

BUONE PRATICHE PER LA ZINCATURA A CALDO

ASSOCIAZIONE ITALIANA ZINCATURA

Indice

Le fasi del processo di zincatura a caldo	p. 3
Il processo di zincatura a caldo	4
La scelta dell'acciaio	5
Predisposizione alla zincatura a caldo	9
Predisposizione all'aggancio	20
Saldatura prima della zincatura	22
Assemblaggio	24
Influenza delle lavorazioni	25
Tagli termici e zone termicamente alterate	28
Forgiatura	28
Consigli costruttivi	29
Vernici e impurità non idrosolubili	30
Ripristino di piccoli difetti	31
Ruggine bianca	32

LE FASI DEL PROCESSO DI ZINCATURA A CALDO

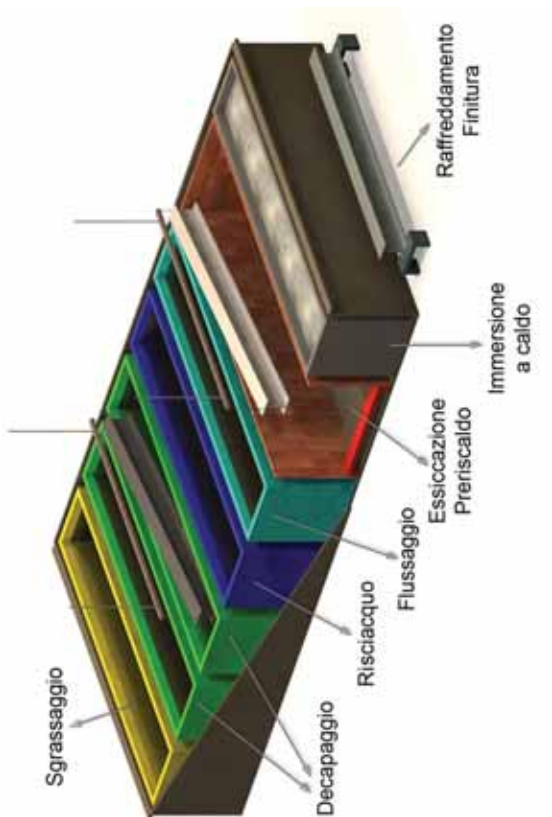


Fig. 1 Operazioni del processo di zincatura a caldo

IL PROCESSO DI ZINCATURA A CALDO

La Figura 1 mostra il processo di zincatura a caldo caratterizzato da due fasi principali:

1. La preparazione della superficie dell'acciaio

con l'immersione del manufatto in soluzioni di:

- sgrassaggio, per eliminare oli e altri grassi;
- decapaggio, per la rimozione degli ossidi;
- risciacquo;
- flussaggio, per evitare la riossidazione del materiale fino alla sua immersione nel bagno di zinco fuso;
- essiccazione in forno, per asciugare il manufatto.

2. La zincatura a caldo

- Immersione nello zinco fuso a 450 °C.

Il tempo di immersione è proporzionale al peso del manufatto. Quindi, dipende dalle sue dimensioni e spessore;

- estrazione e raffreddamento (in aria o in acqua).

La modalità di immersione/estrazione è illustrata di seguito.

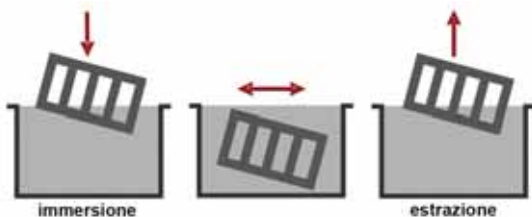


Fig. 2 L'immersione e l'estrazione sono nella stessa direzione

LA SCELTA DELL'ACCIAIO



Figura 3

Assemblaggio di pezzi con diversa composizione dell'acciaio

L'aspetto e lo spessore della zincatura

Sono influenzati dalla composizione dell'acciaio.

La durata della protezione

Non è influenzata dall'aspetto più o meno brillante del rivestimento di zincatura ma è proporzionale al suo spessore. Una colorazione grigia chiara o scura non evidenzia un difetto ma diversa reattività dell'acciaio.

Silicio e fosforo nell'acciaio

Il rivestimento di zincatura può formarsi con una reazione più o meno veloce a seconda del contenuto di silicio e fosforo nell'acciaio (% Si, % P).

La norma EN ISO 14713-2:2010 fornisce una previsione del risultato per ogni possibile composizione.

Aspetto in base alla composizione dell'acciaio

Categoria A. Acciai a basso contenuto di Si e P:
($Si \leq 0.04\%$ e $P < 0.02\%$)

Reattività moderata - maggiore probabilità di aspetto di rivestimento brillante; spessore regolare.



Figura 4 Aspetto e sezione al microscopio del rivestimento di zincatura su acciaio a basso contenuto di silicio e fosforo

Categoria B. Acciai di composizione non Sandelin:
($0,14\% < Si \leq 0,25\%$ e $P < 0.02\%$)

Aspetto di rivestimento piuttosto omogeneo e brillante; spessore regolare.

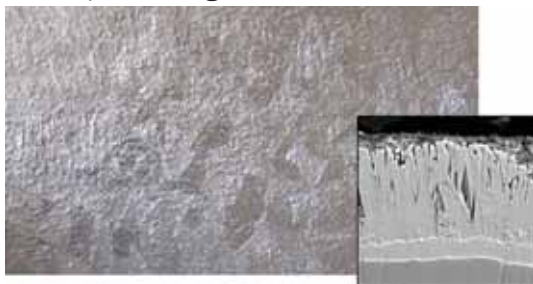


Figura 5 Aspetto e sezione al microscopio del rivestimento di zincatura su acciaio con Si e P contenuti nell'intervallo indicato

Categoria C. Intervallo di Sandelin - iper-reattività:
($0,04\% < Si \leq 0,14\%$ o alto fosforo $P > 0.025\%$)

Aspetto di rivestimento molto rugoso, irregolare con struttura amorfa; spessore anomalo anche di parecchie centinaia di micrometri.

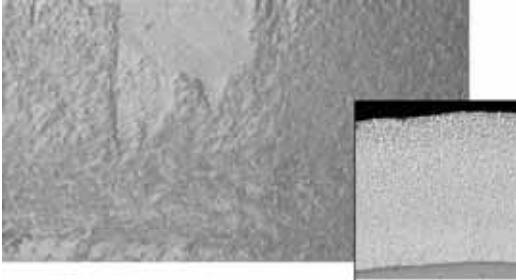


Figura 6 Aspetto e sezione al microscopio del rivestimento di zincatura su acciaio di composizione Sandelin od alto fosforo

Categoria D. Caso di iper-reattività con $0,04\% \leq Si$
(iper Sandelin) e $P < 0.02\%$

Aspetto che può andare dal grigio chiaro al grigio scuro con o senza comparsa di celle; spessore da alto a molto alto.

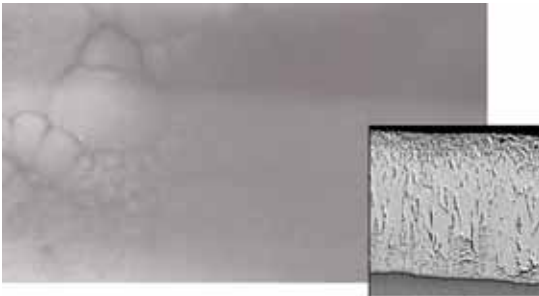


Figura 7 Aspetto e sezione al microscopio del rivestimento di zincatura su acciaio di composizione iper-Sandelin



È consigliabile, quando possibile, l'utilizzo di acciaio delle categorie A e B.

NOTA: Un rivestimento troppo spesso (dell'ordine delle diverse centinaia di micrometri) tende a diventare fragile, non resistente agli urti e di aspetto scuro o rugoso molto pronunciato.

NOTA: Si può ottenere un aspetto grigio opaco chiaro o scuro anche su acciai di categorie A e B ma di spessore ragguardevole, a causa della maggiore inerzia termica che prolunga la reazione ferro zinco.

GHISE

Le ghise prima di essere zincate vanno sabbiare e occorre evitare sempre le stuccature dei difetti superficiali.

Occorre considerare che le ghise hanno una rugosità maggiore dell'acciaio e danno luogo tipicamente a rivestimenti più spessi.

PREDISPOSIZIONE ALLA ZINCATURA A CALDO

Fori di sfiato e drenaggio



Figura 8 Esplosioni per mancata foratura dei pezzi: distruzione degli articoli e danneggiamento dell'impianto di zincatura



La peggiore delle conseguenze possibili della mancata o errata foratura dei pezzi cavi è la loro esplosione. Ciò può causare incidenti con seri infortuni degli operai e gravi danni agli impianti, oltre alla distruzione dei manufatti stessi.

Le dimensioni dei fori

Per la sicurezza e la qualità della zincatura

Il manufatto da zincare non dovrà mai contenere cavità chiuse, interstizi e zone in cui possono crearsi sacche di aria o accumuli di liquido per mancata o insufficiente foratura.



Figura 9 Effetto dei fori di diametro sottodimensionato

Nelle tabelle di seguito vengono suggerite, a puro scopo indicativo, le dimensioni minime dei fori di sfiato per le sezioni cave.



Tabella 1 Forature per tubolari

Base + altezza della sezione (cm)	Area della foratura rispetto all'area della sezione (%)
≥ 61	25%
$41 \div 61$	30%
$20 \div 41$	40%
< 20	aperto

Tabella 2 Forature per tubi

Diametro tubo	Diametro foro
$\phi > 40 \text{ mm}$	25% di ϕ
$\phi \leq 40 \text{ mm}$	ϕ

Tabella 3 Forature per elementi scatolari

Base + altezza della sezione (mm)	Area del foro
< 200	intera sezione aperta
$200 \div 400$	40% area della sezione
$400 \div 600$	30% area della sezione
> 600	25% area della sezione

Per la qualità della zincatura

Anche i profili aperti necessitano di forature nelle parti che possono formare concavità con intrappolamento di aria durante l'immersione o con ritenzione di zinco durante l'estrazione.

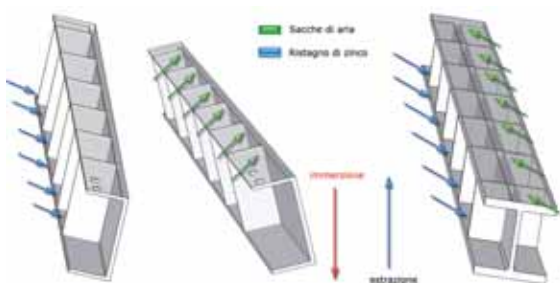


Figura 10 Forature rese necessarie dall'orientamento dell'articolo durante immersione/estrazione

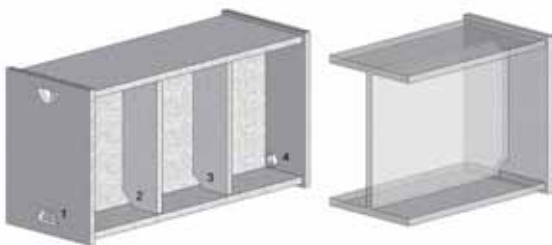


Figura 11 Esempi di forature su profili aperti

Esempi:

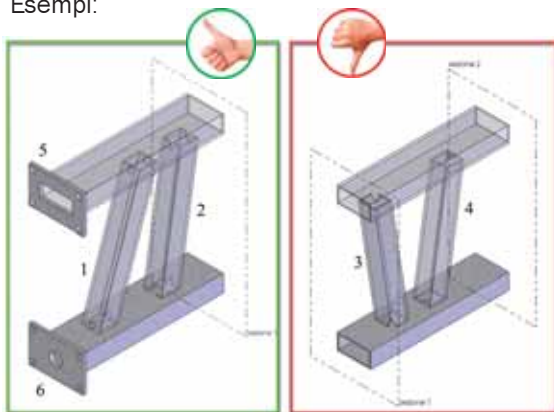


Figura 12 Foratura di profili tubolari

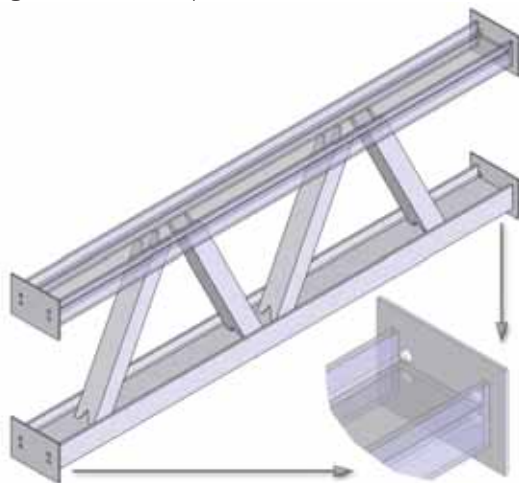


Figura 13 Foratura di capriata con profili trasversali tubolari

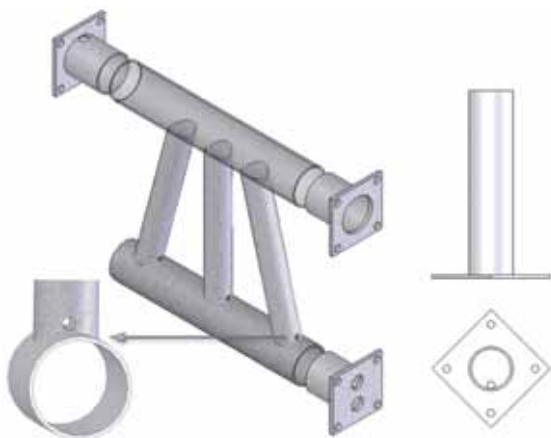


Figura 14 Foratura di tubi e parti terminali

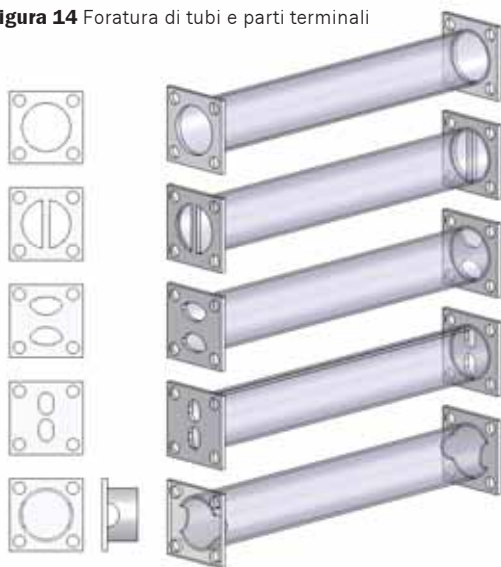


Figura 15 Foratura di parti terminali

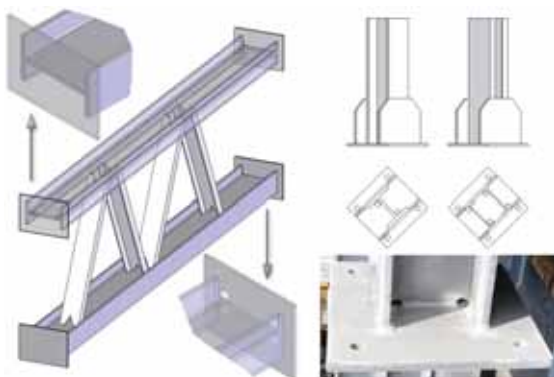
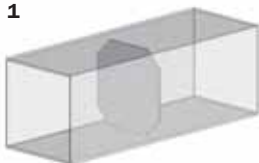


Figura 16 Foratura di profili aperti (piastra terminale)

1



2

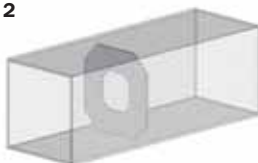


Figura 17 Foratura di rinforzi in elementi scatolari (1. sezioni piccole: solo smussi laterali; 2. altre sezioni: foro centrale supplementare)

NOTA: Nessun foro di sfiato o drenaggio deve essere di diametro inferiore a 10 mm.

Le forature consigliate vanno sempre realizzate in modo da soddisfare le condizioni minime indicate nelle tabelle.

La posizione dei fori

Di principio, i fori devono essere il più vicino possibile ai bordi e agli angoli.

In alternativa ai fori sui rinforzi e sulle parti terminali si possono realizzare aperture equivalenti per lo sfiato e il drenaggio (concavità interrotte, rinforzi corti, smussi, ecc.).

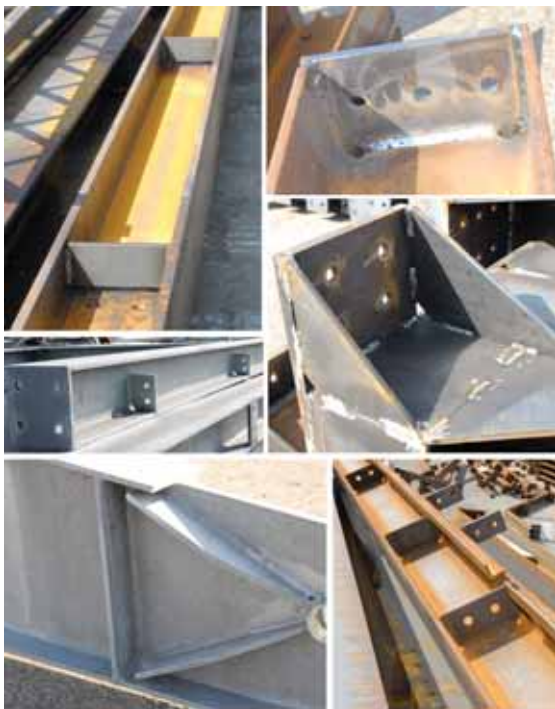


Figura 18 Esempi di forature e predisposizioni corrette



Figura 19 Possibili sedi di foratura

La posizione effettiva dei fori dipende dalla posizione del manufatto in immersione/estrazione.

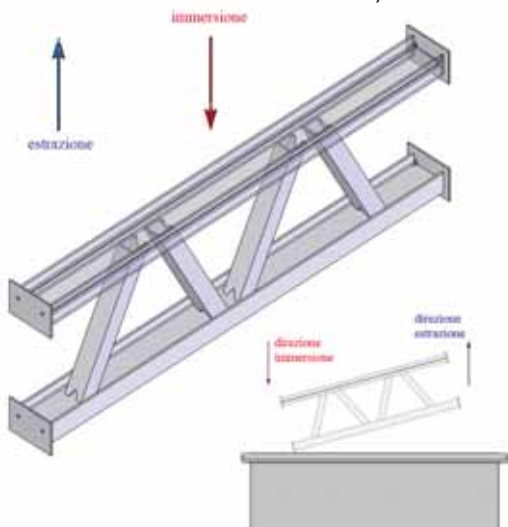


Figura 20 Conoscere come il pezzo è immerso nello zinco permette di minimizzare la presenza dei fori

Casi particolari

Superfici sovrapposte

Per evitare colature di ruggine occorre assicurare lo sfiato degli spazi fra le superfici di contatto, con foratura, meglio se passante. È da evitare la saldatura intermittente.

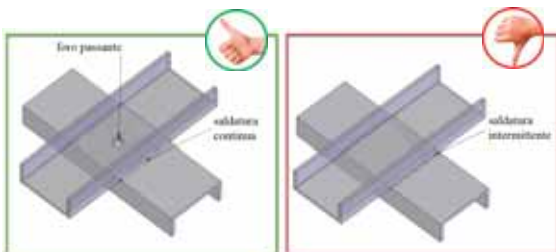


Figura 21 Superfici sovrapposte

Si suggerisce di usare preferibilmente soluzioni realizzative alternative che non prevedano sovrapposizioni.



Figura 22

Esempi di realizzazioni per evitare le superfici sovrapposte



Tabella 4 Spessore di acciaio $s \leq 12$ mm

Area sovrapposta (cm ²)	Fori	Tratto non saldato
< 100	nessuno	Saldatura continua
100 < s < 400	10mm	25mm
400 < s < 2500	12mm	50mm (2x25mm)
Per ogni incremento di 2500	18mm	100mm (4x25mm)

Tabella 5 Spessore di acciaio $s \geq 12$ mm

Area sovrapposta (cm ²)	Fori	Tratto non saldato
<< 100	Nessuno	Saldatura continua
100 < s < 400	Nessuno	Saldatura continua
400 < s < 2500	12mm	50mm (2x25mm)
Per ogni incremento di 2500	18mm	100mm (4x25mm)

NOTA: Se si applica la saldatura discontinua occorre una distanza tra le superfici sovrapposte maggiore di 2,5 mm per consentire la penetrazione dello zinco.

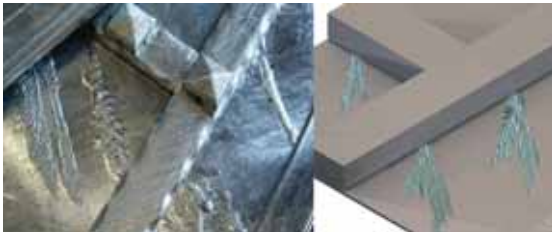


Figura 23 Superfici sovrapposte: colature dall'interstizio

Boiler e serbatoi

Dovrebbe essere possibile sfruttare i tubi di raccordo come forature per la zincatura. La loro posizione dovrà essere tale da non consentire ritenzione di zinco.

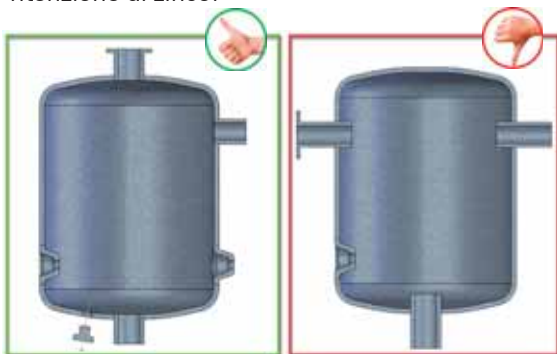


Figura 24 Consigli realizzativi per boiler e serbatoi

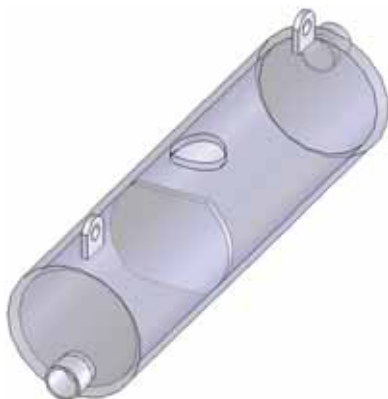


Figura 25 Esempio di rinforzo interno per sfiato e drenaggio e predisposizione del corretto aggancio

Predisposizione all'aggancio

I manufatti da zincare devono essere provvisti di punti di aggancio sicuri.

A volte, i fori per l'assemblaggio, gli occhielli, le parti sporgenti, gli spazi vuoti passanti, possono costituire ottimi punti di aggancio.

Se si utilizzano le forature di sfiato per l'aggancio, occorre tener conto dell'ingombro della luce del foro causata dall'attrezzatura di sospensione.

In alcune occasioni non si può fare a meno di applicare dei mezzi di sospensione provvisori (occhielli, ganci), che possono essere eliminati dopo la zincatura con piccoli ritocchi del rivestimento.

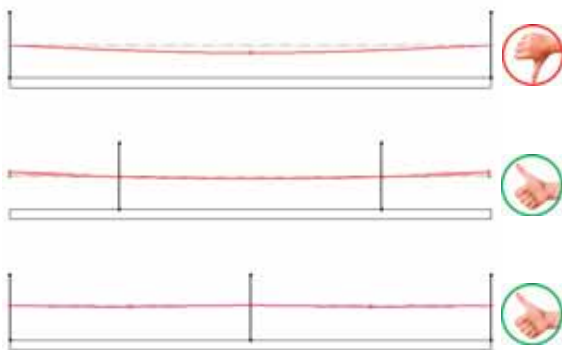


Figura 26 Corretto aggancio di pezzi lunghi

Per il corretto aggancio di pezzi di peso e dimensioni notevoli:

- per ridurre le deformazioni
 - i punti di aggancio sono posizionati in modo da ridurre le sollecitazioni (per evitare che l'articolo si fletta);
 - prevedere gli agganci ad una certa distanza dai bordi del manufatto
- evitare il tiro obliquo rispetto alle apparecchiature di sollevamento utilizzate dallo zincatore

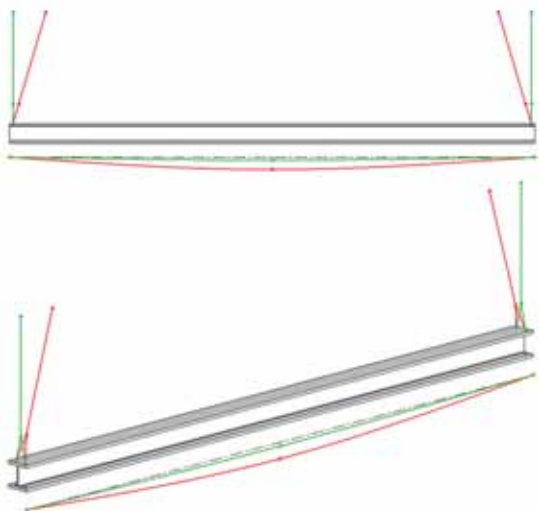


Figura 27 Differenza delle deformate di trave con tiro obliquo e tiro corretto

NOTA: Per pezzi di particolare peso ed ingombro, oppure di elevata complicazione geometrica è utile contattare lo zincatore

SALDATURA PRIMA DELLA ZINCATURA

Rimuovere le scorie non eliminabili dai normali trattamenti di decapaggio in zincheria.



Figura 28 Difetti causati dalla mancata pulizia della saldatura

Prevenire la formazione di puntinatura dovuta a spruzzo di metallo di apporto



Figura 29 La zincatura esalta i punti in rilievo degli spruzzi di saldatura

NOTA: Evitare l'utilizzo di vernice e oli anti-spruzzo silicici e non solubili nelle normali soluzioni di trattamento. Per i possibili difetti vedi anche Sez. *Vernici e impurità non idrosolubili sulla superficie d'acciaio.*

La saldatura deve essere esente da difetti tipo inclusioni e soffiature o mancanze.

Nel caso di difetti o saldature intermittenti, posso-

no verificarsi brutte colature di ruggine sulla zincatura per il rilascio di acido e sali intrappolati nelle cavità o interstizi.

Vedi anche la Sez. relativa alle superfici sovrapposte.



Figura 30 Difetti causati per imperfezione della saldatura

ASSEMBLAGGIO

La tecnica di assemblaggio non deve causare il danneggiamento del rivestimento di zincatura.

La bullonatura

È sempre preferibile per l'assemblaggio di manufatti zincati. Utilizzare bulloni zincati a caldo.



Figura 31 Viti e bulloni zincati a caldo

NOTA: Utilizzo di bullonatura non zincata o con zincatura elettrolitica ha una durata molto inferiore rispetto alle parti assemblate zincate a caldo

Saldatura dopo zincatura

Comporta danneggiamento del rivestimento: usare quando non vi sono alternative.

Se proprio non si può fare a meno di saldare acciaio zincato:

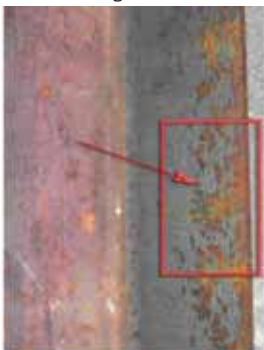
- eliminare localmente il rivestimento di zinco nella zona interessata alla saldatura per evitare soffiature e porosità dovute ai vapori dello zinco;
- applicare velocità di saldatura ridotta e prodotti antispruzzo;
- prevedere un opportuno sistema di ripristino locale della protezione;
- fare attenzione a non inalare i vapori di metallo.

INFLUENZA DELLE LAVORAZIONI

Le lavorazioni dell'acciaio possono influenzare il risultato della zincatura.

La rugosità o la presenza di scaglie, puntinature, graffi e altri difetti di laminazione possono determinare effetti sull'aspetto e sulla qualità finale della zincatura.

Presenza di scaglie



Presenza di graffi o rigature



Figura 32 Difetti di laminazione dell'acciaio



Figura 33

Esempi di conseguenze sulla zincatura di difetti di laminazione

Le scaglie di laminazione durante il rivestimento tendono a sollevarsi e ciò determina la loro accentuazione.



Figura 34

Schema descrittivo ed effetti delle scaglie di laminazione

Le ribave di taglio o di foratura possono dare luogo a zone più spesse o colature di zinco. Andrebbero rimosse prima della zincatura.

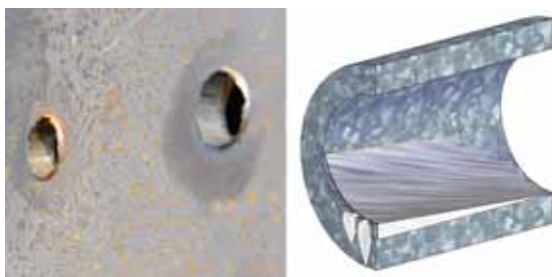


Figura 35 Effetto della presenza di ribava

NOTA: Eventuali difetti superficiali dell'acciaio non vengono nascosti dalla zincatura anzi, in certi casi, possono essere addirittura evidenziati

Tagli termici e zone termicamente alterate



Figura 36 Taglio termico (laser) non trattato

La zincatura a caldo sui tagli termici (laser, plasma e ossifiamma) ed al bordo di essi può risultare più spessa.

Si può verificare fragilità del rivestimento su spigoli non opportunamente smussati.

È sempre consigliabile levigare le superfici interessate prima della zincatura.

Forgiatura

Lo strato di ossido causato dalla forgiatura (o fucinatura) non è sempre eliminabile col normale decapaggio.

In taluni casi è necessaria la sabbiatura.

Contattare preventivamente lo zincatore.



Figura 37 Esempio di difetto su particolari fucinati per la presenza di scoria resistente al decapaggio

CONSIGLI COSTRUTTIVI

Gli articoli immersi nel bagno di zinco fuso subiscono dilatazioni termiche temporanee.

Spessori di acciaio troppo diversi nello stesso manufatto comportano differenti allungamenti e possibilità di deformazione.

Utilizzare profili e lamiere di spessore simile negli articoli destinati alla zincatura.

Quando possibile assemblare i pezzi di diverso spessore dopo la zincatura.

Evitare le soluzioni costruttive che concentrino le tensioni in punti particolari.



Figura 38 Deformazioni avvenute in fase di zincatura

VERNICI E IMPURITÀ NON IDROSOLUBILI SULLA SUPERFICIE D'ACCIAIO



Figura 39 Difetti di rivestimento dovuti alla presenza di impurità non idrosolubili sulla superficie dell'acciaio

Residui di oli o sostanze grasse e altri residui organici non eliminabili con il normale sgrassaggio e decapaggio, le vernici non idrosolubili e i prodotti siliconici sui prodotti da zincare causano inevitabilmente difetti di rivestimento e caratteristiche bruciature.

Non sempre è possibile riconoscerne la presenza sulle superfici del manufatto in fase di accettazione.

Per evitare questi difetti di zincatura è necessario:

1. Scegliere una sostanza antiaderente facile da sgrassare, costituita da composti chimici solubili in acqua
2. Evitare l'uso di grassi e oli a base di silicone, di anti-spruzzo e vernici non idrosolubili
3. Provvedere ad un'adeguata rimozione di questi inquinanti

NOTA: È a cura del realizzatore rimuovere residui non trattabili in zincheria prima della consegna del materiale.

Chiedere allo zincatore per i tipi di prodotti da usare.

RIPRISTINO DI PICCOLI DIFETTI

La norma UNI EN ISO 1461 chiarisce l'ampiezza della superficie per cui è ammesso il ripristino e come effettuarlo. La superficie ripristinabile non può superare i 10 cm² per ogni area e lo 0,5% della superficie totale del manufatto.

L'utilizzo di vernici ricche di zinco o la metallizzazione a spruzzo sono i metodi di intervento più impiegati.

Se il manufatto è destinato a trattamenti successivi di verniciatura occorre informarne lo zincatore per l'utilizzo di materiali di ripristino compatibili.

RUGGINE BIANCA



Figura 40 Ruggine bianca

Il materiale appena zincato può essere soggetto alla formazione in superficie di un composto inerte noto come ruggine bianca.

La ruggine bianca si rimuove facilmente mediante spazzolatura. Le macchie scure risultanti tendono a uniformarsi col tempo.

Non compromette la resistenza a corrosione del rivestimento, se lo spessore dello zinco sottostante rispetta i valori minimi indicati nella UNI EN ISO 1461.

Per la prevenzione degli effetti più evidenti, è essenziale uno stoccaggio e un imballaggio che garantiscano l'aerazione di tutta la superficie del manufatto.

Un metodo efficace di prevenzione è costituito dalla passivazione chimica dopo zincatura.

Questi trattamenti ed accortezze costituiscono lavorazioni aggiuntive che vanno richieste preventivamente allo zincatore.