

BULLONERIA DI ACCIAIO - RIVESTIMENTI PROTETTIVI

Prescrizioni tecniche - estratto UNI 3740/6 (sostituisce UNI 3740/7)

SEZIONE UNO: Prescrizioni tecniche generali

1) GENERALITÀ SUI RIVESTIMENTI PROTETTIVI

L'applicazione di rivestimenti alla bulloneria di acciaio viene effettuata sostanzialmente per ottenere un'azione protettiva contro i fenomeni dell'ossidazione o per dare particolari caratteristiche funzionali alle superfici trattate (contenimento della dispersione del coefficiente d' attrito, elevare la conducibilità elettrica).

Altra esigenza per l' applicazione di rivestimenti è la funzione decorativa.

1.1. Tipi di rivestimento

I rivestimenti considerati sono:

- 1 - Rivestimenti elettrolitici (galvanici)
- 2 - Passivazione
- 3 - Rivestimenti chimici
- 4 - Rivestimenti meccanici
- 5 - Rivestimenti a caldo
- 6 - Rivestimenti inorganici a lamelle di zinco
- 7 - Brunitura

1.1.1. Rivestimenti elettrolitici (galvanici)

I metalli più comunemente usati sono:

| | Simbolo | |
|-----------------------|-----------------|---|
| - Zinco | Zn | per tutte le classi di resistenza |
| - Rame | Cu | impieghi particolari nell' elettronica |
| - Nichelio | Ni | |
| - Nichelio-Cromo | Ni-Cr | |
| - Rame-Nichelio-Cromo | Cu-Ni-Cr | |
| - Stagno | Sn | |
| - Argento | Ag | impieghi nell'elettronica e per le alte temperature |
| - Rame-Argento | Cu-Ag | impieghi nell'elettronica e per le alte temperature |

Agli effetti protettivi il rivestimento di Zinco è il più usato.

Il cadmio (**Cd**) non viene considerato perchè tossico.

I rivestimenti elettrolitici sono caratterizzati dallo sviluppo di idrogeno che, a causa della sua propagazione intergranulare, può provocare un infragilimento degli acciai (noto come infragilimento da idrogeno), che risulta particolarmente accentuato per acciai aventi resistenza a trazione superiore a 1050N/mm², e durezza superiore a 340 HV.

Il fenomeno dell'infragilimento, e quindi della perdita di duttilità dovuta all'assorbimento di idrogeno nella struttura, può portare nei casi peggiori alla formazione di cricche oppure alla rottura vera e propria, anche sotto sollecitazioni estremamente modeste.

Per ridurre il rischio di infragilimento occorre, immediatamente dopo il rivestimento, sottoporre i pezzi ad un trattamento di deidrogenazione, effettuato in appositi forni ad una temperatura di 180 – 200°C (al di sotto della temperatura di rinvenimento) per un periodo di tempo stabilito in funzione dello spessore dei pezzi e delle loro caratteristiche meccaniche, ma comunque non inferiore alle 2 ore.

Tale trattamento, è bene evidenziarlo, non garantisce però la completa eliminazione dell'infragilimento da idrogeno.

Nel caso non sia ammissibile un rischio di rottura dovuto ad infragilimento da idrogeno indotto, devono essere scelte altre tipologie di rivestimento anticorrosione, quali, per esempio, i rivestimenti inorganici a lamelle di zinco, oppure la zincatura meccanica.

1.1.2. Passivazione

Dopo la zincatura elettrolitica, o eventualmente dopo la deidrogenazione, si effettua immediatamente un trattamento di passivazione che aumenterà la resistenza alla corrosione del deposito di zinco.

In funzione della composizione, della temperatura, del Ph della soluzione ed anche della durata del trattamento, si ottengono strati di spessore e colorazioni diverse. Normalmente le passivazioni sono azzurre, nere, gialle, verdi ed iridescenti.

L'utilizzo dell'una o dell'altra non viene determinato solo da un fattore estetico, ma anche dalla resistenza alla corrosione, e questa varia, aumentando dall'azzurro al verde.

L'impiego di cromo esavalente come agente passivante del deposito di zinco presenta diversi vantaggi: la resistenza alla corrosione, le proprietà autocicatrizzanti che permettono una buona resistenza agli sfregamenti, del film di passivazione, un costo limitato ed infine una gamma dall'azzurro, giallo iridescente, al verde oliva fino al nero.

Nonostante tutti questi vantaggi, esiste oggi un fondamentale inconveniente per il Cr VI: la tossicità.

Da più di 10 anni la sostituzione dei processi di cromatazione su zinco è stato l'obiettivo più importante per i laboratori di ricerca. E' per questo che negli ultimi anni si sono sviluppati processi alternativi basati principalmente sull'uso di cromo trivalente, cobalto e silicio. Le passivazioni esenti da Cr VI sembrano un'accettabile alternativa. Il loro sviluppo è avvenuto in diverse fasi per arrivare a soddisfacenti prestazioni di resistenza alla corrosione.

Queste nuove passivazioni, conformi alla direttiva Rohs, nonostante i costi più elevati e la necessità di una gestione più accorta, si stanno rapidamente diffondendo e possono ora garantire, nella maggioranza dei casi, prestazioni in termini di aspetto e protezione del tutto simili a quelle basate sul cromo esavalente.

Attualmente questi processi sono in fase di definitiva industrializzazione e precedono la prossima generazione che sarà completamente esente da cromo.

1.1.3. Rivestimenti chimici

I rivestimenti chimici usati sono di due tipi:

- Fosfatici
- di Zinco con leganti organici

1.1.3.1. I rivestimenti fosfatici, con o senza post-trattamento, sono contraddistinti dallo strato significativo risultante dal trattamento di fosfatazione, a base di fosfato di zinco per applicazione anticorrosiva o a base di fosfato di manganese per applicazione antiusura.

1.1.3.2. I rivestimenti a base di zinco, cromati e sostanze leganti organiche, sono caratterizzati dalla particolare composizione dello strato risultante e dalla metodologia del procedimento applicativo e sono raccomandati per bulloneria ad alta resistenza.

1.1.4. Rivestimenti meccanici

I rivestimenti meccanici sono correntemente così denominati per la particolare metodologia di applicazione del metallo di riporto, generalmente zinco, stagno, alluminio o loro miscela, che viene applicato allo stato di polvere con una azione di impatto meccanico.

I rivestimenti meccanici sono raccomandati per bulloneria ad alta resistenza.

1.1.5. Rivestimenti a caldo

Per rivestimento a caldo viene considerata solo l'applicazione di zinco fuso.

Questo tipo di rivestimento non è raccomandato per la bulloneria di piccole dimensioni e/o con tolleranza di tipo preciso.

I rivestimenti a caldo sono raccomandati per bulloneria impiegata in ambienti ad alto tasso di corrosione.

1.1.6. Rivestimenti inorganici a lamelle di zinco

Il rivestimento inorganico a lamelle di zinco è un rivestimento non elettrolitico metallico grigio alluminio a basso spessore per la protezione contro la corrosione di pezzi in acciaio, in ghisa, o altri materiali ferrosi. Il trattamento consiste nell'applicazione di dispersioni acquose, secondo le tecniche non fragilizzanti di immersione a freddo o di polverizzazione, che permettono di ottenere un rivestimento passivato in tutto il suo spessore, perfettamente resistente alla corrosione. Tra le proprietà del suddetto trattamento spiccano l'assenza di infragilimento da idrogeno e l'elevata resistenza alla corrosione pur in presenza di rivestimenti di spessori sottili.

Tale trattamento è pertanto particolarmente adatto alla protezione dei pezzi di sicurezza, e specificamente degli elementi di fissaggio filettati per il settore automobilistico, per l'edilizia, per il settore ferroviario, per il genio civile, ecc.

1.1.7. Brunitura

La brunitura è un trattamento protettivo di superfici metalliche nei confronti della corrosione particolarmente indicato per lo stoccaggio del materiale in ambiente protetto, ottenuto mediante creazione di uno strato di ossido di ferro, sottile e ben aderente di colore nero (canna di fucile).

La brunitura viene usualmente associata al trattamento di bonifica, ed è particolarmente indicata per la bulloneria. Essa è ottenuta attraverso un riscaldamento ad una temperatura superiore ai 350°C ed un raffreddamento rapido in emulsione oleosa.

La brunitura dell'acciaio è ottenuta dall'ossidazione del metallo mediante immersione in soluzione di nitrato e nitrito di sodio, e successivo trattamento con olio per dare lucentezza al materiale.

Il trattamento di brunitura non comporta alcuno spessore di riporto, pertanto l'aumento dimensionale del pezzo non è rilevante poiché lo strato di ossido di ferro proviene essenzialmente dall'ossidazione del metallo base.

1.2. Modificazioni dimensionali

1.2.1. L'apporto del **rivestimento** sul metallo base modifica le dimensioni della bulloneria ed in particolare della filettatura, in modo diverso a seconda che il rivestimento sia di natura elettrolitica, chimica o meccanica o per immersione a caldo.

1.2.2. Occorre prevedere una **posizione di tolleranza** tale che la filettatura, prima del trattamento, permetta l'apporto di spessore nel rispetto di quanto specificato nel punto 1.2.1 della norma UNI 3740/6.

1.3. Termini e definizioni

1.3.1. Lotto: E' la quantità di elementi dello stesso tipo prodotta con lo stesso procedimento produttivo e sottoposta per una sola volta, dal fornitore, al controllo.

1.3.2. Spessore locale del rivestimento: E' lo spessore del rivestimento, misurato in un punto prefissato per la verifica dello spessore.

1.3.3. Superficie significativa del rivestimento: E' la superficie ricoperta sulla quale viene effettuata la misurazione dello spessore locale e la valutazione della efficacia protettiva del rivestimento. Di regola la superficie significativa è quella rappresentata al punto 1.3.7.

1.3.4. Spessore minimo di rivestimento: E' lo spessore locale minimo del rivestimento.

1.3.5. Spessore medio del rivestimento: E' lo spessore teorico che si sarebbe ottenuto se il rivestimento si fosse distribuito uniformemente su tutta la superficie del pezzo considerato.

1.3.6. Spessore medio del lotto: E' la media degli spessori medi del rivestimento e di tutti i pezzi costituenti un prelievo.

1.3.7. Superficie di misura per lo spessore del rivestimento: E' la superficie di misura dello spessore locale per i diversi tipi di rivestimento ed è di regola la superficie significativa (indicata in 1.3.3 ed indicata in fig. 1) del pezzo considerato.

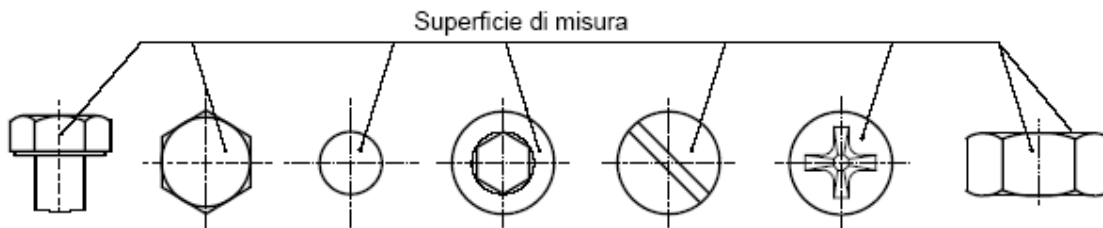


Fig. 1 - Superficie di misura per lo spessore locale (superficie significativa)

Lo spessore locale misurato non deve essere inferiore al valore dello spessore nominale indicato nelle singole prescrizioni.

Lo spessore del rivestimento sulla filettatura deve essere comunque tale da consentire l'avvitamento con un calibro ad anello filettati PASSA (AP) **6h** per le viti e con un calibro a tampone filettato PASSA (TP) **6H** per i dadi con coppia di serraggio, espressa in newton per metro, non maggiore di $0,001 d_3$ dove d è il diametro nominale in millimetri della vite.

1.4. Spessori applicabili

1.4.1. Spessori per rivestimenti elettrolitici

1.4.1.1. Relazione tra gli spessori: le relazioni intercorrenti fra spessori nominali del lotto e spessore medio del lotto sono indicate nel prospetto I.

Prospetto I - Relazione tra gli spessori

| Spessore nominale prescrivibile in designazione μm | Spessore locale minimo 1) μm | Spessore medio del lotto 2) | |
|---|---|-----------------------------|--------------------------|
| | | minimo μm | massimo μm |
| 3 | 3 | 3 | 5 |
| 5 | 5 | 4 | 6 |
| 8 | 8 | 7 | 10 |
| 10 | 10 | 9 | 12 |
| 12 | 12 | 11 | 15 |
| 15 | 15 | 14 | 18 |
| 20 | 20 | 18 | 23 |

1) Misurato sulla superficie di misura (vedi 1.3.7.) con metodo magnetico o equivalente (vedere SEZIONE DUE).

2) Misurato con metodo gravimetrico (vedere SEZIONE DUE).

Possono essere forniti spessori nominali di rivestimento maggiori del prescritto, se non diversamente specificati all'ordinazione purché non venga pregiudicato l'accoppiamento con il calibro di controllo.

1.4.1.2. Spessori del rivestimento per viti: Nel prospetto II vengono dati per ogni passo e relativo scostamento fondamentale, corrispondenti alle posizioni di tolleranza **6g**, **6f**, **6e**, gli spessori massimi ammessi e gli spessori nominali massimi prescrivibili misurati sulle superfici significative. Tenendo conto delle considerazioni espresse nel punto 1.2. della norma e cioè che l'apporto di deposito è favorito alle estremità della vite e che la differenza di deposito fra le estremità del pezzo e la parte centrale è influenzata dalla lunghezza della vite, nelle colonne corrispondenti a ciascuna posizione di tolleranza e per i diversi rapporti lunghezza/diametro, vengono dati in corrispondenza degli spessori nominali massimi prescrivibili, gli spessori minimi prevedibili a metà lunghezza nominale della vite al variare del rapporto lunghezza / diametro.

Tali spessori sono dati a titolo indicativo.

Per quanto riguarda la diminuzione della resistenza alla corrosione in nebbia salina poiché essa non è direttamente proporzionale alla diminuzione di spessore, vedere prospetto IV.

1.4.1.3. Spessori del rivestimento per dadi: Se si prescrivono spessori di rivestimento minori o uguali a 12 μm si può adottare indifferentemente la posizione di tolleranza **H** o **G**.

Se si prescrivono spessori maggiori di 12 μm si raccomanda di adottare la posizione di tolleranza **G**. Si ricorda che l'apporto elettrolitico di materiale sulla filettatura del dado è assai modesta.

Prospetto II - Spessori dei rivestimenti elettrolitici sulle viti

| Passo P | | mm | 0,35 | 0,4 | 0,5 | 0,45 | 0,6 | 0,7 0,75 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
|---------------------------|--|----------------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Posizione di tolleranza g | Scostamento fondamentale | µm | - 19 | - 19 | - 20 | - 20 | - 21 | - 22 | - 24 | - 26 | - 28 | - 32 | - 34 | - 38 | - 42 | - 48 | - 53 | - 60 |
| | Spessore massimo ammesso | µm | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile | µm | 3 | | | 5 | | | 8 | | | 10 | | | 12 | | | |
| | Spessore minimo prevedibile a metà lunghezza | 4d < l <= 06d | µm | 2 | | | 3 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | |
| | | 6d < l <= 10d | µm | 1 | | | 2 | | | 4 | | | 4 | | | 5 | | |
| | | 10d < l <= 16d | µm | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 3 | | | 4 | | |
| Posizione di tolleranza f | Scostamento fondamentale | µm | - 34 | - 34 | - 35 | - 36 | - 36 | - 38 | - 38 | - 40 | - 42 | - 45 | - 48 | - 52 | - 58 | - 63 | - 70 | - 75 |
| | Spessore massimo | µm | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 19 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile | µm | 8 | | | 10 | | | 12 | | | 15 | | | | | | |
| | Spessore minimo prevedibile a metà lunghezza | 4d < l <= 06d | µm | 5 | | | 6 | | | 7 | | | 9 | | | | | |
| | | 6d < l <= 10d | µm | 4 | | | 4 | | | 5 | | | 7 | | | | | |
| | | 10d < l <= 16d | µm | 3 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | | | |
| Posizione di tolleranza e | Scostamento fondamentale | µm | - | - 48 | - 48 | - 50 | - 53 | - 56 | - 60 | - 60 | - 63 | - 67 | - 71 | - 71 | - 80 | - 85 | - 90 | - 95 |
| | Spessore massimo | µm | - | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | 18 | 20 | 21 | 23 | 24 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile | µm | - | 10 | | 12 | | | 15 | | | 20 | | | | | | |
| | Spessore minimo prevedibile a metà lunghezza | 4d < l <= 06d | µm | - | 6 | | 7 | | | 9 | | | 12 | | | | | |
| | | 6d < l <= 10d | µm | - | 4 | | 5 | | | 7 | | | 9 | | | | | |
| | | 10d < l <= 16d | µm | - | 3 | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | | | |

NOTA: Per rapporto l/d minore di 4 non c'è un'apprezzabile differenza dello spessore di deposito tra le estremità (superficie significativa) e metà lunghezza nominale della vite.

1.4.2. Spessori per rivestimenti chimici fosfatici:

I rivestimenti di fosfatazione ottenuti per via chimica hanno masse generalmente comprese fra 8 e 15 g/m² (corrispondenti ad uno spessore da 5 a 11 µm) nel caso di fosfati di zinco-ferro, e fra 10 e 20 g/m² (corrispondenti ad uno spessore da 7 a 15 µm) nel caso di fosfati di manganese-ferro.

Rivestimenti più sottili possono essere ottenuti con processi particolari (fosfati di zinco: massa tra 3 e 5 g/m² corrispondenti ad uno spessore nominale attorno a 3 µm).

Va anche tenuta presente l'asportazione del metallo di supporto (Fe) per dissoluzione, che ha luogo durante la reazione di conversione superficiale.

Tale asportazione si può considerare nell'ordine del 40 e 60 % dello spessore di rivestimento ottenuto.

Di regola per rivestimenti chimici fosfatici viene usata la posizione di tolleranza **g** per filettature esterne (viti) ed **H** per filettature interne (dadi). Per ulteriori dettagli si rimanda alla SEZIONE TRE della norma.

1.4.3. Spessori per rivestimenti chimici a base di metalli e leganti organici:

Nel prospetto III vengono dati per ogni passo e relativo scostamento fondamentale, corrispondenti alle posizioni di tolleranza **g**, **f**, **e**, **G** gli spessori massimi ammessi e gli spessori nominali massimi prescrivibili misurati sulle superfici significative.

Di regola per i rivestimenti chimici a base di metalli e leganti organici vengono impiegati gli spessori nominali prescrivibili 5 e 8 μm e le posizioni di tolleranza **g** e **f** per le filettature esterne (viti) e **G** per le filettature interne (dadi).

1.4.4. Spessori per rivestimenti meccanici:

In genere per i rivestimenti meccanici il riporto non comporta un problema di notevole variazione di spessore in funzione della lunghezza come per i rivestimenti elettrolitici.

Pertanto è sufficiente prevedere i valori dello spessore del riporto tra quelli del prospetto III.

Per casi particolari possono essere prescritti spessori analoghi a quelli previsti dalla zincatura per immersione a caldo. In tale caso per la bulloneria non bonificata è valida la diminuzione dei valori delle caratteristiche meccaniche, prevista per la bulloneria zincata a caldo.

Prospetto III - Spessore per rivestimenti chimici a base di metalli e leganti organici e rivestimenti meccanici

| Passo P | | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,7 0,75 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Posizione di tolleranza g | Scostamento fondamentale μm | - 19 | - 19 | - 20 | - 20 | - 21 | - 22 | - 24 | - 26 | - 28 | - 32 | - 34 | - 38 | - 42 | - 48 | - 53 | - 60 |
| | Spessore massimo ammesso μm | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile μm | 3 | | | 5 | | | | 8 | | | 10 | | 12 | | | |
| Posizione di tolleranza f | Scostamento fondamentale μm | - 34 | - 34 | - 35 | - 36 | - 36 | - 38 | - 38 | - 40 | - 42 | - 45 | - 48 | - 52 | - 58 | - 63 | - 70 | - 75 |
| | Spessore massimo ammesso μm | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 19 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile μm | 8 | | | | | | 10 | | | 12 | | 15 | | | | |
| Posizione di tolleranza e | Scostamento fondamentale μm | - | - 48 | - 48 | - 50 | - 53 | - 56 | - 60 | - 60 | - 63 | - 67 | - 71 | - 71 | - 80 | - 85 | - 90 | - 95 |
| | Spessore massimo ammesso μm | - | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile μm | - | 10 | | 12 | | | | 15 | | | | 20 | | | | |
| Posizione di tolleranza c | Scostamento fondamentale μm | +19 | +19 | +20 | +20 | +21 | +22 | +24 | +26 | +28 | +32 | +34 | +38 | +42 | +48 | +53 | +60 |
| | Spessore massimo ammesso μm | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
| | Spessore nominale massimo prescrittibile μm | 3 | | | 5 | | | | 8 | | | 10 | | 12 | | | |

1.4.5. Spessori per rivestimenti per immersione a caldo:

In relazione al notevole spessore del materiale d' apporto per immersione a caldo, non possono essere considerate le posizioni di tolleranza previste per tutti gli altri tipi di rivestimento.

Per le viti è impiegato lo scostamento fondamentale con posizione di tolleranza **a**; per i dadi invece è impiegata la posizione di tolleranza **H**, poiché i dadi vengono maschiati dopo l' applicazione del rivestimento.

1.5. Efficacia protettiva

1.5.1. Rivestimenti finali (supplementari):

Tutti i rivestimenti considerati, con esclusione di quelli con zinco per immersione a caldo, dopo l'applicazione dello spessore richiesto, possono essere sottoposti ad uno o più trattamenti finali, che conferiscono al metallo di apporto, secondo il tipo di trattamento, particolari caratteristiche di resistenza alla corrosione.

In alcuni casi, per rivestimenti galvanici o fosfatici è necessario far precedere ai trattamenti finali un trattamento termico di deidrogenazione per eliminare la fragilizzazione.

Per i trattamenti finali per ogni tipo di rivestimento vedere le norme dettagliate di ciascun rivestimento.

1.5.2. Nebbia salina:

La resistenza alla corrosione in nebbia salina secondo UNI 5687 deve soddisfare le prescrizioni di durata previste nelle sezioni pertinenti.

Questa prova non è prescritta per rivestimenti di zinco per immersione a caldo perché richiederebbe tempi eccessivamente lunghi.

1.5.3. Richieste particolari del committente:

Se per esigenza di impiego per rivestimenti galvanici, viene richiesta l'efficacia protettiva alla corrosione di tutte le superfici della vite, anche sulle superfici non significative, il committente deve prescrivere la posizione della tolleranza di filettatura, prima del trattamento galvanico, poiché in relazione all'efficacia di protezione richiesta, ed alla lunghezza della vite, non sempre è possibile soddisfare la resistenza alla corrosione prevista con la semplice valutazione dello spessore medio massimo consentito dalle varie posizioni di tolleranza riportate in prospetto II.

1.6. Prove sul rivestimento

Le prove sui rivestimenti sono divise in due categorie: prove ordinarie e prove straordinarie.

In ogni sezione vengono stabilite le prove raccomandate per ciascun tipo di rivestimento.

Per l'esecuzione della prova di resistenza alla corrosione in nebbia salina e la prova di aderenza dei materiali di riporto, i campioni devono essere invecchiati a temperatura ambiente per almeno 48 ore prima di essere sottoposti alle relative prove.

1.6.1. Prove Ordinarie:

Sono quelle che vengono eseguite per il collaudo corrente del rivestimento. Esse sono sufficienti a verificare le caratteristiche del rivestimento in relazione alle esigenze di impiego. Le prove ordinarie per ciascun tipo di rivestimento sono specificate in ogni singola sezione.

1.6.2. Prove Straordinarie:

Sono quelle che permettono un esame più approfondito delle condizioni del rivestimento. Esse devono essere concordate all'atto dell'ordinazione e sono comunque utilizzate in caso di contestazione. Le prove straordinarie per ciascun tipo di rivestimento sono specificate in ogni singola sezione.

1.7. Piani di campionamento:

I piani di campionamento da impiegare per le caratteristiche da verificare con prove ordinarie e straordinarie devono essere scelti fra quelli previsti dalla UNI 3740/8.

SEZIONE DUE: Rivestimenti elettrolitici di zinco

2) GENERALITÀ SUI RIVESTIMENTI ELETTROLITICI DI ZINCO

La presente sezione stabilisce le prescrizioni tecniche per la corretta realizzazione e verifica dei rivestimenti elettrolitici di zinco su bulloneria di acciaio.

Agli effetti protettivi i rivestimenti elettrolitici di zinco sono quelli più largamente impiegati e sono adatti per tutte le classi di resistenza della bulloneria di acciaio.

2.1. Sistema di designazione

Il sistema di designazione (vedere UNI ISO 2081 e UNI ISO 4520) è composto dai seguenti simboli:

- **Fe** : metallo base seguito da una barra obliqua
- **Zn** : zinco
- **(3), 5, 8, (10), 12, (15), 20** : valori nominali, espressi in μm , degli spessori dei rivestimenti prescritti. In conformità alla pratica nazionale sono sconsigliati i valori tra parentesi.
- **c** : rivestimenti di conversione a base di cromati
- **1 e 2** : classi del rivestimento di conversione a base di cromati
- **A, C, D, N** : tipo del rivestimento di conversione a base di cromati
- **B** : tipo di rivestimento di conversione a base di cromati, che pu. essere eseguito su richiesta. Ha l' aspetto caratteristico " trasparente con debole iridescenza " e resistenza alla corrosione conformi alla UNI ISO 4520

2.2. Caratteristiche

2.2.1 I rivestimenti oggetto della presente sezione hanno lo scopo di migliorare le caratteristiche anticorrosive della superficie dell'acciaio.

2.2.2 Il metallo base deve essere esente da difetti macroscopici che possono vanificare sia l'applicazione del rivestimento sia l'efficacia protettiva dello stesso.

2.2.2.1. L'aspetto del rivestimento deve essere esente da difetti quali bolle, zone polverulente, discontinuità o zone non rivestite.

2.2.2.2. Il rivestimento deve essere identificato con prova qualitativa e avere zinco \geq al 98,8%.

2.2.2.3. Lo spessore nominale dei rivestimenti (vedere prospetto I della SEZIONE UNO) deve soddisfare le esigenze dettate dalle tolleranze di base (6g, 6f, 6e) e dal rapporto l/d (vedere prospetto II della SEZIONE UNO). Deve essere prescritto in fase d'ordine.

2.2.2.4. Cromatazione: La cromatazione serve per migliorare le caratteristiche anticorrosive del rivestimento e conferire al rivestimento stesso un particolare aspetto (veder UNI ISO 4520). La cromatazione è generalmente effettuata mediante bagno con soluzioni acide contenenti sali di cromo esavalente o altri sali di natura variabile che modificano l'aspetto e la durata del film di protezione. La cromatazione è particolarmente efficace per ritardare la formazione di prodotti bianchi di corrosione e deve essere effettuata salvo diverso accordo. Il colore del film e il tipo di strato di conversione dipendono dalla composizione della soluzione, dal pH, dalla temperatura, dalla durata del trattamento, dalla natura e dallo strato di rivestimento del deposito elettrolitico trattato.

2.2.2.5. Aderenza: Il rivestimento non deve dare segni di distacco dopo riscaldamento a 210 °C e brusco raffreddamento in acqua.

2.2.2.6. Resistenza alla corrosione: La resistenza alla nebbia salina senza comparsa di prodotti di corrosione, deve essere determinata secondo UNI 5687.

2.2.2.6.1. Viti: La resistenza alla corrosione delle viti deve risultare come previsto dal prospetto IV.

2.2.2.6.2. Dadi: La resistenza alla corrosione dei dadi rilevata sulle superfici significative, compresi smussi di imbocco, deve risultare come previsto dal prospetto IV.

2.3. Deidrogenazione

Per eliminare la fragilità dell' acciaio da idrogeno la bulloneria deve essere deidrogenata.

Il trattamento di deidrogenazione deve essere effettuato entro 4 ore dall' applicazione del rivestimento di zinco, prima della conversione cromica.

Tale trattamento deve essere eseguito con una permanenza minima a regime di 2 ore ad una temperatura da 200 a 210 °C.

Questo trattamento è obbligatorio per le viti con carico unitario $R_m \geq 1\ 040\ \text{N/mm}^2$.

2.4. Programma di prove

Sono previste prove ordinarie e straordinarie.

2.4.1 Prove ordinarie

Le prove ordinarie sono:

- Aspetto mediante controllo visivo.
- Misura spessore con metodo magnetico (secondo UNI 4195).
- Determinazione della resistenza alla corrosione in nebbia salina UNI 5687.

2.4.2 Prove straordinarie

Le prove straordinarie sono:

- Identificazione della natura del rivestimento UNI 4179.
- Misura dello spessore medio con metodo gravimetrico (dissoluzione e pesata) UNI ISO 3882.
- Misura dello spessore con metodo microscopico UNI 6404.
- Misura dello spessore con altri metodi UNI ISO 3882.
- Prova di aderenza (vedi 2.2.2.5.).

Prospetto IV - Resistenza alla corrosione del rivestimento elettrolitico

| Designazione 1) | Aspetto caratteristico 2) | Tempo senza comparsa di prodotti di corrosione bianchi sulla superficie significativa (viti e dadi) 2) ore min. | Tempo senza comparsa di prodotti di corrosione rossi sulla superficie significativa (viti e dadi) 2) ore min. | Tempo senza comparsa di prodotti di corrosione rossi sul gambo delle viti aventi lunghezza nominale 3) | | |
|-------------------|---|--|--|--|---------------------------|----------------------------|
| | | | | 4d < l <= 6d ore min. | 6d < l <= 10d ore min. | 10d < l <= 16d ore min. |
| (Fe/Zn 3 c 1A) | Trasparente, chiaro, con deboli riflessi bluastrì | 6 | - | - | - | - |
| Fe/Zn 5 c 1A | | | 48 | 40 | 32 | 24 |
| Fe/Zn 8 c 1A | | | 72 | 64 | 56 | 48 |
| (Fe/Zn 10 c 1A) | | | 84 | 74 | 64 | 54 |
| Fe/Zn 12 c 1A | | | 96 | 84 | 72 | 60 |
| (Fe/Zn 15 c 1A) | | | 108 | 94 | 80 | 66 |
| Fe/Zn 20 c 1A | | | 120 | 104 | 88 | 72 |
| (Fe/Zn 3 c 2C) | Giallo iridescente | 72 | - | - | - | - |
| Fe/Zn 5 c 2C | | | 96 | 84 | 72 | 60 |
| Fe/Zn 8 c 2C | | | 120 | 104 | 88 | 72 |
| (Fe/Zn 10 c 2C) | | | 144 | 124 | 104 | 84 |
| Fe/Zn 12 c 2C | | | 168 | 144 | 120 | 96 |
| (Fe/Zn 15 c 2C) | | | 192 | 164 | 136 | 108 |
| Fe/Zn 20 c 2C | | | 216 | 184 | 152 | 120 |
| (Fe/Zn 3 c 2D) | Verde oliva con tonalità marrone o bronzo | 96 | - | - | - | - |
| Fe/Zn 5 c 2D | | | 120 | 104 | 88 | 72 |
| Fe/Zn 8 c 2D | | | 144 | 124 | 104 | 84 |
| (Fe/Zn 10 c 2D) | | | 168 | 144 | 120 | 96 |
| Fe/Zn 12 c 2D | | | 192 | 164 | 136 | 108 |
| (Fe/Zn 15 c 2D) | | | 216 | 184 | 152 | 120 |
| Fe/Zn 20 c 2D | | | 240 | 210 | 180 | 150 |
| (Fe/Zn 3 c N) | Nero | 24 | - | - | - | - |
| Fe/Zn 5 c N | | | 48 | 40 | 32 | 24 |
| Fe/Zn 8 c N | | | 72 | 64 | 56 | 48 |
| (Fe/Zn 10 c N) | | | 84 | 74 | 64 | 54 |
| Fe/Zn 12 c N | | | 96 | 84 | 72 | 60 |
| (Fe/Zn 15 c N) | | | 108 | 94 | 80 | 66 |
| Fe/Zn 20 c N | | | 120 | 104 | 88 | 72 |

1) Le designazioni tra parentesi si considerano NON PREFERENZIALI.

2) I primi tre aspetti e i relativi tempi sono conformi alla UNI ISO 4520, mentre il quarto aspetto e relativi tempi sono conformi alla pratica nazionale.

3) Conformemente a quanto stabilito nei punti 1.3.3 e 1.5.3. i tempi sono applicabili solo se concordati.

SEZIONE TRE: Rivestimenti chimici fosfatici

3) GENERALITÀ SUI RIVESTIMENTI CHIMICI FOSFATICI

La presente sezione stabilisce le prescrizioni tecniche dei rivestimenti di conversione chimica superficiale, a base di fosfati metallici cristallini normalmente zinco-ferro per rivestimenti da applicare sulla bulloneria di acciaio a scopi protettivi o funzionali. I rivestimenti a base di manganese-ferro possono essere richiesti qualora sia accettabile una minore resistenza alla corrosione ma non sono raccomandati per bulloneria ad alta resistenza per problemi di fragilizzazione (vedi 3.2.3).

3.1. Sistema di designazione

Il sistema di designazione (vedere UNI 5343 e UNI 4716) è composto dai seguenti simboli:

- **Fe** : metallo base seguito da una barra obliqua
- **FAR** : fosfatazione antiruggine allo zinco
- **FAG** : fosfatazione antigrippaggio al manganese
- **Zn** : zinco (o zinco-ferro)
- **Mn** : manganese (o manganese-ferro)
- **numero eventuale** : spessore nominale del rivestimento espresso in μm

3.2. Caratteristiche generali

I rivestimenti fosfatici sono frequentemente applicati per migliorare le caratteristiche anticorrosive della superficie dell'acciaio. Sono costituiti da un fitto strato di minutissimi cristalli, fortemente aderenti al supporto.

Le dimensioni e la struttura morfologica dei cristalli caratterizzano la rugosità superficiale e il coefficiente di attrito all'avvitamento ne risulta influenzato.

Il rivestimento fosfatico, di per sé, è dotato di ridotte caratteristiche protettive a causa della sua struttura porosa. Salvo accordi diversi, deve essere impregnato successivamente con olio.

3.2.1. Caratteristiche del metallo base

Un rivestimento fosfatico, conforme alle prescrizioni della presente norma, può essere ottenuto solo su acciaio al carbonio con ridotte quantità di elementi leganti. In genere, acciai con più del 3% di Cr e/o 1,5% di Ni non sono fosfatabili, fermo restando che anche le quantità inferiori di leganti possono portare a formazione di grana cristallina più rada e grossa, con ridotte proprietà anticorrosive.

3.2.2. Caratteristiche del rivestimento

3.2.2.1. Aspetto: Un rivestimento fosfatico deve presentarsi uniforme, colore da grigio chiaro a nero, più o meno finemente cristallino, esente da tonalità o da macchie giallastre. Sono ammesse lievi variazioni nell'aspetto (e nel colore) del rivestimento, qualora non arrechino pregiudizio allo scopo del rivestimento.

3.2.2.2. Natura chimica del rivestimento: Se non diversamente specificato, i cristalli di rivestimento si intendono costituiti da fosfati zinco-ferro o manganese-ferro.

3.2.2.3. Spessore e massa del rivestimento: La valutazione più attendibile è quella relativa alla massa specifica di rivestimento fosfatico, che si indica in grammi di rivestimento per metro quadrato di superficie ferrosa.

3.2.2.4. Tipo di olio assorbito sullo strato fosfatico: Senza precisa specificazione l'olio applicato è in emulsione acquosa.

3.2.2.5. Resistenza alla corrosione: L'efficacia protettiva del rivestimento fosfatico oliato si esprime in ore di permanenza in nebbia salina, prima della comparsa di punti di ossidazione sulle superfici significative secondo le modalità riportate nel prospetto V (vedere 3.4.3) e secondo UNI 5687.

Prospetto V - Resistenza alla corrosione (strati oliati)

| Designazione | Natura chimica del rivestimento | Massa di rivestimento g/m ² 1) | Tempo di esposizione in nebbia salina secondo UNI 5687 h 2) min. |
|---------------|---------------------------------|---|--|
| Fe / FAR Zn 3 | Fosfato di zinco | 3 a 5 | 6 |
| Fe / FAR Zn 6 | Fosfato di zinco-ferro | > 8 | 24 |
| Fe / FAG Mn 7 | Fosfato di manganese ferro | > 10 | 16 |

1) La massa di rivestimento si ottiene moltiplicando per 1,4 lo spessore nominale.

2) Al termine della prova l'intera superficie, esclusi gli spigoli, deve essere priva di focolai di corrosione visibili a occhio nudo a normale distanza di lettura.

3.2.3. Caratteristiche del post-trattamento di deidrogenazione

I fenomeni di infragilimento da idrogeno possono avere luogo soprattutto nel decappaggio acido. In genere, durante la fosfatazione allo zinco (essendo ridotta l'acidità del bagno), questi fenomeni non assumono intensità rilevanti; di contro tende ad essere più pericolosa la fosfatazione al manganese. Il trattamento di deidrogenazione può essere richiesto e specificato in fase d'ordine per le viti con carico unitario $R_m \geq 1\ 040\ \text{N/mm}^2$ ed effettuato mediante riscaldamento in forno e successivo raffreddamento a temperatura ambiente, secondo prospetto VI, oppure con permanenza di 120 ore a temperatura ambiente.

Prospetto VI - Trattamento di deidrogenazione

| Carico unitario di rottura R_m | Trattamento di deidrogenazione | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------|
| | Permanenza a regime h min. | Temperatura °C |
| $\geq 1\ 040\ \text{N/mm}^2$ | 8 | 110 |

Non è ammesso portare la temperatura sopra i 110 °C per evitare fenomeni di sfarinamento dello strato fosfatico (solo la fosfatazione zinco-calco sopporta temperature superiori e fino ai 150°C).

3.3. Programma di prove:

Sono previste prove ordinarie e straordinarie.

3.3.1. Determinazione della resistenza alla corrosione in nebbia salina

La resistenza alla corrosione in nebbia salina deve essere determinata secondo UNI 5687.

SEZIONE QUATTRO: Rivestimenti chimici a base di metalli e di leganti organici

4) GENERALITÀ SUI RIVESTIMENTI CHIMICI A BASE DI METALLI E DI LEGANTI ORGANICI

La presente sezione stabilisce le prescrizioni tecniche relative ad un rivestimento chimico anticorrosivo, costituito essenzialmente da zinco e altri metalli anodici¹⁾ rispetto al metallo di supporto e contenente leganti organici di natura polimerica e cromati.

Tale rivestimento è particolarmente raccomandato per bulloneria con carico unitario di rottura R_m maggiore o uguale a 1 040 N/mm² perchè non causa infragilimento da idrogeno.

4.1. Sistema di designazione

Il sistema di designazione è composto dai seguenti simboli:

- **Fe** : metallo base seguito da una barra obliqua
- **AC** : rivestimento anticorrosivo chimico a base di metalli, cromati e leganti organici polimerici
- **ACL**: rivestimento anticorrosivo chimico lubrificante a base di metalli, cromati e leganti organici polimerici in cui sia presente un polimero fluoro carbonico
- **5** : spessore nominale 5 μm (classe ordinaria) con massa specifica minima di 20 g/m²
- **8** :spessore nominale 8 μm (classe straordinaria) con massa specifica minima di 32 g/m²

4.2. Caratteristiche

Le caratteristiche del rivestimento sono individuate dalle seguenti proprietà: Aspetto, spessore, resistenza alla corrosione, aderenza (valutata come resistenza alla sollecitazione termica).

Salvo diverse indicazioni, il controllo delle caratteristiche del rivestimento deve essere effettuato nei punti della superficie significativa definita al paragrafo 1.3.7. della SEZIONE UNO, ad eccezione dell'aspetto e dell'aderenza che vanno valutati su tutta la superficie rivestita.

Si devono assegnare, al rivestimento, degli spessori tali da non creare interferenze nell'avvitamento, (vedere il paragrafo 1.4.3. della SEZIONE UNO).

4.2.1. Aspetto: Il rivestimento deve essere color grigio argenteo, semi opaco (se in assenza di post-trattamenti), omogeneo e uniforme su tutta la superficie.

4.2.2. Spessore: In base allo spessore i rivestimenti vengono divisi in due classi:

- Classe ordinaria: Spessore minimo 5 μm (nominale 5 μm)
- Classe straordinaria: Spessore minimo 8 μm (nominale 8 μm)

Nel caso dei dadi si deve tener presente che il rivestimento si deposita anche sul filetto e pertanto è necessario prescrivere la posizione di tolleranza G.

4.2.3. Resistenza alla corrosione: La resistenza alla corrosione in nebbia salina deve essere determinata secondo UNI 5687.

Deve risultare come prescritto nel prospetto VII.

Prospetto VII - Resistenza alla corrosione del rivestimento chimico

| Designazione | Tempo senza comparsa di prodotti di corrosione rossi sulla superficie significativa h min. |
|--------------|--|
| Fe / AC 5 | 300 |
| Fe / ACL 5 | 300 |
| Fe / AC 8 | 500 |
| Fe / ACL 8 | 500 |

¹⁾ Questi rivestimenti hanno varie denominazioni commerciali (es. " **DACROMET®** ")



4.2.4. Aderenza

Il rivestimento non deve presentare segni di distacco dopo riscaldamento a 210°C ed un brusco raffreddamento in acqua.

4.3. Programma di prove

Sono previste prove ordinarie e straordinarie.

SEZIONE CINQUE: Rivestimenti metallici depositati meccanicamente

5. Generalità sui rivestimenti metallici depositati meccanicamente

Questa sezione stabilisce le prescrizioni tecniche dei rivestimenti protettivi riportati meccanicamente.

Per riporto meccanico si intende l'applicazione del rivestimento protettivo, generalmente costituito da Zn, Sn o Al depositati singolarmente o in combinazione, ed utilizzati allo stato di polvere in sospensione acquosa con granulometria controllata, mediante un'azione prolungata di pressione casuale meccanica, esercitata sui particolari da trattare in appositi barili ed ottenuta mediante una miscela di sfere di opportune dimensioni e promotori chimici¹⁾.

Nel caso di riporto di più strati di metalli diversi, gli spessori dei singoli riporti devono essere concordati in funzione delle finalità applicative.

Il rivestimento meccanico è particolarmente indicato come riporto protettivo su bulloneria ad alta resistenza con carico unitario di rottura R_m maggiore od uguale a 1 040 N/mm², perchè non provoca infragilimento da idrogeno.

Per la sua particolare natura, questo rivestimento è indicato per conferire la resistenza alla corrosione in ambienti solforosi.

Gli spessori complessivi ottenibili di regola con il riporto meccanico sono quelli previsti dal prospetto III della SEZIONE UNO e possono assumere valori da 8 a 20 µm.

5.1. Sistema di designazione

Il sistema di designazione è composto dai seguenti simboli:

- **Fe** : metallo base seguito da una barra obliqua.
- **M** : rivestimento metallico depositato meccanicamente.
- **Zn** o **Sn** o **Al**: simbolo chimico del metallo di rivestimento.

La successione di due simboli dei metalli indica che il rivestimento è costituito da due strati con ordine di applicazione secondo come indicato.

- **8,10,12,15,20,25,30,40,50,60,70,80**: numeri dei valori nominali degli spessori del rivestimento, espressi in µm, qualora si tratti di un solo strato, oppure il valore nominale complessivo del rivestimento composto da più strati.
- **c** : rivestimento di conversione a base di cromati
- **1** e **2**: classi del rivestimento di conversione a base di cromati
- **A, C** : tipo di rivestimento di conversione a base di cromati (su accordo possono essere eseguiti anche rivestimenti tipo **B**)

5.2. Caratteristiche

Le caratteristiche del rivestimento sono individuate dalle seguenti proprietà: aspetto, spessore, resistenza alla corrosione, aderenza.

Salvo diverse indicazioni i controlli delle caratteristiche del rivestimento devono essere effettuati nei punti della superficie significativa definita al paragrafo 1.3.7. della SEZIONE UNO, ad eccezione dell'aspetto e dell'aderenza che vanno valutati su tutta la superficie rivestita.

5.2.1. Aspetto: Il rivestimento, senza conversione cromica, assume tonalità diverse in funzione del metallo di deposito; comunque deve avere un aspetto argenteo, da opaco a semilucido, omogeneo ed uniforme su tutta la superficie.

5.2.2. Spessore: Il rivestimento deve essere tale da non creare difficoltà all'avvitamento. Pertanto per le viti sono da assegnare alle filettature gli spessori del prospetto III della SEZIONE UNO. Per i dadi, qualora venga effettuato il deposito meccanico sul filetto, occorre verificare le caratteristiche meccaniche risultanti dalla posizione di tolleranza scelta per la filettatura in relazione allo spessore prescritto.

5.2.3. Resistenza alla corrosione: La resistenza in nebbia salina, senza comparsa di prodotti di corrosione, viene determinata dalla UNI 5687 ed è in funzione del rivestimento applicato. La resistenza deve risultare come dai prospetti VIII, IX, X, XI della norma UNI 3740 alla quale si rimanda la consultazione.

5.2.4. Aderenza: Il rivestimento non deve presentare segni di distacco dopo riscaldamento a 210°C ed un brusco raffreddamento in acqua.

5.3 Programma di prove:

Sono previste prove ordinarie e straordinarie.

¹⁾ Questi rivestimenti hanno varie denominazioni commerciali (es. " **TRANSIFLO** ")

SEZIONE SEI: Rivestimenti di zinco per immersione a caldo

6) BULLONERIA ZINCATA A CALDO

La zincatura a caldo è un processo metallurgico che genera un rivestimento protettivo di lungo periodo particolarmente efficace per strutture all'aperto e in ambienti aggressivi (aree industriali o marine).

Il rivestimento è costituito da più strati di leghe Zn-Fe legate metallurgicamente al metallo base con percentuali di Fe decrescente man mano ci si allontana dalla superficie da proteggere e con, generalmente, un ultimo strato costituito quasi esclusivamente da Zn.

Le leghe Zn-Fe hanno durezza elevata e pertanto presentano anche una buona protezione per l'abrasione.

Ulteriore caratteristica di questo rivestimento è quella di beneficiare della protezione catodica sacrificale dello Zn rispetto al Fe che permette di evitare la formazione di ossido di ferro anche in zone danneggiate che non superino dimensioni paragonabili a quelle di un cerchio di circa 3 mm² di superficie.

I procedimenti di zincatura a caldo possono essere due:

- quello a umido e quello a secco.

Quest'ultimo assicura una maggiore garanzia rispetto all'assenza di difetti non palesi del rivestimento.

La zincatura a caldo della bulloneria in particolare e di prodotti che non ammettono eccessi di zinco in generale richiede una procedura specifica per raggiungere il risultato desiderato che prevede:

- una temperatura operativa del bagno di 460 - 463 C°.

- contenitori appropriati per la movimentazione dei pezzi nel bagno di zinco fuso e per la centrifugazione dopo l'estrazione dal bagno.

- la centrifugazione del materiale dopo l'estrazione dal bagno ad una velocità sufficiente per eliminare gli eccessi di zinco.

Chi richiede la zincatura a caldo di bulloneria, parti filettate e minuterie in generale, deve tener presente un particolare:

- il possibile effetto della temperatura sulle caratteristiche meccaniche del materiale da zincare.

- l'effetto della temperatura del bagno come fattore che accelera l'invecchiamento dei materiali sensibili a questo fenomeno.

Attenzione: la zincatura a caldo non genera l'invecchiamento del materiale, ma può accelerarne l'effetto sui materiali sensibili a questo fenomeno.

Inizialmente la zincatura a caldo può avere aspetto grigio lucente. Dopo qualche tempo il colore diventa grigio opaco e può assumere anche colorazioni tendenti al rossiccio quando lo strato del rivestimento si è in parte consumato.

Le variazioni di colore non influenzano l'efficienza protettiva del rivestimento.

E' buona norma immagazzinare il materiale zincato a caldo in ambienti con basso tasso di umidità e comunque sempre prevedendo una efficiente areazione fra i pezzi per evitare o almeno ritardare la formazione della " ruggine bianca " (carbonato basico di Zn).

La " ruggine bianca " non deve essere considerata come un difetto sostanziale, ma è buona norma che non sia presente almeno sino a quando il materiale rimane presso lo zincatore.

Le norme relative alla zincatura a caldo di bulloneria prendono in considerazione viti, dadi e rondelle con diametro nominale da 10 mm a 39 mm e con classe di qualità non superiore al 10.9. In pratica si può zincare a caldo con risultato soddisfacente anche bulloneria con diametro nominale da 8 mm a 70 mm e oltre.

Il notevole spessore del rivestimento richiede per la bulloneria maggiorazioni (per dadi) oppure minorazioni (per viti) della filettatura rispetto a quella non rivestita e la conseguente valutazione delle correzioni delle caratteristiche meccaniche totali.

Per valutare le maggiorazioni oppure le minorazioni sopra indicate va tenuto presente che il diametro medio aumenta di 4 volte per le filettature a 60° e di 4.33 volte per le filettature a 55° rispetto allo spessore del rivestimento.

Di seguito riassumiamo le norme di riferimento, italiane e straniere, più utilizzate in Italia per la bulloneria zincata a caldo, tenendo conto che:

1) = Massa minima del rivestimento in gr/m².

2) = Spessore minimo del rivestimento in µm.

3) = Numero minimo di immersioni secondo la prova di PREECE.

| Valori della campionatura | | INTERNAZIONALE | | ITALIA | | ITALIA | | GERMANIA | INGHILTERRA | FRANCIA | STATI UNITI - (U.S.A) | |
|------------------------------|----------------------|------------------|------|---------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|----------|-----------------------|-----------|
| | | EN ISO 1461 (99) | | UNI 3740 | UNI 3740 | CEI 7.6 | CEI 7.6 | DIN 267 P. 10 | B.S. 729 | A 91-122 | Classe C | Classe D |
| | | ≥ 8 ≤ 20 | > 20 | parte 6a Normale | parte 6a Speciale | Cl D ≥ 10 mm | Cl D < 10 mm | | | | D ≥ 10 mm | D < 10 mm |
| Valori medi di tutti i pezzi | gr/m ² 1) | 325 | 395 | 375 | 400 | 400 | 300 | --- | 305 | 375 | 381 | 305 |
| | μm 2) | 45 | 55 | 53 | 57 | 57 | 43 | 40 | 43 | --- | 54 | 43 |
| | imm.(Preece) 3) | --- | --- | 5 | 6 | 6 | 6 | --- | 4 | --- | --- | --- |
| Valori per pezzo singolo | gr/m ² 1) | 250 | 325 | 300 | 360 | 350 | 250 | --- | 305 | 300 | 305 | 259 |
| | μm 2) | 35 | 45 | 43 | 51 | 50 | 36 | 40 | 43 | --- | 43 | 37 |
| | imm.(Preece) 3) | --- | --- | 4 | 5 | 4 | 4 | --- | 4 | --- | --- | --- |

NOTE: L'aderenza del rivestimento può essere verificata con diverse prove empiriche (prova del martello, prova del coltello, prova del reticolo) di cui non riportiamo i parametri di riferimento in quanto la più recente tendenza in campo internazionale è di considerare l'aderenza del rivestimento accettabile se questo non si stacca durante il normale utilizzo del pezzo.

Le norme inoltre prevedono l'accettazione o il rifiuto di tutta una serie di difetti superficiali del rivestimento (gocce, macchie scure, depositi di cenere, zone scoperte, pezzi attaccati, ecc.) che non riportiamo in quanto di specifico interesse solo per chi opera quotidianamente nel settore.

Premesso che la determinazione della massa del rivestimento deve essere considerata come prova di riferimento nel caso di disputa, di seguito indichiamo la prova normalmente usata per rilevare e verificare i parametri indicati ai punti 1), 2) e 3).

(1) = La massa del rivestimento viene determinata con la prova di spogliamento secondo Auperle quando i pezzi da controllare sono già zincati oppure pesando i campioni prima e dopo la zincatura e dividendo la differenza delle due masse per la superficie calcolata del pezzo quando si può disporre di pezzi grezzi prima della zincatura a caldo.

(2) = Lo spessore medio dello strato di zinco può essere calcolato con buona approssimazione ammettendo una massa volumetrica del rivestimento di circa 7,2 gr/cm³ oppure con maggior precisione pesando il campione zincato alla bilancia idrostatica.

Valori puntuali dello spessore del rivestimento sono verificati e misurati in modo molto pratico e rapido con apparecchi magnetici ed elettromagnetici il cui errore non deve mai superare il 15%.

Da una serie sufficientemente numerosa di rilevazioni puntuali si può ricavare un dato medio dello spessore del rivestimento. Il valore dello spessore del rivestimento di zone relativamente piccole pu. essere verificato con sezioni da misurare al microscopio.

3) = La prova di PREECE permette di verificare l'uniformità del rivestimento ed evidenzia se tutti i suoi punti, spigoli compresi, hanno lo spessore minimo previsto in funzione del numero di immersioni superate positivamente.

Gli strumenti magnetici ed elettromagnetici permettono di rilevare in termini quantitativi l'uniformità del rivestimento su superfici sufficientemente estese, ma non sono utilizzabili per valutare l'effettivo spessore di rivestimento sugli spigoli.

7) GENERALITÀ SUI RIVESTIMENTI DI ZINCO PER IMMERSIONE A CALDO

La presente sezione stabilisce le caratteristiche ed i relativi requisiti e le prove per i rivestimenti di zinco per immersione in bagno di zinco fuso.

Le prescrizioni tecniche di regola si riferiscono a viti di acciaio aventi classe di resistenza minore o uguale a 10.9 e relativi dadi con classi di resistenza minore o uguale a 10 aventi diametro nominale da 10 a 39 mm ¹⁾, con filettatura a passo grosso, zincate a caldo mediante immersione in bagno di zinco fuso a temperatura controllata.

Dati i notevoli spessori del rivestimento, le viti per zincatura a caldo devono avere tolleranze diverse da quelle normali e devono rispondere a particolari prescrizioni tecniche per quanto riguarda la resistenza.

In relazione alla temperatura dei bagni di zinco occorre prestare particolare attenzione nella scelta degli acciai al fine di non alterare le caratteristiche meccaniche della bulloneria zincata a caldo.

La bulloneria viene fornita con rivestimento di classe ordinaria, salvo accordi contrari.

7.1. Sistema di designazione

Il sistema di designazione è composto dai seguenti simboli:

- **Fe** : metallo base seguito da una barra obliqua.
- **Zn** : zinco.
- **C** : rivestimento per immersione a caldo di classe ordinaria con massa media di zinco depositato non maggiore di 375 g/m².
- **Cs** : rivestimento per immersione a caldo di classe straordinaria con massa media di zinco depositato non maggiore di 400 g/m².

7.2. Caratteristiche

7.2.1 Modificazioni dimensionali

7.2.1.1. Viti

Per le filettature sono previste due qualità di lavorazioni: media grado di precisione **6**, per viti di categoria **A** e **B** e grossolana grado di precisione **8**, per viti di categoria **C**.

la filettatura, inoltre, è prevista con scostamento fondamentale per posizione di tolleranza **a**, riportato nel prospetto XII unitamente alle dimensioni limite della filettatura prima del rivestimento.

Il notevole valore dello scostamento fondamentale per posizione di tolleranza **a** ha lo scopo di permettere il rivestimento di notevole spessore tipico del processo per immersione a caldo.

I valori dei diametri di filettatura, dopo zincatura a caldo, non devono superare la linea dello zero del sistema di tolleranze per filettature secondo UNI 5541. Essi devono essere controllati con un calibro che non sia un anello filettato.

Dopo la zincatura a caldo non è ammessa la ripassatura dei filetti della vite. L'avvitamento della vite sul dado dopo rivestimento deve potersi effettuare a mano almeno per il 90% dei pezzi; per il rimanente 10% è consentito l'uso di un' apposita chiave senza apprezzabile sforzo.

Gli scostamenti fondamentali per posizione di tolleranza **a** e i valori dei diametri minimi e massimi di filettatura delle viti o elementi filettati simili con filettatura ridotta (minorata) sono indicati nel prospetto XII.

Tutti i valori dei parametri di filettatura del prospetto XII sono stati calcolati sulla base degli stessi scostamenti.

Prospetto XII - Scostamenti fondamentali e dimensioni limite delle filettature per viti prima del rivestimento in funzione del grado di precisione

| Filettatura | Passo P mm | Scostamento fondamentale per posizione di tolleranza a µm | Diametro esterno 1) | | | Diametro medio 1) | | | Diametro di nocciolo 1) | | |
|-------------|------------------|--|-------------------------------------|---|--------|-------------------------------------|---|--------|-------------------------------------|---|--------|
| | | | d | | | d2 | | | d3 | | |
| | | | massimo per gradi 6 e 8 mm | minimo per gradi 6 8 mm mm | | massimo per gradi 6 e 8 mm | minimo per gradi 6 8 mm mm | | massimo per gradi 6 e 8 mm | minimo per gradi 6 8 mm mm | |
| M 10 | 1,5 | - 300 | 9,700 | 9,464 | 9,325 | 8,726 | 8,594 | 8,514 | 7,888 | 7,670 | 7,590 |
| M 12 | 1,75 | - 310 | 11,690 | 11,425 | 11,265 | 10,553 | 10,403 | 10,317 | 9,576 | 9,325 | 9,235 |
| M 14 | 2 | - 315 | 13,685 | 13,405 | 13,235 | 12,386 | 12,226 | 12,136 | 11,269 | 10,994 | 10,904 |
| M 16 | 2 | - 315 | 15,685 | 15,405 | 15,235 | 14,386 | 14,226 | 14,136 | 13,269 | 12,994 | 12,904 |
| M 18 | 2,5 | - 325 | 17,675 | 17,340 | 17,145 | 16,051 | 15,881 | 15,786 | 14,655 | 14,341 | 14,246 |
| M 20 | 2,5 | - 325 | 19,675 | 19,340 | 19,145 | 18,051 | 17,881 | 17,786 | 16,655 | 16,341 | 16,246 |
| M 22 | 2,5 | - 325 | 21,675 | 21,340 | 21,145 | 20,051 | 19,881 | 19,786 | 18,655 | 18,341 | 18,246 |
| M 24 | 3 | - 335 | 23,665 | 23,290 | 23,065 | 21,716 | 21,516 | 21,401 | 20,041 | 19,668 | 19,553 |
| M 27 | 3 | - 335 | 26,665 | 26,290 | 26,065 | 24,716 | 24,516 | 24,401 | 23,041 | 22,668 | 22,553 |
| M 30 | 3,5 | - 345 | 29,655 | 29,230 | 28,985 | 27,382 | 27,170 | 27,047 | 25,427 | 25,014 | 24,891 |
| M 33 | 3,5 | - 345 | 32,655 | 32,230 | 31,985 | 30,382 | 30,170 | 30,047 | 28,427 | 28,014 | 27,891 |
| M 36 | 4 | - 355 | 35,645 | 35,170 | 34,895 | 33,047 | 32,823 | 32,692 | 30,814 | 30,359 | 30,228 |
| M 39 | 4 | - 355 | 38,645 | 38,170 | 37,895 | 36,047 | 35,823 | 35,692 | 33,814 | 33,359 | 33,228 |

1) Per viti con diametro minore di 10 mm e maggiore di 39 mm, i valori limite dei diametri di filettatura prima del rivestimento sono da concordare.

I valori limite dei diametri si riferiscono ai gradi di precisione **6** e **8** del sistema di tolleranza per filettatura metriche ISO (vedere UNI 5541).

7.2.1.2. Dadi:

Di regola i dadi devono essere del tipo alto. La filettatura dei dadi deve essere eseguita dopo la zincatura a caldo con tolleranza **6H** o **7H** secondo che il dado vada accoppiato rispettivamente a viti di categoria **A**, **B** o **C**; tuttavia, è ammessa la zincatura a caldo di dadi gi. filettati purché dopo questa operazione si proceda alla " ripassatura " del filetto.

7.2.1.3. Tolleranze dimensionali:

Per le parti non filettate le tolleranze stabilite dalla UNI 4759/1 valgono prima della zincatura a caldo. La possibilità dell'utilizzo del particolare zincato non deve essere compromessa dal rivestimento.

7.3. Rivestimenti

7.3.1 Qualità dello zinco

Lo zinco da usare nel bagno deve essere di una delle qualità commerciali di prima fusione con purezza non minore di quella dello zinco 98,5 UNI 2013.

Nel bagno è ammessa l'aggiunta di alluminio o di altri elementi secondo la necessità del procedimento.

La qualità dello zinco contenuto nel bagno deve essere determinata mediante analisi chimica.

Sono tollerate le seguenti impurità:

Piombo (Pb) max. 1,50%

Ferro (Fe) max. 0,10%

Somma delle impurità max. 0,20%.

Lo zinco deve essere prelevato mediante opportuno attrezzo ad una profondità di 30 cm dalla superficie, a bagno caldo e dopo una pausa di lavoro di almeno 10 minuti.

7.3.2. Aspetto

All'esame visivo le superfici devono essere esenti da difetti superficiali come bolle, punte aguzze e zone non zincate e devono presentarsi lisce, prive di macchie, ma non necessariamente lucide.

Non sono ammessi grumi, gocce ed altri eccessi di zinco sulla parte filettata, tali da pregiudicare l'accoppiamento vite-dado.



Le unità di prodotto devono essere centrifugate e nel lotto è ammesso un numero di unità di prodotto attaccate tra di loro non superiore all' 1%.

7.4. Programma di prove

Sono previste prove ordinarie e straordinarie.