



PATTO PER LO SVILUPPO PER LA CITTÀ DI VENEZIA
Delibera CIPE 56/2016 (17A02404) G.U.n.79 del 4.4.2017 Fondo per lo Sviluppo e la Coesione FSC 2014-2020



REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO
DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA
UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

Il Direttore
Ing. Marco d'Elia

CITTA' DI
VENEZIA

DIREZIONE LAVORI PUBBLICI

SETTORE VIABILITA'
MOBILITA' TERRAFERMA E MUSEI

Responsabile unico del procedimento
Ing. Franco Fiorin



SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE **S. F. M. R.** (Atto del 06/12/2016)

C.I. 14451 "4.15 RAFFORZAMENTO AZIONE P.A.: SFMR APPALTO D3 - TRATTA 1
VENEZIA, MESTRE, QUARTO D'ALTINO - NODO DI GAZZERA"

Int.1.09 - Raccordo viario Brendole/Castellana
Ambito urbano Int.1.08 - Fermata Gazzera

PROGETTO ESECUTIVO

LOTTO 1 ELABORATI GENERALI ELABORATI TECNICO ECONOMICI				N° ELABORATO 01.10.08.00		
Capitolato speciale d'appalto - Norme tecniche Manufatti in acciaio				SCALA -		
				NOME FILE 0681E01-01100800-DCT007_E00		
E00	Emissione	14/06/2018	C. Giomo	R. Zanon	L. Loregiola	
Revisione	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	
COMMESSA 0681E01		DOCUMENTO D CT 007	REV. E00	TAVOLA 1 di 1		
Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani		Il Progettista e Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Michele Fioratti				
 Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)						



INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	VOCI DI ELENCO PREZZI.....	4
1.2	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	4
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CLS	19
2.1	GENERALITÀ.....	19
2.2	REQUISITI DERIVANTI DA ALTRE NORME	21
2.3	OBBLIGHI DELL'APPALTATORE.....	22
2.4	QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE.....	24
2.4.1	Strutture principali	24
2.4.2	Prove sui materiali	25
2.4.3	Strutture secondarie.....	26
2.4.4	Chiodi	26
2.4.5	Bulloni	26
2.4.6	Connettori a piolo.....	28
2.5	ESECUZIONE DELLE OPERE	29
2.5.1	Definizione delle classi di esecuzione	29
2.5.2	Specifiche della classe di esecuzione	30
2.5.3	Installazione e logistica di cantiere	36
2.6	SALDATURE	36
2.6.1	Progetto	40
2.6.2	Controlli.....	41
2.6.3	Correzioni.....	45
2.7	BULLONATURE	46
2.7.1	Generalità	46
2.7.2	Giunzioni con bulloni a taglio	47
2.7.3	Giunzioni con bulloni ad attrito.....	47
2.7.4	Tolleranze	51
2.7.5	Protezione dei bulloni.....	51
2.7.6	Presentazione ed imballaggio.....	51
2.7.7	Collaudo bulloni	52
2.8	GIUNZIONI CHIODATE	53
2.9	LAVORAZIONI.....	53



2.10	DETTAGLI COSTRUTTIVI	55
2.11	TOLLERANZE	56
2.11.1	Tolleranze su profilati e lamiera	56
2.11.2	Tolleranze dimensionali	57
2.11.3	Tolleranze per elementi assemblati in ambito ferroviario	57
2.12	MONTAGGIO	57
2.13	MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	59
2.13.1	Generalità	59
2.13.2	Preparazione del letto di posa	60
2.13.3	Montaggio dei manufatti	61
3	ACCIAIO AD ELEVATA RESISTENZA.....	65
4	SISTEMI PROTETTIVI.....	66
4.1	ZINCATURA A CALDO	66
4.1.1	Definizione	66
4.1.2	Normativa di riferimento.....	66
4.1.3	Generalità	66
4.1.4	Specifiche del bagno di zincatura	67
4.1.5	Metodi per il controllo dello spessore	68
4.1.6	Campionamento.....	69
4.1.7	Criteri di accettazione	72
4.1.8	Riparazione.....	72
4.2	VERNICIATURA.....	73
4.2.1	Generalità	73
4.2.2	Normativa di riferimento.....	75
4.2.3	Classificazione degli ambienti.....	75
4.2.4	Preparazione della superficie	77
4.2.5	TIPI DI PITTURE	84
4.2.6	TIPI DI PRIMER.....	88
4.2.7	SISTEMI DI VERNICIATURE	88
4.2.8	CICLO DI PROTEZIONE STRUTTURE METALLICHE TIPO A	105
4.2.9	CICLO DI PROTEZIONE STRUTTURE METALLICHE TIPO B	106
4.3	PRESCRIZIONI FS PER LA VERNICIATURA.....	107
5	CONTROLLI DI QUALITA'.....	108
6	LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI CONTROLLO DELLA QUALITA'	109

LOTTO 1 - Int. 1.09 - Raccordo viario Brendole/Castellana
Ambito urbano Int. 1.08 - Fermata Gazzera

ELABORATI TECNICO ECONOMICI—Capitolato speciale d'appalto-Norme tecniche
Manufatti in acciaio





1 GENERALITÀ

1.1 VOCI DI ELENCO PREZZI

Le voci di riferimento dell'Elenco prezzi sono le seguenti:

(...inserire...)

1.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'APPALTATORE dovrà presentare alla Direzione Lavori del Committente i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei bulloni , nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature per i giunti testa a testa, per i giunti a croce od a T , a completa penetrazione;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, i procedimenti di saldatura e la qualità degli elettrodi, con l'approvazione dell'organismo di controllo certificato (ad esempio dall'Istituto superiore della saldatura);
- le controfrecce di officina da assegnare alle travi;
- gli schemi di montaggio.

Sarà cura dell'APPALTATORE procedere, in fase di progetto costruttivo, allo studio del piano di sollevamento/varo delle strutture costituenti ponti e viadotti. Il calcolo delle strutture dovrà tener conto anche delle sollecitazioni transitorie



gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio.

Lo studio di sollevamento/varo, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'APPALTATORE, dovrà essere preventivamente trasmesso alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE per la sua approvazione.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE.

Nella esecuzione dei lavori l'APPALTATORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che alla effettuazione di controlli ed ispezioni

Sarà cura dell'APPALTATORE eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti dalle Specifiche di Controllo Qualità così come quelli aggiuntivi che la DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standards qualitativi prefissati.

Per consentire la effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'APPALTATORE dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle Specifiche di Controllo Qualità. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire. Le prove da eseguire ai sensi della legge 5 novembre 1971 N° 1086 e successivi aggiornamenti dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura dell'APPALTATORE provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE, per



l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, ove richiesto dalle Specifiche di Controllo Qualità, l'APPALTATORE dovrà sempre dare la prescritta informazione alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'APPALTATORE non ottemperasse a quanto sopra, la DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE.

Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla installazione della strumentazione, alla rilevazione ed alla elaborazione dei dati concernenti il monitoraggio delle opere così come previsto dal progetto.

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Legge 1086 del 5 Novembre 1971, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Circ. Min. LL. PP., 14/02/1974, n. 11951, “Applicazione della legge n. 1086/71”
- D.M. 17-1-2018 – Norme tecniche per le costruzioni



- UNI EN 1090-1: 2012: Esecuzione di strutture d'acciaio e di alluminio.
Parte 1: requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali.
- UNI EN 1090-2: 2011: Esecuzione di strutture d'acciaio e di alluminio.
Parte 2: requisiti tecnici per strutture di acciaio

Ad integrazione delle precedenti norme, qualora con esse non in contrasto è possibile fare riferimento anche a:

- D.M. 14-1-2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 02/02/2009 n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.



Laddove non in contrasto con le norme appena citate e qualora si operi in ambito ferroviario si dovranno osservare anche le seguenti specifiche:

- Manuale di progettazione RFI – RFI DTC SI MA IFS 001B
- Istruzione n° I/SC/PS-OM/2298 del 2 giugno 1995 completa delle relative integrazioni - Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo



Per quanto non espressamente contenuto nelle norme cogenti nazionali si farà riferimento alle norme europee consolidate individuate dal codice EN ed in particolare agli Eurocodici strutturali EC, avendo l'accortezza di utilizzare al contempo i documenti di applicazione nazionale NAD se disponibili, o comunque coefficienti di sicurezza opportuni, tali da raggiungere chiaramente almeno il livello di sicurezza introdotto e previsto dalle citate norme cogenti.

In particolare, per quanto attiene l'oggetto della presente parte di capitolato, si farà riferimento a:

- UNI EN 1990 Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1993: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994: Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo –

Qualora si rendesse la necessità di fare riferimento a normative di comprovata validità per le strutture metalliche e composte acciaio-clt si potrà fare riferimento a:

- CNR 10011/97 - Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- CNR 10016/98 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- CNR 10030/87 - Anime irrigidite di travi a prete piena.
- CNR 10029/87 – Costruzioni di acciaio ad elevata resistenza. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR 10027/87 – Strutture di acciaio per opere provvisorie. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.



- EOTA TR029 – Design of Bonded Anchors

Si riportano di seguito nelle specifico le normative a cui fare riferimento per diversi componenti strutturali



Saldature

- UNI EN 287-1: Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
- UNI EN 1011-1: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco
- UNI EN 1011-2: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 2: Saldatura ad arco di acciai ferritici
- UNI EN 1011-3: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 3: Saldatura ad arco degli acciai inossidabili
- UNI EN 1418: Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
- UNI EN 3834: Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici
- UNI EN ISO 3834-2: Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi
- UNI EN 12062: Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici
- UNI EN ISO 5817: Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni
- UNI EN ISO 17636: Prove non distruttive delle saldature - Controllo radiografico - Parte 1: Tecniche a raggi -X e gamma mediante pellicola



- UNI EN ISO 17637: Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo di giunti saldati per fusione
- UNI EN ISO 17638: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche
- UNI EN ISO 17640: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche di controllo, livelli di prova e di valutazione
- UNI EN 1713: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature
- UNI EN ISO 3452-1: Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Parte 1: Principi generali
- UNI EN ISO 15614-1: Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel
- UNI EN ISO 4063: Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli – Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni

Ulteriori linee guida per la realizzazione di saldature e di strutture saldate, da tenere in considerazione per aspetti progettuali e costruttivi eventualmente non coperti dalle precedenti norme relative devono esser prese da enti certificati di comprovata affidabilità come l'Istituto Italiano della Saldatura (IIS) e l'International Institute of Welding (IIW).

Acciaio

- UNI EN 10025-1: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura



- UNI EN 10025-2: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
- UNI EN 10025-3: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato
- UNI EN 10025-4: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica
- UNI EN 10025-5: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica
- UNI EN 10025-6: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati
- UNI EN 10029: Lamiere di acciaio laminate a caldo, di spessore \geq o $>$ di 3 mm. Tolleranze dimensionali, di forma e sulla massa.
- UNI EN 10160 Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione).
- UNI EN 10163 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo

Profili

- UNI 5397: Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Travi HE ad ali larghe parallele. Dimensioni e tolleranze.



- UNI 5398: Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Travi IPE ad ali strette parallele. Dimensioni e tolleranze.
- UNI EN 10034: Travi ad I e ad H di acciaio per impieghi strutturali. Tolleranze dimensionali e di forma.
- UNI EN 10056: Angolari ad ali uguali e disuguali di acciaio per impieghi strutturali
- UNI EN 10083-2: Acciai da bonifica - Condizioni tecniche di fornitura degli acciai non legati di qualità
- UNI EN 10088-1: Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili
- UNI EN 10210: Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali
- UNI EN 10219-1: Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10263: Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo
- UNI EN 10264-3: Fili e prodotti trafilati di acciaio - Filo di acciaio per funi - Fili tondi e sagomati di acciaio non legato per applicazioni speciali
- UNI EN 10279: Profilati a U di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulla forma, sulle dimensioni e sulla massa

Bulloni

- UNI EN 14399-1: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali
- UNI EN 14399-2: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 2: Prova di idoneità all'impiego



- UNI EN 14399-3: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 3: Sistema HR - Assieme vite e dado esagonali
- UNI EN 14399-4: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV - Assieme vite e dado esagonali
- UNI EN 14399-5: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 5: Rondelle piane
- UNI EN 14399-6: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate
- UNI EN 14399-7: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 7: Sistema HR - Assieme vite con testa svasata piana e dado
- UNI EN 14399-8: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 8: Sistema HV - Assieme vite a testa esagonale con gambo calibrato e dado
- UNI EN 14399-9: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 9: Sistema HR o HV - Rondelle con indicazione di carico per assiemi vite e dado
- UNI EN 14399-10: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato
- UNI EN 20898-2: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso.
- UNI EN ISO 898-1: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine.



- UNI EN ISO 898-2: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine
- EN 15048 Bulloneria strutturale non a serraggio controllato
- UNI EN ISO 7090 Rondelle piane, smussate - Serie normale - Categoria A
- UNI EN ISO 4759-1 Tolleranze per elementi di collegamento - Viti, viti prigioniere e dadi - Categorie A, B e C

Verniciatura

- UNI EN ISO 1461: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 12944: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Introduzione generale
- UNI EN ISO 14713: Protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi – Rivestimenti di zinco e di alluminio - Linee guida.
- UNI EN ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie;
- UNI EN ISO 8503 Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediante sabbiatura;
- UNI EN ISO 2808 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;



- UNI EN ISO 9117-3 Pitture e vernici - Prove di essiccamento - Parte 3: Prova di essiccamento superficiale mediante il metodo delle perline di vetro;
- UNI EN ISO 6504-1 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 1: Metodo di Kubelka-Munk per pitture bianche e chiare;
- UNI EN ISO 6504-3 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 3: Determinazione del rapporto di contrasto di pitture di colore chiaro a una resa fissata;
- UNI EN ISO 3251 Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili;
- UNI EN ISO 2811-1 Pitture e vernici – Determinazione della densità – Parte 1: Metodo col picnometro;
- UNI EN ISO 4624 Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione;
- UNI EN ISO 2409 Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI EN ISO 12944 - Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura;
- UNI EN ISO 9227 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN ISO 15528 Pitture, vernici e materie prime per pitture e vernici - Campionamento
- UNI EN ISO 1513 Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova;
- UNI EN ISO 1514 Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove;



- EN ISO 1514 Paints and varnishes - Standard panels for testing (ISO 1514:2016);
- UNI EN ISO 4628 Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti;
- UNI EN ISO 16474-3 Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI EN ISO 3231 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 6272 - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto).

Tutte le precedenti norme citate nel presente capitolo sono da considerare, se non diversamente specificato, nella loro ultima versione e complete di ogni loro parte, annesso ed integrazione ufficiale. Nel caso in cui una normativa ne richiami un'altra superata e sostituita, si dovrà sempre fare riferimento alla nuova norma sostitutiva, anche nel caso in cui i contenuti siano stati ridotti.

Ulteriori norme relative alla progettazione e realizzazione delle strutture in acciaio possono essere riportate nei successivi paragrafi dedicati ai vari componenti delle membrature e strutture metalliche.



2 OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CLS

Oggetto della presente sezione sono le opere metalliche e le parti metalliche di membrature miste acciaio-calcestruzzo da utilizzare per la realizzazione di qualsiasi tipologia di struttura o infrastruttura (compresi ponti e di viadotti, stradali e ferroviari, cavalcavia e ponti pedonali).

2.1 GENERALITÀ

I materiali impiegati nella costruzione di strutture d'acciaio o di strutture composte dovranno essere conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (Laminati), UNI EN 10210 (tubi senza saldatura), UNI EN 10219-1 (tubi saldati), e recare la marcatura CE secondo quanto indicato dalle norme citate ed in particolare nel cap. 11 del D.M. 17-1-2018.

Gli acciai ad uso generale laminati a caldo in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profili cavi (anche tubi saldati provenienti da nastri laminati a caldo) devono appartenere ai gradi da S235 ad S460 inclusi e le loro caratteristiche devono essere conformi ai requisiti di cui al § 11.3.4 del D.M. 17-1-2018. Gli acciai laminati ad uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono: Prodotti lunghi, prodotti piani, prodotti cavi e prodotti derivati (§ 11.3.4.2).

Le norme di riferimento per le caratteristiche dei prodotti sono indicate nelle tabelle riportate per comodità di consultazione:

20-2-2018

Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 42

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tab. 4.2.I - Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 90 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 460	460	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/Q1/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 90 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NLH	460	550		

Per la qualificazione dei materiali, vale quanto previsto al § 11.1 del DM 17-01-2018. In particolare per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.



Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che i prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione. Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure previste al § 11.1 del DM 17-01-18.

2.2 REQUISITI DERIVANTI DA ALTRE NORME

Per strutture destinate ai ponti ferroviari, laddove non in contrasto con il DM 17/01/2018, si fa riferimento al capitolo 2.3. delle Istruzioni "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo", emessa nel giugno 1996 dalla vice Direzione Progetti - Divisione Specialistica Civile ed Armamento - Ponti e Strutture, Opere Metalliche dell'Area Ingegneria e Costruzioni delle FS e al successivo testo con le integrazioni emesso il 13/01/1997 dall'ASA Servizi di Ingegneria delle FS.

Per strutture destinate ai cavalcavia sovrappassanti la sede ferroviaria, laddove non in contrasto con il DM 17/01/2018, si fa riferimento alla Istruzione 44a "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria", emessa nel gennaio 1992 dall'ASA Servizi di Ingegneria delle FS, al manuale di progettazione ponti emesso da RFI nel luglio 2002 e al D.L. 4 Maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".



2.3 OBBLIGHI DELL'APPALTATORE

Per la costruzione delle strutture metalliche, l'APPALTATORE si dovrà avvalere di idonee ditte iscritte all'Albo Nazionale dei Costruttori alla Categoria S18 - Carpenteria Metallica: il nominativo del Costruttore dovrà essere comunicato, per il preventivo accertamento delle capacità, alla Direzione Lavori del Committente.

L'APPALTATORE dovrà, nel più breve tempo possibile, presentare alla Direzione Lavori del Committente, le distinte di tutti i materiali, comprese le vernici, occorrenti per la costruzione delle travate, corredati delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori a cui sono stati commissionati detti materiali.

Per quanto riguarda il computo metrico e le distinte si precisa, inoltre, che ciascuna voce dovrà riportare l'indicazione della qualità del materiale destinato alla formazione delle varie strutture costituenti la travata, le dimensioni, il numero dei pezzi, il peso, il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni d'officina che dovranno essere allegati in duplice copia a corredo del computo metrico e delle distinte medesime.

Le richieste di collaudo dei materiali grezzi approntati dovranno essere indirizzate, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, alla Direzione Lavori del Committente.

Per i materiali già approvvigionati nella propria officina, l'APPALTATORE dovrà far pervenire al predetto indirizzo, la relativa richiesta di collaudo.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonera l'APPALTATORE dalle conseguenze derivanti e che i collaudi dei materiali ordinati all'estero verranno effettuati solo in Italia, presso l'officina dell'APPALTATORE.

Resta infine tassativamente inteso che le eventuali sostituzioni o varianti, sia nei



profili, sia nelle strutture, che l'APPALTATORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere esclusivamente e preventivamente richieste, indicandone i motivi, alla Direzione Lavori del Committente che, a suo insindacabile giudizio le potrà autorizzare o meno.

Nel caso in cui all'APPALTATORE non sia possibile l'approvvigionamento dei larghi-piatti di laminazione, è consentito che gli stessi vengano ricavati da lamiere mediante taglio alla fiamma ossiacetilenica con speciale dispositivo meccanico (è vietato l'uso della cesoia), senza però che possano essere pretesi compensi a parte, nel qual caso i vari pezzi dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità; le tolleranze sul pezzo finito dovranno essere le stesse stabilite per i larghi piatti di laminazione.

I larghi piatti, le piastre, ecc., dovranno essere ricavati da lamiere preventivamente collaudate e punzonate.

I controlli da parte del direttore dei lavori sono obbligatori per l'accettazione delle forniture di cui sopra e sono da esplicitarsi secondo quanto riportato al punto 11.3.4.11.3 del D.M. 17/1/2018 citato in apertura.

Per quanto concerne le distinte di ordinazioni di cui al precedente punto 2.A.2, si precisa che, qualora non sia possibile l'approvvigionamento dei larghi-piatti di laminazione, l'APPALTATORE è tenuto a presentare, una distinta relativa alle lamiere, nella quale vengano segnalati il numero, le dimensioni, la quantità e le marche di officina dei pezzi che verranno ricavati da ognuna di esse. Dovranno essere presentati altresì gli schemi di taglio con l'indicazione grafica, in opportuna scala, delle strisce e delle piastre che verranno ricavate dalle lamiere, il numero, le dimensioni dei pezzi e le relative marche di officina. Detti schemi di taglio dovranno essere presentati anche per quanto riguarda i profili laminati ordinati in barre di lunghezza commerciale.

2.4 QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

2.4.1 Strutture principali

Per la realizzazione delle strutture principali quali colonne, travi portanti, longherine, traversi, controventi, coprigiunti, piastre e squadrette di nodo, l'acciaio dovrà rispettare le disposizioni di progetto in particolare per quanto riguarda le richieste di resilienza.

La scelta del grado di resilienza, in assenza di altra indicazione, sarà operata secondo le indicazioni della seguente tabella:

Temperatura a cui eseguire le prove di resilienza Charpy V (Valore minimo richiesto sulla media di tre provette standard: 27 J)		
Spessore dell'acciaio (mm)	Elementi importanti sollecitati prevalentemente a trazione o a fatica (anche se compressi)	Elementi importanti sollecitati a compressione statica o elementi secondari
$s \leq 25$	$T=T_m$	$T=T_m + 20$
$25 < s \leq 40$	$T=T_m - 10$	$T=T_m + 10$
$40 < s \leq 50$	$T=T_m - 20^{(1)}$	$T=T_m$
$s > 50$	$T=T_m - 20$	$T=T_m$

T = Temperatura a cui eseguire la prova Charpy V (°C)

T_m = Temperatura minima di servizio (°C) da stabilire in base ad accordi

⁽¹⁾ = Prova CTOD con $d_{min} > 0,2$ mm

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dovranno essere in accordo a quanto previsto dalla UNI EN 10025 parti 2, 3 e 4.



È ammesso in generale l'impiego di materiale autoprotetto nei confronti della corrosione atmosferica in accordo con la norma EN 10025 parte 5.

2.4.2 Prove sui materiali

Tutti i materiali impiegati dovranno risultare recanti la Marcatura CE; qualora ciò non fosse possibile si dovranno adottare le prescrizioni in merito previste dal D.M. 14/1/2008 al punto B del paragrafo 11.1.

Sui materiali si dovranno eseguire tutte le prove sia obbligatorie che facoltative individuate dalle tabelle UNI EN 10025 corrispondenti, dandone adeguata certificazione.

Al riguardo resta stabilito quanto segue:

- per i profilati, piatti, larghi piatti e lamiere si dovranno eseguire prove meccaniche e chimiche su tre campioni prelevati per ogni 400 KN, o frazione, di materiale ricavato da una stessa colata e aventi spessori che non differiscano fra loro più di 4 mm. (per i ferri a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali);
- per i piatti, larghi piatti e lamiere destinati alla composizione dei profili saldati, dovranno essere eseguite, oltre alle prove relative al controllo delle caratteristiche meccaniche previste ai sensi della UNI EN 10025, anche le prove, da concordarsi con il fornitore all'atto dell'ordinazione dei materiali da parte dell'APPALTATORE, relative ai limiti aggiuntivi indicati al paragrafo “Materiali Soggetti a Trattamento Superficiale Protettivo”;
- su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali;
- il collaudo dei materiali potrà essere effettuato, alla presenza di un rappresentante della Direzione Lavori del Committente, oltre che presso i fornitori, anche presso l'officina dell'APPALTATORE. Le prove potranno



essere effettuate presso un laboratorio ufficiale o comunque tecnologico in possesso dei certificati di taratura delle macchine rilasciati da organismo ufficiale riconosciuto dallo Stato e dovranno essere eseguite in presenza di un rappresentante della Direzione Lavori del Committente.

2.4.3 Strutture secondarie

Per le strutture secondarie quali parapetti, ferri di sostegno del tavolato e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso, salvo altra specifica indicazione di progetto, l'impiego di materiale S235JR UNI EN 10025.

2.4.4 Chiodi

I chiodi ribaditi a caldo dovranno essere del tipo a testa tonda stretta e si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI EN 10263.

Sui chiodi finiti dovrà essere effettuato il controllo dimensionale e si verificherà, mediante 3 prove supplementari su provini da essi ricavati, che dopo l'operazione di stampaggio non siano avvenute sul materiale trasformazioni tali da alterare le caratteristiche meccaniche accertate sul tondo originario.

2.4.5 Bulloni

I bulloni saranno unicamente del tipo “ad alta resistenza”, ovvero idoneo alla formazione di giunzioni per attrito, ai sensi della norma UNI EN 14399: 2005. La composizione di dadi, viti, rosette e piastrine seguirà la stessa norma.

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare per giunti con bulloni a taglio si adotteranno di regola viti di classe 8.8, mentre per giunti ad attrito si utilizzeranno viti di classe 10.9.

In entrambe le tipologie rondelle e piastrine saranno in acciaio C50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 3240.

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche dei materiali indicati si rimanda ai prospetti II e III della UNI EN 20898 parte 1a, con eccezione per la



prova di resilienza che deve essere condotta a - 20°C anziché a temperatura ambiente.

Le prove, da eseguirsi ai sensi della UNI EN 20898 parte 1a, saranno almeno le seguenti:

VITI

- Prova di trazione su provetta
- Prova di trazione su appoggio a cuneo
- Prova di durezza
- Prova di tenacità della testa solo per viti con $d < 16$ mm e lunghezza insufficiente per la prova di trazione con appoggio a cuneo.
- Prova di resilienza
- Controllo di decarburazione
- Prova di rinvenimento
- Controllo dimensionale ed esterno
- Analisi chimica

DADI

- Prova di durezza
- Prova di allargamento
- Esame difetti superficiali
- Analisi chimica

Viti e Dadi dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del produttore (marchio)
- Classe di resistenza

Il contrassegno sarà eseguito per le viti in rilievo sulla testa all'atto della ricalcatura, per i dadi sulle facce laterali in profondità.

2.4.6 Connettori a piolo

L'acciaio dovrà essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per la saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

Rapporto $f_u/f_y \geq 1,2$

Allungamento $f \geq 12\%$

Strizione $Z \geq 50\%$

Qualora si utilizzino processi di saldatura speciali senza metallo di apporto, il materiale dovrà rispettare queste limitazioni:

$C \leq 0,18\%$, $Mn \leq 0,9\%$, $S \leq 0,04\%$, $P \leq 0,05\%$

Tutti i pioli saranno sottoposti ad esame visivo per accertare che il collarino metallico esistente alla base dopo la saldatura non presenti discontinuità. Nel caso si rilevassero discontinuità, il collarino va ripristinato con elettrodi rivestiti.

Su almeno il 5% dei pioli verrà eseguita una prova di piega in laboratorio, consistente nel piegamento a 30° a colpi di mazza, controllando che non avvenga alcuna incrinatura nella giunzione saldata. In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli presenti, tutti i pioli della stessa membratura saranno provati alla mazza. Ad ogni modo i pioli forniti dovranno essere presentati con adeguata certificazione della ditta fornitrice.

Non è ammessa presenza di cricche nella saldatura dei pioli.

Qualora i connettori a taglio vengano utilizzati in travi a T con una soletta di calcestruzzo di spessore costante il Direttore dei Lavori potrà richiedere lo svolgimento di prove di scorrimento standard secondo l'Annex B dell'UNI EN

1994-1-1. Negli altri casi il Direttore dei Lavori potrà richiedere prove di scorrimento specifiche.

2.5 ESECUZIONE DELLE OPERE

Il riferimento è dato dalla norma UNI EN 1090-2: 2011: Esecuzione di strutture d'acciaio e di alluminio. Parte 2: requisiti tecnici per strutture di acciaio.

2.5.1 Definizione delle classi di esecuzione

L'esecuzione dell'opera, in tutti i suoi aspetti contemplati dalla norma, dovrà essere condotta con riferimento alla classe di esecuzione individuata dal progetto (EXC1, EXC2, EXC3, EXC4), secondo le indicazioni fornite a partire da UNI EN 1090-2: 2011 Annex B.

Nota: la scelta della classe è operata in accordo fra committenza e progettista, con le interazioni di normativa vigente nazionale qualora disponibili allo stato del presente progetto, pertanto qualora queste ultime risultassero prevalenti o più restrittive le indicazioni qui contenute devono essere intese come riferimenti di norma presso cui procedere alle ulteriori determinazioni prestazionali.

A titolo indicativo: la classe di affidabilità deve essere determinata in conformità alle indicazioni contenute in EN 1990:2002 Annex B § B.3.1, tabella seguente.

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

Sempre a titolo informativo la categoria di rischio connessa all'uso della struttura sarà determinata in base alla seguente tabella in UNI EN 1090-2: 2011 § B.2.2.2.



Categories	Criteria
SC1	<ul style="list-style-type: none"> Structures and components designed for quasi static actions only (Example: Buildings) Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with low seismic activity and in DCL* Structures and components designed for fatigue actions from cranes (class S₀)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> Structures and components designed for fatigue actions according to EN 1993. (Examples: Road and railway bridges, cranes (class S₁ to S₉)**, structures susceptible to vibrations induced by wind, crowd or rotating machinery) Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with medium or high seismic activity and in DCM* and DCH*
* DCL, DCM, DCH: ductility classes according to EN 1998-1	
** For classification of fatigue actions from cranes, see EN 1991-3 and EN 13001-1	

Inoltre la categoria di rischio connessa con l'esecuzione della struttura stessa, tabella in UNI EN 1090-2: 2011 § B.2.2.3.

Categories	Criteria
PC1	<ul style="list-style-type: none"> Non welded components manufactured from any steel grade products Welded components manufactured from steel grade products below S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> Welded components manufactured from steel grade products from S355 and above Components essential for structural integrity that are assembled by welding on construction site Components with hot forming manufacturing or receiving thermic treatment during manufacturing Components of CHS lattice girders requiring end profile cuts

Nota importante: in assenza di precisa indicazione progettuale, si assumerà la classe EXC2.

2.5.2 Specifiche della classe di esecuzione

Nota importante: la norma UNI EN 1090-2: 2011 fornisce prescrizioni in generale riguardanti l'esecuzione delle opere in acciaio. Più specificatamente l'appartenenza ad una classe di esecuzione comporta l'osservanza di alcune di queste secondo le indicazioni contenute in UNI EN 1090-2: 2011 tabella A.3.



Clauses	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 – Specifications and documentation				
4.2 Constructor's documentation				
4.2.1 Quality documentation	Nr (No requirement)	Yes	Yes	Yes
5 – Constituent products				
<i>5.2 Identification, inspection documents and traceability</i>				
Inspection documents	See Table 1	See Table 1	See Table 1	See Table 1
Traceability	Nr (No requirement)	Yes (partial)	Yes (full)	Yes (full)
Marking	Nr	Yes	Yes	Yes
<i>5.3 Structural steels products</i>				
5.3.2 Thickness tolerances	Class A	Class A	Class A	Class B
5.3.3 Surface conditions	Flat - Class A2 Long – Class C1	Flat - Class A2 Long – Class C1	More stringent conditions if specified	More stringent conditions if specified
5.3.4 Special properties	Nr	Nr	Internal discontinuity quality class S1 for welded cruciform joints	Internal discontinuity quality class S1 for welded cruciform joints
6 – Preparation and assembly				
6.2 Identification	Nr	Nr	Finished components / Inspection certificates	Finished components / Inspection certificates



6.4 Cutting				
6.4.3 Thermal cutting	Free from significant irregularities Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 4 Rz5 = range 4 Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 4 Rz5 = range 4 Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 3 Rz5 = range 3 Hardness according Table 10, if specified
6.5 Shaping				
6.5.3 Flame straightening	Nr	Nr	Suitable procedure to be developed	Suitable procedure to be developed
6.6 Holing				
6.6.3 Execution of holing	Punching	Punching	Punching + reaming	Punching + reaming
6.7 Cut-outs	Nr	Min. radius 5 mm	Min. radius 5 mm	Min. radius 10 mm Punching not permitted
6.9 Assembly	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 1	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 1	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 2	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 2

7 – Welding				
7.1 General	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Qualification of welding procedures and welding personnel				
7.4.1 Qualification of welding procedures	Nr	See Table 12 and Table 13	See Table 12 and Table 13	See Table 12 and Table 13
7.4.2 Qualification of welders and operators	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418
7.4.3 Welding coordination	Nr	Technical knowledge according Tables 14 or 15	Technical knowledge according Tables 14 or 15	Technical knowledge according Tables 14 or 15
7.5.1 Joint preparation	Nr	Nr	Prefabrication primers not allowed	Prefabrication primers not allowed
7.5.6 Temporary attachments	Nr	Nr	Use to be specified Cutting and chipping not permitted	Use to be specified Cutting and chipping not permitted
7.5.7 Tack welds	Nr	Qualified welding procedure	Qualified welding procedure	Qualified welding procedure



7.5.9 Butt welds 7.5.9.1 General	Nr	Run on/run off pieces if specified	Run on/run off pieces	Run on/run off pieces
7.5.9.2 Single side welds			Permanent backing continuous	Permanent backing continuous
7.5.17 Execution of welding			Removal of spatter	Removal of spatter
7.6 <i>Acceptance criteria</i>	EN ISO 5817 Quality level D text	EN ISO 5817 Quality level C generally	EN ISO 5817 Quality level B	EN ISO 5817 Quality level B +
9 – Erection				
9.6 Erection and work at site				
9.6.3 Handling and storage on site	Nr	Documented restoration procedure	Documented restoration procedure	Documented restoration procedure
9.6.5.3 Fit up and alignment	Nr	Nr	Securing shims by welding subject to requirements of 7	Securing shims by welding subject to requirements of 7
12 – Inspection, testing and repair				
12.4.2 Inspection after welding				
12.4.2.2 Scope of inspection	Visual inspection	NDT: See Table 24	NDT: See Table 24	NDT: See Table 24
12.4.2.5 Correction of welds	No WPQ required	According to WPQ	According to WPQ	According to WPQ
12.4.4 Production tests	Nr	Nr	If specified	If specified
12.5.2 Inspection of preloaded bolts connections	Nr	as follows	as follows	as follows

12.5.2.2 Before tightening		Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure
12.5.2.3 During and after tightening		2 nd tightening step Sequential type A	1 st tightening step 2 nd tightening step Sequential type A	1 st $\overline{A_1}$ tightening $\overline{A_1}$ step 2 nd tightening step Sequential type B
12.5.2.4 Torque method		Assembly lot location 2 nd tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 nd tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 nd tightening step
12.5.2.5 Combined method		Inspection of marking 2 nd tightening step	1 st tightening step Inspection of marking 2 nd tightening step	1 st tightening step Inspection of marking 2 nd tightening step
12.5.3.1 Inspection, testing and repair of hot rivets	Nr	Ring test Sequential type A	Ring test Sequential type A	Ring test Sequential type B
12.7.3.1 Survey of the geometrical position of connection nodes	Nr	Nr	Record of the survey	Record of the survey

Per le varie classi le indicazioni comportano le specifiche di dettaglio nel seguito.

2.5.2.1 DOCUMENTAZIONE DEL COSTRUTTORE

Per tutte le classi di esecuzione ad eccezione di EXC1 deve essere redatta la documentazione di qualità nei termini specificati in UNI EN 1090-2: 2011 § 4.2.1.

2.5.2.2 PRODOTTI COMPONENTI

Per tutte le classi di esecuzione deve essere redatta la documentazione di ispezione sui prodotti componenti secondo le indicazioni in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.2, con le indicazioni di tabella 1.

La tracciabilità dei prodotti componenti è richiesta in modo totale per le classi EXC3 e EXC4 (a tutti gli stadi e fino all'assemblaggio nella struttura) e parziale per la classe EXC2 (i termini di tale riduzione dei requisiti di informazione saranno definiti dalla Direzione Lavori).



La marcatura dei singoli componenti è richiesta per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 e EXC4, differenziata nel caso siano in cui gli stessi elementi siano presenti con diverse qualità.

I prodotti d'acciaio devono essere soggetti a controllo degli spessori secondo le modalità descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.3.2 (e quindi nella EN 10029), con riferimento alla classe A per EXC1, EXC2, EXC3, e classe B per EXC4.

La finitura superficiale deve soddisfare i requisiti in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.3.3 per le varie tipologie di acciaio. Ulteriori e più restrittive condizioni sono prescrivibili da parte della Direzione Lavori per le classi EXC3 e EXC4.

Ulteriori requisiti speciali sono richiedibili in accordo a UNI EN 1090-2: 2011 § 5.3.4 per i soli giunti a croce sottoposti a trazione nelle classi EXC3 e EXC4.

2.5.2.3 PREPARAZIONE E ASSEMBLAGGIO

L'identificazione degli elementi deve essere possibile in tutte le fasi della produzione. Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 i componenti finiti dovranno essere anche indicati nei certificati di ispezione. Le modalità di identificazione sono descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.2.

L'attitudine al taglio termico degli elementi deve essere conforme a quanto prescritto in EN ISO 9013, con le specifiche per classe di utilizzo indicate in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.4.3.

L'attitudine al raddrizzamento mediante fiamma deve essere descritta, per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4, da un'apposita procedura che deve essere redatta per la trattazione dei punti indicati in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.5.3, e preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Differentemente da quanto stabilito in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.6.3, non è ammessa la foratura per punzonamento per le connessioni meccaniche.

Gli smussi (UNI EN 1090-2: 2011 § 6.7) per dettagli in EXC2 o EXC3 devono essere arrotondati con raggio minimo pari a 5mm, mentre per la classe EXC4 il



raggio minimo deve essere pari a 10mm e non è ammessa l'esecuzione per punzonamento.

L'assemblaggio di elementi bullonati (UNI EN 1090-2: 2011 § 6.9) nei casi in cui le forature non siano perfettamente allineate, può avvenire previa alesatura di ovalizzazione dei fori, secondo le modalità riportate in D.2.8 n.6. classe 1 per EXC1 e EXC2, oppure classe 2 per EXC3 e EXC4.

2.5.3 Installazione e logistica di cantiere

Nel caso in cui degli elementi subissero un danneggiamento durante le operazioni di scarico, trasporto, stoccaggio o installazione (secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 9.6), per le classi EXC2, EXC3, EXC4 le procedure per la riparazione delle varie tipologie di danno dovranno essere documentate.

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 gli eventuali spessori per la correzione di disallineamenti nelle connessioni (UNI EN 1090-2: 2011 § 9.6.5.3) devono essere fissati in modo da prevenirne movimenti accidentali. Per le classi EXC3 e EXC4 il fissaggio mediante saldature deve ottemperare ai requisiti in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.

2.6 SALDATURE

Per i metodi di calcolo e di verifica si dovrà fare riferimento alle indicazioni contenute nel DM 17/01/2018.

Per quanto concerne il processo di saldatura si farà pieno riferimento al §11.3.4.5 del DM 17/01/2018 ed a tutte le norme in esso riportate.

L'entità ed il tipo dei controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè



raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per strutture destinate ai ponti ferroviari, laddove non in contrasto con il DM 17/01/2018, per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il dimensionamento dei singoli giunti, i campi ed i limiti di impiego delle varie tipologie, i criteri di preparazione dei lembi di esecuzione e controllo delle saldature, si dovrà fare riferimento alla Istruzione n. 44/S “Specifica tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate a ponti ferroviari”, emessa nell'aprile 1989 dal Dipartimento Potenziamento e Sviluppo delle FS.

Per quanto concerne i requisiti di qualità del processo di saldatura, in aggiunta a quanto previsto in DM 17/01/2018 dovranno essere ottemperate le indicazioni contenute nella norma UNI EN ISO 3834:2006 (requisiti di qualità per la corretta gestione del processo di fabbricazione mediante saldatura). In particolare:

- Per EXC3 e EXC 4: Parte 2 – Requisiti di qualità estesi
- Per EXC2: Parte 3 – Requisiti di qualità normale
- Per EXC1: Parte 4 – Requisiti di qualità minimi.

La qualificazione del processo di saldatura deve essere conforme alle indicazioni in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.1 table 12 sotto riportata.

**Table 12 — Methods of qualification of welding procedures
for the processes 111, 114, 12, 13 and 14**

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

La qualificazione degli operatori addetti alle saldature deve essere conforme alle EN 287-1 e EN 1418 (UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.2).

Per quanto riguarda il coordinamento dei processi di saldatura, nel caso progettazioni in classe superiore a EXC1, il livello di conoscenza tecnica del personale deve essere conforme a UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.2 table 14 e 15 di seguito riportate.

**Table 14 — Technical knowledge of the coordination personnel
Structural carbon steels**

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25$ ^a	$25 < t \leq 50$ ^b	$t > 50$
EXC2	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^c
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^d	C
EXC3	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C
^a Column base plates and endplates ≤ 50 mm. ^b Column base plates and endplates ≤ 75 mm. ^c For steels up to and including S275, level S is sufficient. ^d For steels N, NL, M and ML, level S is sufficient.					

Table 15 — Technical knowledge of the coordination personnel
Stainless steels

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitic (8)	EN 10088-2:2005, Table 3 EN 10088-3:2005, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	B	S	C
	Austenitic-ferritic (10)	EN 10088-2:2005, Table 4 EN 10088-3:2005, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	S	C	C
EXC3	Austenitic (8)	EN 10088-2:2005, Table 3 EN 10088-3:2005, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	S	C	C
	Austenitic-ferritic (10)	EN 10088-2:2005, Table 4 EN 10088-3:2005, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4, sulle superfici soggette a saldatura non devono essere presenti trattamenti di verniciatura di alcun genere, nemmeno trattandosi di primer di officina. Questo a meno che le stesse non fossero presenti, con le stesse caratteristiche, sui provini finalizzati a testare le procedure di saldatura.

L'impiego di collegamenti provvisori di ausilio alla saldatura è normato in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.5.6, ed è ammesso per le classi EXC3 e EXC4 solo previa apposita specifica progettuale. Anche in questo caso la rimozione mediante taglio o strappo non è ammessa se non per precisa deroga progettuale, e deve essere seguita da un'ispezione delle parti che ne constati l'esenzione da cricche e altre difettosità del materiale base, conseguenti all'operazione.

Le saldature ausiliarie (di "imbastitura" del collegamento) per le classi EXC2, EXC3 e EXC4 devono comunque essere assoggettate alle procedure di qualità, con le modalità descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.6.

Nel caso di saldature testa a testa, per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 alle estremità dei cordoni dovranno essere impiegati elementi di prolungamento



ausiliario allo scopo di garantire la realizzazione dell'intero spessore di gola su tutta la lunghezza di progetto. Le specifiche sono date in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.5.9.1. La prescrizione si estende alla classe EXC2 se richiesto.

Nel caso di saldature di testa a completa penetrazione da un solo lato con l'impiego di sottofondo metallico al lato opposto dell'elemento, per classi EXC3 e EXC4 è obbligatorio rendere continua la connessione del materiale di sottofondo mediante ulteriore saldatura a completa penetrazione. Eventuali saldature di imbastitura saranno ricomprese nello spessore di testa a completa penetrazione.

Per le classi EXC3 e EXC4 le eventuali sbavature (UNI EN 1090-2: 2011 § 7.5.17) conseguenti al processo di saldatura dovranno essere rimosse.

In aggiunta a quanto stabilito in DM 17/01/2018 § 11.3.4.5 (... per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica...) i criteri di accettazione delle saldature secondo le classi di esecuzione saranno dati come segue:

- Per EXC1: livello di qualità D
- Per EXC2: livello di qualità C (con le eccezioni di cui in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.6)
- Per EXC3: livello di qualità B
- Per EXC3: livello di qualità B con l'aggiunta dei requisiti riportati in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.6 table)

2.6.1 Progetto

Fermo restando quanto disposto dal DM 17/01/2018 per quanto riguarda tutte le strutture e dall'Istruzione 44/S per quanto riguarda il progetto e la realizzazione delle strutture saldate destinate ai ponti ferroviari, l'APPALTATORE dovrà provvedere, a sua cura e spese, ai seguenti adempimenti:



1. prima dell'approvazione del progetto esecutivo da parte della Direzione Lavori del Committente, dovrà esibire il parere favorevole dell'Istituto Italiano della Saldatura sulle modalità di esecuzione, le tipologie, i procedimenti di saldatura ed i materiali di apporto che si intendono impiegare;
2. durante le lavorazioni in officina dovrà sottoporre le strutture saldate e/o in corso di saldatura al controllo del predetto Istituto, che provvederà all'esame della preparazione dei lembi e di tutte le saldature, ad assistere ai controlli magnetoscopici e con liquidi penetranti, o ad eseguirli direttamente, ad effettuare gli esami con ultrasuoni, ed alla lettura delle radiografie, che saranno eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE sotto il controllo dell'Istituto medesimo;
3. per quanto riguarda la saldatura che si prevede di realizzare con procedimento automatico, dovranno essere presentate alla Direzione Lavori del Committente, prima dell'inizio delle operazioni di saldatura, le certificazioni riguardanti le qualifiche dei procedimenti;
4. le saldature non dovranno essere verniciate prima che siano state controllate dalla Direzione Lavori del Committente;
5. tutte le saldature dovranno essere effettuate in officina salvo preventiva autorizzazione della Direzione Lavori del Committente.

2.6.2 Controlli

La quantità e modalità di esecuzione dei controlli è riportata in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4. Si riportano nel seguito i principali riferimenti.

Il controllo visivo e dimensionale è obbligatorio sul totale delle saldature eseguite e per tutte le classi di esecuzione. Ulteriori test diagnostici non distruttivi sono specificati per le classi EXC2, EXC3, EXC4 e sono obbligatori qualora il controllo visivo riscontri delle non conformità, secondo le modalità che seguono

(si veda la norma per i relativi dettagli e rimandi).

Per i primi 5 giunti appartenenti ad ogni nuova procedura di saldatura presa in considerazione, saranno richiesti i seguenti requisiti per la dimostrazione dell'effettiva capacità della procedura adottata di generare il livello di qualità previsto:

- È richiesto il livello di qualità B della procedura di saldatura come minimo;
- La percentuale di saldature soggette a controllo deve essere doppia rispetto a quanto riportato in (UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.2 table 24);
- La lunghezza di giunto ispezionato dovrà essere almeno pari a 900mm;

qualora emergessero delle non conformità deve esserne identificata la causa e un nuovo set di 5 giunti deve essere sottoposto a verifica secondo le stesse modalità. Una volta accertata l'adeguatezza della procedura adottata al raggiungimento dei requisiti di qualità il controllo procede con i requisiti di cui in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.2 table 24. Si vedano EN 12062:1997 Annex C, e UNI EN 1090-2: 2011 Annex L di seguito riportata:

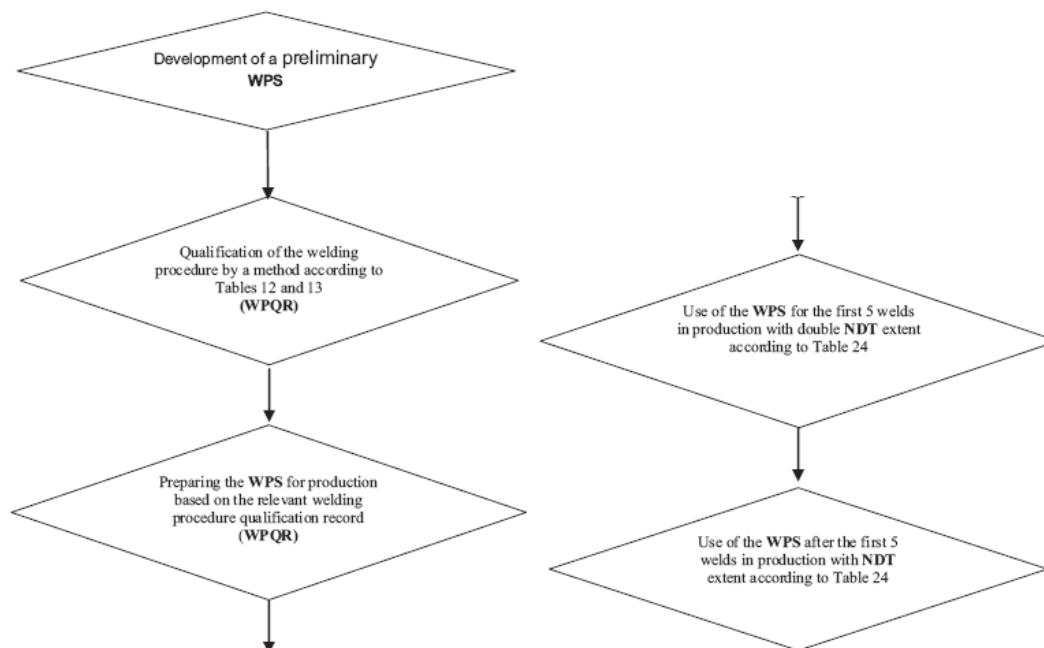


Table 24 — Extent of supplementary NDT

Type of weld	Shop and site welds		
	EXC2	EXC3	EXC4
Transverse butt welds and partial penetration welds in butt joints subjected to tensile stress:			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Transverse butt welds and partial penetration welds:			
in cruciform joints	10 %	20 %	100 %
in T joints	5 %	10 %	50 %
Transverse fillet welds in tension or shear:			
With $a > 12$ mm or $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
With $a \leq 12$ mm and $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
A1 Full penetration longitudinal welds between web and top flange of crane girders	10 %	20 %	100 %
Other longitudinal welds and welds to stiffeners	0 %	5 %	10 % A1
NOTE 1 Longitudinal welds are those made parallel to the component axis. All the others are considered as transverse welds.			
NOTE 2 U = Utilization grade for welds for quasi-static actions. $U = E_d/R_d$, where E_d is the largest action effect of the weld and R_d is the resistance of the weld in the ultimate limit state.			
NOTE 3 Terms a and t refer respectively to the throat thickness and the thickest material being joined.			

Nello specifico i controlli non distruttivi sulle saldature sono i seguenti.

L'ispezione visiva (rif. UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.3) dovrà essere condotta in accordo a quanto stabilito in EN 970. Per quanto riguarda tutti gli altri metodi non distruttivi (rif. UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.4) i riferimento sono i seguenti:

- Test di penetrazione secondo EN 571-1;
- Test con particolato magnetico secondo EN 1920;
- Test ultrasonici secondo EN 1714, EN 1713;



- Test radiografici secondo EN 1435.

Fermo restando quanto disposto dal DM 17/01/2018 §11, da UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4 e dalla Istruzione 44/S circa la difettologia ed i limiti di accettabilità dei difetti, su richiesta della D.L. oppure per esplicita indicazione progettuale, si applicheranno in aggiunta le seguenti prescrizioni:

- esame radiografico al 100% dei giunti di testa;
- esame ultrasonoro al 100% dei giunti a T a piena penetrazione;
- controllo magnetoscopico ed esame macrografico ad almeno il 30% dei cordoni dei giunti d'angolo.

Si precisa inoltre che:

- in tutte le travi saldate dovranno essere previste opportune espansioni (talloni), dello stesso materiale, sulle quali dovranno essere misurate le durezze in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base. Tale controllo, che sarà esteso almeno al 10% dei giunti delle travi saldate ed eseguito in almeno tre punti di una stessa zona, dovrà accertare che in nessun punto la durezza Vickers HV 30 ecceda il valore di 2700 N/mm² per l'acciaio S275 e 3500 N/mm² per l'acciaio S355;
- tutte le saldature sottoposte a collaudo dovranno essere punzonate da parte del suddetto Istituto e il punzone apposto dovrà essere protetto in maniera da essere sempre visibile fino all'accettazione definitiva della travata.

In base a quanto effettuato, l'Istituto rilascerà al Costruttore un certificato di conformità delle saldature ai requisiti stabiliti; detto certificato dovrà essere presentato alla Direzione Lavori del Committente prima dell'accettazione delle strutture premontate in officina.

Per quanto riguarda gli interventi indicati, l'APPALTATORE dovrà comunicare, con almeno 10 giorni di anticipo, al predetto Istituto e alla Direzione Lavori del Committente, le date in cui, volta per volta, possono essere eseguiti i controlli.



L'Istituto effettuerà entro 10 giorni le ispezioni, dandone comunicazione alla Direzione Lavori del Committente la quale si riserva di presenziare o meno ai controlli.

Di ogni controllo effettuato, sarà redatto, da parte dell'Istituto, apposito verbale in contraddittorio con l'APPALTATORE e con i rappresentanti della Direzione Lavori del Committente, se presenti.

In tale verbale dovrà essere opportunamente evidenziato:

- il tipo di saldatura controllata e relative caratteristiche con l'indicazione dei parametri di saldatura adottati;
- il tipo di controllo effettuato;
- la percentuale degli elementi saldati sottoposti a collaudo;
- le strumentazioni adottate, tipo e marca degli eventuali apparecchi;
- i parametri con i quali sono stati eseguiti i vari controlli radiografici, ultrasonori e magnetici;
- la rappresentazione grafica delle eventuali durezze accertate sui talloni;
- l'elenco dettagliato della difettologia riscontrata;
- l'elenco dettagliato delle riparazioni prescritte. (Le zone dovranno essere marcate con vernice gialla per la loro individuazione all'atto dell'accettazione delle strutture premontate).

2.6.3 Correzioni

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3, EXC4 le riparazioni con nuova saldatura saranno realizzate secondo procedure di saldatura qualificate. Per le saldature oggetto di correzione saranno applicati nuovamente gli stessi requisiti di controllo e qualità (UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.5); ulteriori linee guida in casi particolari di correzioni di saldature su strutture nuove od esistenti si possono ricavare da documenti di enti specializzati come l'Istituto Italiano della Saldatura (IIS) e L'International Institute of Welding (IIW).



2.7 BULLONATURE

2.7.1 Generalità

Sono ammessi bulloni con diametri 12-14-16-18-20-22-24-27-30-33-36-39 mm (UNI EN ISO 898-1). Le giunzioni bullonate di elementi strutturali di rilevanza statica, quali travi principali, diaframmi, controventi di torsione etc. sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- Bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 0,5 mm per $\varnothing > 20$ mm;
- Bulloni ad attrito con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 1 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 1,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.

In ambito ferroviario, i bulloni ad attrito potranno essere adottati nei casi in cui è prevista la posa del binario con il ballast. Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari, quali parapetti, travi d'impalcato etc., si prevedono giunti con bulloni al taglio di caratteristiche correnti, ai sensi del DM 17/01/2018.

I bulloni di regola dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). È ammesso l'impiego di rosette aggiuntive nei termini e con le modalità stabilite in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.2.4.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, ma in tal caso:

- dovranno essere identificabili a vista;
- dovranno essere chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.



2.7.2 Giunzioni con bulloni a taglio

Per quanto riguarda le resistenze di calcolo si considera il §4.2.8 del DM 17/01/2018.

Per la verifica a fatica dei bulloni si farà riferimento alla relativa curva SN riportata nella UNI EN 1993-1-9.

Nel progetto del giunto si dovrà tener conto, nella definizione di pinze, truschini e interassi, della possibilità di alesatura a diametro superiore.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. Nel caso non sono ammesse ovalizzazioni di sorta, ma si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore, con sostituzione dei bulloni interessati.

E' consentita un'obliquità $\leq 1^\circ$ per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati, secondo le modalità riportate in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.3. Alternativamente (opzione a discrezione della D.L. o precisa indicazione progettuale) quando il precarico non è esplicitamente considerato per la resistenza ad attrito, ma è richiesto ai fini della esecuzione o come requisito di qualità, il livello di precarico, da applicare, è lo stesso di quello previsto ai fini della resistenza ad attrito.

2.7.2.1 CONTROLLO DELL'INSTALLAZIONE

Il controllo deve avvenire secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.5.1, e i criteri di accettazione sono quelli stabiliti in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.3.

2.7.3 Giunzioni con bulloni ad attrito

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. Nel caso, non sono ammesse ovalizzazioni ma si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni



interessati.

E' consentita un'obliquità $\leq 1^\circ$ per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata.

Nella progettazione del giunto si dovrà tener conto, nell'accoppiamento degli elementi da giuntare e nel posizionamento dei relativi coprigiunti, se presenti, dell'influenza delle tolleranze di esecuzione in relazione agli spessori in gioco.

In particolare nelle giunzioni con coprigiunto si dovrà valutare l'efficienza delle file di bulloni prossime alla sezione di giunto, provvedendo eventualmente ad un incremento del numero di bulloni, qualora se ne ravvisasse la necessità.

2.7.3.1 ESECUZIONE DEL SERRAGGIO

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati alla forza di precarico $F_{p,Cd}$ definita al §4.2.8.1.1 del DM 17/01/2018. Si dovrà eseguire un altrettanto accurato controllo e se ne dovrà fornire adeguata certificazione, con particolare attenzione alla corrispondenza della classe funzionale K di progetto dei bulloni e al valore del fattore di coppia k secondo le modalità indicate in DM 17/01/2018 § 4.2.8.1.1. Al riguardo si danno le seguenti prescrizioni, addizionali rispetto a quanto previsto in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.5:

- La geometria del giunto dovrà essere progettata tenendo in debito conto l'importanza del serraggio e del relativo controllo;
- Predisposizione del giunto nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di “spine”, in grado d'irrigidire convenientemente il giunto stesso e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori.
- Il serraggio dei bulloni può essere eseguito con chiavi pneumatiche purché dotate di limitatore di coppia, oppure con uno dei metodi indicati in funzione della classe funzionale in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.5.1 table 20, cui si rimanda per le specifiche relative:



Tightening method	k-classes
Torque method	K2
Combined method	K2 or K1
HRC tightening method	K0 with HRD nut only or K2
Direct tension indicator (DTI) method	K2, K1 or K0

Si riassumono i punti fondamentali della procedura di serraggio per coppia:

- Valori finali della coppia come riportati in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.5.2 (di calcolo oppure determinazione mediante test secondo Annex H);
- Applicazione della coppia torcente con chiave manuale o avvitatori ammessi al 75% del valore finale, su tutti i bulloni del giunto, procedendo dalla parte a rigidità maggiore a quelle a rigidità minore secondo indicazioni di norma;
- Applicazione della coppia residua fino al raggiungimento del valore della coppia di progetto incrementato del 10%

Invece per quanto riguarda la procedura di serraggio coppia + angolo (metodo combinato):

- Applicazione della coppia torcente con chiave manuale al 75% del valore finale, su tutti i bulloni del giunto, procedendo dalla parte a rigidità maggiore a quelle a rigidità minore secondo indicazioni di norma;
- Applicazione di un angolo di torsione ai bulloni, la cui lettura deve essere determinata mediante rotazione di un riferimento a vernice apposto dopo la prima fase, secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.5.4 table 21:

Table 21 — Combined method: additional rotation
(8.8 and 10.9 bolts)



Total nominal thickness "t" of parts to be connected (including all packs and washers) d = bolt diameter	Further rotation to be applied, during the second step of tightening	
	Degrees	Part turn
$t < 2d$	60	1/6
$2d \leq t < 6d$	90	1/4
$6d \leq t \leq 10d$	120	1/3
NOTE Where the surface under the bolt head or nut (allowing for taper washers, if used) is not perpendicular to the bolt axis, the required angle of rotation should be determined by testing		

2.7.3.2 CONTROLLO DEL SERRAGGIO

Deve essere eseguito un primo controllo visivo sugli elementi installati ma prima del fissaggio, secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.5.2.1 e i criteri di accettazione in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.4, con riferimento all'accertamento che le condizioni di preparazione delle superfici a contatto siano conformi al coefficiente di attrito assunto nella progettazione.

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 e EXC4 la procedura di serraggio deve essere verificata; se è impiegato il metodo della coppia o quello combinato inoltre devono essere verificati i certificati di taratura delle chiavi dinamometriche manuali o avvitatori.

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 e EXC4 i controlli (UNI EN 1090-2: 2011 § 12.5.2.3) devono essere quelli descritti nella seguente tabella riassuntiva, con riferimento ai paragrafi della norma in cui reperire le specifiche del caso:

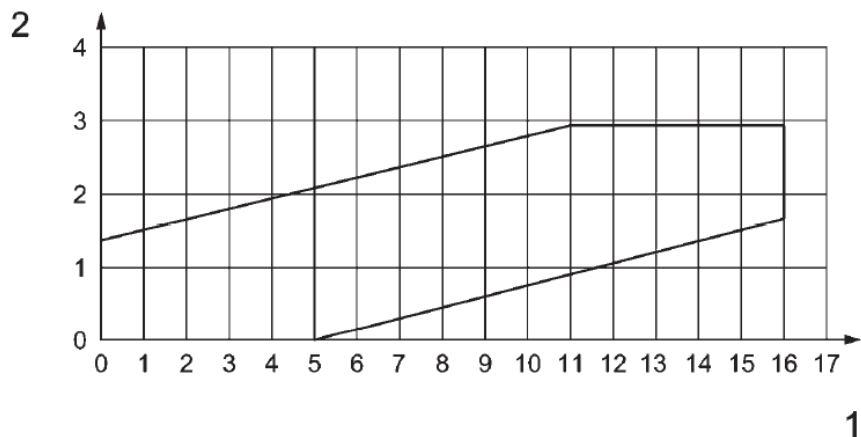
Clauses	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
12.5.2.2 Before tightening		Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure
12.5.2.3 During and after tightening		2 nd tightening step Sequential type A	1 st tightening step 2 nd tightening step Sequential type A	1 st  tightening  step 2 nd tightening step Sequential type B
12.5.2.4 Torque method		Assembly lot location 2 nd tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 nd tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 nd tightening step
12.5.2.5 Combined method		Inspection of marking 2 nd tightening step	1 st tightening step Inspection of marking 2 nd tightening step	1 st tightening step Inspection of marking 2 nd tightening step

NB: le differenti procedure sequenziali e iterative dei controlli (A e B) sono specificate in EN 1090-2: 2011 Annex M. Sono riportate solo sinteticamente di seguito, vi si rimanda per dettagli.

The following diagrams, M.2 (sequential type A) and M.3 (sequential type B) apply as relevant.

a) Sequential type A:

- 1) minimum number of fasteners to be inspected: 5
- 2) maximum number of fasteners to be inspected: 16



Key

- 1 number of fasteners inspected
- 2 number of defective fasteners

Figure M.2 — Sequential type A diagram

b) Sequential type B:

- 1) minimum number of fasteners to be inspected: 14
- 2) maximum number of fasteners to be inspected: 40

2.7.4 Tolleranze

Nei riguardi delle tolleranze e delle qualità di lavorazione, dovranno considerarsi tutte le prescrizioni introdotte dal DM 17/01/2018.

2.7.5 Protezione dei bulloni

I bulloni, completi di rondelle, dovranno essere immersi in bagno di opportune sostanze protettive, approvate dalla Direzione Lavori del Committente.

2.7.6 Presentazione ed imballaggio

I bulloni, completi di rondelle, dovranno essere forniti entro robusti contenitori che abbiano la possibilità di essere sigillati mediante piombatura.



Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- la denominazione del fornitore;
- la classe di resistenza;
- la classe funzionale e i relativi valori del coefficiente k;
- il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- gli estremi dell'ordinazione.

2.7.7 Collaudo bulloni

Per quanto riguarda le modalità di collaudo, vale quanto prescritto nella UNI EN 14399, precisando che dovranno essere presentati al collaudo lotti indipendenti costituiti da non più di 2.000 bulloni.

Si precisa, inoltre, che dovranno essere messe a disposizione del collaudatore le apparecchiature necessarie per l'esecuzione delle prove tecnologiche e meccaniche, nonché la serie di calibri e sagome necessarie per l'esecuzione del controllo dimensionale.

Allorché l'esito del collaudo dei materiali costituenti un lotto sia stato positivo, il collaudatore provvederà ad apporre il contrassegno di collaudo, con il punzone metallico, su piombo “sigillato” del contenitore.

Se in conseguenza solo dell'esito del controllo dimensionale ed esterno, il lotto dovesse essere rifiutato, il fornitore ha la facoltà di effettuare una cernita al 100% dei pezzi del lotto e di ripresentarlo all'accettazione.

I materiali presentati al collaudo non possono essere sostituiti né totalmente né possono essere scambiati da lotto a lotto.

I lotti rifiutati al collaudo, opportunamente contrassegnati, devono essere tenuti a disposizione delle unità di collaudo fino al termine della fornitura, salvo



autorizzazione in contrario, da richiedere specificatamente per iscritto alla Direzione Lavori del Committente.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

2.8 GIUNZIONI CHIODATE

La geometria della giunzione dovrà tener conto della durabilità dell'opera oltre che della resistenza. Sarà quindi concepita in modo da prevenire per quanto possibile la corrosione locale, rispettando nel contempo pinze, truschini ed interassi di norma, nonché esigenze di controllo, manutenzione ed eventuale ripristino.

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI 7356 in accordo a DM 17/01/2018 § 11.3.4.6.4).

Non sono ammessi disassamenti dei fori corrispondenti degli elementi chiodati. Nel caso, non sono ammesse ovalizzazioni di sorta, ma si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore, con sostituzione dei chiodi interessati. Di questo si dovrà tener debito conto nella definizione di pinze, truschini ed interassi del giunto in questione.

Per quanto riguarda i criteri di installazione e di accettazione valga quanto esposto in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.7).

2.9 LAVORAZIONI

La foratura diretta al trapano con diametro definitivo dei fori, o l'alesatura a diametro definitivo dei fori preventivamente eseguiti a diametro convenientemente ridotto, dovranno essere eseguite in una sola volta con particolare rigore specialmente per i fori per l'attacco delle membrane principali;



a tale scopo la travata da costruire verrà montata completa in ogni parte, con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio e solo allora potrà essere effettuata la foratura diretta al trapano o l'alesatura dei fori sovrapposti negli attacchi delle varie membrature.

E' vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi.

Affinché la Direzione Lavori del Committente sia messa in grado di esercitare il necessario controllo, è fatto obbligo all'Appaltatore, quando avrà effettuato il montaggio completo provvisorio della travata e dopo che siano state eseguite le forature dirette o le alesature, di avvertire, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni la Direzione Lavori del Committente per l'accettazione provvisoria.

All'atto dell'accettazione provvisoria, la travata dovrà risultare priva di chiodature o bullonature.

Dovranno essere eseguite, secondo le norme antinfortunistiche in vigore, idonee impalcature per permettere il controllo di tutte le membrature, unioni ecc.; in mancanza, la visita di accettazione sarà rinviata, restando a carico dell'APPALTATORE ogni dannosa conseguenza.

I materiali lavorati e verniciati con una mano di vernice antiruggine saranno pronti per la spedizione a piè d'opera.

Tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano, restando escluso l'uso del punzone; i tagli devono essere eseguiti alla fiamma ossiacetilenica mediante speciale dispositivo meccanico, restando escluso l'uso della cesoia.

Le superfici dei tagli dovranno poi essere convenientemente rifinite con una lavorazione meccanica e quelle tra esse che dovranno ricevere la saldatura dovranno essere accuratamente preparate.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo) lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente.

E' proibito continuare ad incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore



rosso.

Infine, quando i piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) vengono accoppiati per formare strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

La Direzione Lavori del Committente verificherà, tra l'altro che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze prescritte.

La Direzione Lavori del Committente si riserva la facoltà di rifiutare, oltre a quelli che presentino difetti di lavorazione, i pezzi che abbiano anche una sola delle dimensioni inferiore a quella prescritta, tenuto conto dell'eventuale tolleranza ammessa, restando a totale carico dell'APPALTATORE tutti gli oneri che ne deriveranno.

Resta inteso che tutti i materiali che saranno impiegati in sostituzione di quelli rifiutati dovranno essere preventivamente collaudati con le stesse modalità di quelli accettati, già descritte nel presente articolo, restando a carico dell'APPALTATORE l'eventuale ritardo rispetto ai termini contrattuali.

L'APPALTATORE non potrà pretendere compensi o indennizzi di sorta, né variazioni dei prezzi contrattuali per i pezzi che risulteranno di dimensioni eccedenti rispetto a quelle di progetto.

2.10 DETTAGLI COSTRUTTIVI

L'Appaltatore è tenuto a far proprio, ovvero a condividere, i dettagli costruttivi desumibili dagli elaborati di progetto, avendo però facoltà di proporre alla Direzione Lavori proprie varianti di dettaglio destinate a migliorare le caratteristiche funzionali e di durabilità dell'opera, oltre che a facilitare o meglio esplicitare le modalità di montaggio. Le proposte per essere rese operative dovranno essere accettate dalla Direzione Lavori e dal Progettista.



In particolare, sarà onere dell'Appaltatore esplicitare a livello costruttivo tutti i dettagli relativi a:

- tagli e lavorazioni di lamiere (tra cui gli slot);
- bullonature (forature);
- saldature (preparazione dei lembi).

Si dovranno evitare gli spigoli vivi rientranti, prevedendo opportuni raccordi circolari.

Tali dettagli dovranno consentire il drenaggio dell'acqua ed impedirne il suo accumulo, secondo la scelta progettuale. Particolare attenzione dovrà essere posta ai dettagli relativi a strutture da ritenere "stagne", secondo indicazioni di progetto.

2.11 TOLLERANZE

2.11.1 Tolleranze su profilati e lamiere

Per i profilati dovranno essere rigorosamente rispettate le prescrizioni contenute nelle seguenti norme UNI:

- | | |
|---------------------|--------------|
| • per HE | UNI 5397 |
| • per IPE | UNI 5398 |
| • per profilati a U | UNI EN 10279 |
| • per angolari | UNI EN 10056 |

Per le lamiere dovranno essere rigorosamente rispettate le prescrizioni contenute nella norma UNI EN 10029 ove per quanto riguarda le tolleranze dimensionali sullo spessore deve essere adottato lo scostamento inferiore tipo B, mentre per quanto riguarda la planarità dovranno essere adottate le tolleranze ristrette.



2.11.2 Tolleranze dimensionali

I requisiti di ammissibilità dei prodotti, con riferimento alle tolleranze dimensionali, sono indicati in UNI EN 1090-2: 2011 Annex D.

2.11.3 Tolleranze per elementi assemblati in ambito ferroviario

Per le infrastrutture ferroviarie, per gli elementi assemblati saranno valide le seguenti tolleranze, laddove non in contrasto con quanto espresso al precedente paragrafo:

- rettilineità degli irrigidenti:

+/- 4 mm per h minore o uguale a 2000 mm;

+/- 8 mm per h superiore a 2000 mm;

- giunti bullonati:

+/- 1 mm di dislivello tra le parti da giuntare e fuori planarità delle parti a contatto;

- controfreccia:

-0,+10% della controfreccia teorica.

In rapporto al diametro dei bulloni, ovvero al più piccolo tra gli spessori da collegare, dovranno essere rispettate le limitazioni di cui al DM 17/01/2018.

2.12 MONTAGGIO

L'APPALTATORE sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori del Committente il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'APPALTATORE stesso per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.



Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'APPALTATORE deve rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata, ed i particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade , autostrade, ferrovie, tranvie, ecc. ;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera devono essere trattate in officina con sabbiatura ed una mano di primer.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture di travata, si dovrà controllare che la controfrecchia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio, siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui. Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro



alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, devono presentarsi pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiato a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni l'APPALTATORE effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori del Committente, un controllo di serraggio come descritto in precedenza.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'APPALTATORE dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori del Committente.

2.13 MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

2.13.1 Generalità

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

L'acciaio della lamiera ondulata, se non diversamente specificato in progetto, dovrà avere uno spessore minimo di mm 2,7 con tolleranza UNI; dovrà essere di tipo S355; sarà protetto su entrambe le facce da zincatura applicata a caldo, dopo



l'avvenuto taglio e piegature dell'elemento, in quantità non inferiore a g/m^2 305 per faccia.

L' Impresa dovrà presentare all'approvazione della Direzione Lavori, per ogni singolo manufatto:

- una certificazione del produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;
- una relazione di calcolo con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonchè dei carichi accidentali.

Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi si dovrà procedere alla loro protezione mediante rivestimento con mastice bituminoso asfaltico fibrorinforzato del peso minimo di Kg/m^2 1,5 di applicato a spruzzo o a pennello, oppure mediante rivestimento di bitume ossidato applicato per immersione a caldo sempre in ragione di Kg/m^2 1,5.

Tassativamente si prescrive che lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere dovrà essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

2.13.2 Preparazione del letto di posa

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio. Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.



Nel caso di terreno a debole portanza, si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa, asportando il materiale per la profondità necessaria: si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di cm 30 di spessore.

In ogni caso si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore di cm 10. Tale strato non sarà compattato per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

2.13.3 Montaggio dei manufatti

2.13.3.1 TOMBINI AD ELEMENTI INCASTRATI O IMBULLONATI

Il tombino sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate e curvate del diametro prescritto; in sede di montaggio le sovrapposizioni radiali dovranno essere sfalsate in modo tale che ogni elemento superiore si innesti a metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti; nella fornitura di ogni tombino dovranno pertanto essere compresi due mezzi elementi superiori per ottenere la sfalsatura suddetta.

Gli opposti elementi, superiore ed inferiore saranno legati fra loro mediante appositi ganci in acciaio zincato. Nelle strutture del tipo ad elementi imbullonati le piastre in lamiera d'acciaio saranno collegate mediante bulloni ad alta resistenza. Per bulloni e dadi dovrà essere prevista una zincatura elettrolitica con bicromatazione di mm 0,025.

Le forme dei manufatti da realizzarsi mediante le piastre possono essere circolari e ribassate; le parti terminali dei manufatti dovranno essere tagliate obliquamente per adattarsi alle scarpate del rilevato stradale.



2.13.3.2 CONDOTTE PORTANTI A PIASTRE MULTIPLE

Ogni piastra dovrà essere contraddistinta con il corrispondente numero di progetto per permettere l'assemblaggio in opera della condotta.

La giunzione delle piastre costituenti la struttura dovrà essere realizzata mediante l'impiego di bulloni ad alta resistenza che dovranno essere serrati con una coppia dinamometrica compresa tra Nm 220 e Nm 300.

Per bulloni e dadi si dovrà prevedere una zincatura elettrolitica con bicromatazione di mm 0,025.

Il montaggio si esegue inserendo un limitato numero di bulloni aventi il fine di tenere assemblate le piastre nella loro giusta posizione; è opportuno che i bulloni siano lasciati lenti per permettere alle piastre quei piccoli spostamenti che consentono loro eventuali assestamenti.

Terminato il montaggio di tutta la struttura, con l'inserimento quindi anche dei bulloni mancanti, si procederà a stringere i bulloni con le modalità sopra riportate.

Le forme dei manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno: circolari, ribassate, policentriche per sottopassi, ad arco.

Le parti terminali dei manufatti dovranno essere tagliate obliquamente per adattarsi alle scarpate del rilevato stradale.

2.13.3.3 COSTIPAMENTO LATERALE E RIEMPIMENTO

Il materiale sottostante la condotta dovrà essere energicamente compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.



Il materiale di rinfiando dovrà essere posato e compattato strati orizzontali di spessore non superiore a cm 30, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato dovrà essere pari al 90% della densità massima AASHTO MOD. Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si dovranno utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dovrà estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta e il terreno impiegato per tale rilevato sarà normalmente costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale. Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un' idonea ripartizione del carico al fine di non generare nel manufatto sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

2.13.3.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione degli elementi componenti i manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate. Si procederà al collaudo tecnologico per l'accettazione della fornitura dei materiali prelevando, al momento dell'arrivo in cantiere, a spese dell' Impresa e a cura della Direzione Lavori, alla presenza di un rappresentante dell' Impresa stessa, alcuni elementi componenti la fornitura. Di tale operazione verrà redatto apposito verbale firmato dalle parti. La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di t 10 di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

Le prove chimiche e meccaniche sugli elementi prelevati, da eseguire a cura della Direzione Lavori e a spese dell'Impresa, presso un laboratorio Ufficiale, dovranno accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, nonché lo spessore dell'elemento e quello del rivestimento di zinco su entrambe le facce. La



Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e avrà constatato la rispondenza dei risultati con le caratteristiche sopra descritte.

In caso di esito negativo la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell' Impresa. I pesi dei manufatti tubolari in lamiera ondulata, in rapporto allo spessore dei vari tipi impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite preventivamente da ogni fabbricante, con una tolleranza di $\pm 5\%$.

Agli effetti contabili sarà compensato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio purchè la partita fornita rientri nei limiti di tolleranza sopra indicati. Qualora il peso effettivo sia inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.



3 ACCIAIO AD ELEVATA RESISTENZA

Gli acciai ad elevata resistenza, utilizzati per le strutture portanti, sono quelli definiti dalla UNI EN 10025-6.

Gli acciai ad elevata resistenza devono rispettare tutte le caratteristiche meccaniche e chimiche e tutte le indicazioni riportate in UNI EN 10025-6.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alle saldature da effettuare in base alle indicazioni presenti in UNI EN 1011-2.

I materiali in questione dovranno inoltre avere una buona resistenza all'invecchiamento che sarà verificata mediante prove di resilienza Charpy U; la media delle resilienze di tre provette di materiale, invecchiato mediante deformazione permanente a compressione del 5% e trattato a 250° per mezz'ora, dovrà essere non inferiore al 50% della medesima media ricavata da materiale non invecchiato.



4 SISTEMI PROTETTIVI

4.1 ZINCATURA A CALDO

4.1.1 Definizione

Per zincatura a caldo si intende la formazione di un rivestimento di zinco e/o lega zinco ferro su prodotti di ferro, acciaio o ghisa tramite immersione, dopo opportuno trattamento, in zinco fuso.

4.1.2 Normativa di riferimento

Per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il trattamento di zincatura a caldo si dovrà fare riferimento e dovrà essere conforme alle norme UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713.

4.1.3 Generalità

I rivestimenti applicati tramite zincatura per immersione a caldo sono destinati a proteggere i prodotti di ferro e acciaio contro la corrosione. La lunghezza del periodo di protezione contro la corrosione da parte di tali rivestimenti è all'incirca proporzionale allo spessore del rivestimento. Nel caso di condizioni estremamente aggressive e/o una durata in servizio eccezionalmente lunga, possono essere richiesti rivestimenti con spessori maggiori di quelli specificati successivamente.

Le specificazioni per questi rivestimenti più spessi devono essere soggette ad un accordo tra lo zincatore e il committente, circa i mezzi per l'attuazione (per esempio, granigliatura, composizione chimica dell'acciaio, etc).

Lo spessore minimo della zincatura è indicato nel prospetto seguente:

Tabella I



Articolo e suo spessore	Spessore locale di rivestimento (minimo) μm	Spessore medio del rivestimento (minimo) μm
Acciaio $\geq 6 \text{ mm}$	70	85
Acciaio $\geq 3 \text{ mm}$ fino a $< 6 \text{ mm}$	55	70
Acciaio $\geq 1.5 \text{ mm}$ fino a $< 3 \text{ mm}$	45	55
Acciaio $< 1.5 \text{ mm}$	35	45
Fusioni di ghisa $\geq 6 \text{ mm}$	70	80
Fusioni di ghisa $< 6 \text{ mm}$	60	70

Con “spessore locale del rivestimento” viene indicato il valore medio dello spessore del rivestimento ottenuto dal numero specificato di misurazioni entro un'area di riferimento per una prova magnetica o il singolo valore per una prova gravimetrica.

Con “spessore medio del rivestimento” viene indicato il valore medio dello spessore locale su un grande articolo o su tutti gli articoli nel campione per il controllo.

4.1.4 Specifiche del bagno di zincatura

Il bagno di zincatura per immersione a caldo deve innanzitutto contenere zinco fuso. Il totale delle impurezze (che non siano ferro e stagno) nello zinco fuso, non deve essere maggiore dell'1,5% in massa, le impurezze citate sono quelle definite nella ISO 752 oppure nella EN 1179 .

4.1.5 Metodi per il controllo dello spessore

Per determinare lo spessore della zincatura esistono metodi non distruttivi e distruttivi. Il metodo non distruttivo più generalmente utilizzato per determinare lo spessore è il metodo magnetico (vedasi EN ISO 2178). In ogni caso, si possono utilizzare altri metodi (per esempio ISO 2808, metodo elettromagnetico).

I metodi distruttivi sono: il metodo gravimetrico (vedasi EN ISO 1464), il metodo coulombometrico (vedasi EN ISO 2177) e il metodo microscopico della sezione trasversale (vedasi EN ISO 1464).

I metodi distruttivi forniscono la massa di rivestimento per area unitaria espressa in grammi al metro quadrato. Questa può essere convertita in spessore locale [micrometri (μm)] dividendola per la massa volumica nominale del rivestimento ($7,2 \text{ g/cm}^3$). Le masse di rivestimento approssimate corrispondenti agli spessori forniti nel prospetto di Tabella I sono indicate nella Tabella II.

Tabella II

Articolo e suo spessore	Rivestimento locale (minimo)		Rivestimento medio (minimo)	
	g/m^2	μm	g/m^2	μm
Acciaio $\geq 6 \text{ mm}$	505	70	610	85
Acciaio $\geq 3 \text{ mm}$ fino a $< 6 \text{ mm}$	395	55	505	70
Acciaio $\geq 1.5 \text{ mm}$ fino a $< 3 \text{ mm}$	325	45	395	55
Acciaio $< 1.5 \text{ mm}$	250	35	325	45
Fusioni di ghisa $\geq 6 \text{ mm}$	505	70	575	80
Fusioni di ghisa $< 6 \text{ mm}$	430	60	505	70

Con “massa locale del rivestimento” viene indicato il valore della massa del rivestimento ottenuto tramite una singola prova gravimetrica.

Con “massa media del rivestimento” viene indicato il valore medio delle masse del rivestimento determinato sia utilizzando un campione per il controllo selezionato in conformità con quanto indicato nel capitolo 6.1.6 utilizzando le prove in conformità con la EN ISO 1460 o per conversione dello spessore medio del rivestimento.

4.1.6 Campionamento

Da ogni singolo ordine o singolo carico consegnato selezionato per la prova, deve essere prelevato a caso un campione di controllo per la prova dello spessore. Il numero minimo di articoli da ciascun lotto di ispezione che forma il campione per il controllo deve essere conforme al prospetto di Tabella III.

Tabella III

Numero di articoli nel lotto	Numero minimo di articoli nel campione di controllo
Da 1 a 3	Tutti
Da 4 a 500	3
Da 501 a 1200	5
Da 1201 a 3200	8
Da 3201 a 10000	13
> 10000	20



Su ogni articolo devono essere scelte delle “aree di riferimento”; con “area di riferimento” viene indicata l’area entro la quale si deve eseguire uno specifico numero di singole misurazioni.

Il numero e la posizione delle aree di riferimento, e la loro dimensione per le prove magnetiche o gravimetriche, devono essere scelti tenendo conto della forma e delle dimensioni dell'(degli) articolo(i), allo scopo di ottenere un risultato che sia il più rappresentativo possibile dello spessore medio del rivestimento, o della massa per unità di area, come più opportuno. Su un articolo lungo, scelto come campione di controllo, le aree di riferimento devono essere scelte approssimativamente a 100 mm da ciascun lato e all'incirca al centro e devono comprendere l'intera sezione trasversale dell'articolo.

Il numero di aree di riferimento, dipendente dalle dimensioni dei singoli articoli nel campione di controllo, deve essere il seguente:

- a) Per articoli con area superficiale significativa maggiore di 2 m^2 ("grandi articoli"): si devono prendere in considerazione almeno tre aree di riferimento per ogni articolo nel campione di controllo. Su ogni articolo (preso separatamente) nel campione di controllo lo spessore medio del rivestimento, entro le aree di riferimento, deve essere uguale o maggiore dei valori di spessore medio forniti nella Tabella I.
- b) Per articoli con area superficiale significativa maggiore di $10\,000 \text{ mm}^2$ e fino a 2 m^2 (compresi): su ciascun articolo del campione di controllo, ci deve essere almeno un'area di riferimento.
- c) Per gli articoli con area superficiale significativa da 1000 mm^2 a 10000 mm^2 (compresi): su ciascun articolo del campione di controllo, ci deve essere almeno un'area di riferimento.
- d) Per gli articoli con area superficiale significativa minore di 1000 mm^2 : deve essere raggruppato un numero di articoli sufficiente per formare un'area di riferimento singola di almeno $1\,000 \text{ mm}^2$. Il numero di aree di riferimento deve



essere quello riportato nell'ultima colonna del prospetto di Tabella III . Inoltre, il numero complessivo di articoli sottoposti a prova è uguale al numero di articoli richiesti per fornire un'area di riferimento moltiplicato per il numero appropriato preso dall'ultima colonna nel prospetto di Tabella III, relativa alle dimensioni del lotto (o il numero complessivo di articoli zincati, se questo è minore).

In alternativa, si devono utilizzare i procedimenti di campionamento indicati dalla ISO 2859.

Nei casi b), c) e d), lo spessore di ciascuna area di riferimento deve essere uguale o maggiore dei valori dello "spessore locale del rivestimento" forniti nel prospetto di Tabella I. Lo spessore medio su tutte le aree di riferimento nel campione deve essere uguale o maggiore dei valori dello spessore medio del rivestimento forniti nel prospetto di Tabella I.

Quando lo spessore del rivestimento di zinco è determinato tramite il metodo magnetico, in conformità con la EN ISO 2178, le aree di riferimento devono avere le caratteristiche ed essere rappresentative di quelle che sarebbero state scelte per il metodo gravimetrico.

Quando si devono prendere più di cinque articoli per comporre un'area di riferimento di almeno 1000 mm², si deve prendere una singola misurazione magnetica per ogni articolo, nel caso esista un'area di superficie significativa adatta: in caso contrario, si deve utilizzare la prova gravimetrica.

All'interno di ciascuna area di riferimento, che dovrebbe essere di almeno 1 000 mm², si devono prendere un minimo di cinque letture per la prova magnetica sulle aree rivestite. Se qualcuna delle singole letture è minore dei valori forniti nel prospetto di Tabella I, ciò è irrilevante, poiché si richiede che solo il valore medio per l'intera area di riferimento sia uguale o maggiore dello spessore locale fornito nel prospetto. Lo spessore medio del rivestimento per tutte le aree di riferimento deve essere calcolato in modo simile, sia per le prove magnetiche sia per le prove gravimetriche (EN ISO 1460). Le misurazioni dello spessore non devono essere prese su superfici tagliate o aree che siano a meno di 10 mm dai bordi, superfici



tagliate a fiamma o spigoli .

Le prove devono essere effettuate alla presenza della Direzione Lavori con attrezzature e personale qualificato messi a disposizione a cura e onere dell'appaltatore. Le aree interessate da prova verranno definite in accordo con la Direzione Lavori.

Dalle prove effettuate dovrà essere steso apposito verbale a firma di laboratorio prove ufficiale che sarà fornito alla Direzione Lavori.

4.1.7 Criteri di accettazione

I campioni sottoposti a prova, in conformità con quanto indicato nel capitolo 6.1.5 per il numero appropriato di aree di riferimento, devono avere uno spessore del rivestimento non minore dei valori forniti nel prospetto di Tabella I. Eccetto nei casi di controversie, si devono utilizzare le prove non distruttive, a meno che il committente non accetti specificamente che gli articoli possano essere tagliati per determinare le perdite in massa del rivestimento. Se gli articoli comprendono un numero di spessori di acciaio differenti, ciascun gruppo di spessori deve essere trattato come un articolo separato e si devono applicare i relativi valori nel prospetto di Tabella I. Se lo spessore del rivestimento in un campione di controllo non è conforme a questi requisiti, un numero doppio di articoli (o tutti gli articoli rimasti, se il numero è minore), deve essere prelevato dal lotto e sottoposto a prova. Se questo campione più grande passa, l'intero lotto di ispezione deve essere accettato. Se il campione più grande non passa il controllo, gli articoli che non sono conformi ai requisiti devono essere scartati, oppure il committente può concedere l'autorizzazione a ripetere la zincatura.

4.1.8 Riparazione

Le aree complessive non rivestite da riparare da parte dello zincatore non devono essere maggiori dello 0,5% dell'area di superficie totale di un componente. Ciascuna area non rivestita da riparare non deve essere maggiore di 10 cm². Se le aree non rivestite sono più grandi, l'articolo contenente tali aree deve essere



nuovamente zincato, se non diversamente concordato tra committente e zincatore.

La riparazione deve avvenire mediante spruzzatura a caldo di zinco (la EN 22063 è pertinente) o mediante una vernice ricca di zinco, tenendo conto dei limiti pratici di tali sistemi. È inoltre ammesso l'uso di una lega di zinco in barrette. Il committente o l'utilizzatore finale devono essere messi al corrente dallo zincatore circa il metodo di riparazione.

4.2 VERNICIATURA

4.2.1 Generalità

Tutte le superfici delle strutture in acciaio aventi funzione definitiva dovranno essere protette contro la corrosione mediante cicli di verniciatura definiti nel presente capitolo.

Non saranno accettati prodotti verniciati che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'APPALTATORE l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee.

Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati. Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura e umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto. Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato.

I prodotti impiegati per le verniciature dovranno essere di primarie marche. E' facoltà della Direzione Lavori del Committente rifiutare prodotti di marche che non diano sicuro affidamento di buona qualità.

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'APPALTATORE dovrà consegnare alla Direzione Lavori del Committente campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti il ciclo, con i



relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di 0,500 kg cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

La Direzione Lavori del Committente, a sua cura ed a spese dell'APPALTATORE, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso laboratori di sua fiducia per verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori del Committente formalizzerà l'autorizzazione all'APPALTATORE all'applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'APPALTATORE, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sottoposti a prova.

L'APPALTATORE è tenuto a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato, per un periodo di dieci anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'APPALTATORE resta obbligato ad eseguire a propria cura e spese i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superassero il 20% della superficie totale, l'APPALTATORE sarà tenuta ad eseguire a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a congruaggio, al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'APPALTATORE è tenuto inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.



4.2.2 Normativa di riferimento

Per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il trattamento di verniciatura si dovrà fare riferimento e dovrà essere conforme alle norme UNI EN ISO 12944.

4.2.3 Classificazione degli ambienti

Le sollecitazioni corrosive alle quali una struttura di acciaio è esposta rappresentano un parametro essenziale per la scelta delle verniciature protettive appropriate in conformità alla ISO 12944-5.

Successivamente verranno indicate sei classi di corrosività atmosferica:

C1 molto bassa;

C2 bassa;

C3 media;

C4 alta;

C5-I molto alta (industriale);

C5-M molto alta (marina);

Per determinare la classe di corrosività è fortemente raccomandata l'esposizione di provette di riferimento. Il prospetto di Tabella IV definisce le classi di corrosività in termini di perdita di massa o di spessore subita da queste provette di acciaio e/o di zinco dopo il primo anno di esposizione. Per i dettagli sulle provette e sul loro trattamento prima dell'esposizione vedere ISO 9226. Estrapolare all'anno le perdite di massa o di spessore determinate per tempi di esposizione più brevi, oppure più lunghi, non fornisce risultati affidabili e pertanto non è ammesso. Le perdite di massa o di spessore determinate sulle provette di acciaio oppure di zinco possono talvolta indicare una diversa classificazione. In questi casi vale la classe di corrosività più alta. Se non è possibile esporre provette di riferimento nell'ambiente di effettivo interesse, la classe di corrosività può essere stimata semplicemente considerando gli esempi di ambienti tipici riportati nel

prospetto di Tabella IV (Questi esempi sono informativi e talvolta possono essere fuorvianti. Solo le effettive misurazioni della perdita di massa o di spessore forniscono la corretta classificazione).

Tabella IV - Classi di corrosività atmosferica ed esempi di ambienti tipici

Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie/perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		All'esterno	All'interno
	Perdita di massa g/m ²	Perdita di spessore µm	Perdita di massa g/m ²	Perdita di spessore µm		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi.
C2 bassa	da > 10 a 200	da > 1,3 a 25	da > 0,7 a 5	da > 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento. Soprattutto aree naturali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esempio depositi, locali sportivi.
C3 media	da > 200 a 400	da > 25 a 50	da > 5 a 15	da > 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità e un certo inquinamento atmosferico; per esempio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici.
C4 alta	da > 400 a 650	da > 50 a 80	da > 15 a 30	da > 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
C5-I molto alta (industriale)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
C5-M molto alta (marina)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
<p>Nota 1 - I valori delle perdite utilizzati per le classi di corrosività sono identici a quelli indicati nella ISO 9223.</p> <p>Nota 2 - Nelle aree costiere, in zone calde e umide, le perdite di spessore possono superare i limiti della classe C5-M. Pertanto occorre prendere precauzioni particolari nella scelta della verniciatura protettiva per le strutture situate in queste aree.</p>						

Per strutture immerse in acqua o interrate, la corrosione di solito è localizzata ed è difficile definire delle classi di corrosività. Tuttavia possono essere descritti diversi ambienti. Il prospetto di Tabella V presenta tre diversi ambienti con le loro designazioni.

Tabella V - Classi per strutture immerse in acqua o interrate

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

4.2.4 Preparazione della superficie

Prima della verniciatura la superficie dovrà essere preparata, l'obiettivo principale della preparazione della superficie è rimuovere il materiale dannoso e ottenere una superficie che permetta una soddisfacente adesione all'acciaio del primo strato di pittura. Inoltre questa preparazione contribuisce a ridurre la quantità dei contaminanti che possono provocare corrosione.

Per scegliere il metodo di preparazione della superficie, è necessario tenere conto del grado di preparazione richiesto per ottenere un determinato livello di pulitura e, se richiesto, un profilo di superficie (rugosità) appropriato al sistema di rivestimento da applicare alla superficie di acciaio.

I metodi di preparazione della superficie sono i seguenti:

Pulitura con acqua o solventi e pulitura chimica;

Pulitura meccanica compresa la sabbiatura;

Pulitura alla fiamma;

Per le modalità di pulitura sopra elencate si veda la norma UN EN ISO 12944-4.

Se il grado di preparazione specificato non è stato ottenuto con il metodo di preparazione scelto o se lo stato della superficie preparata è cambiato prima dell'applicazione del ciclo di verniciatura, si devono ripetere quelle fasi del procedimento che permettono di ottenere il grado di preparazione specificato.



4.2.4.1 GRADO DI PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

Vi sono due tipi di preparazione delle superfici:

- La preparazione primaria (totale) della superficie (preparazione di tutta la superficie fino all'acciaio nudo): Questo tipo di preparazione serve ad eliminare la calamina, la ruggine, i rivestimenti esistenti e i contaminanti. Dopo la preparazione primaria l'intera superficie consiste di acciaio nudo. Gradi di preparazione: Sa, St, Fl e Be.
- La preparazione secondaria (parziale) della superficie (conservando le parti sane dei rivestimenti organici e metallici): Questo tipo di preparazione della superficie serve ad eliminare la ruggine e i contaminanti, lasciando intatti i rivestimenti di pitture o metallici. Gradi di preparazione: P Sa, P St e P Ma.

I gradi di preparazione sono elencati nelle due tabelle seguenti.

Tabella VI - Gradi normalizzati per preparazione primaria (totale) della superficie

Grado normalizzato di preparazione ¹⁾	Metodo di preparazione della superficie	Esempi fotografici rappresentativi nella ISO 8501-1 ^{2) 3) 4)}	Caratteristiche essenziali delle superfici preparate Per ulteriori dettagli, compreso il trattamento prima e dopo la preparazione della superficie (colonna 2), vedere ISO 8501-1	Campo di applicazione
Sa 1	Sabbatura (6.2.3)	B Sa 1 C Sa 1 D Sa 1	Rimozione solo di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti ⁵⁾ .	Preparazione della superficie di: a) superfici di acciaio non rivestito; b) superfici di acciaio rivestito, se i rivestimenti sono rimossi in misura tale da raggiungere il grado di preparazione specificato ⁶⁾ .
Sa 2		B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	Rimozione della maggior parte di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni contaminazione residua deve essere ben aderente.	
Sa 2½		A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
Sa 3 ⁷⁾		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. La superficie deve avere un colore metallico uniforme.	
St 2	Pulitura con utensili manuali o meccanici (6.2.1, 6.2.2)	B St 2 C St 2 D St 2	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti ⁵⁾ .	
St 3		B St 3 C St 3 D St 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti ⁵⁾ . Comunque la superficie deve essere trattata molto più a fondo che per St 2, fino a presentare un riflesso metallico dovuto al substrato metallico.	
FI	Pulitura alla fiamma (6.3)	A FI B FI C FI D FI	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni residuo deve presentarsi solo come uno scolorimento della superficie (ombre di diversi colori).	⁶⁾
Be	Decapaggio acido (6.1.8)		Rimozione completa di calamina, ruggine e residui di verniciature. La verniciatura deve essere rimossa con mezzi idonei prima del decapaggio acido.	Prima della zincatura a caldo, per esempio.
<p>1) Legenda dei simboli usati: Sa = sabbatura (ISO 8501-1) St = pulitura mediante utensili manuali o meccanici (ISO 8501-1) FI = pulitura alla fiamma (ISO 8501-1) Be = decapaggio acido</p> <p>2) A, B, C e D sono le condizioni iniziali delle superfici di acciaio non rivestite (vedere ISO 8501-1).</p> <p>3) Gli esempi fotografici rappresentativi mostrano unicamente superfici o zone di superfici che non erano mai state rivestite.</p> <p>4) Nel caso di superfici di acciaio con rivestimenti metallici verniciati o non verniciati può essere concordata una analoga indicazione di certi gradi normalizzati di preparazione, purché siano tecnicamente realizzabili nelle condizioni date.</p> <p>5) La calamina è considerata poco aderente se può essere rimossa per sollevamento con una spatola per stucco.</p> <p>6) I fattori che influenzano la valutazione devono essere oggetto di particolare attenzione.</p> <p>7) Questo grado di preparazione della superficie può essere ottenuto e mantenuto solo in determinate condizioni, che non è possibile realizzare in loco.</p>				

Tabella VII - Gradi normalizzati di preparazione secondaria (parziale) della superficie

Grado normalizzato di preparazione ¹⁾	Metodo di preparazione della superficie	Esempi fotografici rappresentativi nella ISO 8501-1 o ISO 8501-2 ^{2) 4) 5)}	Caratteristiche essenziali delle superfici preparate Per ulteriori dettagli, compreso il trattamento prima e dopo la preparazione della superficie (colonna 2), vedere ISO 8501-2	Campo di applicazione
P Sa 2 ³⁾	Sabbiatura localizzata	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2 (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di rivestimenti non aderenti, della maggior parte di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni contaminazione residua deve essere ben aderente.	Preparazione delle superfici di acciaio rivestite sulle quali rimangono dei rivestimenti ⁷⁾ .
P Sa 2 1/2 ³⁾		B Sa 2 1/2 C Sa 2 1/2 D Sa 2 1/2 (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
P Sa 3 ^{3) 8)}		C Sa 3 D Sa 3 (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. La superficie deve avere un colore metallico uniforme.	
P Ma ³⁾	Abrasione meccanica localizzata	P Ma	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
P St 2 ³⁾	Pulitura localizzata con utensili manuali o meccanici	C St 2 D St 2	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di calamina, ruggine e materiali estranei poco aderenti dalla superficie delle altre parti.	
P St 3 ³⁾		C St 3 D St 3	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti ⁶⁾ . Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti dalla superficie delle altre parti. Comunque la superficie deve essere trattata molto più a fondo che per P St 2, fino a presentare un riflesso metallico dovuto al substrato metallico.	

Note al prospetto precedente:

1) Legenda dei simboli usati:

P Sa = sabbiatura localizzata di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2)

P St = pulitura localizzata con utensili manuali o meccanici di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2)

P Ma = abrasione meccanica localizzata di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2).

2) Nel caso di superfici di acciaio con rivestimenti metallici verniciati o non verniciati può essere concordata un'analogia applicazione di certi gradi normalizzati di preparazione, purché siano tecnicamente realizzabili nelle



condizioni date.

3) P è usato come lettera-codice per il grado di preparazione nel caso delle superfici precedentemente rivestite con rivestimenti ben aderenti che possono essere conservati. Le principali caratteristiche di ciascuna delle due zone di superficie preparate, quella con il rivestimento ben aderente e quella senza alcun residuo di rivestimento, sono specificate separatamente nella colonna appropriata. I gradi P si riferiscono sempre a tutta la superficie da rivestire e non solo alle zone di superficie che dopo la preparazione della superficie sono prive di rivestimento. Per quanto riguarda il trattamento dei rivestimenti rimasti, vedere ISO 8501-2:1994, punto 4.5.

4) Non esistono riferimenti fotografici specifici per i gradi P, perché l'aspetto della superficie totale così preparata è significativamente influenzata dal tipo di rivestimento esistente e dal suo stato. Per le zone di superficie senza rivestimenti si usano gli esempi fotografici forniti per i corrispondenti gradi senza la P. Come ulteriore chiarimento dei gradi P, la ISO 8501-2 presenta diversi esempi fotografici di queste superfici prima e dopo il trattamento. Nel caso dei gradi P Sa 2, P St 2 e P St 3, per i quali non esistono fotografie disponibili, l'aspetto dei rivestimenti rimasti è analogo a quello di grado P Sa 22 o P Ma.

5) I rivestimenti sono considerati ben aderenti se non possono essere rimossi sollevandoli con una spatola da stucco.

6) I fattori che influenzano la valutazione devono essere oggetto di particolare attenzione.

7) Dovrebbero essere preferibilmente conosciute le seguenti informazioni sul rivestimento esistente:

a) il tipo del rivestimento di pitture (per esempio tipo di legante e di pigmento) o del rivestimento metallico, come pure il suo spessore approssimato e la data della sua applicazione;

b) il grado di arrugginimento come definito nella ISO 4628-3, con i dettagli sulla



corrosione sotto-pellicolare, se necessario;

c) il grado di vescicamento, come definito nella ISO 4628-2;

d) informazioni supplementari riguardanti per esempio l'aderenza (per esempio dopo le prove descritte nella ISO 2409), la screpolatura (ISO 4628-4), lo sfogliamento (ISO 4628-5), i contaminanti chimici o di altro tipo, e ogni altro dettaglio importante. La verifica della compatibilità del rivestimento previsto con i rivestimenti esistenti o loro residui è parte integrante del progetto di verniciatura.

8) Questo grado di preparazione della superficie può essere ottenuto e mantenuto solo in determinate condizioni, che non è possibile realizzare in loco.

4.2.4.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI ZINCATE PER IMMERSIONE A CALDO

Superfici non esposte agli agenti atmosferici

Le zone difettose o danneggiate della zincatura devono essere riparate in modo che ne sia ripristinato il potere protettivo. I contaminanti delle superfici zincate a caldo, non esposte agli agenti atmosferici, come per esempio grasso, olio, residui di liquido fondente o di materiali per marcare, devono essere eliminati. Il rivestimento di zinco può essere trattato con una sabbiatura di spazzolatura usando un abrasivo non metallico. Qualsiasi altro tipo di trattamento deve essere conforme alla specifica. Dopo la sabbiatura di spazzolatura, il rivestimento di zinco deve essere continuo ed esente da danneggiamenti meccanici. Le superfici zincate devono essere esenti da contaminanti aderenti o inglobati, che potrebbero diminuire la durabilità del rivestimento di zinco e per conseguenza della verniciatura successivamente applicata.

Esempi di irregolarità nel rivestimento di zinco sono:

- zone di sovrasspessore;
- fori di spillo;
- mancanza di aderenza fra lo zinco e l'acciaio;



- gocciolature di zinco;
- cenere di zinco.

Dopo la sabbiatura di spazzolatura la superficie deve avere un aspetto uniforme e opaco. La rugosità superficiale e la perdita massima di zinco devono essere concordate fra le parti interessate.

Superfici esposte agli agenti atmosferici

Sulle superfici zincate a caldo esposte agli agenti atmosferici si formano prodotti di corrosione dello zinco (ruggine bianca) e i contaminanti possono accumularsi. Queste superfici devono essere preparate con metodi idonei scelti in base alla natura e alla quantità dei contaminanti. I prodotti di ossidazione, certi sali e alcuni altri contaminanti possono essere rimossi per lavaggio con acqua dolce addizionata di detergente e utilizzando tamponi abrasivi, seguito da un accurato lavaggio con acqua calda. In alternativa, può essere idoneo l'uso di acqua calda o di acqua sotto pressione, la pulitura con vapore, una sabbiatura di spazzolatura o una pulitura con utensili manuali o meccanici.

4.2.4.3 VALUTAZIONE DELLE SUPERFICI PREPARATE

Dopo il procedimento di preparazione della superficie (pulitura) come specificato, le superfici preparate devono essere valutate come descritto nella ISO 8501-1 o nella ISO 8501-2: ossia la pulizia è valutata soltanto in base all'aspetto della superficie. In molti casi questo sistema è sufficiente per lo scopo, ma per rivestimenti che possono essere esposti ad ambienti severi, come una immersione in acqua o una condensa continua, occorre prendere in considerazione prove che permettano di ricercare sulla superficie visivamente pulita sali solubili ed altri contaminanti non visibili, utilizzando i metodi fisici e chimici descritti nelle diverse parti della ISO 8502.



4.2.5 TIPI DI PITTURE

Successivamente si elencano una serie di sistemi di verniciatura largamente usati per la protezione delle strutture di acciaio alla corrosione. I leganti tipici di queste pitture sono citati successivamente.

4.2.5.1 PITTURE ESSICCANTI AD ARIA

Il film indurisce per l'evaporazione dei solventi organici o dell'acqua, seguita da una reazione del legante con l'ossigeno dell'aria.

I principali tipi di leganti sono:

- gli alchidici;
- gli alchidici uretanici;
- gli esteri epossidici.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla temperatura. La reazione con l'ossigeno può avvenire anche a 0 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.

4.2.5.2 PITTURE AD ESSICCAZIONE FISICA

Queste pitture possono essere in solvente o in acqua.

4.2.5.2.1 PITTURE IN SOLVENTE

Il film essicca per evaporazione dei solventi. Il processo è reversibile, ossia il film secco rimane solubile nei suoi solventi originali.

I principali tipi di leganti sono:

- clorocaucciù;
- copolimeri del cloruro di vinile (noti anche come PVC);
- resine acriliche;



- bitume.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. L'essiccazione può aver luogo anche a 0 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.

4.2.5.2.2 PITTURE ALL'ACQUA

In queste pitture il legante è disperso in acqua. Il film indurisce per evaporazione dell'acqua e per l'aggregarsi delle particelle del legante disperso in un film continuo (coalescenza). Il processo non è reversibile, cioè questo rivestimento non è ridispersibile in acqua dopo l'essiccazione.

I principali tipi di leganti sono:

- dispersioni acriliche;
- dispersioni viniliche;
- dispersioni poliuretaniche.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla ventilazione, dall'umidità relativa e dalla temperatura. L'essiccazione può aver luogo anche a +3 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.

4.2.5.3 PITTURE A INDURIMENTO CHIMICO

In genere questo tipo di pitture è formato da un componente base e da un agente indurente. Il film essicca per evaporazione dei solventi, se presenti, e successiva reazione chimica fra la base e l'indurente.

Si utilizzano i tipi citati nei capitoli seguenti.

4.2.5.3.1 PITTURE EPOSSIDICHE BICOMPONENTI

Componente base

I leganti nel componente base sono polimeri che hanno gruppi epossidici che



reagiscono con gli appropriati agenti indurenti.

I principali tipi di leganti sono:

- epossidici;
- epossi-vinilici/epossi-acrilici;
- combinazioni epossidiche (per esempio epossi-idrocarboniche o epossi-catrame).

Possono essere formulati in solvente, in acqua o senza solventi. Le pitture epossidiche sfarinano se esposte alla luce del sole. Se è richiesta una buona ritenzione del colore o della brillantezza, lo strato di finitura dovrebbe essere un poliuretano alifatico (6.2.5.3.2) o un prodotto ad essiccazione fisica (6.2.5.2).

Agente indurente

Gli indurenti più comunemente usati sono le poliamminoammine (poliammine), le poliamminoammidi (poliammidi) o loro addotti. Le poliammidi sono le più adatte per gli strati di fondo per le loro buone proprietà di bagnamento. Le poliammine portano a rivestimenti che generalmente offrono una migliore resistenza agli agenti chimici.

L'indurimento non richiede esposizione all'aria. Tuttavia il tempo di essiccazione è influenzato, fra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. La reazione di indurimento può aver luogo anche a +5 °C.

4.2.5.3.2 POLIURETANI BICOMPONENTI

Componente base

I leganti sono polimeri con gruppi ossidrilici liberi, che reagiscono con appropriati agenti indurenti.

Possono essere formulati in solvente o senza solventi.

I principali tipi di leganti sono:



- poliestere;
- acrilati;
- epossidici;
- polieteri;
- resine fluorurate.

Agente indurente

Gli indurenti più comunemente utilizzati sono i poliisocianati aromatici o alifatici. La persistenza della brillantezza e del colore dei prodotti induriti con i poliisocianati alifatici è eccellente, se combinati con un tipo di componente base idoneo. Come indurenti, i poliisocianati aromatici permettono una essiccazione più rapida, ma sono meno adatti all'esposizione all'esterno, perché tendono a sfarinare e a scolorire più rapidamente.

L'indurimento non richiede l'esposizione all'aria. Tuttavia il tempo di essiccazione è influenzato, tra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. La reazione di indurimento può aver luogo anche a 0 °C, ed anche meno, ma l'umidità relativa dovrebbe essere mantenuta nell'intervallo raccomandato dal produttore della pittura, per evitare la formazione di bolle e di fori di spillo.

4.2.5.3.3 *PITTURE CHE INDURISCONO CON L'UMIDITÀ*

Il film essicca per evaporazione dei solventi. Indurisce per reazione chimica con l'umidità dell'aria.

I principali tipi di leganti sono:

- poliuretani (monocomponenti);
- alchil-silicati, per esempio;
- silicato di etile (bicomponente);



- silicato di etile (monocomponente).

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla temperatura, dalla ventilazione, dall'umidità e dallo spessore del film. La reazione di indurimento può aver luogo anche a 0 °C, ed anche meno, a condizione che l'aria mantenga un certo tasso di umidità. L'indurimento è tanto più lento quanto più è bassa l'umidità. Per evitare formazione di bolle, fori di spillo, sfogliamenti, ecc. nel rivestimento, è importante seguire le istruzioni del produttore sui limiti dell'umidità, dell'umidità relativa, dello spessore del film umido e secco.

4.2.6 TIPI DI PRIMER

I prospetti da Tabella VIII a Tabella XIV forniscono informazioni sui tipi di primer da impiegare, e indicano se il primer è uno zincante o è basato su altri pigmenti. Per i primer zincanti, il contenuto minimo di zinco in polvere sulla parte non volatile della pittura deve essere l'80% in massa (m/m), sia per i leganti organici che inorganici. Questo è un dato di base per le durabilità indicate nei prospetti da Tabella VIII a Tabella XIII per i sistemi di verniciatura con primer zincanti. Lo zinco in polvere deve soddisfare i requisiti specificati nella ISO 3549. Nella ASTM D 2371-85, Standard Test Method for Pigment Content of Solvent-Reducible Paints, è descritto un metodo per la determinazione del contenuto in zinco in polvere nella parte non volatile delle pitture.

Un contenuto più alto di zinco in polvere in genere migliora la durabilità del sistema di verniciatura.

4.2.7 SISTEMI DI VERNICIATURE

I prospetti riportati nelle tabelle seguenti forniscono esempi di sistemi di verniciatura possibili per diversi ambienti. Le pitture impiegate per tutti questi sistemi devono essere in grado di sopportare le sollecitazioni corrosive più forti della classe di corrosività o di immersione interessata.

Gli spessori dei film indicati nei prospetti seguenti sono gli spessori nominali dei



film secchi. Gli spessori dei film secchi sono generalmente controllati sul sistema completo di verniciatura. Se necessario, lo spessore del film secco dello strato di fondo o di altre parti del sistema di verniciatura può essere misurato separatamente. La rugosità della superficie di acciaio ha un'influenza differente sulla misura in funzione della taratura dello strumento, del metodo di misurazione e dello spessore del film. La ISO 2808 descrive i metodi per misurare lo spessore del film.

Se non diversamente concordato, in nessun punto lo spessore del film secco deve essere minore dell'80% dello spessore nominale. Se non diversamente concordato, valori compresi fra l'80% e il 100% dello spessore nominale del film secco sono accettabili purché la media aritmetica totale sia uguale o maggiore dello spessore nominale. Si deve fare attenzione a raggiungere lo spessore nominale del film secco e ad evitare zone di sovrasspessore. Si raccomanda che lo spessore massimo del film secco non sia maggiore di 3 volte lo spessore nominale.

Il numero di strati e gli spessori del film secco citati nei prospetti seguenti presuppongono l'impiego dell'applicazione senza aria. L'applicazione a rullo, a pennello o a spruzzo convenzionale produce del film secco di spessore minore, ed è necessario un maggior numero di strati per ottenere una verniciatura di uguale spessore del film secco.

Tabella VIII - Sistemi di verniciatura per la classe di corrosività C2

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i				Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante ⁶⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁶⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta	
S2.01	x		AK	Misc.	1	40	AK	1	40	2	80				
S2.02		x			1	40		1	40	2	80				
S2.03	x				2	80		1	40	3	120				
S2.04		x			1-2	80		1	40	2-3	120				
S2.05	x				2	80		1-2	80	3-4	160				
S2.06		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.07	x				1-2	80		2-3	120	3-5	200				
S2.08		x			1-2	100		-	-	-	1-2	100			
S2.09	x				2	80		AY, CR, PVC ⁴⁾	1-2	80	3-4	160			
S2.10		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.11		x	AY		1-2	100	-	-	-	1-2	100				
S2.12		x			1	80	AY	1	40	2	120				
S2.13	x		AY, CR, PVC		2	80	AY, CR, PVC	1-2	80	3-4	160				
S2.14		x			1-2	80	1-2	80	2-4	160					
S2.15		x	EP		1-2	80	EP, PUR ⁵⁾	1	40	2-3	120				
S2.16		x			1-2	80	1-2	80	2-4	160					
S2.17		x	EP, PUR	Zn (R)	1-2	80	-	-	-	1-2	80				
S2.18		x	ESI		1	80	-	-	-	1	80				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo			Pitture (liquide)				Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)			
					N° dei componenti	Prodotti all'acqua possibili								N° dei componenti	Prodotti all'acqua possibili
			Mono-compo-nente		Bicom-pONENTE							Mono-compo-nente		Bicom-pONENTE	
AK = Alchidico			x			x	AK = Alchidico					x			x
CR = Clorocaucciù			x				CR = Clorocaucciù					x			
AY = Acrilico			x			x	AY = Acrilico					x			x
PVC = Polivinil cloruro			x				PVC = Polivinil cloruro					x			
EP = Epossidico					x	x	EP = Epossidico							x	x
ESI = Silicato di etile			x		x		PUR = Poliuretano					x		x	
PUR = Poliuretano			x												
1) Per St 2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento C come definito nella ISO 8501-1. Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.															
2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.															
3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.															
4) Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura.															
5) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.															
6) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.															

Tabella IX - Sistemi di verniciatura per la classe di corrosività C3

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)					
	St 2	Sa 2½	Legante ⁹⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁹⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta			
S3.01	x		AK	Misc.	2	80	AK	1	40	3	120						
S3.02		x			1-2	80		1	40	2-3	120						
S3.03	x				2	80		1-2	80	3-4	160						
S3.04		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160						
S3.05	x				1-2	80		2-3	120	3-5	200						
S3.06		x			1-2	80		2-3	120	3-5	200						
S3.07		x			1-2	80		AY, CR, PVC ⁴⁾	2-3	120	3-5	200					
S3.08		x			1-2	80			2-3	160	3-5	240					
S3.09		x						1-2	80	BIT ⁴⁾	2	160	3-4	240			
S3.10		x			AY, CR, PVC			1-2	80		2	160	3-4	240			
S3.11	x		2	80		AY, CR, PVC	1-2	80	3-4	160							
S3.12		x	1-2	80			1-2	80	2-4	160							
S3.13		x	1-2	80			2-3	120	3-5	200							
S3.14		x	1-2	80	2-3		160	3-5	240								
S3.15		x	EP		1	160	AY EP, PUR ⁵⁾	1	40	2	200						
S3.16		x		1-2	80	1		40	2-3	120							
S3.17		x		1-2	80	1-2		80	2-4	160							
S3.18		x		1-2	80	2-3		120	3-5	200							
S3.19		x		1-2	80	2-3		160	3-5	240							
S3.20		x	EP, PUR	Zn (R)	1-2	80	-	-	-	1-2	80						
S3.21		x	EP, PUR ⁶⁾		1	40	EP, PUR ⁵⁾	1-2	120	2-3	160						
S3.22		x			1	40		2-3	160	3-4	200						
S3.23		x			1	40	AY, CR, PVC	1-2	120	2-3	160						
S3.24		x			1	40		2-3	160	3-4	200						
S3.25		x	ESI ⁷⁾		1	80	-	-	-	1	80						
S3.26		x		1	80	AY, CR, PVC	1-2	80	2-3	160							
S3.27		x		1	80		2-3	120	3-4	200							
S3.28		x		1	80	EP, PUR ⁵⁾	1-2	80	2-3	160							
S3.29		x		1	80		2-3	120	3-4	200							
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)					
				N° del componenti		Prodotti all'acqua possibill						N° del componenti		Prodotti all'acqua possibill			
				Mono-compo-nente	Bicom-po-nente							Mono-compo-nente	Bicom-po-nente				
AK = Alchidico				x		x	AK = Alchidico					x		x			
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x					

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante ⁸⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁸⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta
PVC = Polivinil cloruro				X			PVC = Polivinil cloruro					X		
AY = Acrilico				X		X	AY = Acrilico					X		X
EP = Epossidico					X	X	EP = Epossidico						X	X
ESI = Silicato di etile					X		PUR = Poliuretano					X	X	
PUR = Poliuretano				X			BIT = Bitume					X		
1) Per St 2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento C come definito nella ISO 8501-1. Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1. 2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi. 3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli. 4) Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura. 5) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico. 6) È anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi. 7) Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento. 8) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.														

Tabella X - sistemi di verniciatura per classi di corrosività C4

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)				
	St 2	Sa 2½	Legante ⁸⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁸⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta		
S4.01		x	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-3	120	3-5	200					
S4.02		x				1-2	80	BIT ⁴⁾	2	160	3-4	240				
S4.03		x				1-2	80			2-3	200	3-5	280			
S4.04		x				1-2	80		AY, CR, PVC ⁴⁾	2-3	120	3-5	200			
S4.05		x				1-2	80			2-3	160	3-5	240			
S4.06		x	AY, CR, PVC			1-2	80	BIT ⁴⁾	2	160	3-4	240				
S4.07		x				1-2	80			2-3	200	3-5	280			
S4.08		x				1-2	80	AY, CR, PVC	2-3	120	3-5	200				
S4.09		x				1-2	80			2-3	160	3-5	240			
S4.10		x	EP			1	160	EP, PUR ⁵⁾	1	40	2	200				
S4.11		x				1	160			1	120	2	280			
S4.12		x				1-2	80			2-3	120	3-5	200			
S4.13		x				1-2	80			2-3	160	3-5	240			
S4.14		x				1-2	80			2-3	200	3-5	280			
S4.15		x				1-2	80			3-4	240	4-6	320			

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante ⁹⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁹⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ⁹⁾ µm	Bassa	Media	Alta
S4.16		x	EP, PUR ⁶⁾	Zn (R)	1	40	AY, CR, PVC	1-2	120	2-3	160			
S4.17		x			1	40		2-3	160	3-4	200			
S4.18		x			1	40		2-3	200	3-4	240			
S4.19		x			1	40	EP, PUR ⁶⁾	1-2	120	2-3	160			
S4.20		x			1	40		2-3	160	3-4	200			
S4.21		x			1	40		2-3	200	3-4	240			
S4.22		x			1	40		2-3	240	3-4	280			
S4.23		x			1	40		3-4	280	4-5	320			
S4.24		x	ESI ⁷⁾	Zn (R)	1	80	-	-	-	1	80			
S4.25		x			1	80	AY, CR, PVC	1-2	80	2-3	160			
S4.26		x			1	80		2-3	120	3-4	200			
S4.27		x			1	80		2-3	160	3-4	240			
S4.28		x			1	80	EP, PUR ⁶⁾	1-2	80	2-3	160			
S4.29		x			1	80		2-3	120	3-4	200			
S4.30		x			1	80		2-3	160	3-4	240			
S4.31		x			1	80		2-3	200	3-4	280			
S4.32		x			1	80		3-4	240	4-5	320			
Leganti per lo/gli strato/i di fondo					Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)	
			N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili	
			Mono-compo-nente	Bicom-ponte							Mono-compo-nente	Bicom-ponte		
AK = Alchidico			x		x	AK = Alchidico					x		x	
CR = Clorocaucciù			x			CR = Clorocaucciù					x			
AY = Acrilico			x		x	PVC = Polivinil cloruro					x			
EP = Epossidico				x	x	AY = Acrilico					x		x	
ESI = Silicato di etile			x	x		BIT = Bitume					x			
PUR = Poliuretano			x			EP = Epossidico						x	x	
						PUR = Poliuretano					x	x		

1)

Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.

2)

Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.

3)

NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.

4)

Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura.

5)

Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.

6)

E anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.

7)

Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.

8)

Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.

Tabella XI - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività C5-I

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante ⁷⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁷⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta
S6.01		x	CR	Misc.	1-2	80	AY, CR, PVC	2	120	3-4	200			
S6.02		x	EP, PUR		2	120		1-2	80	3-4	200			
S6.03		x			1	80	EP, PUR ⁴⁾	3	200	4	280			
S6.04		x			1-2	80		3-4	240	4-6	320			
S6.05		x	EP, PUR ⁵⁾	Zn (R)	1	40		2	120	3	160			
S6.06		x			1	40		3	200	4	240			
S6.07		x	ESI ⁶⁾		1	80	AY, CR, PVC	3	200	4	280			
S6.08		x			1	80		EP, PUR ⁴⁾	2-4	240	3-5	320		
S6.09		x		1	80	2-4	160		3-5	240				
S6.10		x		1	80	3	200	4	280					
S6.11		x		1	80	AY, CR, PVC	4	240	5	320				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)		
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili
				Mono-componente	Bicomponente							Mono-componente	Bicomponente	
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù				x			
EP = Epossidico					x	x	AY = Acrilico				x		x	
ESI = Silicato di etile				x	x		PVC = Polivinil cloruro				x			
PUR = Poliuretano				x			EP = Epossidico					x	x	
							PUR = Poliuretano				x	x		

1)

Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.

2)

Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi

3)

NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.

4)

Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.

5)

E anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR scelto sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.

6)

Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.

7)

Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.

Tabella XII - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività C5-M

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2 1/2	Legante ¹⁰⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ¹⁰⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta
S7.01		x	CR	Misc.	1-2	80	AY, CR, PVC	2	120	3-4	200			
S7.02		x	EP, PUR		1	80	EP, PUR ⁴⁾	2	120	3	200			
S7.03		x			1	150		1	150	2	300			
S7.04		x			1-2	80	3-4	240	4-6	320				
S7.05		x			1	400	-	-	-	1	400			
S7.06		x			1	250	EP, PUR ⁴⁾	1	250	2	500			
S7.07		x	EP, PUR ⁵⁾	Zn (R)	1	40		3	200	4	240			
S7.08		x			1	40	EP + CR ⁶⁾	2	200	3	240			
S7.09		x			1	40	EP, PUR ⁴⁾	3-4	280	4-5	320			
S7.10		x			1	40	CTV ⁶⁾	3	360	4	400			
S7.11		x			1	40	CTE ⁶⁾	3	360	4	400			
S7.12		x	ESI ⁶⁾		1	80	EP, PUR ⁴⁾	2-4	160	3-5	240			
S7.13		x			1	80	EP + CTE ⁶⁾	2	200	3	280			
S7.14		x			1	80	EP, PUR ⁴⁾	2-4	240	3-5	320			
S7.15		x	CTV ⁶⁾	Al ⁷⁾	1	100	CTV ⁶⁾	2	200	3	300			
S7.16		x	CTE ⁶⁾	Misc.	1	100	CTE ⁶⁾	2	200	3	300			
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)		
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili
				Mono-componente	Bicomponente							Mono-componente	Bicomponente	
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x		
EP = Epossidico					x	x	PVC = Polivinil cloruro					x		
ESI = Silicato di etile				x	x		EP = Epossidico						x	x
PUR = Poliuretano				x			PUR = Poliuretano					x	x	
CTV = Vinil-catrame				x			CTV = Vinil-catrame					x		
CTE = Catrame epossidico					x		CTE = Catrame epossidico						x	
							AY = Acrilico					x		x
1) Per Sa 2 1/2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.														
2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.														
3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.														
4) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.														
5) È anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.														
6) Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.														
7) Al = Fondo pigmentato con alluminio.														
8) Sono disponibili alternative al catrame.														
9) La prima abbreviazione si riferisce allo strato intermedio e la seconda allo strato di finitura.														
10) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.														

Tabella XIII - Sistemi di verniciatura per classi di immersione Im1, Im2e Im3

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie ¹⁾		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i				Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante ⁶⁾	Tipo di primer ²⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁶⁾	Numero di strati	NDFT ⁶⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	Bassa	Media	Alta	
S8.01		x	EP, PUR	Zn (R)	1	40	EP, PUR	2-4	320	3-5	360				
S8.02		x			1	40	CTPUR ⁵⁾	4	500	5	540				
S8.03		x	EP	Misc.	1	40	CTE ⁵⁾	3	400	4	440				
S8.04		x			1	80	EP, PUR	2	300	3	380				
S8.05		x			1	80	EP ⁴⁾	1	400	2	480				
S8.06		x	EP ⁴⁾		1	800	-	-	-	1	800				
S8.07		x	CTE ⁵⁾		1	120	CTE ⁵⁾	2	240	3	360				
S8.08		x			1	120		3	380	4	500				
S8.09		x			1	500	-	-	-	1	500				
S8.10		x	CTE ⁴⁾⁵⁾		1	1 000	-	-	-	1	1 000				
S8.11		x	CTPUR ⁵⁾		1	200	CTPUR ⁵⁾	1	200	2	400				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)			
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili	
				Mono-compo-nente	Bicom-pONENTE							Mono-compo-nente	Bicom-pONENTE		
EP = Epossidico					x		EP = Epossidico						x		
PUR = Poliuretano					x		PUR = Poliuretano					x	x		
CTE = Catrame epossidico					x		CTE = Catrame epossidico						x		
CTPUR = Poliuretano catrame				x	x		CTPUR = Poliuretano catrame					x	x		
1) Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.															
2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.															
3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.															
4) Tipo esente da solventi.															
5) Sono disponibili alternative al catrame.															
6) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.															

**Tabella XIV - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività da C2 a C5i e C5m Supporto:
Acciaio zincato a caldo**

Sistema di verniciatura N°	Strato/i di fondo			Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa ^{2) 6)} (vedere 5.5 e ISO 12944-1)														
	Legante ⁵⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Legante ⁵⁾	Numero di strati	NDFT ³⁾ µm	Numero di strati	NDFT totale ³⁾ µm	C2			C3			C4			C5-1			C5-M		
									L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
S9.01	PVC	-	-	PVC	1	80	1	80															
S9.02		1	40		1	80	2	120															
S9.03		1	80		1	80	2	160															
S9.04		1	80		2	160	3	240															
S9.05	AY	-	-	AY	1	80	1	80															
S9.06		1	40		1	80	2	120															
S9.07		1	80		1	80	2	160															
S9.08		1	80		2	160	3	240															
S9.09	EP oppure PUR	-	-	EP oppure PUR ⁴⁾	1	80	1	80															
S9.10		1	40		1	80	2	120															
S9.11		1	80		1	80	2	160															
S9.12		1	80		2	160	3	240															
S9.13		1	80		2-3	240	3-4	360															
Leganti per lo/gli strato/i di fondo					Pitture (liquide)				Leganti per lo/gli strato/i di finitura				Pitture (liquide)										
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili									
				Monocomponente		Bicomponente						Monocomponente		Bicomponente									
PVC = Polivinil cloruro				x				PVC = Polivinil cloruro				x											
AY = Acrilico				x		x		AY = Acrilico				x				x							
EP = Epossidico						x		EP = Epossidico						x		x							
PUR = Poliuretano						x		PUR = Poliuretano				x		x									

1)

La preparazione della superficie meccanica o chimica richiesta è descritta nella ISO 12944-4.

2)

In questo caso la durabilità è funzione dell'aderenza del sistema di verniciatura alla superficie zincata a caldo.

3)

NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.

4)

Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.

5)

Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.

6)

Una casella con ombreggiatura leggera grigia significa che i sistemi di verniciatura interessati non sarebbero generalmente utilizzati per queste classi di corrosività. Non sono elencati nei prospetti A.2 e/o A.3.

Tabella XV - Sistemi di verniciatura per le classi di corrosività da C2 a C5-I e C5-M.

Supporto: Superfici di acciaio spruzzato a caldo, sherardizzate o zincate elettroliticamente.

Supporto ¹⁾	Sigillatura/applicazione dello strato di fondo	Sistema di verniciatura (vedere i prospetti A.2, A.3, A.4, A.6 e A.7)
Acciaio rivestito con metallo spruzzato a caldo	Si raccomanda che la sigillatura o l'applicazione del primo strato del sistema di verniciatura sia eseguito entro 4 h. Se utilizzati, i sigillanti devono essere compatibili con il sistema di verniciatura successivo	C2: S2.11, S2.12, S2.13, S2.14, S2.15, S2.16 C3: S3.11, S3.12, S3.13, S3.14, S3.15, S3.16, S3.17, S3.18, S3.19 C4: S4.06, S4.07, S4.08, S4.09, S4.10, S4.11, S4.12, S4.13, S4.14, S4.15 C5-I: S6.01, S6.02, S6.03, S6.04 C5-M: S7.01, S7.02, S7.03, S7.04, S7.05, S7.06, S7.15, S7.16
Acciaio sherardizzato	Per le piccole parti ²⁾ non sono necessari pretrattamenti o sigillature	Gli stessi sistemi di verniciatura utilizzati per le parti principali degli elementi costitutivi
Acciaio zincato elettroliticamente		

1)

Vedere ISO 12944-4, punto 5.

2)

La protezione dalla corrosione mediante sherardizzazione o zincatura elettrolitica è utilizzata principalmente per piccole parti, come viti, dadi, bulloni.

4.2.7.1 PROVE DI LABORATORIO PER LA VALUTAZIONE DELLE VERNICIATURE

Nelle due tabelle seguenti vengono indicate le prove e le durate delle prove rispettivamente per verniciature applicate su substrati di acciaio e per verniciature applicate su acciaio zincato.



Tabella XVI - Procedimenti di prova per verniciature applicate su acciaio

Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2	Classe di durabilità	ISO 2812-1 ¹⁾ (resistenza chimica)	ISO 2812-2 (immersione in acqua)	ISO 6270 (condensa di acqua)	ISO 7253 (nebbia salina neutra)
		h	h	h	h
C2	Bassa	-	-	48	-
	Media	-	-	48	-
	Alta	-	-	120	-
C3	Bassa	-	-	48	120
	Media	-	-	120	240
	Alta	-	-	240	480
C4	Bassa	-	-	120	240
	Media	-	-	240	480
	Alta	-	-	480	720
C5-I	Bassa	168	-	240	480
	Media	168	-	480	720
	Alta	168	-	720	1 440
C5-M	Bassa	-	-	240	480
	Media	-	-	480	720
	Alta	-	-	720	1 440
Im1	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	720	-
	Alta	-	3 000	1 440	-
Im2	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	-	720
	Alta	-	3 000	-	1 440
Im3	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	-	720
	Alta	-	3 000	-	1 440

1) Utilizzare il metodo 1 (vedere 5.6 per i prodotti chimici da impiegare). Lo scopo della prova di resistenza chimica non è la valutazione delle proprietà di protezione dalla corrosione, ma della capacità di una verniciatura di resistere ad ambienti altamente industriali. Perciò la durata della prova rimane la stessa qualunque sia la classe di durabilità.
Per la classe di corrosività C5-I, il procedimento ISO 2812-1 può essere sostituito o integrato con la prova ISO 3231 (10 cicli, 240 h per durabilità "bassa"; 20 cicli, 480 h per durabilità "media"; 30 cicli, 720 h per durabilità "alta").

Tabella XVII - Procedimenti di prova per l'aderenza di verniciature applicate su acciaio zincato

Classi di corrosività come definite nella ISO 12944-2	Classe di durabilità	ISO 6270 (condensa di acqua) h
C2	Bassa	240
	Media	240
	Alta	240
C3	Bassa	240
	Media	240
	Alta	240
C4	Bassa	240
	Media	240
	Alta	480
C5-I	Bassa	240
	Media	480
	Alta	720
C5-M	Bassa	240
	Media	480
	Alta	720

4.2.7.1.1 I PROVINI

Substrati di acciaio

I provini devono essere del medesimo tipo di acciaio utilizzato nella pratica. Le dimensioni minime dei provini devono essere 150 mm x 70 mm. Lo spessore dei provini dipende dal tipo di prova, ma deve essere di almeno 2 mm. Se non diversamente concordato, la superficie dei provini deve essere preparata per sabbiatura al grado di preparazione della superficie Sa 2 ½ o Sa 3 come definiti nella ISO 8501-1. La rugosità della superficie (profilo) deve corrispondere al grado "medio (G)", come definito nella ISO 8503-1. Essa può essere controllata utilizzando un campione di comparazione come definito nella ISO 8503-2. Per tutti gli altri aspetti i provini devono essere conformi alla ISO 7384.

Substrati di acciaio zincati

I provini devono essere del medesimo tipo di acciaio zincato usato nella pratica. Le dimensioni e lo spessore devono essere quelli definiti per i substrati di acciaio.



I metodi idonei per la preparazione della superficie sono descritti nella ISO 12944-4.

Campionamento di pitture

Prelevare un campione rappresentativo del prodotto da sottoporre a prova (o di ogni prodotto in caso di verniciatura multistrato), come descritto nella ISO 1512. Esaminare e preparare ogni campione per la prova, come descritto nella ISO 1513.

Numero dei provini

Se non diversamente concordato, preparare tre provini per ogni prova.

Verniciature

Applicare la pittura sul provino preferibilmente a spruzzo. La pittura deve essere applicata secondo le specifiche del fabbricante. Ogni strato deve essere omogeneo come spessore e aspetto, ed essere esente da gocciolature, colature, zone scoperte, punte di spillo, raggrinzimenti, differenze di brillantezza, schivature, inclusioni di particelle, polvere di spruzzatura e vesciche. Lo spessore della pellicola secca, misurata come descritto nella ISO 2808, non deve essere maggiore del valore specificato più del 20%. Se non diversamente concordato, prima della prova i provini verniciati devono essere condizionati per tre settimane in atmosfera normale (23 ± 2) °C/(50 ± 5) % di umidità relativa, oppure (20 ± 2) °C/(65 ± 5) % di umidità relativa, come definito nella ISO 554. Se si deve eseguire la prova di nebbia salina (vedere prospetto Tabella XVI), l'incisione deve attraversare lo strato di pittura fino al substrato (vedere appendice A ISO 12944 -6). Deve essere applicata un'adeguata protezione ai bordi e alla faccia posteriore dei provini.

Sistema di riferimento

E' necessario utilizzare come sistema di riferimento una verniciatura che sia stata localmente utilizzata per anni con successo, e il cui comportamento alle prove di laboratorio sia ben conosciuto. Questo sistema deve essere quanto più simile è

possibile alla verniciatura da esaminare per composizione e/o natura chimica e spessore.

4.2.7.1.2 VALUTAZIONE DELLE VERNICIATURE

Per ogni classe di corrosività è necessario eseguire le prove indicate in Tabella XVI e Tabella XVII, si può accettare che soltanto uno dei tre provini non soddisfi completamente i requisiti specificati nei capitoli 6.2.7.1.2.1 e 6.2.7.1.2.2.

4.2.7.1.2.1 VALUTAZIONE PRIMA DELL'INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE

Metodo di valutazione	Requisiti
-----------------------	-----------

ISO 2409	Classificazione 0 oppure 1
----------	----------------------------

Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 250 µm, deve essere effettuata la seguente prova di aderenza invece della prova prevista nella ISO 2409:

ISO 4624	Requisito: non ammessa nessuna rottura fino al substrato (A/B) (a meno che i valori di trazione siano 5 MPa o maggiori).
----------	--

4.2.7.1.2.2 VALUTAZIONE DOPO L'INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE PER IL TEMPO SPECIFICATO

Metodi di valutazione	Requisiti
-----------------------	-----------

ISO 4628-2	Vescicamento 0 (S0) (valutazione immediata)
------------	---

ISO 4628-3	Arrugginimento Ri 0 (valutazione immediata)
------------	---

ISO 4628-4	Screpolatura 0 (S0) (valutazione immediata)
------------	---

ISO 4628-5	Sfogliamento 0 (S0) (valutazione immediata)
------------	---

Dopo l'invecchiamento artificiale secondo la ISO 7253 la corrosione del substrato ai due lati dell'incisione non deve essere maggiore di 1 mm quando calcolata usando l'equazione riportata nell'appendice A ISO12944-6.



Qualsiasi difetto presente entro 1 cm dai bordi dei provini non deve essere preso in considerazione.

Metodi di valutazione complementari	Requisiti
-------------------------------------	-----------

ISO 2409 Classificazione 0 oppure 1 (valutazione dopo un ricondizionamento di 24 h in conformità a quanto indicato nel capitolo 6.2.7.1.1 - Verniciature)

Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 250 μ m, deve essere effettuata la seguente prova di aderenza invece della prova prevista nella ISO 2409:

ISO 4624 Requisito: non ammessa nessuna rottura fino al substrato (A/B) (a meno che i valori di trazione siano 5 MPa o maggiori) (valutazione dopo un ricondizionamento di 24 h in conformità quanto indicato nel capitolo 6.2.7.1.1 - Verniciature).

4.2.7.2 VERIFICA DELLA VERNICIATURA

Per la verifica della verniciatura si dovrà controllare:

- valutazione visiva di uniformità: colore, potere coprente, e difetti come schivature, raggrinzimenti, crateri, bolle di aria, sfogliamenti, screpolature e colature;
- spessore della pellicola secca: generalmente con un metodo non distruttivo (vedere ISO 2808) [vedere anche punto a) riportato successivamente] o con metodo distruttivo per esempio con lama da taglio;
- adesione: con metodi distruttivi (vedere ISO 2409 oppure ISO 4624);
- porosità: mediante sonda ad alta o a bassa tensione.

Per le misurazioni dello spessore della pellicola secca, le parti devono accordarsi sui punti seguenti:



- a) il metodo da usare, lo strumento di misura da usare, i dettagli della taratura dello strumento di misura, e come tenere conto dell'influenza sul risultato della rugosità della superficie.
- b) Il piano di campionamento - come e quante misurazioni devono essere fatte per ogni tipo di superficie.
- c) Come i risultati devono essere registrati e confrontati con i criteri di accettazione.

Gli spessori della pellicola secca (compreso lo spessore nominale e lo spessore massimo) devono essere controllati ad ogni fase critica, e quando l'intero ciclo è stato applicato. Una fase critica è, per esempio quando vi è un cambio di responsabilità per i lavori di verniciatura o quando passa lungo tempo fra l'applicazione degli strati di fondo e quella degli strati successivi.

Si deve controllare che la verniciatura delle superfici di contatto delle giunzioni assemblate con bulloni autobloccanti, per esempio con bulloni a serraggio controllato ad alta resistenza nelle giunzioni a frizione e i bulloni ad alta resistenza nelle giunzioni soggette ad uno sforzo di taglio, sia conforme agli accordi stipulati in fase di contratto. Se sono necessarie prove distruttive, sono accettabili misurazioni effettuate su di un intaglio ad angolo controllato a mezzo di una lente micrometrica. Strumenti di questo tipo permettono di verificare lo spessore di ogni singolo strato, quello dell'intero ciclo e la sequenza secondo la quale gli strati sono stati applicati. Per le prove di porosità le parti interessate devono concordare lo strumento e il voltaggio di prova. Ogni danneggiamento alla verniciatura deve essere riparato in conformità alla specifica. Vedere ISO 12944-8.



4.2.8 CICLO DI PROTEZIONE STRUTTURE METALLICHE TIPO A

Il ciclo di protezione delle strutture metalliche tipo A, si riferisce a strutture metalliche zincate a caldo secondo le norme del presente capitolo:

Sabbiatura leggera Sa 2 secondo quanto indicato nel capitolo 6.2.4.1;

Pittura con primer a base di resine epossipoliammidiche, spessore minimo 60 µm, per le caratteristiche del primer vedasi capitolo 6.2.8.1;

Verniciatura a base di resine poliuretaniche spessore minimo 80 µm, per le caratteristiche vedasi capitolo 6.2.8.2;

4.2.8.1 PRIMER

Caratteristiche del Primer:

Composizione: A base di resine epossipoliammidiche con pigmenti di zinco e titanio;

Tipo di prodotto: Bicomponente, Base e Reagente, da miscelare al momento dell'impiego;

Se il primer è zincante il contenuto minimo in massa di zinco in polvere sulla parte non volatile della pittura deve essere ≥ 80 % in massa(m/m);

Spessore minimo 60 µm;

4.2.8.2 VERNICIATURA

Caratteristiche verniciatura :

Composizione: A base di resine poliuretaniche alifatiche

Tipo di prodotto: Bicomponente, Base e Reagente, da miscelare al momento dell'impiego;

Colore RAL 7031 e RAL 7042;



Spessore minimo 80 μm ;

Classe di corrosività: C3;

Durabilità richiesta :Alta;

Sistema di verniciatura ISO 1944-5 n° S9.10 conforme con quanto indicato in Tabella XIV.

Grado di lucentezza: Opaco.

Le prove da eseguirsi sulla verniciatura sono indicate nel capitolo 6.2.7.2

Per la verifica della lucentezza l'appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori un campione per l'approvazione, l'accettazione sarà a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

Nota: Se i giunti sono ad attrito le superfici a contatto non vanno verniciate.

4.2.9 CICLO DI PROTEZIONE STRUTTURE METALLICHE TIPO B

Il ciclo di protezione delle strutture metalliche tipo B, si riferisce a strutture metalliche secondo le norme del presente capitolo:

Accurata pulizia delle superfici da trattare;

Sabbatura ad grado Sa 2 ½ vedasi quanto indicato nel capitolo 6.2.4.1;

Applicazione del primer zincante inorganico, per uno spessore di 60 μm ;

Applicazione di una mano intermedia con vernice epossidica bicomponente per uno spessore di 60 μm ;

Applicazione di finitura con vernice poliuretanica acrilica, per uno spessore di 50 μm ;

Classe di corrosività: C3;

Durabilità richiesta :Alta.



4.3 PRESCRIZIONI FS PER LA VERNICIATURA

Per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il trattamento di verniciatura da eseguire sulle strutture metalliche si dovrà fare riferimento alla Istruzione FS n. 44/v “Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti”.

Nel capitolo 9 vengono riportati alcuni esempi di verniciatura omologato da RFI.



5 CONTROLLI DI QUALITA'

Al fine di garantire il soddisfacimento dei requisiti di qualità contrattualmente previsti, l'APPALTATORE dovrà emettere uno specifico Piano di Gestione per la Qualità di Commessa, in accordo al proprio Sistema di Gestione per la Qualità (S.G.Q.) e comunque con i contenuti minimi indicati nell'allegato C del D.P.R. 25 gennaio 2000 n° 34. Tale piano, volto a descrivere, tra l'altro, gli elementi di carattere organizzativo e funzionale adottati per lo svolgimento dei lavori in conformità alle prescrizioni contrattuali, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori del Committente.

- Dovrà altresì predisporre il Piano di Controllo della Qualità (in seguito chiamato PCQ) per le varie lavorazioni dell'opera e per le diverse fasi di controllo.
- Per le indicazioni sui contenuti dei piani precedenti si rimanda alla parte generale del presente capitolato.



6 LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI CONTROLLO DELLA QUALITA'

Con la presente specifica si forniscono indicazioni inerenti al Controllo della Qualità durante lo svolgimento dei lavori oggetto dell'Appalto, in particolare per la redazione e la gestione dei Piani di Controllo della Qualità dell'Appaltatore, dei suoi Fornitori in opera e dei Subappaltatori, predisposti per il controllo delle attività operative in cantiere e in stabilimento (cfr. ALLEGATO 1).

I Piani di Controllo Qualità devono definire, nel rispetto dei requisiti contrattuali, le fasi di controllo dei lavori di realizzazione delle opere, il tipo, l'estensione, le frequenze e i responsabili dei controlli da eseguire, le specifiche di controllo e i limiti di accettabilità, secondo quanto definito nei documenti progettuali.

Nei PCQ devono essere comprese le modalità di qualifica e/o controllo dei prodotti, parti di opera, componenti, sistemi e parti di impianti assemblati o montati in cantiere.

Le modalità di qualifica devono fare riferimento ai capitolati speciali d'appalto allegati al contratto ed alla normativa di settore applicabile.

La pianificazione dei controlli al montaggio deve essere eseguita per ogni opera tramite specifici PCQ.

Nei PCQ devono essere indicati in forma organica, in relazione alle sequenze di fabbricazione e/o costruzione, l'estensione delle attività di ispezione e prova previste nei capitolati speciali d'appalto allegati al contratto ed alla normativa di settore applicabile, richiamandone le modalità esecutive.

I PCQ devono essere completati con le informazioni e la documentazione tecnica necessaria per un'adequata valutazione ed utilizzazione del piano stesso. In particolare si dovranno almeno indicare:



- i dati d'identificazione: numero, data di emissione, indice di revisione, nome di chi compila e di chi approva il PCQ nell'ambito dell'organizzazione di commessa dell'Appaltatore;
- le opere da realizzare;
- la sequenza delle fasi esecutive e di controllo, con l'indicazione delle rispettive istruzioni tecniche e di controllo e/o della normativa da applicare;
- i riferimenti ai capitolati speciali d'appalto, agli elaborati progettuali o altra documentazione tecnica, a norme o leggi vigenti, ecc.;
- la specifica documentazione da emettere per le ispezioni, prove e controlli;
- i responsabili (Appaltatore, Fornitore in opera, SubAppaltatore) delle varie fasi di controllo;
- i punti di controllo previsti;
- le fasi vincolanti o da segnalare alla Direzione Lavori.

I PCQ sono documenti operativi e come tali devono essere elaborati nella forma più opportuna, per la loro proficua utilizzazione da parte del personale di cantiere. A tale proposito si allega un modulo standard, che l'Appaltatore provvederà ad adeguare alle specifiche esigenze, assicurando i contenuti minimi sopra indicati, in accordo allo standard adottato nel proprio Sistema di Gestione per la Qualità.

L'Appaltatore dovrà assicurare l'uniformità formale dei PCQ eventualmente a carico di Subappaltatori o Fornitori, in particolare è necessario uniformare la legenda con le sigle utilizzate nei diversi documenti, anche allo scopo di identificare prontamente e univocamente i responsabili del controllo delle varie fasi.

Deve essere prevista, per ogni PCQ, una prima fase di controllo preliminare per verificare che materiali, prodotti e componenti da utilizzare siano stati qualificati/controllati, che le macchine e attrezzature siano quelle previste e funzionanti, che i processi e prodotti siano stati qualificati, che la documentazione



di progetto esecutiva sia presente, aggiornata e completa almeno per le prime fasi di esecuzione.

Per quanto è relativo alle fasi di controllo intermedie, se queste prevedono delle ispezioni visive e il loro esito è positivo, l'attestazione avviene tramite firma e data dell'incaricato al controllo direttamente sul PCQ.

Per le ispezioni che richiedono misurazioni, l'incaricato del controllo utilizzerà appositi rapporti d'ispezione in cui sono evidenziate le misure rilevate. Se queste sono nei limiti di tolleranza ammessi, e quindi positive, firma lo stesso rapporto e il PCQ nella corrispondente fase d'ispezione, riportando anche i dati d'identificazione del rapporto d'ispezione.

L'ultimo controllo da inserire nei PCQ è quello documentale, in cui il Responsabile del Controllo Qualità di Cantiere verifica la completezza e la regolarità di tutti i documenti richiamati nel PCQ di una specifica opera. Questi documenti costituiscono il dossier del controllo qualità della costruzione.

Un PCQ non si può considerare completato, se non lo sono tutti quelli di livello inferiore che a questo fanno riferimento, con tutte le firme previste.

Il PCQ sarà composto tra l'altro dai seguenti documenti:

- lista dei fornitori qualificati dall'APPALTATORE;
- specifica controllo fornitura per redazione degli ordini di acquisto e la verifica della rispondenza dei materiali forniti ad es. controllo della certificazione di qualità dei materiali);
- piano di controllo dei materiali grezzi (profili laminati, lamiere, bulloni ecc.) con indicazione delle modalità, del numero e dei tipi di prove da effettuarsi;
- piano di controllo dei materiali lavorati;
- WPS di saldatura relativamente ai procedimenti di saldatura da utilizzare, al materiale base, ai materiali d'apporto ecc.;
- piano di controllo delle saldature;



- piano delle fasi costruttive con indicazioni in merito alle procedure da seguire nelle principali fasi di lavorazione e i relativi controlli come ad es. :

entrata lamiera in officina;

taglio lamiera e cianfrinatura;

taglio profili laminati;

sabbiatura;

saldatura

altre lavorazioni (forature, alesature, ecc.);

premontaggio in officina;

verniciatura;

trasporto;

montaggio;

bullonature (controllo serraggio);

varo;

prove di carico.



ALLEGATO 1

SCHEDA DI QUALIFICA CON REQUISITI MINIMI FORNITORI OPERE

STRUTTURALI IN CARPENTERIA METALLICA

L'incaricato della qualifica dell'APPALTATORE dovrà accertare che il fornitore per poter fornire i materiali già richiamati al par. 1.3 possieda almeno i requisiti minimi di seguito elencati, emettendo alla fine della qualifica stessa una relazione che, sulla base dei requisiti elencati e di altri parametri che lo stesso può accertare in loco, contenga il suo chiaro giudizio sull'accettabilità del fornitore.

Elenco requisiti minimi

- possieda una procedura interna di C.Q. nella quale sono definite le attività di controllo normalmente eseguite, le aree funzionali di applicabilità della procedura, i compiti e responsabilità delle varie funzioni direttive ed operative interessate alla procedura, le modalità di qualifica del personale addetto ai controlli;
- possieda apparecchiature adatte ai controlli normalmente eseguiti e le relative procedure di gestione e taratura, o sia normalmente in contatto con laboratori qualificati per l'esecuzione dei controlli che non può eseguire in stabilimento;
- sia dotato di un ufficio tecnico in grado di progettare i manufatti di produzione in accordo alle leggi, norme e buone regole d'ingegneria;
- sia dotato di un ufficio acquisti in grado di garantire l'acquisto di materiali in possesso dei requisiti di qualità richiesti dal progettista e dalle norme;
- sia in possesso di dettagliati cicli di produzione e lavorazione e sia in grado di elaborare i relativi Piani di controllo qualità;



sia presente nell'organizzazione una funzione di C.Q. in grado di verificare la rispondenza della progettazione e costruzione alle specifiche ed ai piani di Controllo qualità.