COMUNE DI SALA BOLOGNESE
Provincia di Bologna

Progettazione dei rinforzi locali contro i meccanismi di collasso cinematico della Sede Operativa del COC sita in via dei Bersaglieri 28, Sala Bolognese
LOTTO 1

COMMITTENTE	**Comune di Sala Bolognese** Piazza Marconi, 1 40010 Sala Bolognese (Bo)
PROGETTO ARCHITETTONICO	
PROGETTO STRUTTURALE	**mg^e Ingegneria Strutturale** *ing. Marcello Giovagnoni* via Iacopo Barozzi 2, 40126 Bologna tel e fax 051-246356 e-mail info@architetturastrutturale.it collaboratori: ing. Serena Mengoli, ing. Miriam Camorani, ing. Giulia Bortot

COD. PROGETTO	DATA EMISSIONE	REVISIONE
1421b	15/07/2015	00

N. ELABORATO	OGGETTO
STR-05	SPECIFICHE TECNICHE DI ESECUZIONE

REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
S.M.	M.C.	M.G.

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	APPROVATO

mg^e

MARCELLO GIOVAGNONI
INGEGNERIA STRUTTURALE
SEDE LEGALE: VIA BERTELLA, 50 – 40064 OZZANO EMILIA (BO) – ITALY
SEDE OPERATIVA: VIA IACOPO BAROZZI 2 - 40126 BOLOGNA - ITALY
TEL. E FAX 0039 51 246356 – E-MAIL MARCELLO.GIOVAGNONI@ARCHITETTURASTRUTTURALE.IT

LISTA EDIZIONI

N°	DATA	MOTIVO EDIZIONE	R	V	A
0	15/07/15	Emissione	SM	MC	MG
1					
2					
3					
4					

1 INDICE

1 INDICE 3
2 NORME TECNICHE DI ESECUZIONE 4
2.1 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN ACCIAIO 4
2.1.1 Profilati, piatti e lamiere in acciaio di tipo S275 e S355 4
2.1.2 Bulloni normali 5
2.2 PROTEZIONI ANTICORROSIONE 8
2.2.1 Zincatura a caldo 8
2.2.2 Verniciatura 9
2.3 MATERIALI COMPOSITI e MALTE PER CONSOLIDAMENTO 15
2.3.1 Tasselli chimici e barre post-installate su c.a. 15
2.3.2 Tessuto in fibra di carbonio 16
2.3.3 Primer bicomponente per consolidamento di superfici murarie 16
2.3.4 Corde in fibra di carbonio 17
2.4 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN C.A. - RIPRISTINO PANNELLI 18
2.4.1 Casseforme 18
2.5 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN MURATURA 19
2.5.1 Muratura di mattoni forati per ripristino tamponamenti interni 19
2.6 OPERE DI CONSOLIDAMENTO 21
2.6.1 Tasselli chimici e barre post-installate su muratura 21
2.6.2 Consolidamento mediante tessuto in fibra di carbonio 21
2.6.3 Consolidamento mediante corde in fibra di carbonio 22
3 VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA 23
3.1 Opere in acciaio 23
3.2 Prove sulle saldature 24
3.3 Prove di trazione su tassello e barre post-installate 24
3.4 Prove di pull-off sulle fibre 24
4 ALLEGATI - UNIONI SALDATE 24
4.1 Allegato 1 – Unioni saldate 24
4.2 Allegato 2 – Controllo sulle saldature 34

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

2 NORME TECNICHE DI ESECUZIONE

Tutte le voci sono riferite al Prezziario Regione Emilia Romagna 2012, o ad altri prezziari regionali vigenti (Marche, Abruzzo, Trentino Alto Adige), nonché a nuovi prezzi analizzati *ad hoc.*

2.1 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN ACCIAIO

2.1.1 Profilati, piatti e lamiere in acciaio di tipo S275 e S355

Profilati unificati, piatti e lamiere in acciaio di produzione qualificata (secondo D.M. 14/01/08 e norme ivi richiamate), di tipo S275 e S355, come da specifiche di progetto, laminati a caldo e/o formati a freddo, di qualunque dimensione, spessore, lunghezza, forma e sezione (aperta, tipo IPE, HE, UNP, angolari, barre piene, ecc., o chiusa tipo tubi circolari, rettangolari, composti saldati e/o piegati ecc.), tagliati a misura per la formazione di strutture portanti di qualunque tipo. Compresi nel prezzo il taglio a misura, le predisposizioni, (forature, cianfrinature, intagli, spallature, ecc.) per i collegamenti saldati o bullonati di estremità o intermedi. Nel formulare la propria offerta l'impresa concorrente dovrà tenere conto, oltre che dei valori espressi dal tariffario applicabile nel caso di specie, del peso reale di ogni struttura (determinabile sulla base della lunghezza teorica dei profili, sezioni ed elementi semplici e/o composti che la costituiscono, così come individuata negli elaborati progettuali), fermo restando che ogni prezzo unitario offerto dovrà intendersi comprensivo degli sfridi, delle eventuali flange di irrigidimento, del piastrame, dei barrotti di ancoraggio, degli eventuali inserti in acciaio da preannegare nei getti di strutture in c.a., degli spinotti , delle unioni saldate (anche da realizzarsi in opera) e bullonate, della sverniciatura dei profili esistenti al fine di realizzare la successiva saldatura, della riverniciatura delle zone sverniciate e saldate secondo il procedimento definito di seguito ed, in genere, di ogni ulteriore componente accessoria da impiegarsi al fine di realizzare quanto indicato negli elaborati grafici. Compreso nel prezzo l'onere del rilievo delle strutture esistenti, in cui inserire le parti d'opera oggetto della presente voce, l'onere per la realizzazione degli elaborati costruttivi di tutte le strutture metalliche, ogni onere per la fornitura e mano d'opera, nonchè il trasporto, stoccaggio, movimentazione, tiro in alto o in basso, nonchè il montaggio in opera a qualunque altezza o profondità ed in qualsivoglia condizione operativa nel rispetto delle prescrizioni di progetto e delle norme di sicurezza.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Compreso l'onere per l'esecuzione delle prove per la caratterizzazione dei materiali richieste dalla D.L..

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

E' prescritto l'impiego di laminati a caldo in profilati unificati a sezione aperta, tipo IPE, UPN, angolari ecc., barre, piatti e lamiere (UNI 7070 - UNI EN 10025), in acciaio tipo S275J0 e S355J0, "qualificati" e "saldabili" ai sensi del D.M. 14/01/08, aventi le caratteristiche di cui ai punti 11.2.4 del cit. D.M.

Le stesse caratteristiche di composizione chimica e di resistenza dovranno avere gli acciai per getti, da utilizzare per la formazione di pezzi speciali da rifinire meccanicamente.

E' prescritto l'impiego di bulloni con viti di classe 8.8 dadi di classe 6S, ai sensi della UNI 3740.

E' prescritto l'impiego di saldature (punto 11.2.4.5. del cit. D.M.) a cordoni d'angolo, di testa, o a completa penetrazione, di I^ classe, da eseguirsi, con procedimento e personale qualificato, impiegando elettrodi basici e52 di classe 4b, omologati ai sensi della UNI 5132, ovvero con altro idoneo procedimento (a filo continuo sotto atmosfera protettiva).

MODALITÀ DI ESECUZIONE

Omissis.

PRESCRIZIONI GENERALI

I collegamenti saldati saranno sottoposti al controllo della D.L. e dell'Istituto Italiano della Saldatura.

Tutti gli elementi conformati a cassone dovranno essere chiusi in modo ermetico con piatti di testata saldati in modo da impedire fenomeni corrosivi all'interno del cassone.

2.1.2 Bulloni normali

Fornitura e posa in opera di bulloni conformi alle UNI 5727, UNI 5592, UNI 5591, UNI 3740 in vigore.

Per bulloni di classe 8.8.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Bulloni normali conformi alle UNI 5727, UNI 5592, UNI 5591, UNI 3740 in vigore.

Viti

Materiale: 8.8 secondo UNI 3740 in vigore.

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Dadi

6.S secondo UNI 3740 in vigore.

Rosette

Acciaio C50 UNI 5332 in vigore temperato e rinvenuto HRC 32÷40.

Le rosette, disposte una sotto il dado e una sotto la testa, devono avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno. Nel montaggio lo smusso deve essere rivolto verso la testa della vite o verso il dado.

Piastrine

Acciaio C50 UNI 5332 in vigore temperato e rinvenuto HRC 32÷40.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

I bulloni devono essere montati con una rosetta sotto la testa della vite e una rosetta sotto il dado.

I bulloni dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore e la classe di resistenza.

I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite rivolta verso l'alto e il dado verso il basso.

PRESCRIZIONI GENERALI

La lunghezza del tratto non filettato del gambo del bullone deve essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si deve sempre far uso di rosette. E' tollerato tuttavia che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro.

Nei giunti flangiati devono essere particolarmente curati la planarità ed il parallelismo delle superfici di contatto

Il serraggio dei bulloni deve garantire la forza di trazione minima Nb dovuta al momento torcente MS (vedi tabella seguente).

Nel caso delle unioni ad attrito il serraggio dei bulloni deve assicurare la pretensione del bullone richiesta entro i limiti di ±5% è richiesto il serraggio finale di prova con appositi chiave torsiometrica a scatto.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

d mm	A_{res} mm^2	T_s (N · m)					N_s (kN)					d mm
		4.6	5.6	6.6	8.8	10.9	4.6	5.6	6.6	8.8	10.9	
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47	12
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64	14
16	157	96	121	145	225	281	30	38	45	70	88	16
18	192	133	166	199	309	387	37	46	55	86	108	18
20	245	188	235	282	439	549	47	59	71	110	137	20
22	303	256	320	384	597	747	58	73	87	136	170	22
24	353	325	407	488	759	949	68	85	102	158	198	24
27	459	476	595	714	1 110	1 388	88	110	132	206	257	27
30	561	646	808	969	1 508	1 885	108	135	161	251	314	30

Durante il serraggio è opportuno procedere come segue:

a) serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60 % della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;

b) ripetere l'operazione come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per unioni con bulloni ad attrito le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso. Di regola la pulitura deve essere eseguita con sabbiatura; è ammessa la semplici spazzolatura delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

2.2 PROTEZIONI ANTICORROSIONE

2.2.1 Zincatura a caldo

Zincatura a caldo per immersione in bagni di zinco fuso (UNI EN ISO 1461:1999).

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

È prevista la ricopertura del profilo con zincatura di spessore 85 micron (min. 75 micron) corrispondente al deposito di 610 g/mq (min. 540 g/mq), nonchè gli eventuali ripristini mediante zincante epossidico a freddo delle parti danneggiate durante le lavorazioni e le movimentazioni.

Lo zinco da impiegare nel bagno deve essere almeno di qualità Zn=99.90 (norma UNI 2013/74). E' permesso additivare il bagno con limitati quantitativi di leghe formate da zinco con correttivi (vedasi alluminio) e quindi zinco di minore purezza, purchè le impurità totali del bagno stesso non superino quanto specificato nelle norme CEI 7-6 "controllo della zincatura a caldo".

La quantità di zinco occorrente per i laminati (profilati a caldo ed a freddo, tubi, piatti, larghi piatti ecc.) è mediamente di 550 gr/mq; per dadi, bulloni, ecc. di 380 gr/mq (UNI 5744/66).per le lamiere, piane o sagomate e dello spessore inferiore ai 5 mm, dovrà essere realizzato un ricoprimento di 85 micron, corrispondente al deposito di 610 g/mq. la bullonatura potrà essere zincata anche con processo elettrolitico.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Le zone danneggiate durante la movimentazione e il montaggio saranno ripristinate, previa sabbiatura od, almeno e con il consenso della D.L, accurata spazzolatura meccanica, con ritocchi di zincante organico a base di resine epossidiche. qualora i danni locali fossero, a giudizio della D.L., estesi e/o rilevanti, si dovrà ripetere il trattamento di protezione per l'intero componente.

PRESCRIZIONI GENERALI

Lo strato di zinco deve presentarsi uniforme e deve essere esente da incrinature, scaglie, scorie ed altri analoghi difetti. esso deve aderire tenacemente alla superficie del metallo base. per le modalità di controllo dovranno essere rispettate le citate norme CEI.

Dopo la zincatura, i dadi devono potersi agevolmente avvitare ai rispettivi bulloni e rosette elastiche; gli spinotti, i collettori filettati ed i bulloni non devono aver subito deformazioni od

alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche. i pezzi non dovranno subire trattamento termico se non specificatamente previsto negli esecutivi di progetto ed autorizzato dalla D.L.
Onde evitare la volatilizzazione dello zinco sugli organi filettati, dopo la zincatura, non si devono effettuare ulteriori operazioni con utensile, rullatura, asportazione di materiale, taglio o comunque altre operazioni di finitura a mezzo utensile, ad eccezione della filettatura dei dadi.
Qualora condizioni particolari di lavorazione, come pure difficoltà connesse alle dimensioni e movimentazioni dei pezzi, lo richiedano, la D.L. potrà autorizzare eccezionalmente la sostituzione del trattamento di zincatura a caldo con protezioni a mezzo di pittura zincante a freddo. trattasi di pittura zincante di etilsilicati inorganici, autoindurente ed a due componenti in grado di esplicare protezione galvanica dei metalli ferrosi, applicata su metallo sabbiato almeno al grado sa 2 ½ (svensk standard sis 055900-1967), con le seguenti caratteristiche:

- colore ed aspetto del film secco:	grigio opaco
- applicazione:	spruzzo ad aria - airless
- n° componenti e rapp. di miscela in peso:	2 / 30-70
- viscosità:	a+b=30” ÷20”cf4 a 20°c
- pot-life:	6 ore
- consumo a 75 μ di spessore film secco:	gr/mq 500
- spessore del rivestimento:	100÷130 μ

2.2.2 Verniciatura

Verniciatura anticorrosione di strutture metalliche.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Omissis.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
Saranno effettuati due cicli di verniciatura.
Entrambi i cicli saranno preceduti da una accurata preparazione mediante sabbiatura.
Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti.
Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati. Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed 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.

Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 ore dall'applicazione. Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione.

Per entrambi i cicli, quello delle superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori:

a) in officina a lavorazione ultimata: sabbiatura di tutte le superfici ed applicazione dello strato di primer;

b) in opera ad avvenuto completamento del montaggio, con spazzolatura dei punti da ritoccare, ritocchi sullo strato di primer, applicazione dello strato intermedio ed applicazione dello strato di finitura.

Sabbiatura

Si procederà preliminarmente alla molatura di tutti gli spigoli per eliminare eventuali sbavature che potrebbero compromettere la continuità dello strato protettivo. Successivamente saranno eliminate eventuali tracce di grasso da tutte le superfici. Si effettuerà quindi la sabbiatura a metallo quasi bianco di grado A SA 2 ½ degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS secondo la specifica SP 10 delle Norme SSPC (Steel Structure Painting Council); dovranno essere impiegati abrasivi fini per ottenere un profilo di incisione compreso tra mm 0.025 e mm 0.050. A sabbiatura ultimata, prima di iniziare la verniciatura, si dovrà provvedere alla completa asportazione di residui di ossidi, abrasivi e polvere. Le superfici sabbiate tassativamente non dovranno essere inumidite prima dell'applicazione dello strato di primer, che dovrà essere effettuata entro il termine di 8 ore dalla sabbiatura, prima che venga a formarsi un qualsiasi principio di ruggine. Qualora si verificassero formazioni di ruggine, la sabbiatura dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Impresa.

Spazzolatura

Ad ultimazione del montaggio in opera delle strutture in acciaio, si dovrà procedere alla sabbiatura delle saldature eventualmente eseguite in opera per renderle atte a ricevere il trattamento protettivo. Si eseguirà quindi la spazzolatura delle superfici interessate da abrasioni, danneggiamenti, ecc., in preparazione dei ritocchi che dovranno essere fatti per ricostituire la continuità dello strato di primer. La spazzolatura, da effettuarsi con attrezzi meccanici, dovrà essere di grado C St 3 degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS secondo la specifica SP 3 delle Norme SSPC (Steel Structure Painting Council). Prima di procedere alla verniciatura si dovrà procedere alla completa asportazione di ossidi e polveri.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Il trattamento di verniciatura mediante applicazione dello strato di primer dovrà essere effettuato entro il termine di 8 ore dalla spazzolatura.

Cicli di verniciatura

I cicli, tanto per superfici in vista che per quelle interne, sono composti da tre strati, rispettivamente di primer, intermedio e di finitura, oltre ai ritocchi in opera sul primer ad avvenuto completamento del montaggio delle strutture.

Ciclo per superfici in vista (Tabella 26 A)

Esecuzione in officina a lavorazione ultimata

a - sabbiatura di grado A Sa 2 ½;

b - applicazione mediante airless dello strato di primer zincante;

spessore	100 microns
contenuto solido	≥ 76%
zinco metallico nel film secco	≥ 86%
legante	silicato di etile
peso specifico della miscela	≥ g/l 2500
temperatura minima di applicazione	260 K

sovraverniciatura (con umidità relativa > 50%):

temperatura	tempi minimi di verniciatura
260 K	7 giorni
277 K	48 ore
289 K	24 ore

Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c - spazzolatura delle superfici da ritoccare di grado C St 3 previa sabbiatura delle saldature eventualmente eseguite in opera

d - applicazione a pennello sulle superfici da ritoccare, dello strato di primer zincante organico bicomponente avente le seguenti caratteristiche:

spessore del film secco	90 microns
contenuto solido	≥ 80%
zinco metallico nel film secco	≥ 80%
legante	epossipoliammidico
peso specifico della miscela	≥ g/l 2500
temperatura minima di applicazione	283 K

sovraverniciatura (con umidità relativa 0 - 85%):

temperatura	tempi minimi di verniciatura
283 K	8 ore
289 K	6 ore

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici, a epossipoliamminica modificata vinilica bicomponente avente le seguenti caratteristiche:

spessore del film secco	120 microns
contenuto solido	≥ 59%
legante	epossipoliamminico modificato
peso specifico della miscela	≥ g/l 1250
temperatura minima di applicazione	283 K

sovraverniciatura (con umidità relativa 30 - 70%):

temperatura	tempi minimi di verniciatura
283 K	24 ore
289 K	12 ore

f - applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base poliuretanica isocianico alifatica bicomponente, per uno avente le seguenti caratteristiche:

spessore del film secco	75 microns
contenuto solido	≥ 57%
legante	poliuretanico isocianico alifatici
aspetto	lucidato
peso specifico della miscela	≥ g/l 1200
temperatura minima di applicazione	277 K

Ciclo per superfici interne (Tabella 26 B)

Esecuzione in officina a lavorazione ultimata

a - b: si richiamano integralmente le norme riportate per le superfici in vista

Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c - d: si richiamano integralmente le norme riportate per le superfici in vista

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici; a base epossipoliammidica bicomponente, per uno avente le seguenti caratteristiche:

spessore del film secco	90 microns
contenuto solido	≥ 50%
legante	epossipoliamminico

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

peso specifico della miscela	≥ g/l 1350
temperatura minima di applicazione	283 K

sovraverniciatura (con umidità relativa O - 90%):

temperatura	tempi minimi di verniciatura
283 K	24 ore
289 K	12 ore

f – applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base epossidica, avente le seguenti caratteristiche:

spessore del film secco	60 microns
contenuto solido	≥ 75%
legante	epossidico
aspetto	lucido
peso specifico della miscela	≥ g/l 1500
temperatura minima di applicazione	283 K

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

TABELLA 26 A

CICLO DI VERNICIATURA PER SUPERFICI IN VISTA

Esecuzione	In Officina	In Opera		
Caratteristiche	primer zincante inorganico	ritocchi con primer zincante organico	strato intermedio	strato di finitura
• applicazione	airless	pennello	airless	airless
• spessore film secco mm.	0.075	0.060	0.080	0.050
• componenti n.	2	2	2	2
• peso specif. miscela g/l	≥ 2500	≥ 2500	≥ 1250	≥ 1200
• contenuto solido	≥ 76%	≥ 80%	≥ 59%	≥ 57%
• zinco metallico nel film secco	≥ 86%	≥ 80%		
• legante	silicato di etile	epossipoliam-midico	epossipoli-ammidico vinilico	poliuretano isocianico alifatico
• temperatura min. di applicazione	260 K	283 K	283 K	277 K
• sovraverniciat. alle diverse temperature	a 260 K: 7d a 277 K: 48h a 289 K: 24h	a 283 K: 8h a 289 K: 6h	a 283 K: 24h a 289 K: 12 h	

TABELLA 26 B

CICLO DI VERNICIATURA PER SUPERFICI INTERNE

Esecuzione	In Officina	In Opera		
Caratteristiche	primer zincante inorganico	ritocchi con primer zincante organico	strato intermedio	strato di finitura
• applicazione	airless	pennello	airless	airless
• spessore film secco mm.	0.075	0.060	0.075	0.150
• componenti n.	2	2	2	2
• peso specif. miscela g/l	≥ 2500	≥ 2500	≥ 1350	≥ 1500
• contenuto solido	≥ 76%	≥ 80%	≥ 50%	≥ 75%
• zinco metallico nel film secco	≥ 86%	≥ 80%		
• legante	silicato di etile	epossipoliam-midico	epossipoli-ammidico	epossidico
• temperatura min. di applicazione	260 K	283 K	283 K	283 K
• sovraverniciat. alle diverse temperature	a 260 K: 7d a 277 K: 48h a 289 K: 24h	a 283 K: 8h a 289 K: 6h	a 283 K: 24h a 289 K: 12 h	

2.3 MATERIALI COMPOSITI e MALTE PER CONSOLIDAMENTO

2.3.1 Tasselli chimici e barre post-installate su c.a.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

TASSELLI CHIMICI

Barre filettate in acciaio classe 5.8.

BARRE POST-INSTALLATE

Barre filettate in acciaio classe 5.8.

ANCORANTE CHIMICO AD INIEZIONE PER C.A.

Resina ibrida ad iniezione a base di cemento ad alta prestazione (uretano metacrilato).

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Da scheda tecnica del produttore.

PRESCRIZIONI GENERALI

Omissis.

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

2.3.2 Tessuto in fibra di carbonio

Tessuto in fibra di carbonio unidirezionale.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
La grammatura della fibra di carbonio sarà di 600 g/m^2 tipo unidirezionale.
Spessore equivalente 0.333 mm
Sovrapposizione in direzione di fibra 15-20 cm
Sovrapposizione trasversale 2 cm
Modulo elastico 230000 MPa
Resistenza a trazione ≥ 4830 MPa
Allungamento a rottura (%) < 2

La grammatura della fibra di carbonio sarà di 300 g/m^2 tipo unidirezionale.
Spessore equivalente 0.166 mm
Sovrapposizione in direzione di fibra 15-20 cm
Sovrapposizione trasversale 2 cm
Modulo elastico 230000 MPa
Resistenza a trazione ≥ 4830 MPa
Allungamento a rottura (%) < 2

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
Omissis.

PRESCRIZIONI GENERALI
Omissis.

2.3.3 Primer bicomponente per consolidamento di superfici murarie

Primer bicomponente a base di resine epossidiche, esente da solventi, atto a consolidare le superfici in calcestruzzo, cemento armato o muratura prima dell'applicazione di elementi in fibra di carbonio.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Il prodotto consolidante dovrà avere le seguenti caratteristiche peculiari:
Rapporto di miscelazione: componente A : componente B = 3 : 1

Peso specifico dell'impasto: 1,1 g/cm3
Viscosità Brookfield: 300 mPa•s (rotore 1 - giri 10)
Tempo di lavorabilità 90' (a +23°C)
Tempo di presa: 3-4 h (a +23°C)
Indurimento completo: 7 gg
Adesione al calcestruzzo: > 3 N/mm2 (dopo 7 gg a +23°C - rottura del calcestruzzo)
Consumo: 250-300 g/m^2

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
Applicazione, a rullo o a pennello, di una mano (oppure di due mani se il supporto risulta fortemente assorbente).
La superficie sulla quale dovrà essere applicato il primer dovrà risultare perfettamente pulita, asciutta e meccanicamente resistente. Rimuovere, quindi, mediante spazzolatura o sabbiatura, i residui di olio disarmante, vernici, pitture, lattime di cemento, tracce di ruggine e quant'altro possa inficiare l'adesione del primer epossidico.
Arrotondare eventuali spigoli con raggio minimo r=1 cm.
Allettamento del piano di posa: eliminazioni di sopraprofili nonché riempimento di cavità nella zona di incollatura.

PRESCRIZIONI GENERALI
Omissis.

2.3.4 Corde in fibra di carbonio

Corde per connessioni strutturali nei sistemi di riparazione, rinforzo e adeguamento statico di strutture in calcestruzzo armato, muratura, mattoni e tufo, aventi anche rilevanza storico-monumentale, mediante posizionamento di elementi di unione tra i tessuti di rinforzo (fibre e reti di consolidamento) costituiti da "corde" in fibre unidirezionali in carbonio.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Resina epossidica bicomponenete superfluida per l'impregnazione con "sistema ad umido".

Corda in carbonio ad alta resistenza, costituite da fibre unidirezionali tenute insieme da una garza protettiva
Massa volumica 1.8 g/m^3

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Resistenza meccanica a trazione ≥ 4830 MPa

Modulo elastico 230.000 MPa

Allungamento a rottura (%) = 2

Area equivalente di tessuto secco:

- Ø6 15.70 mmq
- Ø8 21.24 mmq
- Ø10 26.79 mmq
- Ø12 31.40 mmq

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Il posizionamento degli elementi di unione deve essere eseguito previo trattamento delle fibre con resina epossidica bicomponente superfluida e successiva applicazione di sabbia fine per migliorare la superficie di aggrappo.

La corda dovrà essere posta in opera secondo le specifiche disposte dal produttore.

PRESCRIZIONI GENERALI

Omissis.

2.4 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN C.A. - RIPRISTINO PANNELLI

Ripristino calcestruzzo mediante malta antiritiro tipo Stabilcem della Mapei o analoga.

2.4.1 Casseforme

Casseforme rette o centinate, per getti di conglomerati cementizi semplici o armati, compreso il banchinaggio, le armature di sostegno, il controventamento per un altezza fino a 3.50 ml dal piano di appoggio delle suddette armature di sostegno all'intradosso delle strutture da realizzare, comprensive di ogni onere, eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseformi a contatto con il calcestruzzo. Per solai e solette. In legno e in pannelli metallici.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Omissis.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Omissis.

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

PRESCRIZIONI GENERALI

Le casseforme, in legno o metalliche, dovranno consentire la formazione di elementi in calcestruzzo, semplice ed armato, di qualsiasi forma, dimensione ed a qualunque altezza dal piano di appoggio. Esse dovranno dar luogo a manufatti perfettamente corrispondenti alle sagome, indicazioni e prescrizioni di progetto, compresi smussi, scassi, scuretti, fori, inserti ecc.

Le casseforme dovranno essere a tenuta sufficientemente stagna affinché il costipamento del calcestruzzo, in esse contenuto, non provochi la perdita di quantità consistenti di materiali (acqua, boiacca, ecc.).

Le casseforme dovranno essere rigide, opportunamente rinforzate e non presentare deformazione alcuna sotto l'azione del carico di calcestruzzo fresco in esse contenuto e sotto l'azione delle operazioni di vibratura e battitura del conglomerato.

Nel caso di casseforme con grande sviluppo in altezza, si dovrà provvedere all'apertura di finestre nel cassero per consentire le eventuali pulizie, controllare l'evolversi del getto e procedere alla vibratura ed al corretto costipamento degli strati inferiori.

I tiranti di collegamento dei casseri che dovessero attraversare i getti, dovranno essere contenuti in guaine in resina per consentire lo sfilaggio dopo il disarmo; i fori dovranno essere opportunamente tappati o sigillati.

Tutte le superfici "bagnate" delle casseforme dovranno essere trattate con distaccanti a base di oli di sintesi non emulsionabili, in grado di assicurare un agevole disarmo dei getti, sia normale che differito, ed una finitura accurata dei manufatti.

2.5 STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN MURATURA

2.5.1 Muratura di mattoni forati per ripristino tamponamenti interni

Muratura di mattoni forati (% di foratura <45%); eseguita con malta di calce, entro e fuori terra, a qualsiasi profondità o altezza.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Mattoni forati	fbk > 5 MPa	resistenza caratteristica compressione
	% di foratura <45%	
Malta di calce classe M5	fm > 5 MPa	resistenza media a compressione

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Verranno impiegati regoli a piombo in corrispondenza degli spigoli del pilastro e cordicelle per l'allineamento dei mattoni; la posa in opera dei mattoni sarà a strati orizzontali "filari"; saranno realizzati giunti verticali reciprocamente sfalsati fra i "filari" sovrapposti; saranno realizzati giunti orizzontali "letti" a spessore uniforme non superiore al centimetro; si provvederà a bagnatura per lunga immersione dei mattoni.

PRESCRIZIONI GENERALI

Omissis.

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

2.6 OPERE DI CONSOLIDAMENTO

2.6.1 Tasselli chimici e barre post-installate su muratura

Fornitura e installazione di tasselli chimici e barre post-installate con ancorante chimico resina ibrida a base di cemento ad alta prestazione (uretano metacrilato).

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Si veda punto 2.3.1.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
Il tassello chimico e la barra post-installata devono essere poste in opera secondo le specifiche della D.L. e in ottemperanza alle prescrizioni minime e alle disposizioni operative contenute nelle schede tecniche del prodotto, fornite dal produttore.

PRESCRIZIONI GENERALI
Omissis.

2.6.2 Consolidamento mediante tessuto in fibra di carbonio

Fornitura e montaggio dell'armatura di consolidamento in tessuto in fibra di carbonio unidirezionale.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Si veda punto 2.3.2.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
L'applicazione di tessuti o lamine in fibra di carbonio avviene nelle seguenti fasi:

a) ricostruzione delle parti mancanti; eliminazione delle parti sporgenti;
b) preparazione della superficie: sabbiatura, pulizia, rasatura;
c) applicazione del primo strato di primer epossidico, in ragione di circa 300 g/mq; lasciare reagire il primer per almeno un'ora, meglio se si lascia reagire per 3 ore; applicare la resina entro 20 ore dall'applicazione del primer;
d) applicazione del primo strato di resina, in ragione di circa 300g/mq;
e) applicazione del primo strato di rinforzo in fibra di carbonio;

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

f) rullaggio con rulli in metallo scanalati per eliminare l'aria interna alle fibre e consentire una buona impregnazione delle fibre;
g) applicazione del secondo strato di resina in ragione di circa 300 g/mq;
h) rullaggio;
i) ripetere le operazioni e, f, g, h, nel caso di applicazione di più strati;
j) applicazione della finitura.

Ogni due strati di fibra, attendere che la resina cominci ad indurire.

PRESCRIZIONI GENERALI
Omissis.

2.6.3 Consolidamento mediante corde in fibra di carbonio

Realizzazione di connessioni strutturali nei sistemi di riparazione, rinforzo e adeguamento statico di strutture in calcestruzzo armato, muratura, mattoni e tufo, aventi anche rilevanza storico-monumentale, mediante posizionamento di elementi di unione tra i tessuti di rinforzo (fibre e reti di consolidamento) costituiti da "corde" in fibre unidirezionali in carbonio.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Si veda punto 2.3.4.

MODALITÀ DI POSA IN OPERA
Il posizionamento degli elementi di unione deve essere eseguito previo trattamento delle fibre con resina epossidica bicomponente superfluida e successiva applicazione di sabbia fine per migliorare la superficie di aggrappo.
La corda dovrà essere posta in opera secondo le specifiche disposte dal produttore.

PRESCRIZIONI GENERALI
Omissis.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

3 VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA

Su disposizione della Direzione dei Lavori o della Commissione di Collaudo, l'Appaltatore è obbligato a prestarsi in qualsiasi momento ad eseguire o far eseguire presso il laboratorio o l'istituto indicato dalla Stazione Appaltante, tutti gli accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche obbligatorie, ovvero le prove prescritte dal presente capitolato e quelle riportate negli altri documenti allegati al contratto d'appalto e che formano parte integrante del capitolato speciale di appalto.

La direzione lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto, ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti.

In merito alle verifiche, prove e controlli da eseguire prima, durante e dopo l'esecuzione delle opere (o parti di esse) in appalto, si rimanda alle disposizioni riportate, nel presente documento, nelle Norme tecniche di esecuzione (cap.11) relative alle singole categorie di lavori.

Si precisa che le relative spese per tutti gli accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche, ovvero per le prove prescritte dal presente capitolato e per quelle riportate negli altri documenti allegati al contratto d'appalto, nonché per le ulteriori prove ed analisi disposte dalla direzione lavori e dalla commissione di collaudo, sono poste a carico dell'appaltatore.

Si precisa altresì che sono a carico dell'Appaltatore gli oneri per disporre in cantiere tutti i mezzi necessari (e ritenuti tali a insindacabile giudizio della Direzione lavori o della Commissione di collaudo) a tenere sotto controllo lo sviluppo dei lavori, relativamente ai tempi di esecuzione, e per dimostrare la conformità, nelle dimensioni e nelle caratteristiche fisiche, dei materiali e dei componenti.

3.1 Opere in acciaio

Saranno verificati:

- la rispondenza della qualità degli acciai impiegati nella costruzione dei manufatti e dei singoli componenti, alle prescrizioni della documentazione progettuale;
- la esatta corrispondenza degli stessi ai disegni costruttivi e alle relazioni di calcolo;
- la esecuzione a regola d'arte delle saldature secondo le prescrizioni e la normativa vigente;
- la esecuzione a norma delle unioni bullonate con controllo dei relativi serraggi;
- la assenza di deformazioni nei grigliati carrabili e pedonali;

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

- il perfetto stato della zincatura dei manufatti che, ove prevista, non dovrà presentare in alcun caso tracce di ossidazione.

3.2 Prove sulle saldature

Si prescrive l'esecuzione di prove ad ultrasuoni sulle saldature realizzate in officina delle mensole metalliche di rinforzo (dettagli 5a e 5b).

3.3 Prove di trazione su tassello e barre post-installate

Prova a rottura da realizzarsi a cura di personale tecnico qualificato, in accordo con la D.L.

3.4 Prove di pull-off sulle fibre

Prova da realizzarsi in conformità a quanto stabilito dalle norme UNI EN 1542:2000 e UNI EN 1015-12:2002.

4 ALLEGATI - UNIONI SALDATE

4.1 Allegato 1 – Unioni saldate

A.1.1 – Prescrizioni operative generali

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico e dovrà risultare regolare e ben liscia. L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Le parti da unire con procedimenti di saldatura saranno assiemate con mezzi opportuni e rese fra loro solidali mediante puntatura sui lembi. Per i giunti testa a testa, alla puntatura a fondo smusso, saranno preferiti cavallotti saldati, predisposti sulle due parti da unire.

La parte da saldare dovrà essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas dovranno essere adottati schermi di protezione contro il vento.

Nei limiti del possibile le saldature saranno fatte in posizione piana.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.1.1.1 – Preriscaldo

Nei casi in cui lo spessore è superiore a 30 mm è sempre necessario preriscaldare localmente le parti su cui si salda. La temperatura di preriscaldo deve essere adeguata al procedimento impiegato ed alla complessità del giunto; comunque deve essere rispettata la seguente tabella, che è riferita a giunti di difficoltà normali:

Spessore t mm	Preriscaldi					
	Elettrodi non basici		Elettrodi basici arco sommerso gas protettivo		Elettrodi basici arco sommerso gas protettivo e basso idrogeno	
	Fe 360 Fe 430	Fe 510	Fe 360 Fe 430	Fe 510	Fe 360 Fe 430	Fe 510
$t \leqslant 20$	10 °C	+	5 °C	30 °C	5 °C	10 °C
$20 < t \leqslant 30$	60 °C	+	40 °C	+	20 °C	50 °C
$30 < t \leqslant 40$	+	+	70 °C	+	20 °C	70 °C
$t > 40$	+	+	+	+	50 °C	70 °C
+ procedimento di saldatura non ammesso.						

Per i giunti più complessi devono essere adottati limitazioni più severe.

Anche per le opere di imbastitura e per gli attacchi provvisori deve essere effettuato il preriscaldo, nei casi sopra richiesti.

Qualora sui pezzi siano presenti tracce di umidità deve comunque essere dato ad essi l'apporto di calore necessario per eliminarla.

A lavoro finito, a saldature cioè completate, tutti i mezzi ausiliari che sono serviti alla imbastitura degli elementi costituenti l'opera a mezzo saldatura, verranno rimossi eliminando con ogni cura le saldature relative, fino a riportare al ripristino le superfici su cui sono state fatte. Le zone su cui queste saldature sono fatte saranno particolarmente ispezionate a lavoro finito per verificare l'assenza di strappi.

Le saldature verticali delle virole saranno completate prima di quelle orizzontali.

Alle due estremità dei giunti a testa delle principali strutture saranno sempre, in linea di principio, predisposte delle prolunghe atte a portare fuori dal giunto resistente le parti iniziali e finali della saldatura. Queste prolunghe potranno variare in forma e dimensioni a seconda del procedimento adottato. Nel caso che le virole vengano composte in opera, lamiera per lamiera, si prenderanno le precauzioni che il caso renderà possibile per evitare di iniziare le passate di saldatura nel corpo stesso del giunto.

Nel caso di ritiri differenziati di due giunti che interferiscono fra di loro, sarà data la priorità al giunto saldato che provoca un maggior ritiro.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Giunti testa a testa che dovessero essere effettuati sotto forte vincolo, una volta iniziati saranno portati a completamento o quanto meno ad un punto tale di avanzamento da poter essere lasciati raffreddare senza pericolo di rottura.
Non dovranno essere fatte accensioni d'arco sulla lamiera accanto alla giunzione saldata; questo per evitare cricche locali, specialmente nelle lamiere in Fe 510 (S355) ed in Fe 430 (S275) a spessore medio e grosso.

A.1.2 – Procedimenti di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica in gas protettivo CO2 o sue miscele;
- altri procedimenti di saldatura che garantiscano una saldatura pienamente efficiente ed avente le caratteristiche meccaniche minime della giunzione indicate al successivo punto A.1.3 comprovate in adeguate prove di qualifica.

Per quanto riguarda la qualifica dei procedimenti di saldatura vedi il punto A.1.3. In ogni caso i procedimenti di saldatura ad elettroscoria e ad elettrogas potranno essere impiegati solamente previo accordo con la Committente.

A.1.2.1 – Saldatura manuale ad arco

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi omologati secondo UNI 5132 adatti al materiale base:

- per gli acciai Fe 360 (S235) e Fe 430 (S275) devono essere del tipo E 44 di classe di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0 C° saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B;
- per l'acciaio Fe 510 (S355) devono essere impiegati elettrodi tipo E 52 di classi di qualità 3 o 4; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0° C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B.

Le marche di elettrodi impiegate dovranno risultare recentemente omologate da un Ente qualificato sulla base delle norme UNI.
Gli elettrodi saranno impiegati con la polarità e la corrente indicata dal fabbricante e per cui sono stati omologati.
Per gli elettrodi a rivestimento basico è sempre preferibile la corrente continua ed il polo positivo alla pinza.

mg[e] - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Elettrodi di questo tipo dovranno essere essiccati intorno a 300° per almeno due ore prima dell'uso e messi immediatamente dopo il seccaggio in fornetti portatili sul posto di lavoro che raggiungano la temperatura di 100° circa.

Il massimo diametro di elettrodo da usare per la saldatura in piano sarà di 6 mm; in verticale il diametro sarà di 4 mm ed eventualmente 5 mm per le passate di riempimento più avanzate dei grossi spessori; per le saldature in frontale, salvo per le prime passate, il max. diametro sarà di 5 mm. Le saldature in verticale, salvo i casi di elettrodi appositamente omologati per saldare nella apposita direzione, saranno fatte dal basso in alto. Le singole passate dovranno risultare ben raccordate con le passate adiacenti e di moderata convessità; la scoria sarà sempre accuratamente levata fra una passata e la successiva.

Le saldature testa a testa prima di essere riprese dalla parte opposta verranno solcate al rovescio con mola, scalpello, cannello scanalatore ossiacetilenico od elettrico (con elettrodo di carbone ad aria compressa) fino a trovare il sano.

Quando vengono usati questi due ultimi procedimenti, il solco sarà regolarizzato con la mola.

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.1.2.2 – Saldatura ad arco sommerso

I fili ed i flussi per la saldatura automatica ad arco sommerso dovranno rispondere alle indicazioni contenute nell'AWS-Specification A.5.17.69 (American Welding Society) ed essere dei seguenti tipi ivi indicati:

- Tipo F6X xxxx per l'acciaio Fe 430 (S275)
- Tipo F7X xxxx per l'acciaio Fe 510 (S355)

con la differenza che nelle prove convenzionali indicate nella specifica, che dovranno essere fatte per controllo, le condizioni di accettazione risultanti la resilienza potranno essere limitate al valore medio di 20 ft-lb a 0°.

Questo procedimento ha parecchie varianti organiche, potendo essere impiegato con semplice testa o con due teste in tandem e parecchie varianti operative potendo essere impiegate, particolarmente per i giunti a completa penetrazione, con due passate contrapposte o con il sistema "multipass" e con preparazioni che possono essere abbastanza diverse. Anche i parametri di saldatura possono variare su una gamma piuttosto vasta.

Per questo, quando si desidera applicare il procedimento ad arco sommerso, verrà preventivamente presentata una opportuna specifica indicante tutti i parametri che si intendono usare, ivi comprese le variazioni dei lembi.

Il controllo sulla congruità della specifica indicata verrà fatto effettuando le prove di qualifica di procedimento su un giunto testa a testa e d'angolo previste dall'ASME (American Society of Mechanical Engineer) Sez. IX.

E' preferibile che i provini richiesti per il controllo della qualità relativo alla specifica AWS-A 5.17.69 siano ricavati dallo stesso saggio che si dovrà fare per la qualifica secondo ASME Sez. IX, facendo più lungo il saggio richiesto per queste qualifiche.

Nel caso più comune di saldatura multipassi si opererà in modo che le passate siano fra loro ben raccordate con quelle adiacenti e di moderata convessità. La scoria sarà accuratamente levata dopo ogni passata.

Nei giunti testa a testa, fatti unicamente con saldatura ad arco sommerso da ambo le parti del giunto, la solcatura al rovescio prima di fare la seconda saldatura può non essere necessaria se le prove di qualifica mostrano una ampia penetrazione della seconda saldatura.

Il flusso usato nelle saldature ad arco sommerso dovrà essere ben asciutto ed esente da contaminazioni.

A meno che non sia racchiuso in recipienti atti ad efficacemente proteggerlo dall'umidità, esso sarà riscaldato prima dell'uso per almeno un'ora a circa 100°.

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

In linea di massima la saldatura ad arco sommerso verrà impiegata in posizione piana per i giunti testa a testa ed in angolo di posizionamento ed in posizione piano-frontale per i giunti d'angolo.

A.1.2.3 – Saldatura a filo continuo in gas protettivo

I fili ed il loro accoppiamento col gas protettivo dovranno rispondere alle indicazioni contenute nell'AWS Specification A. 5.18.69 per i fili nudi e A. 5.20 per i fili animati (con flusso incorporato).

I fili animati saranno del tipo E60- TX o E70- TX esclusi i tipi -2 o + 3, a seconda del materiale base (Fe 430 o Fe 510). Per essi valgono le eccezioni, riguardanti le condizioni di accettazione della resilienza, indicate più sopra per i fili nudi.

Per le stesse ragioni indicate per il procedimento ad arco sommerso verrà preventivamente presentata un'opportuna specifica indicante tutti i parametri che si intendono usare, ivi comprese le preparazioni dei lembi. Il controllo della congruità della specifica indicata verrà fatto effettuando le prove di qualifica di procedimento su giunto testa a testa e d'angolo previste dall'ASME- Sez. IX.

E' preferibile che i provini per il controllo della qualità relativa alla specifica AWS A.5.18.69 siano ricavati dallo stesso saggio che si dovrà fare per la qualifica secondo ASME Sez. IX facendo più lungo il saggio richiesto per la qualifica.

In particolare, nel caso di impiego di un procedimento automatico (o misto manuale-automatico) con filo continuo in gas protettivo in posizione frontale, sarà eseguita un'opportuna prova di qualifica del procedimento nella stessa posizione frontale, scegliendo un saggio dello spessore massimo da saldare in costruzione con tale procedimento ed avente una larghezza orizzontale sufficiente da permettere che la maggior parte di esso venga eseguito in condizioni pratiche di regime. Il materiale base, per tale qualifica del procedimento, dovrà essere in linea di principio un acciaio della stessa resistenza della costruzione per cui è richiesta la qualifica.

Il gas protettivo avrà un punto di rugiada di -40° C o minore.

Nel caso più comune di saldatura multipass si opererà in modo che le passate siano fra loro ben raccordate con quelle adiacenti o di moderata convessità.

Nei giunti testa a testa le passate al vertice saranno accuratamente solcate all'inverso prima di iniziare la saldatura.

Il filo continuo dovrà essere ben asciutto ed in buone condizioni d'uso.

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.1.3 – Prove di qualificazione dei procedimenti di saldatura

L'impiego di elettrodi omologati secondo UNI esime da ogni prova di qualifica del procedimento.

Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura, ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa; mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrino pari a 3 volte lo spessore per gli acciai Fe 360 e Fe 430 (S235, S275) ed a 4 volte lo spessore per l'acciaio Fe 510 (S355);
- la resilienza su provette intagliate a V secondo UNI ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che verrà verificata a + 20° C se la struttura deve essere impiegata a temperatura maggiore o uguale a 0° C, secondo UNI a 0° C nel caso di temperature minori; nel caso di saldatura ad elettrogas o elettroscoria tale verifica verrà eseguita anche nella zona fusa dove maggiore è stata la alterazione metallurgica per l'alto apporto termico.

I provini per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, verranno ricavati da saggi testa a testa saldati; saranno scelti allo scopo gli spessori più significativi della struttura.

Con ogni procedimento di saldatura la durezza HV 30 nella zona termicamente alterata del metallo base. non deve eccedere il valore di 350; quando le necessità di spessore o di temperatura ambiente lo richiedano, occorrerà applicare un opportuno preriscaldo.

A.1.4 – Prove di qualifica dei saldatori

Sia in officina, sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da operai che abbiano superato le prove di qualifica indicate nella UNI per la classe relativa al tipo di elettrodo ed alle posizioni di saldature previste o equivalente esperienza.

Nel caso di costruzioni tubolari si fa riferimento anche alla UNI per quanto riguarda i giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di approvazione del procedimento.

A.1.5 – Classi delle saldature

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.1.5.1 – Giunti testa a testa

Si distinguono in due classi di giunti:

- I classe: Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo UNI o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al paragrafo A.1.2 e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura. Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per le radiografie di qualità I e II della collezione di radiografie pubblicate dall' I.I.W (International lnstitute of Welding).

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base.

- II classe: Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 2, 3 o 4 secondo UNI e con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al paragrafo A.1.2 e realizzati egualmente con eliminazione dei difetti al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura, ma che non vengano ritenuti idonei a superare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per la I classe. Comunque i difetti presenti devono essere, per numero ed estensione, contenuti entro ragionevoli limiti di accettabilità ed i giunti devono essere esenti da incrinature o da sensibili mancanze di penetrazione.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col materiale base.

A.1.5.2 – Giunti a croce o a T, a completa penetrazione

Si distinguono anch'essi in due classi:

- I classe: Comprende i giunti effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 3 o 4 secondo UNI o con altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al paragrafo A.1.2 e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per le radiografie di qualità I e Il della collezione di radiografie pubblicata dall'I.I.W. (International Institute of Welding) o da un esame con ultrasuoni che accerti la presenza di difetti non maggiori di quelli ammessi per le radiografie.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col materiale base.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

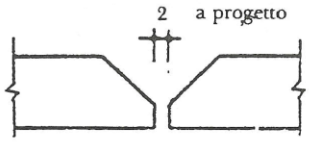
- II classe: Comprende i giunti effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 2, 3 o 4 secondo UNI 5132 o con altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al paragrafo A.1.2 e realizzati con la miglior possibile penetrazione al vertice, ma che non siano in grado di superare un esame radiografico o con ultrasuoni con i risultati richiesti per la I classe.

Comunque i difetti presenti devono essere, per numero ed estensione, contenuti entro ragionevoli limiti di accettabilità ed i giunti devono essere esenti da incrinature e da sensibili mancanze di penetrazione. L'aspetto delle saldature dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col materiale base.

A.1.6 – Tolleranze dimensionali tra i lembi

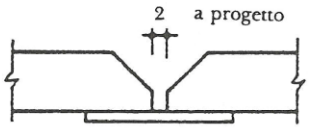
- distanza tra i lembi:

per giunti di testa a piena penetrazione ± 1,5 mm rispetto ai dati di progetto



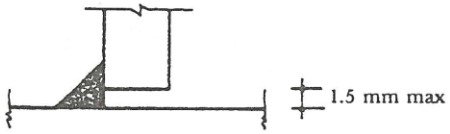
effettivo 0,5 ÷ 3,5 mm max

se con piatto di sostegno: — 1,5 ÷ 4 mm

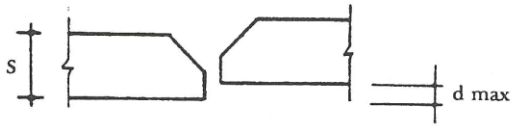


effettivo 0,5 ÷ 6 mm max

per giunti a T con cordone d'angolo luce max 1,5 mm

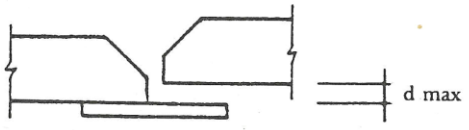


slivellamento per giunti di testa senza piatto di sostegno



$d \leq 3$ mm
$d \leq S/10$

slivellamento per giunti di testa con piatto di sostegno



$d \leq 1,5$ mm

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.1.7 – Raccomandazioni particolari per travi composte saldate

A.1.7.1 – Sequenza della saldatura

- Le saldature delle piattabande devono sempre essere effettuate prima della saldatura dell'anima o contemporaneamente ad essa con sequenza opportuna delle passate.
- Le saldature di collegamento fra anima e piattabanda devono essere completate solo dopo la effettuazione sia dei giunti della piattabanda che di quelle dell'anima.

A.1.7.2 – Incroci di saldature

- Negli elementi di travi composte che dovranno essere collegati fra loro con saldature di testa, si deve aver cura di arrestare la saldatura anima-piattabanda ad almeno 200 mm di distanza dal lembo saldato testa a testa; i tratti da 200 mm saranno completati dopo le saldature di testa.
- Qualora non siano presenti lunette sull'anima in corrispondenza dei giunti delle piattabande, si provvederà ad effettuare per il collegamento anima-piattabanda, per una zona di almeno 100 mm a cavallo del giunto, una preparazione a K con spalla zero, qualora una simile preparazione non sia già prevista per tutto il collegamento anima-piattabanda. La preparazione a K deve essere successivamente aggiustata in corrispondenza della parte smussata per permettere l'esecuzione di un giunto anima-piattabanda a completa penetrazione.

A.1.7.3 – Estremità delle saldature

Le estremità del giunto dell'anima devono essere preparate con particolarissima cura ed in corrispondenza di esse il lembo tra anima e piattabanda deve essere successivamente preparato a K in modo da asportare il difetto di estremità del giunto stesso e dare la possibilità di effettuare un giunto a completa penetrazione fra anima e piattabanda.

A.1.7.4 – Lunette di scarico

Qualora siano presenti lunette in corrispondenza delle saldature delle piattabande e/o in corrispondenza delle estremità delle saldature dell'anima, particolare cura deve essere data alla forma di dette lunette che dovranno risultare ben raccordate con la superficie delle piattabande. Per le lunette eventualmente presenti in corrispondenza delle estremità delle saldature dell'anima, è richiesto che vengano effettuate in un primo momento con dimensioni

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

ridotte e riportate alle dimensioni prescritte dopo la effettuazione della saldatura dell'anima, per asportare con tale operazione anche i difetti di estremità di detta saldatura.

4.2 Allegato 2 – Controllo sulle saldature

Specifica per l'esecuzione ed il controllo di saldature di strutture di carpenteria metallica.

A.2.1 - Premessa

La presente specifica fornisce tutte le indicazioni per la corretta esecuzione delle saldature di carpenteria metallica (edifici civili, viadotti, …) ove le saldature abbiano la funzione di intervenire per assicurare la statica della struttura.

Sono in linea di massima comprese le saldature di elementi accessori, quali impianti idraulici, passerelle, etc che pur avendo funzioni secondarie interferiscano con le strutture principali in modo tale che eventuali difetti di queste saldature potrebbero propagarsi nella struttura primaria.

La presente specifica fa riferimento alla normativa UNI-EN (ISO) applicabile, con eventuali integrazioni.

Ove non esplicitamente richiamate valgono tutte le regole di cui al punto 11.3.4.5 del T.U. 14 Gennaio 2008 ed alla UNI-EN 1011 parte 2.

È esclusiva responsabilità del costruttore l'applicazione di quanto di seguito riportato.

A.2.2 - Certificazione del costruttore

Ai sensi del punto 11.3.1.7 del TU il costruttore deve avere il processo di lavorazione predisposto in consueto con la norma UNI EN ISO 9001-2000 certificato da un organismo terzo indipendente.

Il costruttore, ai sensi della tabella 11.3.XI del TU dovrà essere certificato secondo UNI EN ISO 3834 al livello indicato da detta tabella; dovrà inoltre avere un coordinatore delle operazioni di saldatura certificato secondo UNI EN ISO 14731 sempre al livello richiesto da detta tabella.

A.2.3 - Prescrizioni operative generali

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico e dovrà risultare regolare e ben liscia. L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Le parti da unire con procedimenti di saldatura saranno assiemate con mezzi opportuni e rese fra loro solidali mediante puntatura sui lembi. Per i giunti testa a testa, alla puntatura a fondo smusso, saranno preferiti cavallotti saldati, predisposti sulle due parti da unire.

La parte da saldare dovrà essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas dovranno essere adottati schermi di protezione contro il vento.

Nei limiti del possibile le saldature saranno fatte in posizione piana.

Le preparazioni dei lembi saranno conformi ai disegni costruttivi; in difetto si dovranno adottare le preparazioni di cui alla norma ENI-EN-ISO 9692.

Nei giunti a T con cordoni d'angolo il distacco massimo tra i pezzi sarà quello stabilito dalla norma UNI EN ISO 5817 al livello richiesto (vedere punto 7).

I punti di saldatura (eseguiti con procedimenti e saldatori qualificati – vedere punti 5.4 e 6) dovranno avere lunghezza non inferiore a 50 mm e se inglobati nella saldatura, prima di eseguire quest'ultima dovranno essere regolarizzati di mola ed esaminati (visivamente ed in caso di dubbi col metodo magnetoscopico) per accertare l'assenza di difetti).

A.2.4 - Preriscaldo

Il preriscaldo applicato ai punti prima della saldatura sarà quello richiesto dalla PQR (procedure qualification record ovvero qualifiche di procedimento) e comunque non dovrà essere inferiore a quello prescritto dalla UNI-EN 1011 parte 2, in funzione del CE (formula IIW), dello spessore dei pezzi, degli apporti termici specifici dei procedimenti usati e dei livelli di idrogeno del materiale di apporto. Per il calcolo del carbonio equivalente ci si baserà sui certificati di analisi chimica forniti dall'acciaieria; è tuttavia consigliata una verifica dei dati dei certificati a spot mediante prelievi di campioni sulle lamiere (o tubi, o profilati).

È comunque richiesto sempre un preriscaldo di 50°C per l'eliminazione di ogni traccia di umidità dai lembi.

Il preriscaldo si dovrà estendere per almeno 50 mm da ogni lato del giunto.

Anche per le opere di imbastitura e per gli attacchi provvisori deve essere effettuato il preriscaldo, come sopra richiesto.

A lavoro finito, a saldature cioè completate, tutti i mezzi ausiliari che sono serviti alla imbastitura degli elementi costituenti l'opera a mezzo saldatura, verranno rimossi eliminando con ogni cura le saldature relative, fino a riportare al ripristino le superfici su cui sono state fatte. Le zone su cui queste saldature sono fatte saranno particolarmente ispezionate visivamente a lavoro finito per verificare l'assenza di strappi; in caso di dubbi si eseguiranno anche controlli strumentali.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Alle due estremità, almeno dei giunti a testa in trazione saranno sempre, in linea di principio, predisposte delle prolunghe atte a portare fuori dal giunto resistente le parti iniziali e finali della saldatura. Queste prolunghe potranno variare in forma e dimensioni a seconda del procedimento adottato.

Nel caso di ritiri differenziati di due giunti che interferiscono fra di loro, sarà data la priorità al giunto saldato che provoca un maggior ritiro.

I giunti testa a testa che dovessero essere effettuati sotto forte vincolo, una volta iniziati saranno portati a completamento o quanto meno ad un punto tale di avanzamento da poter essere lasciati raffreddare senza pericolo di rottura (almeno ½ dello spessore).

Non dovranno essere fatte accensioni d'arco sulla lamiera accanto alla giunzione saldata; questo per evitare cricche locali, specialmente nelle lamiere in S3550 di resistenza superiore (ad es. S430).

A.2.5 - Procedimenti di saldatura

Potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica in gas protettivo attivo o neutro con fili pieni o animati.
- L'uso di altri procedimenti dovrà essere concordato con il committente.

Per quanto riguarda la qualifica dei procedimenti di saldatura si veda al punto 5.4.

A.2.5.1 - Saldatura manuale ad arco

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi a rivestimento basico.

Elettrodi a rivestimento rutilico, rutilbasico o acido potranno essere usati solo per acciai S355 o S275 o S235 per spessori ≤ 10 mm.

Gli elettrodi basici, dopo l'apertura delle confezioni, saranno tenuti in fornetti portatili ad almeno 100°C; al termine della giornata lavorativa gli elettrodi avanzati saranno conservati in forno a temperatura di ~ 150°C.

Le confezioni integre (quelle alterate saranno scartate) devono essere conservate in un ambiente con temperatura ≥ 20°C e umidità non superiore al 50%.

L'uso delle confezioni ermetiche (vacuum packs) è consigliato ed esime da particolari procedure per la conservazione delle confezioni.

Tuttavia una volta aperte le confezioni valgono le prescrizioni sopra riportate.

Gli elettrodi saranno impiegati con la polarità e la corrente indicata dal fabbricante.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Per le prime passate il max diametro darà di 4 mm. Le saldature in verticale saranno sempre eseguite in ascendente.

Le singole passate dovranno risultare ben raccordate con le passate adiacenti e di moderata convessità; la scoria sarà sempre accuratamente levata fra una passata e la successiva.

Le saldature testa a testa saldate da ambo i lati prima di essere riprese dalla parte opposta verranno solcate al rovescio con mola, scalpello, cannello scanalatore ossiacetilenico od elettrico (con elettrodo di carbone ad aria compressa) fino a trovare il metallo sano.

Quando vengano usati questi due ultimi sistemi, il solco sarà regolarizzato con la mola.

A.2.5.2 - Saldatura ad arco sommerso

Nel caso più comune di saldatura multipass si opererà in modo che le passate siano fra loro ben raccordate con quelle adiacenti e di moderata convessità. La scoria sarà accuratamente levata dopo ogni passata.

Il flusso usato nelle saldature ad arco sommerso dovrà essere ben asciutto ed esente da contaminazioni.

Le confezioni integri di flusso verranno conservate in un ambiente a temperatura di + 20°C ed umidità ≤ 50%. Confezioni anneggiate verranno scartate. Dopo l'apertura delle confezioni il flusso sarà conservato a circa 150° in forno con vaschette in strati non superiori a 50 mm di spessore.

Il flusso recuperato con aspiratore dopo saldatura sarà mischiato con quello nuovo in proporzione non superiore a 1/3.

Il flusso delle tramogge, alla fine della giornata di lavoro, sarà conservato in forno a 150°C come sopra indicato.

In linea di massima la saldatura ad arco sommerso verrà impiegata in posizione piana per i giunti testa a testa ed in posizione piano o piano-frontale per i giunti d'angolo.

È consigliato per l'esecuzione di giunti testa a testa l'uso di flussi basici.

A.2.5.3 - Saldatura a filo continuo in gas protettivo

Il gas protettivo avrà un punto di rugiada di -40° C o minore.

Nel caso più comune di saldatura multipass si opererà in modo che le passate siano fra loro ben raccordate con quelle adiacenti o di moderata convessità.

Il filo continuo dovrà essere ben asciutto ed in buone condizioni d'uso.

È consigliato per fili animati la conservazione delle confezioni integre sempre in ambiente a + 20°C e con umidità ≤ 50%.

Imballi danneggiati verranno scartati.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Le bobine non usate al termine della giornata di lavoro saranno conservate negli ambienti di cui sopra.

È consigliato per i giunti testa a testa l'uso di fili animati basici.

Per le saldature di cantiere non è consentito l'uso di fili pieni.

A.2.5.4 - Prove di qualificazione dei procedimenti di saldatura

Per l'impiego di tutti i procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura, ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa; mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrini di diametro opportuno l'acciaio S355;
- la resilienza su provette Charpy V ricavate trasversalmente al giunto saldato,sia in zona fusa che in zona termicamente alterata, resilienza che verrà verificata alla temperatura minima a cui per l'acciaio da saldare sono garantiti i 27 Joule (media).

Per i saggi di qualifica e le relative prove verrà eseguita la norma UNI-EN 15.614.1.

Qualifiche eseguite secondo questa norma (o la vecchia UNI EN 288-1) potranno essere accettate purché le prove non siano state eseguite oltre 15 anni prima.

Per qualifiche di procedimento eseguite dai 10 ai 15 anni prima è richiesto uno o più saggi analoghi a quelli di qualifica con prove ridotte (CND, durezze HV, macrografie).

A.2.6 - Qualifiche dei saldatori

Tutti i saldatori impiegati nella costruzione devono essere qualificati per le posizioni ed i procedimenti di saldatura usati secondo UNI EN 287.1.

A deroga di quanto ivi previsto i saldatori che eseguono giunti con cordoni d'angolo dovranno essere esplicitamente qualificati con saggi a T con cordoni d'angolo.

Gli operatori per arco sommerso saranno qualificati secondo UNI-EN 1418.

Ogni saldatore dovrà essere dotato di proprio punzone per identificare le saldature eseguite.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.2.7 - Classi delle saldature

Le saldature possono appartenere a due diversi livelli di qualità.

- Livello B della UNI EN ISO 5817 riguardanti le saldature sottoposte a sensibili fenomeni di fatica.
- Livello C della UNI EN ISO 5817 riguardanti le altre saldature, anche notevolmente sollecitate dal punto di vista statico, ma non soggette a sensibili fenomeni di fatica.

Poiché la norma sopracitata non contempla tra i possibili difetti le cosiddette irregolarità di maglia si precisa che il cordone di saldatura dovrà essere ragionevolmente irregolare, cioè non presentare incisioni tra le passate, brusche variazioni del sovrametallo ecc. Ciò vale in particolare per le saldature di Livello B.

A.2.8 - Piattini di sostegno

Poiché in alcuni casi è necessario eseguire giunti testa a testa o a T a piena penetrazione non accessibili al vertice, in questi casi è consigliato l'uso di piattini permanenti in acciaio. Detti piattini dovranno essere di composizione chimica nota e tale da non creare problemi per la saldatura; i piattini dovranno essere continui sulla lunghezza.

Eventuali giunzioni saranno realizzate a piena penetrazione.

È ammesso un distacco massimo lembo-piattino di 1 mm.

I piattini dovranno essere fissati con robusti punti di saldatura per evitare movimenti durante la saldatura.

Nel caso che il piattino venga fissato ad uno dei lembi da saldare e sia prevista la saldatura non immediatamente dopo; il piattino dovrà essere fissato al lembo con un cordone continuo a fondo cianfrino per evitare infiltrazioni di umidità o ruggine.

È ammesso l'uso di sostegni ceramici purché opportunamente fissati (è escluso di affidarsi solo ai supporti autoadesivi forniti insieme al sostegno). E'in ogni caso richiesto un saggio operativo per la verifica della passata al vertice e del metodo di fissaggio del piatto.

A.2.9 - Raccomandazioni particolari per travi composte saldate

A.2.9.1 - Sequenza della saldatura

Le saldature delle piattabande devono sempre essere effettuate prima della saldatura dell'anima.

Le saldature di collegamento fra anima e piattabanda devono essere completate solo dopo la effettuazione sia dei giunti della piattabanda che di quelle dell'anima.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

A.2.9.2 - Incroci di saldature

Negli elementi di travi composte che dovranno essere collegati fra loro con saldature di testa, si deve aver cura di arrestare la saldatura anima-piattabanda ad almeno 200 mm di distanza dal lembo saldato testa a testa; i tratti da 200 mm saranno completati dopo le saldature di testa.

In corrispondenza dei giunti testa a testa delle piattabande, si provvederà ad effettuare una lunetta semicircolare di diametro pari allo spessore dell' anima + 20 mm. Tale lunetta servirà oltre che per consentire una corretta esecuzione dei giunti testa a testa delle piattabande, per alloggiare i talloni di estremità dei giunti testa a testa delle anime da asportare a fine saldatura regolando la lunetta con fresetta.

Particolare cura dovrà essere posta per l'esecuzione delle estremità delle saldature anima-piattabanda in corrispondenza delle lunette che nel caso di travi sottoposte a fatica, dovrà essere opportunamente verificata.

Qualora la verifica sia sfavorevole si potrà o intervenire in sede di progetto per ridurre il Aσ o provvedere delle lunette ribassate di forma particolare da chiudere poi con saldatura a k a piena penetrazione, come previsto al punto II-2.2.3 della Istruzione FS 44S.

A.2.10 - Piolatura

Per la saldatura dei pioli di collaborazione col calcestruzzo (nel caso di strutture miste) è ammesso il metodo automatico ad innesco mediante sollevamento con ferula ceramica (Pioli Nelson).

In alternativa è consentito solo l'uso di elettrodi rivestiti.

Per l'uso di Pioli Nelson vale tutto quanto riportato nella UNI-EN-14.555 relativamente al prospetto A.1 per pioli di ancoraggio per ponti a struttura mista.

È inoltre richiesta una prova di piegatura a 30° sul 5% dei pioli secondo quanto previsto in UNI 10.016.

A.2.11 - Quaderno di saldatura

Prima dell'inizio dei lavori il costruttore dovrà compilare il quaderno di saldatura relativo all'opera da eseguire, comprendente:

- le qualifiche saldatori e operatori;
- i verbali di qualifica dei procedimenti applicabili;
- le WPS (Welding Procedure Specification) per ogni tipologia di giunto;
- le sequenze di saldatura;
- la percentuale ed il tipo dei CND previsti per ogni saldatura (vedere punto seguente).

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Il quaderno di saldatura dovrà essere approvato da un ente terzo designato dal committente.

A.2.12 - CND (controlli non distruttivi) sulle saldature

Tutte le saldature, non prima di 24 h del termine della loro esecuzione, dovranno essere sottoposto a CND secondo le modalità di seguito indicate, da personale certificato di almeno livello II secondo UNI-EN-473 relativamente al tipo di controllo adottato.

Le percentuali e le modalità dei controlli saranno i seguenti (N.B. Per i giunti testa a testa o a T a piena penetrazione sollecitati in trazione e il cui cedimento comporti il collasso di tutta la struttura o di parti importanti di essa gli ultrasuoni o i raggi x saranno estesi al 100%):

- Controllo visivo: 100% su tutte le saldature.
- Controllo magnetoscopico: 30% sulle saldature con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione; 50% sulle saldature a T o testa a testa a piena penetrazione.
- Controllo con ultrasuoni (per spessori > 8 mm): 50% sulle saldature testa a testa o a T a piena penetrazione.
- Controllo con raggi X o γ: 50% sulle saldature testa a testa a piena penetrazione per spessore ≤ 8 mm.

I criteri di esecuzione dei controlli e di accettabilità di eventuali difetti saranno i seguenti:

- Controllo visivo: livello B o C – UNI EN 5817 (vedere punto 7).
- Controllo magnetoscopico: per le saldature di livello B e C tecnica di esame secondo UNI-EN 1290 (livello non specificato) e livello d accettabilità 2x secondo UNI-EN 1291.
- Controllo ultrasonoro: per le saldature di livello B tecnica di esame secondo UNI-EN 1714 almeno di livello B e livello di accettabilità 2 secondo UNI-EN 1712.

Per le saldature di livello C tecnica di esame secondo UNI-EN 1714 almeno di livello C e livello di accettabilità 3 secondo UNI-EN 1712.

- Controllo radiografico o gammagrafico: per le saldature di livello B e C tecnica di esame secondo UNI-EN 1435 di livello B e livello di accettabilità secondo UNI-EN 12.517 di livello 1 per le saldature di livello B e di livello 2 per le saldature di livello C.

Si precisa inoltre che il controllo visivo, oltre che sulle saldature, va anche eseguito al 100% anche su tutte le superfici dell'opera nei punti in cui su di esse siano stati saldati elementi di montaggio poi asportati; si verificherà che non vi siano residui di saldatura, né ferite, né strappi, né cricche sulle lamiere.

Sulle saldature e/o sulle parti controllate dal costruttore saranno eseguiti controlli a campione da parte di un ente designato dal committente.

Per ogni controllo effettuato il costruttore dovrà fornire opportuna certificazione.

mg^e - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356

Per ogni difetto non accettabile riscontrato con i controlli MT, UT e RX eseguiti in percentuale inferiore al 100% il controllo sarà esteso al 100% per un metro da ogni lato del difetto ovvero per due metri in zone non controllate dello stesso giunto o, per giunti corti, per 2 metri su giunti analoghi. Qualora in questi due metri vengano rilevati altri difetti non accettabili il controllo sarà esteso al 100% del giunto ovvero, per giunti corti, al 100% di giunti analoghi fino a realizzare una lunghezza di almeno 2 metri.
Si precisa ancora che le percentuali di controllo, ad esempio 30% o 50%, si intendono (quando possibile) riferite al 30% o 50% di ogni giunto e non al 100% sul 30% o 50% di tutti i giunti.

A.2.13 - Riparazioni

I difetti rilevati con i CND saranno eliminati mediante molatura.
L'avvenuta eliminazione sarà di regola verificata con magnetoscopia o liquidi penetranti.
Le zone molate se necessario, saranno ripristinate con un processo di saldatura qualificato (preferibilmente elettrodo con rivestimento basico) e la zona così ripristinata sarà ricontrollata con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti non accettabili.

A.2.14 - Ente designato

Il committente si riserva di designare un Ente per la verifica della documentazione dei controlli eseguiti e del rispetto delle procedure usate durante le operazioni di saldatura.

mg^{e} - Ingegneria Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 • Bologna • tel. 051 246356