere eseguiti secondo uno dei seguenti metodi:

- * Meccanicamente, avendo cura di ridurre al minimo le intaccature o le variazioni della sezione trasversale;
- * Mediante applicazioni locali di calore, garantendo che la temperatura del metallo sia accuratamente controllata. Per le strutture in classe EXC3 ed EXC4 deve essere sviluppata una procedura e devono essere eseguiti dei casi-test per poterla approvare.
- * Utilizzando un processo di calandratura, nel caso in cui la procedura utilizzata comprenda il controllo accurato della temperatura e sia validata anticipatamente in termini di mantenimento delle proprietà meccaniche dell'elemento curvato o raddrizzato. Profili piegati a freddo che raggiungono lo sforzo nominale di snervamento a seguito del processo di piegatura, non possono essere sottoposti a questo trattamento.

6.6 FORATURE

La punzonatura completa del foro è permessa se le seguenti condizioni sono soddisfatte:

la tolleranza sulla distorsione del foro punzonato non deve eccedere i limiti indicati nella figura seguente (tratta dal §6.6.3 della UNI EN 1090-2):



i fori devono essere privi di sbavature che potrebbero ostacolare l'assemblaggio delle parti quando messe a

contatto;

lo spessore degli elementi non deve essere maggiore del diametro del foro punzonato.

Particolare attenzione va riservata alle operazioni di foratura in componenti da zincare a caldo, controllando accuratamente che i bordi dei fori punzonati siano esenti da microfratture che vanno eventualmente rimosse, ed eliminando eventuali ribave.

Sono da evitare le operazioni di foratura in componenti già sottoposti a zincatura a caldo. Se comunque tali operazioni vengono effettuate, si deve procedere ad un idoneo ripristino della zincatura.

Per gli elementi in classe di esecuzione EXC3 ed EXC4 la punzonatura deve essere eseguita garantendo che i fori presentino un diametro inferiore di 2 mm rispetto alla dimensione richiesta e che siano successivamente alesati fino ad ottenere il diametro finale richiesto per l'assemblaggio.

I fori asolati possono essere realizzati per punzonatura, per taglio termico o per mezzo di trapanatura, eseguendo due fori ed asportando per taglio la parte fra di essi.

I diametri dei fori devono essere in accordo alla NTC, e precisamente:

I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato di 1 mm fino a 20 mm di diametro, e di 1,5 mm per bulloni di diametro maggiore di 20 mm.

Se concordato con il Committente e/o il Progettista e/o il Direttore dei Lavori, si possono adottare i diametri dei "fori normali" stabiliti dalla UNI EN 1090-2 e riportati in tabella.

Diametro nominale del	12	14	16	18	20	22	24	27 e oltre
Fori normali	1		2					3
Fori maggiorati	3		4				6	8
Asole corte	4		6				8	10
Asole lunghe	1,5 d							

Tabella 24 - Giochi foro-bullone secondo EN 1090-2 – Valori in [mm]

La tolleranza ammessa sul diametro dei fori è di $\pm 0,5$ mm, dove per diametro si intende la media dei diametri misurati sulle due facce.

Le tolleranze ammesse sulla posizione dei fori rispetto agli assi teorici di foratura sono riportate nelle tabelle Tabella 12 - Forature - tolleranze di fabbricazione essenziali e Tabella 19 - Forature, spalature, tagli - tolleranze di fabbricazione funzionali.

Se l'Appaltatore approvvigiona componenti prelavati (componenti tagliati a misura e forati) da un Centro Servizi, questo deve fornire, insieme al materiale lavorato, un documento di ispezione che certifichi il rispetto per le forature eseguite delle tolleranze di diametro e posizione sopra riportate. I controlli dovranno essere effettuati sul 25% almeno dei fori. Tale documento, consegnato dal Centro Servizi all'Appaltatore, dovrà da questi essere consegnato al Committente ed al Direttore dei Lavori. In mancanza di tale documento, l'Appaltatore dovrà farsi carico di redigerlo e di eseguire i controlli relativi.

6.7 ASSEMBLAGGIO E PREMONTAGGI

Le parti da assemblare devono essere posizionate in modo tale da realizzare un contatto stabile, conforme ai requisiti di assemblaggio o di vincolo richiesti.

È consentita una lieve variazione della posizione dei fori al fine di permettere l'allineamento dei diversi elementi, ma ciò non deve causare danni o distorsioni all'assemblaggio finale. Qualora le parti non possano essere unite senza movimenti che possono causare la distorsione della struttura metallica, nel caso in cui il progetto della connessione consenta l'utilizzo di fori e bulloni di diametro maggiore, si prevede una rettifica che può essere fatta mediante alesatura dei fori.

CONTRATTO E CAPITOLATI

Per garantire la certezza di poter correttamente assemblare in opera i componenti bullonati, l'Appaltatore deve mettere in atto gli opportuni accorgimenti, in funzione della importanza dell'opera e della criticità dell'accoppiamento, quali:

- * ricorso a dime di posizionamento;
- * rilievi accurati tridimensionali della posizione dei fori con adeguati strumenti;
- * premontaggi parziali o totali.

Il Committente e/o il Progettista, o il Direttore dei lavori possono richiedere all'Appaltatore il premontaggio in officina di parti di struttura, in funzione delle criticità di montaggio individuate.

Se il Committente non affida all'Appaltatore il montaggio in opera delle strutture, l'Appaltatore deve consegnare al Committente ed al Direttore dei Lavori, oltre a tutta la documentazione d'obbligo richiamata al §11.3 delle NTC, una Dichiarazione di Conformità al Montaggio delle strutture, dove si elencano i controlli eseguiti al fine di garantire la fattibilità del montaggio.

7. SALDATURA

7.1 GENERALITÀ

L'Appaltatore deve garantire di effettuare saldature con adeguato livello di qualità, come definito nella norma UNI EN ISO 3834, ed in funzione della classe di esecuzione delle strutture, secondo quanto riportato in tabella. Tali prescrizioni non devono comunque risultare meno cautelative di quelle della tabella 11.3.XI delle NTC.

Classe di esecuzione	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Requisiti di qualità del Costruttore secondo UNI EN ISO 3834	Elementare ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Esteso EN ISO 3834-2	Esteso EN ISO 3834-2

Tabella 25 - Requisiti di qualità applicabili

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 e EXC4 il coordinamento delle attività di saldatura deve essere mantenuto da appositi Coordinatori di Saldatura, qualificati secondo UNI EN ISO 14731.

Con riferimento alle operazioni di saldatura da supervisionare, i coordinatori di saldatura devono avere il livello di conoscenza prescritto in tabella.

Classe	Acciaio	Spessori [mm]		
	$t \leq 25$ (1)	$25 < t \leq 50$ (2)		
S420-S700	EXC2	S235-S355	B	S
		S	C (4)	
EXC3		S235-S355	S	C
		S420-S700	S	C
EXC4		Tutti	C	C

NOTE:

B = di base; S = specifico; C = completo

- Piastre di base delle colonne ≤ 50 mm
- Piastre di base delle colonne ≤ 75 mm
- Per acciai S235-S275 è sufficiente il grado S

Tabella 26 - Livello di conoscenza tecnica di Coordinatori di Saldatura secondo UNI EN ISO 14731

Tutte le giunzioni saldate devono essere eseguite con procedimenti qualificati. L'Appaltatore deve sviluppare delle idonee Specifiche di Saldatura (WPS) per ciascuna delle procedure che intende adottare secondo UNI EN ISO 15609. Le procedure devono essere qualificate secondo quanto prescritto da UNI EN ISO 15613, UNI EN ISO 15614-1 e UNI EN ISO 14555.

L'Appaltatore deve fornire al Committente ed al Direttore dei Lavori un Piano della Saldatura che contenga, oltre le WPS, i seguenti requisiti: misure da prendere per evitare distorsioni degli elementi durante e dopo la saldatura, requisiti per controlli intermedi, sequenze di saldatura, rotazione dei pezzi durante la saldatura, dettagli dei vincoli da applicare, misure per evitare il lamellar tearing, speciali accorgimenti ed attrezzature per i materiali di consumo, requisiti di accettazione delle saldature, requisiti per l'identificazione delle saldature, requisiti relativi ai trattamenti superficiali dei pezzi da saldare.

I principali procedimenti di saldatura ammessi sono:

- * saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- * saldatura automatica ad arco sommerso;
- * saldatura automatica o semiautomatica in gas protettivo a filo pieno e/o filo animato;
- * saldatura automatica dei connettori (stud welding).

Le saldature testa a testa, prima di essere riprese dalla parte opposta devono essere solcate a rovescio con mola o con arc air seguito da molatura.

7.2 QUALIFICA DEI SALDATORI

Tutti i saldatori impiegati devono essere certificati e qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1, gli operatori secondo la UNI EN 14732. A deroga parziale della norma UNI EN 9606-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Le operazioni di saldatura per classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, devono essere coordinate da apposito personale di coordinamento qualificato per lo scopo e dotato della necessaria esperienza nei procedimenti di saldatura, come prescritto dalla Tabella 26 - Livello di conoscenza tecnica di Coordinatori di Saldatura secondo UNI EN ISO 14731.

7.3 PREPARAZIONE DEI LEMBI

I lembi devono essere preparati in modo conforme alle preparazioni usate nei test di validazione delle WPS. Le superfici da saldare devono essere asciutte e libere da ogni sostanza che possa compromettere la qualità della saldatura (ruggine, materiali organici o zincatura). Esse devono risultare prive di fessurazione visibile.

Esempi di preparazione dei lembi sono riportate nelle norme UNI EN ISO 9692-1 e UNI EN ISO 9692-2. Deve essere eseguito il controllo visivo secondo UNI EN ISO 17637 sul 100% dei lembi da saldare, al fine di accertare lo stato delle superfici, l'assenza di difetti affioranti e la corretta pulizia.

CONTRATTO E CAPITOLATI

Eventuali discontinuità riscontrate sul cianfrino devono essere riparate mediante molatura o molatura e saldatura, in accordo ai criteri riportati sulla tabella 0.3.2.3 delle AWS D.1.1.

Il controllo dimensionale deve essere eseguito sul 100% dei lembi, al fine di accertare la corretta geometria ed il rispetto delle tolleranze dimensionali.

Per i cianfrini di lamiere di spessore superiore od uguale a 40 mm, o anche per spessori minori se l'esame visivo lo consigliasse, e comunque su cianfrini per saldature a completa penetrazione, deve essere eseguito sull'intero sviluppo controllo magnetoscopico (preferenziale) o con liquidi penetranti (alternativo).

7.4 MATERIALI DI CONSUMO

I materiali di consumo per saldature devono essere conservati secondo le prescrizioni del Produttore. Elettrodi e flussi per arco sommerso, salvo diversa indicazione da parte del Produttore, devono essere essiccati, se previsto, a 300-400 °C, quindi mantenuti in forno a temperatura di almeno 150 °C e conservati durante le operazioni di saldatura in fornelli portatili a non meno di 100 °C.

Gli elettrodi non usati devono essere essiccati ancora. L'essiccazione non può essere ripetuta più di due volte.

7.5 CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

I controlli non distruttivi (NDT) delle saldature devono essere eseguiti da personale qualificato secondo il livello 2 definito dalla UNI EN 473.

I controlli da eseguire sono in genere:

- * controlli volumetrici: ultrasonici (UT) secondo UNI EN ISO 17640:2011 e UNI EN ISO 23279:2010, o radiografici (RT) secondo UNI EN ISO 17636:2013 (di massima solo per saldature a completa penetrazione, salvo se diversamente indicato);

- * controlli superficiali: magnetoscopici (MT) secondo UNI EN ISO 17638:2010, o con liquidi penetranti (PT) secondo UNI EN ISO 3452-1:2013 (per saldature a completa penetrazione, parziale penetrazione e a cordoni d'angolo).

Il controllo visivo deve essere eseguito sul 100% delle saldature, con lo scopo di rilevare eventuali difetti di profilo e/o irregolarità superficiali. Se vengono trovati difetti, essi vanno investigati mediante successivi controlli MT o PT.

Per le strutture in classe di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, vanno comunque effettuati dei controlli sia superficiali (preferibilmente MT, o PT in alternativa) che volumetrici (UT), nella percentuale dello sviluppo totale delle saldature indicata nelle tabelle a oppure b. Indicando con p% l'entità percentuale di cui alle suddette tabelle, si possono applicare, in assenza di altri criteri, le regole seguenti:

- * ciascuna saldatura del lotto di esame deve essere esaminata per una lunghezza minima p % della singola lunghezza. La zona da esaminare deve essere scelta sulla base della verifica visiva;

- * se la lunghezza totale di tutte le saldature di un lotto di esame è minore di 900 mm, almeno una saldatura deve essere esaminata per l'intera lunghezza indipendentemente dal valore p %;

- * se un lotto di esame è costituito da parecchie saldature identiche, ciascuna di lunghezza minore di 900 mm, si devono esaminare per l'intera lunghezza un certo numero di saldature scelte a caso per una lunghezza totale minima p % della lunghezza totale di tutte le saldature del lotto di esame.

I controlli non potranno essere di entità inferiore a quanto previsto nella Tabella 27 - Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature, in linea con le prescrizioni della UNI EN 1090-2. Per strutture di particolare impegno, su richiesta del Cliente e/o del Direttore dei Lavori e/o del Collaudatore, possono essere prescritti i controlli di cui alla Tabella 28 - Estensione dei controlli non distruttivi per saldature di strutture di particolare impegno, o anche di entità maggiore, se ritenuto opportuno in base alle caratteristiche dell'opera.

Tipologia di saldatura	Controllo			
	MT / LT			U
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	10%	20%	100%	10%
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%
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%	-

Tabella 27 - Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature

Tipologia di saldatura	Controllo			
	MT / LT			U T /
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	25%	50%	100%	25%
Giunti a parziale penetrazione	10%	20%	100%	5% (*)
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%
Saldature a cordoni d'angolo	5%	10%	20%	5% (**)

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

(*) 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.

Tabella 28 - Estensione dei controlli non distruttivi per saldature di strutture di particolare impegno

Nel caso in cui si rilevi un difetto volumetrico, il controllo va esteso per un metro a cavallo della posizione di esso, o a due giunti vicini se l'estensione della saldatura è minore di un metro. Nel caso di difetti planari, il controllo va esteso al 100% del giunto, o dei giunti contigui dello stesso tipo, se l'estensione delle saldature è limitata.

Per le saldature a completa penetrazione effettuate in cantiere, l'estensione dei controlli da applicare è la seguente:

- * Controlli MT / PT: 100%
- * Controlli UT / RT: 100%

L'esecuzione di tali controlli va programmata in accordo con il Direttore dei Lavori.

Tutte le lamiere costituenti le piastre di base e tutte le lamiere di spessore maggiore o uguale a 60 mm devono essere controllate con ultrasuoni per la ricerca di eventuali sfogliature o sdoppiature. I controlli devono essere in accordo con la UNI EN 10160 classe S2 per il corpo della lamiera e classe E3 per i bordi. Prescrizioni più severe (S3 per la lamiera e E4 per i bordi) potranno essere richieste in casi particolari.

Per le classi di esecuzione EXC3 ed EXC4 devono essere controllati con classe S1 tutti i giunti cruciformi nei quali una lamiera trasmette prevalentemente sforzi di trazione attraverso un'altra lamiera di spessore quattro volte maggiore.

7.6 CRITERI DI ACCETTABILITÀ DELLE SALDATURE

I criteri di accettabilità delle saldature sono i seguenti, con riferimento alla norma UNI EN ISO 5817:

- * Livello di qualità C per la classe di esecuzione EXC1 ed EXC2;
- * Livello di qualità B per la classe di esecuzione EXC3;
- * Livello di qualità B per la classe di esecuzione EXC4 più i requisiti aggiuntivi della tabella 17 della norma UNI EN 1090-2.

Tutti i giunti non conformi ai criteri di accettabilità devono essere riparati. Le attività di riparazione devono essere eseguiti nel seguente modo:

- * asportazione del difetto e rifinitura con mola;
- * verifica dell'eliminazione del difetto mediante MT, secondo UNI EN ISO 17638:2010;
- * esecuzione della saldatura di riparazione secondo WPS approvata;
- * controllo della saldatura di riparazione mediante lo stesso metodo di NDT con cui era stato rilevato il difetto;
- * emissione del certificato di riparazione.

Se vengono riscontrati tratti di saldatura non conformi ai criteri di accettabilità, occorre eseguire ulteriori controlli, per esempio secondo i criteri dell'Appendice C della UNI EN ISO 17635:2010.

8. BULLONATURA

8.1 GENERALITÀ

Non possono essere impiegati bulloni strutturali di diametro inferiore all'M12.

Nei bulloni non precaricati la lunghezza del gambo deve essere scelta in modo tale che, dopo il serraggio, almeno un giro completo del filetto sia visibile tra il dado e la parte non filettata del gambo, ed almeno un filetto sia visibile tra la faccia esterna del dado e il termine del gambo.

Nei bulloni precaricati tipo HR (UNI EN 14399-3 e UNI EN 14399-7) dopo il serraggio devono essere visibili almeno quattro filetti completi tra la superficie di serraggio del dado e l'inizio del gambo non filettato.

Nei bulloni precaricati tipo HV (UNI EN 14399-4 e UNI EN 14399-8) lo spessore di serraggio deve essere in accordo alla tabella A.1 della norma UNI EN 14399-4.

Per i bulloni non precaricati è richiesta una sola rondella sotto il dado, o comunque sotto la parte (dado o testa) che viene ruotata per il serraggio.

Per i bulloni classe 8.8, se usati come precaricati, si richiede l'uso di una sola rondella sotto la parte (testa o dado) che viene ruotata: smussata se sotto la testa (in accordo a UNI EN 14399-6), piana se sotto il dado (UNI EN 14399-5).

Per i bulloni 10.9, se usati come precaricati, si richiede l'uso di 2 rondelle: una smussata sotto la testa (secondo UNI EN 14399-6) ed una piana sotto il dado (secondo UNI EN 14399-5).

I bulloni non precaricati devono avere un tratto non filettato di lunghezza tale che le sezioni di taglio (tra un elemento collegato e l'altro) rientrino in tale tratto. L'eventuale uso di bulloni non precaricati con il gambo totalmente filettato deve essere subordinato alla approvazione del Progettista. Deve essere lasciata evidenza di tale approvazione. La lunghezza del gambo di tali bulloni dovrà consentire che, dopo il serraggio, rimanga almeno un passo del filetto tra la fine del gambo e la faccia del dado.

8.2 SERRAGGIO DEI BULLONI PRECARICATI

Il serraggio dei bulloni precaricati deve generare nel gambo una forza di precarico $F_{p,C}$ pari a:

$$F_{p,C} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s$$

Dove f_{ub} è la tensione nominale di rottura dei bulloni ed A_s è l'area netta del gambo.

Per generare tale precarico deve essere applicata una coppia di serraggio M_r pari a:

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

Dove d è il diametro nominale del gambo e k è il coefficiente di rendimento di coppia che deve essere determinato sperimentalmente dal Produttore e indicato sulla confezione dei bulloni.

In accordo alla UNI EN 14399-1 il Produttore può indicare il coefficiente k secondo uno dei tre metodi seguenti:

CONTRATTO E CAPITOLATI

K0: nessuna indicazione per il valore k ;

K1: indicato campo di variabilità di k da un minimo ad un massimo (deve essere: $0,10 \leq k \leq 0,16$);

K2: indicato valor medio km più coefficiente di variazione Vk (deve essere: $0,10 \leq km \leq 0,23$; $Vk \leq 0,10$),

La modalità K0 non è ammessa con i bulloni HR ed HV, a meno che non vengano impiegati con rondelle ad indicazione di carico (DTI), secondo UNI EN 14399-9.

Nelle Tabella 29 e Tabella 30 sono riportati, per i bulloni di classe 8.8 e 10.9, per i diametri da 12 a 36 mm e per i valori di k da 0,10 a 0,16, i valori della coppia di serraggio M_r da applicare.

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

Tabella 29 - Coppie di serraggio per bulloni 8.8 UNI EN 14399 [Nm]

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

Tabella 30 - Coppie di serraggio per bulloni 10.9 UNI EN 14399 [Nm]

Possono essere applicati i seguenti metodi di serraggio:

* Metodo della coppia (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K2): si serrano con chiave dinamometrica tutti i bulloni di una connessione a circa $0,75 M_r$, poi in un secondo passo a $1,1 M_r$. Nel calcolare M_r si applica il valore medio del coefficiente k fornito.

* Metodo combinato (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K1 o K2): si serrano con chiave dinamometrica tutti i bulloni di una connessione a circa $0,75 M_r$, poi si impone una rotazione al dado che, a seconda degli spessori serrati dal bullone, vale:

60° per $t < 2d$

90° per $2d < t < 6d$

120° per $6d < t < 10d$

Dove t è la somma degli spessori da serrare, comprese le rondelle.

Se è disponibile una procedura del Produttore relativa al serraggio dei bulloni e/o ai controlli da effettuare durante e dopo il serraggio, essa dovrà essere applicata.

* Metodo dell'indicatore diretto della pretensione DTI (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K0, K1 o K2), consistente nell'uso di speciali rondelle comprimibili secondo UNI EN 14399- 9, e in accordo a quanto prescritto nell'Appendice J della UNI EN 1090-2, e/o in conformità alle prescrizioni del Produttore.

* Metodo HRC, da usare con bulloneria HRC secondo UNI EN 14399-10, in accordo al §8.5.5 delle UNI EN 1090-2 e/o in conformità alle prescrizioni del Produttore.

Le chiavi dinamometriche usate per il serraggio dei bulloni precaricati devono avere una precisione di $\pm 4\%$ con il metodo della coppia e di $\pm 10\%$ con il metodo combinato, secondo UNI EN ISO 6789, e devono essere sottoposte a taratura in accordo a quanto prescritto dalla norma citata. L'Appaltatore deve consegnare al Direttore dei Lavori il certificato attestante l'avvenuta taratura.

Trattamento superficiale	c
Superfici sabbiare, esenti da qualsiasi incrostazione di ruggine, non pitturate	0,50
Superfici sabbiare con applicazione a spruzzo di primer a base di alluminio o zinco	0,40
Superfici pulite con spazzolatura a filo o con pulitura a fiamma, con rimozione di tutta la ruggine libera	0,30
Superfici non trattate	0,20

Tabella 31 - Coefficienti d'attrito c in funzione del trattamento superficiale

Le superfici di contatto per unioni ad attrito devono essere prive di sostanze quali olio, pittura, sporco che possano ridurre il coefficiente di attrito. Il coefficiente d'attrito ' c ' da assumere sarà conforme ai valori riportati in Tabella 31.

Il Progettista deve fornire all'Appaltatore i valori dei coefficienti d'attrito che ha usato nel calcolo delle connessioni ad attrito, se presenti. L'Appaltatore deve preparare le superfici in modo da poter raggiungere valori non minori di quelli richiesti.

L'adozione di giunzioni ad attrito per connettere elementi zincati a caldo non è in genere ammessa.

Se comunque, in condizioni particolari e per espressa indicazione da parte del Progettista, si adottano giunzioni ad attrito con elementi zincati, occorre trattare le superfici zincate in modo opportuno, mediante spazzolatura o leggera sabbiatura per rimuovere lo strato superficiale di zinco puro (zincatura lucida) ed esporre gli strati di lega zinco-ferro sottostanti. E' altresì necessario procedere alla determinazione sperimentale del coefficiente di attrito, in accordo all'Annex G della norma UNI EN 1090-2. Il Progettista dovrà verificare le connessioni usando un coefficiente d'attrito non superiore a quello determinato sperimentalmente.

8.3 SERRAGGIO DEI BULLONI NON PRECARICATI

Prima dell'inizio delle operazioni di serraggio tutte le connessioni devono essere sottoposte a controllo visivo.

I bulloni non precaricati devono essere avvitati fino a portare le parti che costituiscono il giunto a pieno contatto. Quindi i bulloni devono essere serrati con la normale forza che un uomo riesce ad applicare usando una chiave senza prolunga. Speciale cura deve essere posta nel serraggio dei bulloni di basso diametro per evitare il raggiungimento della tensione di snervamento.

In alternativa i bulloni non precaricati soggetti a trazione possono essere serrati applicando le coppie di cui alla *Errore: sorgente del riferimento non trovata*, mentre quelli soggetti solo a taglio possono essere serrati applicando le coppie di cui alla *Errore: sorgente del riferimento non trovata*.

Tali coppie sono state calcolate con un coefficiente $k = 0,20$. Se per i bulloni di classe 8.8 è specificato un valore di k diverso, si dovranno calcolare gli opportuni valori.

Tali coppie sono da applicarsi per bulloni bruniti. Per bulloni zincati i valori vanno ridotti del 25%.

Diametro [mm]					
	As [mm ²]	4.8	5.6	5.8	6.8
12	84.3	39	45	48	57
14	115	62	72	77	90
16	157	96	113	121	141
18	192	133	155	166	194
20	245	188	220	235	274
22	303	256	299	320	373
24	353	325	380	407	474
27	459	476	555	595	694
30	561	646	754	808	943
36	817	1130	1318	1412	1647

Tabella 32 - Coppie di serraggio per bulloni non precaricati soggetti a trazione [Nm]

Diametro [mm]					
	As [mm ²]	4.8	5.6	5.8	6.8
12	84.3	31	36	39	45
14	115	50	58	62	72
16	157	77	90	97	113
18	192	106	124	133	155
20	245	150	176	188	220
22	303	205	239	256	298
24	353	260	304	325	379
27	459	381	444	476	555
30	561	517	603	646	754
36	817	904	1054	1130	1318

Tabella 33 - Coppie di serraggio per bulloni non precaricati soggetti solo a taglio [Nm]

8.4 CONTROLLO DEL SERRAGGIO DEI BULLONI PRECARICATI

Per le unioni ad attrito in classe di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, devono essere svolti controlli durante e dopo il serraggio dei giunti, secondo quanto prescritto nella Tabella 34.

FASE	ESTENSIONE	AZIONE
Ispezione delle superfici di contatto	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo
Connessioni prima del serraggio	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo – Eventuali aggiustaggi mediante spessoramento
	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 $1,05 M^r$ 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 $0,75 M^r$ 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.

Tabella 34 - Prescrizioni per il controllo del serraggio dei bulloni precaricati

I controlli sul serraggio, nella misura stabilita in tabella 1, vanno eseguiti secondo il metodo sequenziale illustrato in tabella 2, impiegando il diagramma tipo A per le classi di esecuzione EXC2 ed EXC3, e il diagramma tipo B per la classe di esecuzione EXC4.

Esempi d'uso del diagramma d'ispezione tipo A.

* Linea punteggiata: il controllo dei primi 3 bulloni ha dato esito positivo, il 4° negativo, il 5°, 6° e 7° ancora positivo, il controllo è continuato dall'8° al 14° bullone con esito positivo, finché la linea punteggiata ha incrociato la linea di confine verticale. Il risultato globale è: accettazione.

* Linea tratteggiata: il primo bullone è risultato positivo, il 2° negativo, il 3°, 4° e 5° positivi, il 6° negativo, dal 7° all'11° positivi, il 12° negativo. La linea tratteggiata ha intersecato il confine nella zona di rigetto, perciò il risultato globale è: rigetto.

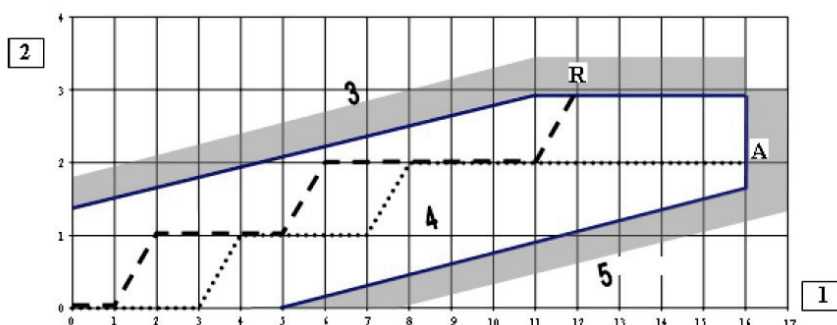


Diagramma d'ispezione sequenziale tipo A
5: zona di accettabilità; 3: zona di rigetto; 4: zona di indecisione
asse 1: numero di bulloni controllati; asse 2: numero di bulloni non accettabili n.ro bulloni da controllare:
min 5, max 16

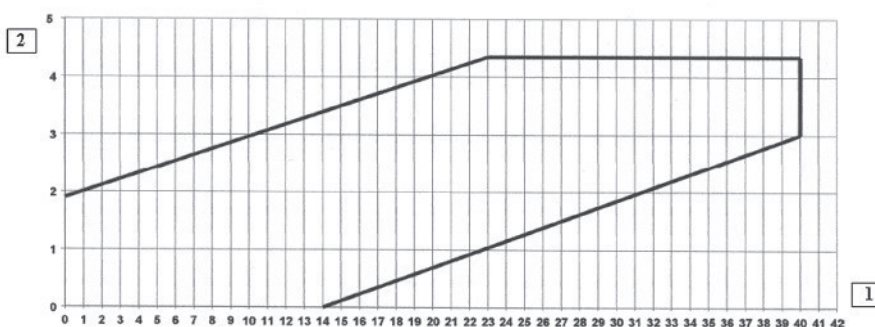


Diagramma d'ispezione sequenziale tipo B N.ro bulloni da controllare: min 14, max 40

Tabella 35 - Diagrammi d'ispezione sequenziale per il controllo del serraggio dei bulloni pretesi

9. TRATTAMENTI PROTETTIVI

9.1 GENERALITÀ

I trattamenti protettivi superficiali saranno realizzati, di norma, con zincatura a caldo o mediante verniciatura, o infine con zincatura e successiva verniciatura (sistema duplex).

L'Appaltatore, in base alle indicazioni fornite dal Committente circa le condizioni ambientali dell'opera, la durata di essa prevista e la durata richiesta del periodo di tempo tra la costruzione e la prima manutenzione del trattamento protettivo, nonché in base alla eventuale preferenza espressa dal Committente per una modalità di protezione (zincatura o verniciatura), dovrà individuare un idoneo ciclo di protezione superficiale che soddisfi ai suddetti requisiti.

Nel caso di impiego di acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica secondo UNI EN 10025-5, dovrà essere valutato se le condizioni ambientali di impiego richiedono l'adozione di un trattamento protettivo superficiale.

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

La descrizione del ciclo di trattamento superficiale adottato con l'evidenza della sua rispondenza ai requisiti di cui sopra, nonché il piano di manutenzione ad esso associato, dovranno essere riportati in un apposito documento, da consegnare al Committente e al Direttore dei Lavori.

Le condizioni ambientali dell'opera devono essere caratterizzate mediante la classe di corrosività, che può essere determinata, in conformità alla UNI EN ISO 12944-2, con i criteri della Tabella 36 (verniciatura), e in conformità alla UNI EN ISO 14713-1, con i criteri di Tabella 37 (zincatura).

Classi di corrosività	Perdita di massa per u. di superficie, perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)			
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco	
	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
C2 bassa	da 10 a 200	da 1,3 a 25	da 0,7 a 5	da 0,1 a 0,7
C3 media	da 200 a 400	da 25 a 50	da 5 a 15	da 0,7 a 2,1
C4 alta	da 400 a 650	da 50 a 80	da 15 a 30	da 2,1 a 4,2
C5-I molto alta (industriale)	da 650 a 1500	da 80 a 200	da 30 a 60	da 4,2 a 8,4
C5-M molto alta (marina)	da 650 a 1500	da 80 a 200	da 30 a 60	da 4,2 a 8,4

Tabella 36 - Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 12944-2 (verniciatura)

Classi di corrosività(*)	Esempi di ambiente tipico
	All'interno
C1 (molto bassa) $r \leq 0,1$ 'm	Ambienti riscaldati con umidità relativa bassa ed inquinamento trascurabile (uffici, scuole, musei)
C2 (bassa) $0,1 < r \leq 0,7$ 'm	Ambienti non riscaldati con temperatura e umidità relative variabili. Basso frequenza di condense e basso inquinamento (capannoni di stoccaggio, impianti sportivi)
C3 (media) $0,7 < r \leq 2$ 'm	Ambienti con moderata presenza di condense e di inquinamento da processi produttivi leggeri (impianti alimentari, lavanderie, impianti per la produzione di birra, caseifici)
C4 (alta) $2 < r \leq 4$ 'm	Ambienti con condense frequenti ed alto livello d'inquinamento da processi industriali (impianti industriali, piscine)
C5 (molto alta) $4 < r \leq 8$ 'm	Ambienti con condense frequentissime e/o alto livello d'inquinamento da processi industriali (miniere, caveau per scopi industriali, capannoni non ventilati in zone subtropicali e tropicali)

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

CX (estrema) $8 < r \leq 25$ 'm	Ambienti con condense quasi permanenti o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità alta, e/o con alto inquinamento da processi produttivi (capannoni non ventilati in zone subtropicali e tropicali con penetrazione dall'esterno di agenti inquinanti)
(*) Perdita di spessore di zinco r dopo il primo anno di esposizione.	

Tabella 37 - Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 14713-1 (zincatura)

9.2 ZINCATURA A CALDO

La protezione mediante zincatura a caldo dei materiali deve essere conforme alla norma UNI-EN ISO 1461:2009 e UNI EN ISO 14713:2010 parti 1 e 2.

L'Appaltatore deve fornire al Direttore dei Lavori le opportune informazioni relative al processo di zincatura (dimensioni delle vasche, etc.) affinché il Progettista possa fissare le dimensioni massime per gli elementi, sciolti o composti mediante saldatura, da zincare.

Ai fini della zincatura, di norma dovranno essere evitati elementi composti con saldatura che presentino marcate dissimmetrie sia nella geometria che nella disposizione ed estensione delle saldature, o che presentino spessori troppo diversi negli elementi semplici che li compongono, con rapporto tra lo spessore maggiore e quello minore comunque non superiore a 5. Devono essere evitate ampie superfici piane, ricavate da lamiere di esiguo spessore, non opportunamente irrigidite.

Per gli elementi composti di notevole dimensione e peso, è opportuno che predisporre gli opportuni punti di sollevamento da usare durante le operazioni di zincatura per sollevare l'elemento stesso.

Al fine di ottenere una zincatura più uniforme possibile, è sconsigliabile zincare elementi composti mediante saldatura formati da elementi sciolti con caratteristiche chimiche dell'acciaio sensibilmente diverse.

Le saldature di elementi strutturali da sottoporre a zincatura devono presentarsi prive di soffiature o porosità. Eventuali scorie vanno accuratamente rimosse prima della zincatura. E' vietato l'uso di vernici antispruzzo durante le operazioni di saldatura.

Sono di norma vietate lavorazioni di piegatura e formatura meccanica di pezzi zincati a caldo.

Se si eseguono operazioni di taglio e/o foratura di pezzi già zincati, occorre procedere al ripristino della zincatura lungo la superficie del taglio e/o foro.

Per gli elementi composti da elementi sciolti assemblati mediante saldatura, è opportuno prevedere coppie di fori di sfianto, di diametro non minore di 10 mm, posti principalmente nelle zone del manufatto ove sono più probabili gli accumuli del bagno di zincatura.

Le costolature di rinforzo di profili aperti ad U ed H devono essere opportunamente forate, o avere uno spigolo smussato, in modo da consentire il passaggio dello zinco ed evitare accumuli o formazione di bolle d'aria. Il diametro minimo dei fori deve essere orientativamente come da Tabella 38.

Le piastre di base e/o di estremità di profili aperti devono essere opportunamente forate, in modo da non ridurre la resistenza degli elementi.

Dimensione caratteristica [mm]	Diametro minimo foro [mm]
< 25	10
25 – 50	12

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

50 – 100	16
100 – 150	20
> 150	25

Tabella 38 - Dimensione orientativa fori di drenaggio per profili aperti

Gli elementi tubolari devono essere muniti di adeguati fori, o intagli a V, di drenaggio per l'afflusso ed il deflusso dello zinco, posti il più possibile vicino possibile ai nodi di estremità degli elementi. L'area di tali forature non deve essere inferiore orientativamente al 25% della sezione del tubolare, e comunque il diametro non deve essere inferiore a 10 mm. Tutte le forature devono essere visibili ed ispezionabili. Le piastre di estremità devono essere forate. Il Progettista dovrà indicare la posizione e la dimensione delle forature nei disegni, in modo da non ridurre la resistenza degli elementi.

Le diaframature interne ai profili scatolati, se presenti, devono essere dotate di fori o di smussi ai quattro spigoli, per consentire il deflusso del bagno di zinco. L'estensione della superficie forata deve essere orientativamente calcolata come da Tabella 39.

Base + altezza della sezione trasversale [mm]	Area del foro [% area trasversale]
< 200	100%
200 – 400	40%
400 – 600	30%
> 600	25%

Tabella 39 - Dimensione orientativa forature elementi scatolati

L'esecuzione dei fori o intagli di sfiato e drenaggio deve avvenire previa approvazione da parte del Direttore dei Lavori. Se si ravvisasse da parte dello Zincatore la necessità di nuove forature prima di procedere alle operazioni di zincaggio, deve essere chiesta l'approvazione preventiva dell'Appaltatore e, per suo tramite, del Direttore dei Lavori.

Nel caso di superfici a contatto, la saldatura deve essere continua su tutto il perimetro delle aree a contatto, per evitare il ristagno all'interno dei liquidi di decappaggio e flussaggio usati durante il processo di zincatura. E' comunque consigliabile praticare un foro di sfiato di diametro non minore di 10 mm.

Per quanto qui non espressamente specificato, al fine di predisporre gli elementi strutturali in modo compatibile con le esigenze della zincatura, si dovranno seguire le indicazioni riportate nell'Appendice A della norma UNI EN ISO 14713 parte 2.

L'Appaltatore deve esaminare il progetto al fine di determinare se esso possiede i requisiti necessari per una corretta applicazione della protezione mediante zincatura. Se l'Appaltatore ritiene che debbano essere apportate delle modifiche ad alcuni dettagli costruttivi per raggiungere tale scopo, deve svilupparli e sottoporli all'approvazione del Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore deve curare che l'assemblaggio degli elementi da zincare avvenga senza apprezzabili forzature.

Se sono previste superfici/zone da non zincare in un elemento da sottoporre a zincatura, l'Appaltatore deve provvedere con idoneo mezzo a proteggere tali superfici/zone.

Le superfici degli elementi da zincare devono risultare perfettamente pulite, esenti da ossidi, grassi ed altri contaminanti. Essi non devono presentare macchie di vernici non idrosolubili o etichette autoadesive.

Il materiale zincato può essere sottoposto a trattamento di passivazione chimica in zincheria, se ritenuto necessario per incrementare la già notevole resistenza alla corrosione. Alcuni prodotti

passivanti possono anche migliorare l'aderenza di successive applicazioni di vernici sul materiale zincato. Se si richiede la passivazione occorre, come richiesto dalla norma ISO 1461, avvertire lo zincatore se si vuole successivamente applicare una vernice.

Lo spessore minimo del rivestimento di zinco deve essere conforme a quanto riportato in Tabella 40. L'Appaltatore, in base alle indicazioni fornite dal Committente circa le condizioni ambientali dell'opera, la sua durata prevista e la durata richiesta del periodo di tempo tra la costruzione e la prima manutenzione del trattamento protettivo, può fissare in accordo con la Zincheria spessori maggiori, con riferimento alle indicazioni della UNI EN ISO 14713-1. Di tali scelte dovrà essere data evidenza. Di norma sono da evitare spessori di zincatura maggiori di 250-300 μ , per evitare il rischio di distacco parziale del rivestimento in seguito ad urti accidentali. Una indicazione delle durate in anni in rapporto agli spessori della zincatura ed alle classi di corrosività la si trova in Tabella 41.

Spessore acciaio [mm]	Spessore rivestimento [μ m]
< 1,5	45
1,5 – 3	55
3 – 6	70
> 6	85

Tabella 40 - Spessori minimi di zinco

Componente	Norma	spessore min. [μ m]	Classe di corrosività e classe di durabilità (VL, L, M, H e VH) (*)					
			C3		C4		C5	
Profilati e lamiera zincati a caldo	UNI EN ISO 1461	85	40/>100	VH	20/40	VH	10/20	H
		140	67/>100	VH	33/67	VH	17/33	VH
		200	95/>100	VH	48/95	VH	24/48	VH
Nastri e lamiera di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo	UNI EN 10346	20	10/29	H	5/10	M	2/5	L
		42	20/60	VH	10/20	H	5/10	M
Profili tubolari zincati a caldo	UNI EN 10240	55	26/79	VH	13/26	H	7/13	H
(*) VL=molto bassa, L=bassa, M=media, H=alta, VH=molto alta								

Tabella 41 - Durata indicativa sino alla prima manutenzione della zincatura in funzione delle classi di corrosività (da UNI EN ISO 14713-1)

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

I pezzi zincati devono essere ispezionati per individuare eventuali difetti della zincatura che devono essere opportunamente eliminati. L'estensione massima delle zone che presentano difetti non può superare i limiti indicati dalla norma UNI EN ISO 1461. In particolare le aree non rivestite da zincatura non devono superare lo 0,5% della superficie dell'elemento, ed ogni area non rivestita da riparare non deve essere maggiore di 10 cm². Le riparazioni devono essere effettuate impiegando zincanti inorganici o con matrici organiche a pennello o spruzzo, spray a base di polvere di zinco o metallizzazione termica secondo UNI EN ISO 2063:2005. Lo spessore del rivestimento delle zone riparate deve essere di almeno 100μ. Se vengono superati i valori di difettosità stabilito dalla norma succitata, l'elemento deve essere sottoposto di nuovo al procedimento di zincatura.

Per lo stoccaggio degli elementi zincati in attesa di trasporto e/o montaggio devono essere prese le opportune precauzioni per evitare la formazione di "ruggine bianca". In particolare lo stoccaggio dovrà avvenire in luogo asciutto, inserendo distanziali tra gli strati di materiale per favorire la circolazione d'aria, ed evitando di ricoprire le cataste con teli di materiale plastico che potrebbero causare condensa di vapore acqueo.

Se si impiegano profilati prezincati da sottoporre a successive lavorazioni quali taglio, piegatura, serraggio, saldatura, etc., cura deve essere posta nel non danneggiare la zincatura. In caso di danneggiamento, il ripristino della zincatura va effettuato preferibilmente mediante metallizzazione termica o, in alternativa, mediante l'applicazione di idonee vernici che contengano almeno il 90% di zinco nel pigmento e realizzando rivestimenti di spessore non superiore a 100 micron.

Di norma si deve evitare la saldatura per elementi prezincati. Ove fosse necessario, si devono qualificare delle opportune procedure di saldatura per tale scopo. Al termine della saldatura, la zincatura dovrà essere ripristinata mediante vernici con almeno il 90% di zinco nel pigmento, riporto di zinco o metallizzazione a spruzzo.

I bulloni di classe 10.9 non devono essere zincati a caldo.

Per i bulloni di classe inferiore è ammessa la zincatura a caldo, preferibilmente seguita dalla centrifugazione, in accordo alla UNI EN ISO 10684:2005. I dadi devono essere filettati dopo la zincatura.

L'accettazione della zincatura di un manufatto prevede la valutazione dell'aspetto del prodotto rivestito e la valutazione dello spessore secondo UNI EN ISO 1461.

10. VERNICIATURA

10.1 GENERALITÀ

I trattamenti protettivi devono essere conformi alle prescrizioni della norma UNI UN ISO 12944 nelle sue varie parti.

Si sceglieranno di norma trattamenti con durabilità media, secondo UNI UN ISO 12944-1 (da 5 a 15 anni di durata teorica).

A titolo indicativo, per durabilità media e per le classi di corrosione sino alla C4, possono essere usati i cicli di pitturazione di cui al paragrafo "Preparazione dell'acciaio" relativi a:

- * superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C3 (urbano e industriale con modesto inquinamento) (ciclo 1);
- * superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C4 (industriale particolarmente aggressivo, marino) (ciclo 2);
- * superfici ferrose zincate a caldo (ciclo 3);

CONTRATTO E CAPITOLATI

* protezione al fuoco per strutture metalliche (ciclo 4).

Le relative preparazioni delle superfici sono descritte al paragrafo "Preparazione dell'acciaio".

La scelta dei cicli di cui al paragrafo "Preparazione delle superfici" riveste un carattere generale. Eventuali condizioni particolari richiedono una più specifica valutazione al fine della individuazione del ciclo più adatto all'opera in oggetto.

10.2 SCELTA DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

I dettagli costruttivi adottati devono essere tali da rendere più affidabile e durevole la applicazione del ciclo di pittura. A tal proposito si può fare riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 12944-3.

Si raccomanda di limitare il più possibile le irregolarità: sovrapposizioni, angoli, spigoli. Si raccomanda di effettuare saldature a tratti solo dove il rischio di corrosione è trascurabile, di progettare garantendo l'accesso facile all'elemento strutturale per l'applicazione, il controllo e la manutenzione della verniciatura. Si raccomanda di dimensionare le aperture nelle strutture scatolate in modo da consentire il passaggio sicuro dell'operatore con le sue attrezzature. Si raccomanda di evitare di impiegare elementi con superfici troppo ravvicinate entro le quali risulterebbe difficile applicare la pittura, attenendosi alle indicazioni di Figura 1.

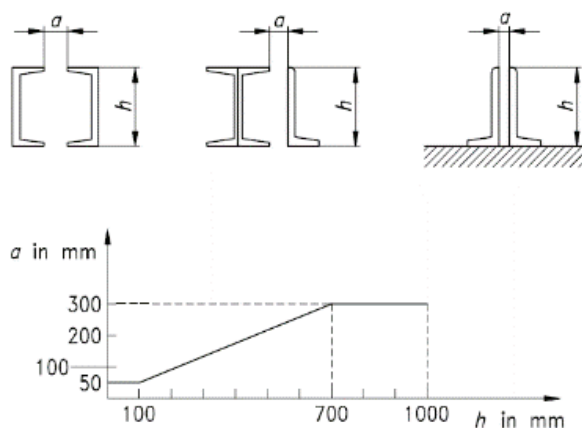


Figura 1 - Distanza minima fra le sezioni secondo UNI EN ISO 12944

Si devono evitare quelle configurazioni che consentono il ristagno dell'acqua o della polvere, che col tempo deteriorerebbero la superficie aumentando così il rischio di corrosione (Figura 2).

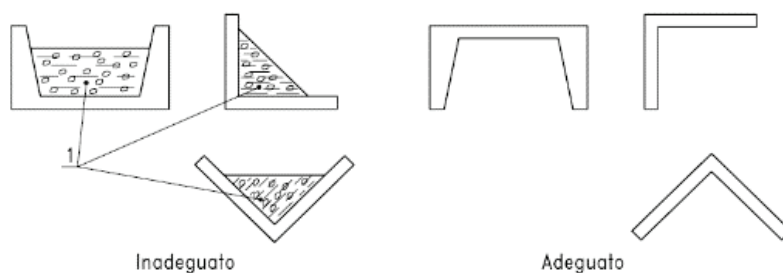


Figura 2 - Disposizioni per evitare il ristagno di polveri o acqua secondo UNI EN ISO 12944-3

Si raccomandano poi spigoli arrotondati, per poter applicare il rivestimento protettivo in modo uniforme, ed avere uno spessore adeguato sugli spigoli vivi che sono esposti a danneggiamenti e che, ove possibile, sarebbe opportuno smussare (Figura 3).

Le parti scatolate aperte devono essere dotate di fori di drenaggio, quelle chiuse devono essere sigillate con saldature in modo da renderle impermeabili.

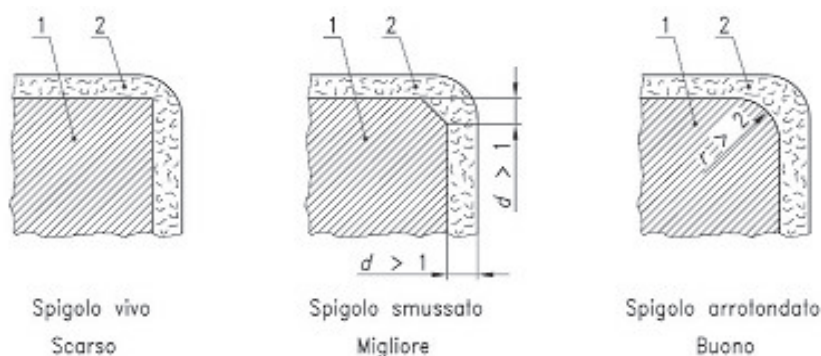


Figura 3

10.3 PREPARAZIONE DELL'ACCIAIO

La preparazione degli elementi in acciaio da verniciare, volta a rimuovere i difetti superficiali delle varie aree (saldature, fori, bordi, superfici, etc.) degli elementi strutturali, deve avvenire scegliendo l'opportuno preparation grade di cui alla norma UNI EN ISO 8501-3, in funzione della vita attesa per il ciclo di protezione e della categoria di corrosività, come prescritto in tabella 3.

Vita attesa per il ciclo di protezione	Categoria di corrosività	Preparation grade
> 15 anni	C1	P1
	da C2 a C3	P2
	superiore a C3	P2 (o P3 se richiesto)
da 5 a 15 anni	da C1 a C3	P1
	superiore a C3	P2
< 5 anni	da C1 a C4	P1
	C5 - Im	P2

Tabella 42 - Preparation grade (secondo UNI EN 1090-2)

10.3.1 Preparazione delle superfici

La preparazione delle superfici da verniciare, al fine di rimuovere ruggine ed ogni impurità e di raggiungere l'adequata rugosità, deve essere in accordo alla EN ISO 12944-4 e EN ISO 8501. Vanno eseguiti test durante le operazioni di sabbiatura per verificare il raggiungimento del grado di rugosità richiesto. Le misure della rugosità devono essere eseguite in accordo alla EN ISO 8503-1 e EN ISO 8503-2. La norma EN ISO 8501-1 fornisce degli esempi fotografici del grado di finitura delle superfici da raggiungere.

Prima della preparazione mediante spazzolatura o sabbiatura, la superficie degli elementi da trattare deve essere sgrassata e liberata dai residui di saldatura.

10.3.2 Spazzolatura

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nelle condizioni B, C, D della norma ISO 8501-1.

Le operazioni di pulizia devono essere eseguite con l'impiego di spazzole di fibra rigida adatta al supporto e/o di attrezzi ad impatto, e/o di mole meccaniche, azionati a motore. Al termine delle operazioni, l'aspetto delle superfici deve corrispondere al rispettivo grado St3 della norma ISO 8501-1.

10.3.3 Sabbiatura commerciale

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nelle condizioni iniziali B, C, D della norma ISO 8501-1. Al termine delle operazioni l'aspetto della superficie deve corrispondere, a seconda della condizione iniziale B, C, D al rispettivo grado Sa2 delle norme ISO 8501-1.

Il profilo di ancoraggio dovrà essere all'interno dei valori previsti dal tipo di primer impiegato e comunque di tipo medium, tra 30 e 45 mm, secondo ISO 8503.

10.3.4 Sabbiatura a metallo quasi bianco

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nella condizione iniziale A, B, C, D della norma ISO 8501-1. Al termine delle operazioni l'aspetto della superficie deve corrispondere, a seconda della condizione iniziale (A, B, C, D) al rispettivo grado Sa3 della norma ISO 8501-1.

Il profilo di ancoraggio dovrà essere all'interno dei valori previsti dal tipo di primer impiegato e comunque di tipo medium, tra 40 e 60 mm, secondo ISO 8503.

10.3.5 Spazzolatura meccanica

Tale preparazione deve essere eseguita in opera su strutture già pitturate che presentino grado di arrugginimento Ri 1÷4 della norma EN ISO 4628-3, danneggiamenti al film dovuti, per esempio, ad abrasioni, saldature, od altre cause imputabili alle operazioni di montaggio e/o piccole zone rimaste grezze. Le operazioni da eseguire consistono:

- * nell'accurata raschiatura, prevedendo eventuale picchiettatura, fino alla completa eliminazione di tutta la pittura danneggiata e/o in fase di distacco e la successiva spazzolatura al grado St3 della norma ISO 8501-1 per eliminare la ruggine;

- * nell'accurata raschiatura e spazzolatura al grado St3 della norma ISO 8501-1, delle superfici grezze; nello sgrassaggio e nell'accurata spolveratura e pulizia di tutta la superficie, con rimozione delle sostanze solubili in acqua, quali sali, salsedine, depositi incoerenti non aderenti, come polveri, fanghi, ecc.

10.4 CICLI DI PITTURAZIONE

I cicli di pitturazione devono essere sviluppati in accordo alla norma EN ISO 12944-5:

Lo spessore minimo di zincatura applicato con la metallizzazione dovrà essere superiore o uguale a 100μ (micron), in modo da garantire la specifica "C5-M" di cui alla norma UNI EN ISO 12944; successiva applicazione di differenti strati di verniciatura (intermedio e di finitura), che dovranno essere eseguiti previa applicazione di un sigillante dello spessore di almeno 30μ, e successiva applicazione di strato intermedio di spessore 100μ e di finitura di spessore 50μ, questi ultimi due di tipo poliuretanico del colore indicato dalla D.L.

Dovrà essere preventivamente eseguita una prova su un profilo di tipologia analoga a quelli da trattare, il cui esito è da sottoporre alla D.L. per la necessaria approvazione del ciclo lavorativo.

10.5 CONTROLLI ED ACCETTABILITÀ DEI CICLI DI PITTURAZIONE

La pitturazione deve essere eseguita in accordo alla norma EN ISO 12944-7.

Il grado di pulizia prescritto per le superfici da verniciare va controllato secondo EN ISO 8501, ed il grado di rugosità prescritto, secondo EN ISO 8503-2.

Il controllo dello spessore di ogni strato (film secco) va eseguito secondo ISO 19840.

Va eseguita una ispezione visiva per controllare che la verniciatura risponda alle caratteristiche prescritte, secondo la UNI EN ISO 12944-7. La eventuale individuazione di aree di riferimento per il controllo della verniciatura secondo la norma citata va fatto solo per le classi di corrosione da C3 a C5.

11. METALLIZZAZIONE – SPECIFICHE RELATIVE AL TSZ (THERMAL SPRAYED ZINC)

11.1 GENERALITÀ

Il processo di metallizzazione consiste nell'applicazione a spruzzo di un metallo fuso su una superficie sabbiata al grado Sa3. Negli interventi in questione si applicano riporti fusi di zinco.

11.2 PREPARAZIONE

Per gli acciai nuovi e dunque mai verniciati, tutte le imperfezioni superficiali quali spigoli vivi, schizzi di saldatura, piegatura e scorie di saldatura devono essere state rimosse dalle superfici. Tutti i bordi devono avere un raggio di curvatura non inferiore a 2.0 mm.

11.3 SABBIATURA

La sabbiatura è l'unico metodo di preparazione delle superfici per l'applicazione di strato di protezione zincante ad arco spray, infatti rimuove ruggine, incrostazioni e altri contaminanti superficiali e produce una superficie adeguatamente scabra proiettando un flusso altamente concentrato di particelle abrasive relativamente piccole ad alta velocità contro la superficie da pulire.

Per la sabbiatura dovrà essere usata esclusivamente aria compressa pulita e asciutta. A tal fine potranno essere usate idonee attrezzature e metodi quali separatori di umidità, separatori di olio, trappole o altro.

È necessario un elevato standard di preparazione della superficie per sviluppare il legame termomeccanico ottimale, richiesto per il rivestimento metallico spruzzato.

Le superfici in acciaio da spruzzare ad arco con zinco devono subire una sabbiatura abrasiva pulita almeno fino alla classe 2.5 per produrre un profilo angolare netto di almeno 50µm.

La profondità del profilo angolare dovrà essere misurata utilizzando un profilo di superficie o un nastro di replica (calco).

Spessori del rivestimento superiori a 300 µm possono richiedere un aumento della profondità del profilo angolare.

Il rivestimento metallico a spruzzo non potrà essere applicato se si è verificato uno scolorimento della superficie sabbiata o quando la temperatura del substrato è inferiore al punto di rugiada.

Eventuale ruggine visibile che si forma sulla superficie dell'acciaio dopo la sabbiatura deve essere rimossa risabbiando le aree arrugginite per soddisfare i requisiti delle specifiche prima della spruzzatura di metalli.

In ogni caso la metallizzazione non potrà avvenire oltre le 4 ore dall'avvenuta sabbiatura.

11.4 SPRUZZATURA

Il primo spray di metallo deve essere applicato entro 4 ore dall'ultima pulizia e prima che si verifichi qualsiasi scolorimento della superficie preparata.

L'angolo di spruzzatura dovrebbe essere il più vicino possibile all'angolo retto rispetto al supporto (perpendicolare al supporto), con un raggio di spruzzatura o un distacco compreso tra 100 e 200 mm.

Il rivestimento metallico spruzzato deve sovrapporsi su ciascuna passata. Due o più di questi strati devono essere spruzzati alternativamente in passaggi verticali e orizzontali per assicurare una copertura uniforme allo spessore minimo del rivestimento specificato (100µm).

11.5 SIGILLATURA

A causa del processo di spruzzatura termica, il rivestimento presenta in genere una porosità del 10% circa.

Lo scopo della sigillatura è di riempire questa porosità e ritardare l'ossidazione del rivestimento.

La sigillatura prolunga la durata del rivestimento oltre a fornire una finitura liscia e dare il colore se desiderato.

Prima dell'applicazione del sigillante il rivestimento dovrà essere privo di umidità e, in caso di più mani, tutti i solventi dovranno essere evaporati prima delle mani successive per evitare l'intrappolamento del solvente.

11.6 INDICAZIONI SPECIFICHE

Il rivestimento di zinco dovrà essere applicato fino a formare uno spessore locale minimo di 100µm, in conformità ai requisiti della norma ISO 2063.

Il processo è condotto in condizioni ambientali particolari:

- temperatura atmosferica minima 10°C;
- umidità relativa massima 85%;
- temperatura della superficie da trattare <50°C e >3°C del punto di rugiada;

durante il processo la superficie da trattare non deve essere contaminata.

La zincatura deve avvenire nel più breve tempo possibile, dopo la sabbiatura, per evitare che si vengano a creare fenomeni di ossidazione superficiale.

I pezzi sottoposti a zincatura che devono ricevere ulteriori rivestimenti protettivi vengono sottoposti a trattamento speciale di sigillatura per evitare ossidazioni e contaminazioni varie.

12. GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

La gestione dei materiali di risulta e dei rifiuti derivanti dalle lavorazioni e attività di cantiere è affidata all'Appaltatore, il quale, in qualità di produttore ai sensi dell'art. 183 c. 1 lett. f) del D. Lgs. n. 152/2006, è responsabile della gestione degli stessi ai sensi dell'art. 188 del D. Lgs. n. 152/2006. Al riguardo, l'Appaltatore è obbligato – tra l'altro – a verificare che i trasportatori e i destinatari dei propri rifiuti siano soggetti regolarmente autorizzati al trasporto, riutilizzo, smaltimento, commercio o intermediazione di rifiuti.

13. CONDIZIONI PARTICOLARI

In generale, allo stato attuale, e per tutta la durata dei lavori di manutenzione, anche per disposizione USTIF prot. N. 2785 del 05 giugno 2017, sulla travata n. 19 della linea ferroviaria Macomer/Bosa, progr. 1+793, è interrotta la circolazione ferroviaria, per cui i lavori possono essere eseguiti in totale autonomia, senza interferenze con attività aziendali ARST.

Al fine di consentire l'esecuzione dei lavori, prima della consegna dei lavori, ARST provvederà a rimuovere l'armamento ferroviario (rotaie, traverse), gli eventuali impianti interferenti (tubazioni idriche, etc.) e a predisporre tutte le misure necessarie affinché la sovrastruttura ferroviaria rimanga in sicurezza.

14. ALTRE INDICAZIONI

Oltre a quanto indicato in tutta la documentazione d'appalto è fatto obbligo all'Appaltatore di adempiere alle ulteriori seguenti indicazioni o prescrizioni:

- fatta salva la facoltà di organizzare il cantiere secondo le proprie migliori funzionalità, in ogni caso, l'esecuzione dei lavori dovrà avvenire nel rispetto delle condizioni esplicitate nella documentazione e delle disposizioni impartite dal personale ARST preposto alla sorveglianza;
- dovrà definire, oltre al nominativo del direttore tecnico del cantiere, anche a quelli dei responsabili delle singole unità che interverranno durante la mobilitazione;
- dovrà richiedere a propria cura e spese tutte le autorizzazioni e permessi agli enti proprietari necessari per la chiusura al traffico della viabilità sottostante il ponte, ed i trasporti dal cantiere allo stabilimento e viceversa, della travata in manutenzione, compresi gli allestimenti, segnaletica stradale e le eventuali recinzioni dei cantieri richieste dagli enti per l'esecuzione in sicurezza delle opere.

15. SOMMARIO

1.PREMESSA.....	2
2.OGGETTO DELLA GARA.....	2
3.NORME DI RIFERIMENTO.....	3
3.1NORMATIVA TECNICA.....	3
3.2CAPITOLATO GENERALE E CAPITOLATI SPECIALI D'APPALTO DI RIFERIMENTO.....	4
3.2.1CAPITOLATO GENERALE.....	4
3.2.2CAPITOLATI SPECIALI DI RIFERIMENTO.....	4
4.QUALITÀ DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI.....	4
4.1Materiali in genere.....	4
4.2Resine per appoggi e materiali inerti per malte.....	4
4.2.1Resine per appoggi.....	4
4.2.2Materiali inerti per calcestruzzi e malte.....	6
4.3Profilati e lamiera.....	6
4.4Bulloni non precaricati.....	8
4.5Bulloni precaricati.....	8
4.6Tirafondi.....	9
4.7Grigliati metallici e lamiera striate o bugnate.....	9
4.8Inghisaggio di armature e getti per rinforzi strutturali delle spalle.....	9
5.MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO.....	10
5.1Tolleranze di fabbricazione.....	10
5.2Montaggio.....	21
5.3Tolleranze di montaggio.....	23
5.4Trasporto.....	26
5.5Stoccaggio.....	26
6.LAVORAZIONI D'OFFICINA E IN OPERA.....	27
6.1Identificazione, documenti d'ispezione e tracciabilità dei prodotti.....	27
6.2Marcatura delle strutture.....	27
6.3Movimentazione e stoccaggio.....	27
6.4Taglio.....	28
6.5Formatura.....	28
6.6Forature.....	28
6.7Assemblaggio e premontaggi.....	29
7.SALDATURA.....	30
7.1Generalità.....	30
7.2Qualifica dei saldatori.....	31

CONTRATTO E CAPITOLATI

4.50 - Capitolato tecnico

7.3Preparazione dei lembi.....	31
7.4Materiali di consumo.....	32
7.5Controlli non distruttivi.....	32
7.6Criteri di accettabilità delle saldature.....	34
8.BULLONATURA.....	35
8.1Generalità.....	35
8.2Serraggio dei bulloni precaricati.....	35
8.3Serraggio dei bulloni non precaricati.....	37
8.4Controllo del serraggio dei bulloni precaricati.....	39
9.TRATTAMENTI PROTETTIVI.....	40
9.1Generalità.....	40
9.2Zincatura a caldo.....	42
10.VERNICIATURA.....	45
10.1Generalità.....	45
10.2Scelta dei dettagli costruttivi.....	46
10.3Preparazione dell'acciaio.....	47
10.3.1Preparazione delle superfici.....	47
10.3.2Spazzolatura.....	47
10.3.3Sabbiatura commerciale.....	48
10.3.4Sabbiatura a metallo quasi bianco.....	48
10.3.5Spazzolatura meccanica.....	48
10.4Cicli di pittura.....	48
10.5Controlli ed accettabilità dei cicli di pittura.....	49
11.METALLIZZAZIONE – SPECIFICHE RELATIVE AL TSZ (THERMAL SPRAYED ZINC).....	49
11.1Generalità.....	49
11.2Preparazione.....	49
11.3Sabbiatura.....	49
11.4Spruzzatura.....	50
11.5Sigillatura.....	50
11.6Indicazioni specifiche.....	50
12.GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA.....	51
13.CONDIZIONI PARTICOLARI.....	51
14.ALTRE INDICAZIONI.....	51
15.SOMMARIO.....	52