

## 3.26 Trattamenti superficiali e rivestimenti protettivi

Lo scopo fondamentale dell'applicazione di un rivestimento alla bulloneria in acciaio è quello di esercitare un'azione protettiva nei confronti della comparsa di fenomeni di ossidazione, per ritardare la formazione di prodotti di corrosione sulle superfici di rivestimento esposte in atmosfere corrosive.

In altri casi, il rivestimento ha il compito di conferire particolari caratteristiche funzionali alle superfici trattate, quali ad esempio il contenimento della dispersione del coefficiente di attrito, l'innalzamento della conducibilità elettrica etc...

Infine, in altri casi ancora, si applica il rivestimento con scopo essenzialmente decorativo.

Il rivestimento più comunemente utilizzato per fini protettivi è quello elettrolitico (galvanico) di Zinco.

### 3.26.1 Rivestimento elettrolitico (galvanico) di Zinco (Riferimento alla norma UNI EN ISO 4042)

La zincatura elettrolitica è un trattamento di tipo acido: il deposito di zinco avviene per elettrolisi e la sua durata nel tempo dipende innanzitutto da una buona preparazione superficiale del metallo da trattare.

Il processo di Zincatura si articola nelle seguenti fasi:

- **presgrassatura** chimica a caldo;
- **decapaggio** in acido cloridrico;
- **sgrassatura elettrolitica**;
- **neutralizzazione**;
- **zincatura** vera e propria: immersione dei pezzi nel bagno di zinco. La permanenza in bagno di zinco varia in funzione dello spessore che si vuole depositare sulla superficie da trattare;
- **deidrogenazione** eventuale: per eliminare la fragilità acquisita dalla bulloneria;
- **cromatazione (passivazione)**: immersione per un breve tempo in un bagno di acido cromico, per ottenere la colorazione richiesta.

Nei paragrafi seguenti sono dettagliate le ultime tre fasi (le salienti) del processo di zincatura.

#### Zincatura

L'azione protettiva svolta dalla zincatura è direttamente proporzionale allo strato di materiale depositato nel processo elettrolitico. L'apporto del rivestimento sul metallo base modifica le dimensioni della bulloneria ed in particolare della filettatura, pertanto occorre prevedere una posizione di tolleranza tale che la filettatura, prima del trattamento, permetta tale apporto di spessore, per salvaguardare, nel caso di collegamenti filettati, il corretto accoppiamento tra vite e madrevite.

L'apporto di materiale elettrolitico non è costante su tutta la superficie dell'elemento filettato, pertanto, ai fini della valutazione dello spessore, si ritengono significative le zone di misura indicate in figura seguente:

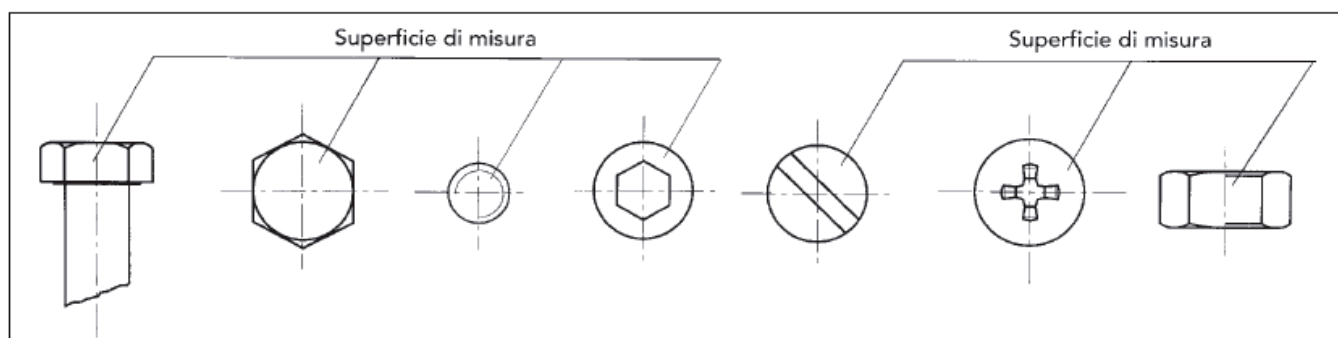


Fig. 1 – Superficie di misura per lo spessore locale (superficie significativa)

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

A livello macroscopico, un rivestimento elettrolitico di Zinco ed il materiale su cui questo va a depositarsi devono possedere le seguenti caratteristiche:

- il metallo base deve essere esente da difetti macroscopici che possono vanificare sia l'applicazione del rivestimento che l'efficacia protettiva dello stesso;
- l'aspetto del rivestimento non deve presentare difetti quali bolle, zone polverulente, discontinuità o zone non rivestite, ma, al contrario, deve possedere un aspetto uniforme;

- il rivestimento deve aderire alla superficie da trattare senza mostrare segni di distacco dopo riscaldamento a 210° e brusco raffreddamento in acqua.

Per quanto riguarda l'efficacia protettiva del rivestimento, è prevista l'esecuzione di alcune prove che hanno lo scopo di indagarne la bontà. Le prove sui rivestimenti sono raggruppate in due categorie:

- Prove ORDINARIE: eseguite costantemente per il collaudo corrente del pezzo; queste sono sufficienti a verificare le caratteristiche del rivestimento in relazione all'impiego che si desidera fare del pezzo stesso  
Esempi di tali prove sono: controllo visivo del pezzo, determinazione della resistenza alla corrosione in nebbia salina (vedere Tab.3)
- Prove STRAORDINARIE: consentono un'indagine più approfondita circa lo stato del rivestimento. Queste solitamente devono essere concordate con il Cliente all'atto dell'ordinazione e sono comunque utilizzate nel caso di contestazioni.

In ogni caso, a fronte di una richiesta specifica del committente, sulla bulloneria dove il rivestimento deve assolvere ad una funzione speciale, si possono concordare i metodi di esame dell'efficacia protettiva anche sulle superfici non significative. Bisogna tuttavia tenere ben presente che non sempre è possibile (e facile!) soddisfare la resistenza alla corrosione prevista con la semplice valutazione dello spessore medio massimo consentito dalle varie posizioni di tolleranza.

### **Spessori di rivestimento per viti**

Gli spessori dei rivestimenti per le viti sono dati in funzione del passo delle filettature e del campo di tolleranza della filettatura stessa.

Nel prospetto che segue sono indicati, 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 senza che lo scostamento superi lo 0. La misurazione di entrambi gli spessori va effettuata sulle superfici significative.

Le filettature esterne che saranno successivamente protette contro la corrosione dovranno essere prodotte all'interno della classe di tolleranza 6g.

Per quanto riguarda l'apporto di spessore dovuto ai trattamenti galvanici, bisogna tenere presenti le seguenti considerazioni di carattere generale:

- l'apporto di deposito è favorito alle estremità della vite;
- la differenza di deposito tra le estremità del pezzo e la parte centrale dipende dalla lunghezza della vite.

A richiesta, possono essere forniti spessori nominali di rivestimento maggiori di quelli raccomandati, che vanno, naturalmente, di volta in volta concordati tra Cliente e Fornitore, purchè non venga pregiudicato l'accoppiamento vite-dado.

Se, viceversa, il committente non prescrive alcuno spessore di rivestimento, viene applicato lo spessore più basso.

### **Spessori di rivestimento per dadi**

Gli spessori dei rivestimenti elettrolitici per dadi non sono praticamente in funzione delle posizioni della tolleranza e del passo di filettatura, in quanto, dati gli attuali procedimenti tecnologici utilizzati per il rivestimento galvanico, non si ha un 'apporto elettrolitico significativo di materiale protettivo sulla filettatura interna del dado rispetto alle altre superfici (facce dell'esagono e piani di appoggio).

La tabella seguente riporta gli spessori massimi di materiale depositabile nel caso di viti (tali valori sono dati a titolo puramente indicativo).

La lettura della tabella va effettuata in questo modo:

nelle righe corrispondenti a ciascuna posizione di tolleranza ed in funzione del passo e dei diversi rapporti lunghezza/diametro, vengono forniti, in corrispondenza degli spessori nominali massimi prescrivibili, gli spessori minimi prevedibili a metà lunghezza nominale della vite. Al variare del rapporto lunghezza / diametro, varia lo spessore atteso a metà lunghezza.

Passo P		mm	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 prescrivibile	µm	3			5			8			10			12			
	Spessore minimo prescrivibile a metà lunghezza	4d < l <= 6d	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 ammesso	µm	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	12	13	14	16	18	19
	Spessore nominale massimo prescrivibile	µm	8			10			12			15						
	Spessore minimo prescrivibile a metà lunghezza	4d < l <= 6d	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 ammesso	µm	-	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	20	21	23	24
	Spessore nominale massimo prescrivibile	µm	-	10		12			15			20						
	Spessore minimo prescrivibile a metà lunghezza	4d < l <= 6d	µm	-	6		7			9			12					
		6d < l <= 10d	µm	-	4		5			7			9					
10d < l <= 16d		µm	-	3		4			5			6						

Tab. 1 – Spessore dei rivestimenti elettrolitici sulle viti

#### NOTA IMPORTANTE:

per rapporti l/d minori di 4, non è apprezzabile la differenza di apporto di spessore tra le estremità (superficie significativa) e metà lunghezza nominale della vite.

### Deidrogenazione

Dopo un rivestimento elettrolitico od un decapaggio, i pezzi in acciaio con una resistenza alla trazione elevata (superiore a 1000 N/mm<sup>2</sup>) sono soggetti ad un fragilizzazione dovuta all'assorbimento di idrogeno (infragilimento da idrogeno indotto). Con un trattamento termico adeguato (al di sotto della temperatura di rinvenimento) è possibile ridurre sensibilmente il rischio di fragilizzazione, senza tuttavia eliminarlo totalmente. Il trattamento termico di deidrogenazione deve essere effettuato entro quattro ore dall'applicazione del rivestimento elettrolitico e deve prevedere una permanenza minima a regime di 2 ore ad una temperatura da 200° a 210° C.

Si tenga presente che il pericolo della fragilizzazione aumenta con la diminuzione della sezione del pezzo.

### Cromatazione (Passivazione) – UNI ISO 4520

Il processo di cromatazione consiste in una breve immersione in un bagno in soluzione acida contenente sali di cromo o altri sali di natura variabile che modificano l'aspetto e la durata del film di protezione.

Con tale trattamento aumenta pertanto la protezione contro gli agenti corrosivi e si influenza sensibilmente la durata del rivestimento elettrolitico nel tempo, in quanto si previene il deterioramento dello strato di zinco depositato o la sua perdita di colore.

Il colore del film ed il tipo di strato di conversione dipendono dalla composizione della soluzione cromica, dal pH, dalla temperatura, dalla durata del trattamento, dalla natura e dallo stato del rivestimento trattato.

L'efficacia dello strato di cromatazione varia secondo il procedimento utilizzato.

Classe	Designazione*	Tipo	Aspetto caratteristico	Massa del rivestimento per unità di superficie g/m <sup>2</sup>	Protezione anticorrosiva
1	A	Chiaro	Trasparente chiaro, a volte con tonalità bluastra	≤ 0,5	Modesta per esempio contro la formazione di macchie da maneggio o contro elevata umidità in condizioni blandamente corrosive
	B	Bianco (incolore)	Trasparente con debole iridescenza	≤ 1,0	
2	C	Iridescente	Giallo iridescente	da 0.5 a 1.5 compreso	Considerevole, compresa la protezione contro certi vapori organici
	D	Opaco	Verde-oliva	> 1,5	
	N	Nero	Bruno-nero vivace fino a nero (decorativo)	Variabile	Variabile

Tab. 2 – Classificazione dei rivestimenti di conversione a base di cromati

### Resistenza alla corrosione in nebbia salina (UNI EN ISO 9227)

La tabella seguente riporta i valori indicativi di durata per esprimere la resistenza alla corrosione del rivestimento elettrolitico in atmosfera corrosiva (nebbia salina). In particolare, lo stato di degrado del rivestimento è descritto studiando due particolari fenomeni:

- Comparsa di prodotti di corrosione bianchi sulla superficie significativa;
- Comparsa di prodotti di corrosione rossi (ruggine) sulla superficie significativa;

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

1) Le designazioni tra parentesi si considerano NON PREFERENZIALI

2) I primi tre aspetti ed i relativi tempi sono conformi alla UNI 4520, mentre il quarto aspetto ed i 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

Tab. 3 – Resistenza alla corrosione del rivestimento elettrolitico

## 3.26.2 Rivestimenti chimici a base di metalli e di leganti organici

### Geomet®

Il Geomet® è un rivestimento formato a partire da una base acquosa. E' composto da lamelle di zinco e d'alluminio in una matrice inorganica, 100% senza cromo (né cromo esavalente, né cromo trivalente). Come per il Dacromet®, le prestazioni di protezione anticorrosione e di lubrificazione del Geomet® sono particolarmente elevate.

L'applicazione del Geomet® 321 non genera infragilimento da idrogeno. Il processo utilizzato è l'immersione a freddo in una dispersione acquosa o la spruzzatura

Il principio di protezione del Geomet® 321 è quello della protezione catodica.

### Benefici del Geomet®

#### 1. Resistenze alla corrosione

La resistenza contro la corrosione dipende dallo spessore del rivestimento e proviene dalla combinazione di vari meccanismi:

*Protezione Barriera* - grazie alla struttura lamellare del rivestimento;

*Protezione catodica* del substrato ferroso controllata dallo zinco;

*Passivazione* - Rallentamento del consumo naturale dello zinco e dell'alluminio grazie alla passivazione di tutto lo spessore del rivestimento.

#### 2. Assenza di infragilimento da idrogeno

In combinazione con un'adeguata pulizia preventiva dei pezzi, l'applicazione non elettrolitica non provoca infragilimento da idrogeno. Il Geomet® 321 è dunque particolarmente adatto alla protezione di pezzi di sicurezza e di molle piatte.

#### 3. Resistenza ai liquidi delle automobili

Il test di resistenza ai carburanti, al diesel, all'olio motore, ai solventi organici, al liquido di raffreddamento ed al liquido dei freni indica una resistenza soddisfacente. A titolo di esempio, il rivestimento resiste ad un'immersione di 24 ore in liquido freni a 20°C.

#### 4. Duttilità

La duttilità è sufficiente per la deformazione elastica delle molle, clips, ecc... .

#### 5. Conduttività elettrica

La sua conduttività è sufficiente per la maggior parte delle applicazioni.

#### 6. Resistenza al calore

Il rivestimento Geomet® 321 conserva le sue caratteristiche meccaniche fino alla temperatura di almeno 300°C , che è la temperatura necessaria alla sua formazione. Per utilizzi oltre 300°C , sono necessarie prove specifiche. La sua resistenza alla corrosione, al test di nebbia salina, non è modificata da una preventiva esposizione dei pezzi di 100 ore a 180°C.

#### 7. Verniciatura, induzione

Il Geomet® 321 può essere verniciato. La prova di aderenza con nastro adesivo dopo quadrettatura non è adatta per via della struttura lamellare del rivestimento.

#### 8. Penetrazione del rivestimento

Il processo d'immersione a freddo permette di ricoprire tutta la superficie dei pezzi, per esempio viti con rondella imperdibile, graffette, coppiglie, tubi.

La tabella che segue riporta i valori in ore per indicare la resistenza alla corrosione dei pezzi rivestiti in Geomet, quando inseriti in ambiente di nebbia salina. Al solito, è interessante confrontare questi valori con quelli forniti in precedenza (vedere Tab.5).

Grado	Spessore [micron]	Esempio di ambiente di utilizzo	Resistenza alla nebbia salina senza ruggine [ore]
A	5/8	Parti interne di carrozzerie, rivestimento elementi di fissaggio	600
B	8/10	Parti esterne di carrozzerie, rivestimento elementi di fissaggio	1000

Tab. 4 – Resistenza alla corrosione del rivestimento Geomet®

## Altri rivestimenti elettrolitici

Di seguito è riportata una veloce panoramica inerente ad altri rivestimenti utilizzabili per la protezione della bulloneria.

Rivestimento	Descrizione
Nichelatura	E' decorativa e offre una buona protezione contro la corrosione. Grazie al suo strato indurito viene utilizzata per apparecchi elettrici e nelle telecomunicazioni, Specifica per viti che non devono avere abrasioni del rivestimento. L'impiego di pezzi in ferro nichelati è sconsigliato all'aria aperta.
Cromatura	Generalmente effettuata dopo una nichelatura, spessore del rivestimento ca. 0,4 µm. Il cromo è decorativo, riduce la possibilità di imbiancamento dei pezzi nichelati e migliora la protezione contro la corrosione. Cromatura brillante: aspetto lucido Cromatura opaca: aspetto satinato.
Ottonatura	Principalmente per uso decorativo, in altri casi i pezzi in acciaio sono ottonati per migliorare l'aderenza della gomma all'acciaio.
Ramatura	Se necessario, viene utilizzata come sottostrato intermedio prima della nichelatura, la cromatura oppure l'argentatura. Utilizzata a titolo decorativo.
Anodizzazione	Attraverso l'ossidazione anodica dell'alluminio si ottiene uno strato protettivo anticorrosivo che impedisce la formazione di macchie. Utilizzata a titolo decorativo permette di ottenere tutti i colori desiderati.

Tab.5 – Altri rivestimenti elettrolitici

## Altri trattamenti superficiali

In aggiunta a quelli finora esposti, sulla bulloneria sono a richiesta applicabili i seguenti trattamenti:

Trattamento	Descrizione
Brunitura (anneritura)	Procedimento chimico, temperatura del bagno: 140' C con ulteriore bagno in olio. Utilizzata a scopo (anneritura) decorativo. L'impiego di pezzi bruniti è sconsigliato all'aria aperta
Fosfatazione (bonderizzazione)	Debole protezione Buona preparazione per verniciature. Aspetto grigio - grigio scuro. Miglioramento della protezione con oliatura successiva.
Sigillante (Finigard)	Post-trattamento per pezzi nichelati, che serve a sigillare i micropori tramite cera, ottenendo un miglioramento della resistenza alla corrosione. Lo strato di cera è secco ed invisibile.
Lubrificante (paraffina)	Rivestimenti lubrificanti a secco per diminuire la coppia di formatura delle viti autoformanti (trilobate).

Tab.6 – Altri trattamenti superficiali