

TI100 – Pretreatment of metals

1. obiettivi del pretrattamento dei metalli

Gli obiettivi importanti di qualsiasi rivestimento organico in relazione al pezzo su cui è basato il verniciare includono

- Film di rivestimento in polvere uniforme
- buona adesione al substrato metallico
- Alta resistenza all'infiltrazione corrosiva.

Per migliorare la resistenza alla corrosione e l'adesione, ma anche per garantire un rivestimento uniforme, le superfici da verniciare devono essere pretrattate.

Di solito questo viene fatto chimicamente (capitolo 3) o meccanicamente (capitolo 4) per svolgere i compiti di pulizia del substrato e di promozione dell'adesione.

2. metodi di prova

Il successo di un pretrattamento chimico si riflette in ultima analisi nel comportamento a lungo termine del pezzo verniciato nell'uso pratico. Esistono numerosi metodi di prova per l'ispezione, la selezione e lo sviluppo di metodi di pretrattamento, che forniscono informazioni in tempi brevi. Tra questi metodi di prova, le prove in nebbia salina (DIN EN ISO 9227) e le prove in atmosfera di acqua condensata (DIN EN ISO 6270-2) sono le più importanti come prove di corrosione a breve termine.

Un pretrattamento inadeguato si manifesta nella prova in nebbia salina con un'infiltrazione eccessiva del verniciare da parte dei prodotti di corrosione a partire da un punto zero. La combinazione di entrambi i tipi di sollecitazione nel test alternato porta a fenomeni di corrosione in gran parte simili a quelli dell'esposizione all'esterno.

La valutazione dei fenomeni di corrosione è standardizzata nelle norme DIN EN ISO 4628-8 (infiltrazione), DIN EN ISO 4628-3 (ruggine) e DIN EN ISO 4628-2 (vesciche).

L'adesione della polvere viene testata senza sollecitazioni corrosive mediante

- Test di piegatura del mandrino, mandrino cilindrico (DIN EN ISO 1519)
- Indentazione da impatto (ISO 6272 / ASTM D 2794) o
- Test di adesione a taglio incrociato (indentazione Erichsen EN 5020)
- Test di adesione a taglio incrociato (DIN EN ISO 2409)

3. fasi del processo di pretrattamento chimico

I metodi di pretrattamento chimico si dividono nei seguenti compiti:

Rimozione di sostanze nocive dalla superficie, come calcare, ruggine, abrasione, grasso, olio e polvere.

Creazione di uno strato che favorisca l'adesione della polvere e inibisca la corrosione, ad esempio mediante fosfatazione, cromatura o processi privi di cromo, ecc.

Rimozione delle sostanze di trattamento nocive provenienti da fasi di processo precedenti mediante un risciacquo approfondito

3.1 Pulizia della superficie

La contaminazione della superficie metallica prima della verniciatura compromette l'adesione tra la vernice in polvere e il metallo. Pertanto, è necessario rimuovere contaminanti come oli e grassi e particelle inorganiche come polvere di macinazione, ruggine e scaglie di ricottura. Oli, grassi e sporco meccanicamente aderente possono essere rimossi con pulitori alcalini o acidi.

Le prestazioni di pulizia possono essere supportate da temperature più elevate dei bagni attivi e dall'energia meccanica, in particolare dal trattamento a spruzzo o a ultrasuoni.

L'acciaio può essere generalmente pulito con un detergente altamente alcalino, mentre gli acciai zincati e l'alluminio vengono trattati con pulitori leggermente alcalini o in un mezzo leggermente acido.

Quando si pulisce lo zinco o l'alluminio pressofuso, il decapaggio della superficie metallica, che in realtà migliora l'effetto di pulizia, può essere indesiderato. L'effetto decapante può essere ridotto aggiungendo additivi speciali al pulitore. La ruggine e le incrostazioni vengono rimosse mediante incisione in acidi. Questi contengono solitamente degli inibitori che impediscono al metallo nudo di dissolversi. Il decapaggio con acido solforico o cloridrico è comunemente usato per decalcificare l'acciaio non legato, mentre l'acido fosforico inibito è preferibile per la rimozione della ruggine. I materiali in ferro e acciaio vengono spesso puliti per via elettrolitica, con il supporto di concentrati di pulizia altamente alcalini. Gli acciai inossidabili o legati vengono solitamente sottoposti a incisione con una soluzione di decapaggio composta da acido nitrico e acido fluoridrico.

Per i pezzi che presentano solo una piccola contaminazione da olio facilmente rimovibile, si utilizzano incisioni contenenti tensioattivi per rimuovere la ruggine e il grasso in un'unica fase. Se non ci sono particolari esigenze di protezione dalla corrosione del pezzo, la successiva fosfatazione può essere omessa se il decapaggio viene effettuato con acido fosforico. In questo modo si ottiene una sottile pellicola di fosfato iridescente e bluastra sulla superficie, che fornisce una buona base adesiva per il successivo verniciare ed è adatta come protezione temporanea dalla corrosione.

Dopo l'incisione e la pulizia alcalina, i pezzi devono essere risciacquati con acqua demineralizzata.

3.2 Formazione di strati di conversione attraverso la fosfatazione

Gli strati di conversione si formano per reazione chimica della superficie metallica con la soluzione di trattamento, formando uno strato saldamente legato, solitamente inorganico.

3.2.1 Fosfatazione alcalina e fosfatazione del ferro

Nella fosfatazione alcalina o ferrosa, la superficie metallica reagisce con una soluzione acida di fosfati alcalini. Le soluzioni acquose di anioni fosfato non contengono cationi metallici propri, che sono coinvolti nella formazione dello strato. I cationi per la formazione dello strato provengono dal materiale di base, motivo per cui la fosfatazione alcalina viene spesso definita fosfatazione non stratificante. (i. Cfr. 3.2.2. Fosfatazione dello zinco)

Lo strato prodotto dalla fosfatazione alcalina sui metalli ferrosi è un agglomerato amorfo di fosfati, ossidi e idrossidi di ferro bivalente e trivale con un peso del rivestimento di 0,2-Schicht/m², che corrisponde a uno spessore di circa 0,15-0,8 µm.

A seconda della qualità della lamiera, dello spessore dello strato e dell'acceleratore utilizzato, le superfici fosfatate possono presentare un'ampia gamma di colori, dal giallo al blu iridescente, al dorato o al grigio.

Quando si trattano leghe di zinco o alluminio, non ci sono ioni di ferro disponibili per formare un rivestimento. In questi casi, la fosfatazione del ferro agisce semplicemente come agente di incisione.

Tuttavia, è possibile trattare vantaggiosamente anche altri metalli, come le leghe di zinco o di alluminio, con processi di fosfatazione alcalina.

La fosfatazione alcalina non è generalmente sufficiente per le superfici vernicate esposte agli agenti atmosferici e all'umidità permanente, ma è adeguata come protezione dalla corrosione per le parti rivestite di polvere in aree non soggette a pressione.

3.2.2 Fosfatazione con zinco su acciaio

A differenza della fosfatazione alcalina descritta in precedenza, la fosfatazione con una soluzione acida di fosfato primario di zinco forma degli strati, poiché fornisce spessori di circa 8-20 µm. In questo caso, gli ioni di zinco o di metallo della soluzione di fosfato formano i cationi che formano lo strato, mentre il fosfato della soluzione di fosforo agisce come anione.

La formazione dello strato di zinco terziario e di fosfato di zinco e ferro (fosfofillite, Zn₂Fe(PO₄)₂) sulla superficie dell'acciaio è accelerata dagli agenti ossidanti.

Il ferro disciolto durante la formazione del rivestimento precipita come fosfato di ferro dopo un'ulteriore ossidazione. La soluzione fosfatante si impoverisce di componenti attivi in seguito alle reazioni chimiche che avvengono durante la formazione del rivestimento e allo scarico con i pezzi. Questi vengono continuamente reintegrati nel bagno aggiungendo una cosiddetta soluzione di reintegro.

Gli agenti attivanti, solitamente a base di composti di titanio, vengono utilizzati per il prelavaggio prima della fosfatazione per produrre strati cristallini fini con proprietà ottimali. Questi agenti attivanti sono spesso incorporati nel pulitore alcalino, in modo da non richiedere un'ulteriore fase di trattamento. I processi di fosfatazione basati sul fosfato di zinco sono ampiamente utilizzati come pretrattamento prima di un'ampia varietà di sistemi di rivestimento organici.

3.3 Formazione di strati di conversione tramite pretrattamenti contenenti cromo

3.3.1 Situazione dei pretrattamenti contenenti cromo

Gli svantaggi dei processi di cromatazione verde descritti di seguito derivano dall'ampia gamma di rischi potenziali. I cromati sono prodotti in bagni di trattamento acquosi, compresi quelli contenenti acido cromico, che sono altamente pericolosi per l'acqua. Questo vale sia per la cromatura trasparente sia per la cromatura con pesi del rivestimento più elevati, cioè la cromatura verde.

Sebbene gli strati di cromatazione verde che si formano dopo la reazione siano teoricamente costituiti da cromo (CrPO_4) e fosfati di alluminio (AlPO_4) non tossici, non è sicuro utilizzarli a filo. Ciò è dovuto in parte al fatto che i composti di cromo (VI) vengono sempre assunti nella produzione del prodotto chimico di trattamento per la cromatazione verde e in parte alle possibili proporzioni residue di cromo esavalente, che con circa $0,01 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ dovrebbero essere generalmente al di sotto del limite di quantificazione per uno strato di cromatazione verde.

Anche se l'uso di pretrattamenti contenenti cromo VI è attualmente escluso dalle normative nazionali, è consigliabile verificare le normative regionali e le disposizioni di attuazione prescritte nelle gare d'appalto prima di scegliere altri pretrattamenti contenenti cromo per i componenti delle facciate, soprattutto per i progetti di costruzione pubblici o sovvenzionati da enti pubblici.

3.3.2 Cromatazione verde

La cromatazione verde è riconoscibile dal colore degli strati di conversione prodotti con spessori maggiori. La soluzione di trattamento può essere utilizzata a spruzzo o per immersione.

Le soluzioni di trattamento per la cromatazione verde contengono essenzialmente acido fluoridrico, acido cromico e acido fosforico. La reazione di formazione dello strato è quindi basata anche sul triossido di cromo (CrO_3) o sull'ossido di cromo(VI), come nel caso della cromatazione gialla vietata.

La concentrazione di fluoruro determina il peso del rivestimento. Il rivestimento è privo di cromo esavalente se il peso del rivestimento non è troppo elevato. Tuttavia, non si può escludere che si verifichino alti spessori di strato, soprattutto nel caso di pezzi di lavorazione a cucchiaio, che trasportano i cromati dalle soluzioni del bagno, dove sono pericolosi in tutto il loro potenziale dopo il risciacquo e portano anche a un deterioramento dell'adesione. Lo strato di cromato depositato è costituito da fosfati di Alluminio e cromo trivalente e non ha una struttura cristallina.

Come pretrattamento per il verniciare si applicano pesi superficiali compresi tra 400 e $1200 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

La cromatazione verde migliora in modo eccellente l'adesione e l'inibizione della corrosione per il successivo verniciare. La cromatazione verde è anche spesso utilizzata per formare strati di conversione su acciaio zincato per il successivo rivestimento in polvere organica.

Il trattamento al cromato viene utilizzato anche senza ulteriori rivestimenti organici come protezione dalla corrosione. In casi speciali, i rivestimenti di cromato verde possono essere utilizzati anche per scopi decorativi; i pesi del rivestimento sono allora più alti, da 1 a $3 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

3.4 Formazione di strati di conversione attraverso pretrattamenti senza cromo

3.4.1 Componenti dei rivestimenti non legati

Soprattutto l'impatto ambientale notevolmente ridotto e i costi più bassi per la sicurezza sul lavoro e la protezione dell'ambiente stanno portando alla sostituzione dei pretrattamenti contenenti cromo con altri privi di cromo.

Di norma, la gestione e l'analisi del bagno richiedono una maggiore manutenzione e i processi di risciacquo sono più complessi.

Anche la protezione dalla corrosione per un eventuale stoccaggio intermedio è più debole nella maggior parte dei casi.

Esistono diversi fornitori di prodotti chimici di pretrattamento esenti da cromo, che possono essere classificati in base ai prodotti chimici di base:

- a) Composti di titanio e/o zirconio
- b) Composti di titanio/(fluoro) polimero
- c) Composti di zirconio/fluoro
- d) Organosilani

La maggior parte dei pretrattamenti senza cromo può anche essere spruzzata o immersa. Alcuni sono anche compatibili con più metalli. Si differenziano in termini di processi di risciacquo necessari o meno dopo il rivestimento di conversione in processi a risciacquo e senza risciacquo.

Si raccomanda di scegliere processi di pretrattamento che siano stati approvati dagli enti di certificazione GSB e/o Qualicoat e che quindi, oltre a un'esperienza di invecchiamento pluriennale (ad es. Hoek van Holland), soddisfino già un'ampia gamma di requisiti in termini di stabilità di processo e idoneità alla lavorazione.

Come per i pretrattamenti contenenti cromo, i Substrati devono essere puliti e risciacquati. Mentre la pulizia acida è sufficiente per gli acciai e gli acciai zincati con alcuni pretrattamenti senza cromo, i substrati di alluminio sono sottoposti a un decapaggio sgrassante acido. Nella maggior parte dei casi, dopo lo sgrassaggio decapante sono necessari diversi cicli di risciacquo, con l'utilizzo di acqua deionizzata.

Il risciacquo dopo il trattamento di conversione non è necessario quando si utilizza il processo senza risciacquo. I processi privi di cromo consentono temperature di essiccazione più elevate sia nel caso di risciacquo che di non risciacquo. Le temperature più elevate hanno il vantaggio di favorire lo sgassamento prima del verniciare nel caso di Substrati porosi e di ridurre in generale i tempi di essiccazione.

4. pretrattamento meccanico

Oltre ai processi chimici a umido sopra menzionati, è possibile utilizzare anche la pulizia e/o il pretrattamento meccanico, soprattutto per gli acciai non legati, a bassa lega e galvanizzati. Il trattamento meccanico può svolgere diversi compiti:

Rimozione di grasso, sporcizia o prodotti di corrosione come ruggine e calcare

Rimozione di residui di saldatura

Rimozione di spigoli taglienti al laser e di bordi di taglio

Ingrandimento della superficie, in particolare su bave, bordi e superfici tagliate per una buona adesione della vernice.

Ulteriori informazioni sono disponibili nella norma DIN 55633: "Materiali da rivestimento - Protezione dalla corrosione di costruzioni in acciaio mediante sistemi di verniciatura in polvere - Valutazione dei sistemi di verniciatura in polvere ed esecuzione del rivestimento".

4.1 Sabbiatura dell'acciaio

Nell'applicazione dell'acciaio, la rimozione completa della ruggine fino al metallo nudo mediante spazzolatura meccanica, smerigliatura o sabbiatura è uno dei prerequisiti per ottenere un rivestimento resistente alla corrosione. Le superfici in acciaio grezzo devono sempre avere un grado di preparazione della superficie pari a Sa 2½ in conformità alla norma DIN EN ISO12944-4.

L'irruvidimento meccanico migliora significativamente l'adesione del verniciare al substrato. Gli abrasivi adatti sono quelli minerali o a base di silicato, come il corindone o il vetro.

Come regola generale, più il materiale di sabbiatura è angolare e grande, più la superficie è ruvida. Ciò si accompagna a una migliore adesione del primer al Substrato, che a sua volta porta a una migliore protezione dalla corrosione. La grana rotonda è meno abrasiva e si compatta in modo sfavorevole. Per una buona adesione della vernice, la rugosità superficiale media Rz dovrebbe essere compresa tra 40 e 80 µm.

Il prerequisito fondamentale per una buona adesione della vernice e una protezione dalla corrosione è che la superficie sia completamente priva di grasso e olio prima della sabbiatura.

4.2 Sabbiatura a spazzole di acciaio zincato

Lo strato di protezione anticorrosione esistente (ad es. zincatura galvanica o a nastro) non deve essere danneggiato dalla preparazione della superficie.

La cosiddetta sabbiatura a spazzole in conformità alla norma DIN EN ISO 12944-4 è un processo molto simile alla sabbiatura ad aria compressa. Le differenze principali sono la pressione molto più bassa (2,5-3 bar) e il tipo di abrasivo. Questo è più fine (Granulometria 0,25 mm - 0,5 mm) e non deve contenere componenti metallici arrugginiti. Gli abrasivi di sabbiatura non metallici secondo le norme da DIN EN ISO 11126-3 a DIN EN ISO 11126-7 e gli abrasivi di sabbiatura metallici come il granulato di cromo fuso (graniglia) o il vetro rotto (graniglia) si sono dimostrati abrasivi di sabbiatura.

I cordoni di saldatura e le incrostazioni devono essere rimossi con la rettificatrice, se la geometria del profilo lo consente; se necessario, occorre rilavorare con una pistola di sabbiatura e un abrasivo minerale (ad es. corindone).

Il prerequisito fondamentale per una buona adesione della polvere e una protezione dalla corrosione è che la superficie sia completamente priva di grasso e olio prima della sabbiatura.

4.3 Post-trattamento dell'acciaio sabbiato

Le superfici trattate meccanicamente sono altamente ossidate a causa dell'allargamento delle superfici e devono essere trattate ulteriormente senza indugio.

In primo luogo, i contaminanti del materiale di sabbiatura devono essere rimossi con aria compressa e/o pulizia chimica o pretrattamento chimico. L'aria compressa di solito rimuove solo la polvere grossolana, mentre un trattamento chimico della superficie, come ad esempio la fosfatazione del ferro, non solo rimuove la polvere più fine, ma fornisce anche un certo grado di protezione dalla corrosione per le superfici in acciaio durante le successive applicazioni.

Un trattamento chimico della superficie è un'utile aggiunta al pretrattamento meccanico per il successivo rivestimento in polvere e favorisce l'adesione al substrato:

Per i substrati in acciaio, è necessario prevedere processi di fosfatazione in conformità alla norma DIN EN 9717 "Fosfatazione di rivestimenti su metalli" - Metodi per specificare i requisiti, preferibilmente fosfatazione allo zinco. Il trattamento al cromato non è possibile per l'acciaio non trattato.

Per gli acciai zincati, la fosfatazione di zinco è preferibile dopo un pretrattamento meccanico con sabbiatura a spazzole.

Gli strati di conversione senza cromo a base di zirconio e titanio possono ottenere risultati equivalenti al classico trattamento al cromato.

È consigliabile ottenere la prova dei valori di adesione desiderati mediante test di protezione dalla corrosione (ad es: clima alternato ad acqua di condensa secondo la norma DIN EN ISO 6270-2 e test di nebulizzazione secondo la norma DIN EN ISO 9927).

4.4 Strutture di protezione dalla corrosione

La resistenza dei sistemi di protezione dalla corrosione che utilizzano rivestimenti organici, come il rivestimento in polvere, deve essere determinata in base alla durata della protezione desiderata e alle condizioni ambientali definite nella norma DIN EN ISO 12944-2.

La durata della protezione e i periodi di tempo per la durata della protezione sono definiti nella norma DIN EN ISO 12944-1. La durata della protezione dei sistemi di verniciatura a polvere dipende da diversi parametri:

- Progettazione del componente e dell'oggetto
- Carico dopo la verniciatura (luogo, uso)
- Condizioni della superficie d'acciaio o del rivestimento di zinco prima della preparazione o del pretrattamento
- Pulizia accurata ed efficacia del pretrattamento
- Tipo di sistema di rivestimento. Decisivo in questo caso:
 - a) Numero di strati (sistema a uno o due strati)
 - b) Spessore dei rispettivi strati
 - c) Resistenza alla penetrazione del sistema di rivestimento in atmosfere corrosive

La norma DIN 55633-1, "Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di costruzioni in acciaio mediante sistemi di verniciatura in polvere - Valutazione dei sistemi di verniciatura in polvere ed esecuzione della verniciatura", definisce le durate della protezione riconosciute per le due categorie di substrato di base - acciaio non legato o acciaio a bassa lega; acciaio zincato a caldo - in conformità alla classificazione della norma DIN EN ISO 12944-1.

Per le categorie di corrosione pertinenti (C2, C3, C4, C5-I e C5-M), vengono specificate le strutture degli strati (ad esempio, il numero di strati e lo spessore degli strati) necessarie per raggiungere la durata della protezione.

IGP Pulvertechnik AG soddisfa questi requisiti con una gamma di primer anticorrosivi adatti ai Substrati e alle finiture.

Potete ottenere informazioni dettagliate sulle misure e sui sistemi di protezione dalla corrosione dai nostri ispettori e consulenti specializzati.