

Zincature elettrolitiche

Elementi di collegamento con rivestimenti elettrolitici secondo ISO 4042:2018

Zincatura – passivazione. La zincatura seguita da passivazione è sempre stata soddisfacente per quanto riguarda la resistenza alla corrosione e l'aspetto estetico. Il nostro assortimento di articoli zincati è molto ampio e siamo in grado di fornire una vasta gamma dei prodotti più disparati.

Post-trattamento di cromatazione o passivazione. Si tratta di un processo per la formazione di un strato cromatato o passivato tramite immersione in una soluzione a base di cromo esavalente (cromatazione) o trivalente (passivazione). Il post-trattamento deve essere effettuato immediatamente dopo il processo di zincatura attraverso una breve immersione in soluzioni a base di acido cromatico. Il processo di cromatazione e passivazione incrementa la resistenza alla corrosione e previene ossidazioni e cambi di colorazione dello strato di zinco. L'efficacia dello strato di cromatazione è variabile in funzione del processo utilizzato (vedere tabella). È possibile migliorare ulteriormente la resistenza alla corrosione con l'applicazione di sigillanti o finizioni.

Gli sviluppi dei processi relativi ai trattamenti superficiali esenti da cromo esavalente affinché offrissero prestazioni di protezione simili o identici sono stati accelerati dalle normative ambientali entrate in vigore in seguito alle direttive dell'Unione Europea 2000/53/CE (ELV), 2002/95/CE (RoHS) e 2011/65/UE (RoHS 2). In passato, per la protezione contro la corrosione degli elementi di collegamento, era consuetudine di utilizzare rivestimenti elettrolitici a base di zinco (ISO 4042) con cromatazioni a base di cromo esavalente. Oggi l'utilizzo del cromo esavalente è praticamente proibito e, per questo motivo, attualmente è raccomandato utilizzare solamente rivestimenti (passivazioni) privi di cromo esavalente.

I trattamenti superficiali con passivazioni prive di cromo esavalente richiedono solitamente una gestione più complessa del processo perché il cosiddetto «effetto di autorigenerazione» si manifesta in misura minore. Il trattamento di materiali sfusi, processi automatizzati come l'alimentazione e/o la selezione, lo stoccaggio e i trasporti possono causare una significativa diminuzione della protezione dalla corrosione (specialmente della protezione contro la corrosione del metallo del rivestimento) in funzione del sistema di rivestimento e della tipologia e della geometria dell'elemento di collegamento.

Valori indicativi della resistenza alla corrosione per i più comuni rivestimenti a base di zinco secondo ISO 4042:2018

La prova in nebbia salina neutra (NSS) secondo ISO 9227 è utilizzata per valutare le prestazioni di protezione dalla corrosione di un rivestimento.

Secondo la norma ISO 4042:2018 lo stato «come trattato» è definito come la condizione al termine di tutte le fasi del processo di rivestimento (incluse passivazione, sigillante, finizione) e senza il deterioramento dovuto ad altri fattori quali selezione, imballo, trasporto, stoccaggio o montaggio.

Sistemi di rivestimento a base di zinco	Esente da cromo esavalente	Aspetto caratteristico	Codice di designazione per i rivestimenti secondo ISO 4042:2018	Spessore del rivestimento μm	Durata minima della prova in nebbia salina neutra per processi di rivestimento a rotobarile ^{3) 4)} ruggine bianca (h) ruggine rossa (h)	
Zincatura con passivazione trasparente/bianca	si	da trasparente chiaro a bluastrò (standard)	ISO 4042/Zn5/An/T0 ISO 4042/Zn8/An/T0	5	8	48
				8	8	72
Zincatura con passivazione a elevato spessore	si	da trasparente chiaro a iridescente (bluastrò, verdastro, giallastro, argento)	ISO 4042/Zn5/Cn/T0 ISO 4042/Zn8/Cn/T0	5	72	120
				8	72	192
Zincatura con passivazione a elevato spessore e sigillante	si	da trasparente chiaro a iridescente	ISO 4042/Zn5/Cn/T2 ISO 4042/Zn8/Cn/T2	5	120	168
				8	120	240
Zincatura con cromatazione nera ¹⁾	no	da marrone-nero a nero (decorativo)	ISO 4042/Zn5/F/T0 ISO 4042/Zn8/F/T0	5	12 ²⁾	–
				8	24 ²⁾	72
Rivestimento in lega zinco-nichel con passivazione iridescente	si	iridescente (bluastrò – grigio argento)	ISO 4042/ZnNi5/Cn/T0 ISO 4042/ZnNi8/Cn/T0	5	120	480
				8	120	720

¹⁾ A causa del processo a rotobarile è molto difficile ottenere una cromatazione nera impeccabile. Bisogna praticamente aspettarsi sempre un deterioramento della cromatazione nera e l'apparizione locale dello strato sottostante di zinco in corrispondenza degli spigoli e delle impronte.

²⁾ Ridotti spessori del rivestimento riducono la resistenza dello strato di cromatazione.

³⁾ Un trattamento realizzato con un processo a telaio riduce l'effetto di possibili danni al rivestimento e quindi si può ottenere una maggior resistenza alla corrosione.

⁴⁾ In caso di filettature di piccole dimensioni i valori reali possono essere minori di quelli indicati a causa del minore spessore del rivestimento di zinco (gioco insufficiente sul diametro di nocciolo per accogliere lo spessore di rivestimento necessario). Vedere anche «Spessori massimi del rivestimento per filettature metriche ISO».

! Riduzione del rischio di infragilimento da idrogeno (ISO 4042)

Per gli elementi di collegamento filettati in acciaio con durezza ≥ 360 HV, quando sono sottoposti a sollecitazioni a trazione, esiste il rischio di cedimento, a causa dell'infragilimento indotto dall'assorbimento di idrogeno durante i processi di rivestimento elettrolitico.

Con un trattamento termico (deidrogenazione), da eseguirsi immediatamente dopo la zincatura e prima della passivazione, è possibile ridurre il rischio di rottura. La completa eliminazione dell'infragilimento da idrogeno non può essere garantita. Nel caso non sia ammissibile un rischio di rottura da idrogeno devono essere scelte altre tipologie di rivestimento anticorrosione.

Per gli elementi di sicurezza dovranno essere utilizzate delle protezioni anticorrosive alternative oppure dei rivestimenti particolari, per es. rivestimenti inorganici a lamelle di zinco, zincatura meccanica oppure usare degli elementi in acciaio inossidabile.

Gli elementi di collegamento con durezza ≥ 360 HV sono forniti, se tecnicamente possibile, con un rivestimento inorganico a lamelle di zinco o con una zincatura meccanica. L'utilizzatore degli elementi di collegamento conosce l'impiego e le esigenze degli stessi e deve specificare il corretto trattamento superficiale!

Spessori massimi del rivestimento per filettature metriche ISO

secondo ISO 4042:2018

Passo P	Diametro nomi- nale filettatura ¹⁾ d1	Madrevite		Vite		Grado di tolleranza f		Grado di tolleranza e	
		Grado di tolleranza G		Grado di tolleranza g					
		Scostamento fondamen- tale	Spessore del rivestimento max. ²⁾	Scostamento fondamen- tale	v max. ²⁾	Scostamento fondamen- tale	Spessore del rivestimento max. ²⁾	Scostamento fondamen- tale	Spessore del rivestimento max. ²⁾
[mm]	[mm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]
0,35	1,6	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,4	2	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,45	2,5	+20	5	-20	5	-35	8	-	-
0,5	3	+20	5	-20	5	-36	9	-50	12
0,6	3,5	+21	5	-21	5	-36	9	-53	13
0,7	4	+22	5	-22	5	-38	9	-56	14
0,8	5	+24	6	-24	5	-38	9	-60	15
1	6	+26	6	-26	5	-40	10	-60	15
1,25	8	+28	7	-28	5	-42	10	-63	15
1,5	10	+32	8	-32	8	-45	11	-67	16
1,75	12	+34	8	-34	8	-48	12	-71	17
2	16 (14)	+38	9	-38	8	-52	13	-71	17
2,5	20 (18; 22)	+42	10	-42	10	-58	14	-80	20
3	24 (27)	+48	12	-48	12	-63	15	-85	21
3,5	30 (33)	+53	13	-53	12	-70	17	-90	22
4	36 (39)	+60	15	-60	15	-75	18	-95	23
4,5	42 (45)	+63	15	-63	15	-80	20	-100	25
5	48 (52)	+71	15	-71	15	-85	21	-106	26
5,5	56 (60)	+75	16	-75	15	-90	22	-112	28
6	64	+80	20	-80	20	-95	23	-118	29

¹⁾ Le informazioni sulle filettature a passo grosso sono fornite solo per praticità. La caratteristica determinante è il passo della filettatura.

²⁾ Gioco teorico minimo e relativo spessore massimo del rivestimento. Vedere le superfici di misura per lo spessore del rivestimento.

Quando il committente non prescrive alcuno spessore di rivestimento sarà applicato lo spessore più basso (tra 3 µm e 5 µm in funzione del diametro della filettatura). Questo è comunque lo spessore normale.

In caso di particolari filettati molto lunghi o di piccole dimensioni (≤ M4), in seguito al processo elettrolitico può risultare uno spessore non uniforme del rivestimento che potrebbe causare problemi al montaggio (aumento dello spessore agli spigoli esterni ed alle estremità dei particolari lunghi).

In particolare, le viti con $l > 5d$ a metà della lunghezza possono presentare uno spessore locale del rivestimento da un terzo alla metà del valore misurato nei punti di riferimento.

La scelta di spessori di rivestimento maggiori (per ottenere, a metà lunghezza delle viti più lunghe, solitamente tra 10 e 15 volte il diametro, uno spessore del rivestimento sufficiente a garantire la resistenza alla corrosione) può causare un eccesso di rivestimento all'estremità della filettatura che pregiudicherà la possibilità di avvitamento e/o causerà una non conformità al controllo con il calibro ad anello.

Al contrario, la scelta di spessori di rivestimento ridotti garantirà la possibilità di accoppiamento con la madrevite ma porterà ad avere, a metà lunghezza della vite, uno spessore di rivestimento insufficiente.

In questi casi le possibili soluzioni possono essere un trattamento di nichelatura chimica o l'impiego di viti INOX A2 o A4.

i Le viti sono normalmente prodotte con tolleranza 6g. I gradi di tolleranza «e» ed «f» sono insoliti e richiedono una produzione modificata delle viti. Elevati lotti minimi di produzione, termini di consegna più lunghi e prezzi più alti possono mettere in discussione l'aspetto economico della richiesta!

Alternative: scelta d'elementi in acciaio Inox A2 oppure A4. Le madreviti hanno uno spessore di rivestimento ben più sottile per ragioni tecniche del processo. Questo non è tuttavia significativo per l'utilizzo pratico (maggior protezione delle parti interne e protezione grazie alla zincatura della vite montata).

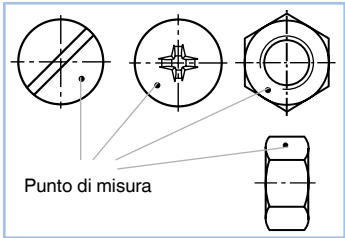
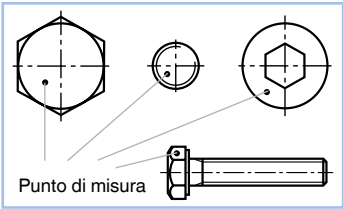
i Spessore del rivestimento, esempio per vite M10

Zincatura	5 µm
Passivazione (standard)	0,05–0,1 µm
Passivazione ad elevato spessore	0,2–0,5 µm
Sigillante	0,5–1,5 µm

Possibili modifiche alle tolleranze per rivestimenti superficiali ISO 10684 (zincatura a caldo)

Prodotto	Filettatura	Tolleranza	Esempio di marcatura
Vite	minorata	6 az	8.8 U
Dado	maggiorata	6 AZ	8 Z

Superfici di misura per lo spessore del rivestimento



Altri rivestimenti elettrolitici

Procedimento	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. Miglioramenti della protezione contro la corrosione si ottengono mediante impregnazione. Consultare la tabella seguente.
Cromatura	Generalmente effettuata dopo una nichelatura, spessore del rivestimento ca. 0,5–1,0 µm. Il cromo è decorativo, riduce la possibilità di imbiancamento dei pezzi nichelati ed agisce anche come protezione contro la corrosione. Cromatura brillante: aspetto lucido. Cromatura opaca: aspetto satinato. Non è possibile eseguire la cromatura in rotobarile. Crea una superficie di elevata durezza con buone caratteristiche di resistenza all'usura e di scorrevolezza.
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, come sottostrato prima della nichelatura, della cromatura e dell'argentatura. Utilizzata a scopo decorativo.
Argentatura	Utilizzata per esigenze tecniche e decorative.
Stagnatura	Utilizzata soprattutto per ottenere una migliore brasatura. Serve ugualmente da protezione contro la corrosione. Non è possibile un ulteriore trattamento termico.
Anodizzazione	Attraverso l'ossidazione anodica dell'alluminio si ottiene uno strato protettivo anticorrosivo che impedisce la formazione di macchie. Per scopi decorativi con un successivo processo di colorazione è possibile ottenere praticamente tutti i colori.
Rivestimento in lega zinco-ferro	È un rivestimento superficiale realizzato con processo elettrolitico nel corso del quale una lega zinco-ferro si deposita su un particolare metallico. Al termine del trattamento vengono applicati una passivazione nera esente da CrVI ed un sigillante nero. Viene utilizzato principalmente quando si desidera una superficie di colore nero uniforme.
Rivestimento in lega zinco-nichel	Durante il processo elettrolitico di rivestimento in lega zinco-nichel si ottiene una percentuale di deposito di nichel variabile tra il 12 e il 16%. È successivamente possibile applicare una passivazione trasparente o nera ed il tutto può essere ottimizzato con un'applicazione finale di sigillante. Questo rivestimento è utilizzato principalmente per le buone caratteristiche di resistenza alla corrosione durante l'impiego.

Altri trattamenti superficiali

Procedimento	Descrizione
Zincatura a caldo	Immersione in un bagno di zinco fuso a 440°–470 °C. Spessore min. dello strato 40 µm. Superficie opaca e rugosa. È possibile un cambiamento di colore dopo un certo periodo. Ottima protezione contro la corrosione. Utilizzabile per pezzi filettati a partire da M8. Per evitare problemi di accoppiamento è necessario prevedere una minorazione delle viti prima della zincatura oppure una maggiorazione dei dadi dopo la stessa.
Rivestimenti in lamelle di zinco Geomet® / Delta-Tone® / Delta-Protekt®	I rivestimenti in lamelle di zinco garantiscono un'eccellente resistenza alla corrosione e sono particolarmente adatti per particolari in acciaio con elevata resistenza a trazione o con durezza ≥ 360 HV. Eliminano il rischio di infragilimento da idrogeno. La resistenza alla temperatura è ca. 300 °C. Applicabili su diametri ≥ M4.
Zincatura meccanica	Procedimento meccanico / chimico. I pezzi sgrassati sono inseriti in un rotobarile contenente polvere di zinco e sfere di vetro. Queste sfere hanno la funzione di depositare la polvere di zinco sulla superficie dei particolari, alla quale resta fissata per saldatura a freddo.
Anneritura (per INOX)	Processo chimico in una soluzione di idrossido calda. Per scopi decorativi.
Brunitura (anneritura)	Procedimento chimico, temperatura del bagno: 140 °C con ulteriore bagno in olio. Per scopi decorativi, protezione contro la corrosione solo temporanea.
Fosfatazione (bonderizzazione)	Debole protezione. Buona preparazione per verniciature. Aspetto grigio – grigio scuro. Miglioramento della protezione con oliatura successiva.
Impregnazione	Post-trattamento per pezzi nichelati, che serve a sigillare i micropori tramite della cera, ottenendo un miglioramento della resistenza alla corrosione. Lo strato di cera è secco ed invisibile.
Deidrogenazione	In seguito ad un rivestimento elettrolitico o a un decapaggio, gli elementi di collegamento filettati in acciaio con durezza ≥ 360 HV, quando sono sottoposti a sollecitazioni a trazione, sono a rischio di cedimento a causa dell'infragilimento indotto dall'assorbimento di idrogeno. Tramite una deidrogenazione eseguita fra i 180 °C ed i 230 °C (al disotto della temperatura di rinvenimento) è possibile ridurre il rischio d'infragilimento. Allo stato attuale della tecnologia, questo procedimento non è sicuro al 100%. La deidrogenazione dovrà essere effettuata immediatamente dopo il rivestimento elettrolitico.
Sigillatura	La sigillatura è un post-trattamento per immersione successivo alla zincatura elettrolitica e alla passivazione. Le sigillature aumentano la resistenza alla corrosione.
Rivestimenti tribologici a secco ¹⁾	Rivestimenti che riducono l'attrito e l'usura (protezione contro il grippaggio).
Strati lubrificanti	Rivestimenti lubrificanti a secco per diminuire la coppia di formatura delle viti autoforanti (trilobate).
WIROX®	È un rivestimento elettrolitico a base di zinco con spessore medio dello strato di almeno 8 µm. La resistenza alla corrosione è superiore di 20 volte rispetto ad una zincatura bianca convenzionale. Questo rivestimento è resistente all'abrasione ed alle sollecitazioni meccaniche ed è caratterizzato da una resistenza alla corrosione straordinariamente elevata.
YELLOX®	È un rivestimento elettrolitico a base di zinco con spessore medio dello strato di almeno 4 µm. La resistenza alla corrosione è superiore di 6 volte rispetto ad una zincatura bianca convenzionale. Questo rivestimento garantisce l'impiego di viti di colore giallo anche per il futuro.
GreenTec®	È un rivestimento elettrolitico a base di zinco-nichel con spessore medio di circa 5 µm che conferisce durezza, resistenza all'usura ed elevata resistenza alla corrosione.

¹⁾ Esempio CresaCoat®

Il rivestimento tribologico a secco CresaCoat® è un trattamento applicato in strati sottili con un processo non elettrolitico e che presenta proprietà lubrificanti ed anticorrosive. Il rivestimento è composto da fluoropolimeri e da particelle submicroscopiche di lubrificante solido disperse in una miscela attentamente selezionata di resine sintetiche e di solventi. Il rivestimento anti-attrito (semplicemente detto AFC, Anti-Friction-Coating) forma una sottile pellicola che compensa tutte le irregolarità della superficie ottimizzando l'effetto dell'attrito anche in condizioni operative e di sollecitazione estreme. Le resine sintetiche garantiscono inoltre una migliore protezione anticorrosiva.

In funzione dell'applicazione specifica del cliente e della destinazione d'uso, sarà necessario definire, in base a considerazioni tecniche ed economiche, quale sia la più adatta tipologia di rivestimento superficiale.