

## VIII-TRATTAMENTI SUPERFICIALI

### 1-Trattamenti di preparazione superficiale:



I trattamenti superficiali dei metalli sono una serie di operazioni volte a mantenere nel tempo le caratteristiche del metallo stesso, in modo da scongiurare o ritardare nel tempo gli effetti della corrosione legati all'esposizione ad un ambiente più o meno aggressivo.

L'acciaio non protetto, esposto agli agenti atmosferici è soggetto alla corrosione. Il costo della corrosione è stimato in circa il 4% del prodotto interno lordo di un paese industriale. Per evitare danneggiamenti da corrosione, le strutture di acciaio devono essere protette per resistere alle sollecitazioni corrosive per tutto il tempo di vita richiesto alla struttura.

La protezione superficiale è costituita generalmente da due trattamenti effettuati in modo sequenziale: un trattamento di *preparazione*, che ha lo scopo di preparare il metallo ad essere protetto eliminando gli elementi di sporcizia o di precedenti processi corrosivi, ed il trattamento di *protezione* vero e proprio. Al fine di una efficace scelta dei trattamenti di protezione superficiale cui sottoporre il metallo è importante che siano scelte soluzioni adeguate al progetto in questione, tra le quali le *condizioni iniziali* in cui il metallo si trova prima dell'applicazione della protezione e le *caratteristiche dell'ambiente*.

Di seguito un promemoria per il progettista prima della scelta della protezione:

- ☑ Stabilire la “vita nominale” (NTC “Norme Tecniche per le Costruzioni”) richiesta alla struttura, dunque identificare la durabilità dei sistemi di protezione alla corrosione (UNI EN ISO 12944-1 vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)
- ☑ Individuare e classificare la corrosività dell'ambiente nella zona in cui la struttura sarà ubicata (UNI EN ISO 12944-2 vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)
- ☑ Identificare eventuali condizioni di corrosione particolari (UNI EN ISO 12944-2 vernici, valide anche per la zincatura)
- ☑ Progettare la struttura in modo di garantire adeguata accessibilità per i lavori di protezione dalla corrosione (UNI EN ISO 12944-3) (UNI EN ISO 14713 in caso di zincatura)
- ☑ Identificare il trattamento che offre la durabilità richiesta per l'ambiente in questione (UNI EN ISO 14713 zincatura) (UNI EN ISO 12944-5, EN13438 per le vernici), in base alle prove di laboratorio previste dalla ISO 12944-6
- ☑ Stabilire un programma di manutenzione esteso a tutta la durata in servizio della struttura (UNI EN ISO 12944-8 per le vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)
- ☑ Assicurarsi che siano ridotti al minimo i danni all'ambiente e tutti i rischi per la salute e la sicurezza di operatori e utilizzatori (UNI EN ISO 12944-1 e UNI EN ISO 12944-8)

### Vita della struttura (NTC/febbraio 2008)

Vita Nominale (utile di progetto)	Descrizione
<10 anni	Opere provvisorie. Opere provvisionali. Strutture in fase costruttiva
≥50 anni	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute, di importanza normale
≥100 anni	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica

La durabilità è il tempo previsto di durata dell'efficacia di una protezione anticorrosiva fino al primo importante intervento di manutenzione.

La durabilità non costituisce una "garanzia di durata".

La durabilità è un'indicazione che può aiutare nella stesura di un programma di manutenzione.

### Valutazione della corrosività dell'ambiente

Dopo la definizione della "vita nominale" del ns. manufatto, la check list per il progettista prevede l'individuazione e la classificazione della corrosività dell'ambiente nella zona in cui la struttura sarà ubicata.

La corrosione atmosferica avviene nello strato di umidità presente sulla superficie del metallo, spesso non visibile a occhio nudo.

La velocità di corrosione viene inoltre condizionata da diversi fattori:

- *Umidità relativa*
- *Condensa*
- *Aumento del tasso di inquinamento in atmosfera*



La conoscenza dell'ambiente in cui trova applicazione la struttura è essenziale per la valutazione delle sollecitazioni corrosive, la UNI EN ISO 12944-2 classifica gli ambienti in 6 classi fondamentali:

Classe di corrosività	Perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)		Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio Perdita di spessore $\mu\text{m}$	Zinco Perdita di spessore $\mu\text{m}$	All'esterno	All'interno
C1 Molto bassa	$\leq 1,3$	$\leq 0,1$	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi.
C2 Bassa	da 1,3 a 25	da 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento. Soprattutto aree naturali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esempio depositi, locali sportivi.
C3 media	da 25 a 50	da 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità e un certo inquinamento atmosferico; per esempio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici.
C4 alta	da 50 a 80	da 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
C5-I Molto alta (industriale)	da 80 a 200	da 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
C5-M Molto alta (marina)	da 80 a 200	da 4,2 a 8,4  da 10 a 20	Zone costiere e offshore con alta salinità.  Strutture zincate immerse in acqua salmastra o di mare	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.

Classi di corrosività ed esempi qualitativi di ambienti tipici

Classe di corrosività	Perdita massa ( $\text{g}/\text{mm}^2$ )/spessore ( $\mu\text{m}$ )				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato	
	Acciaio a basso C		Zinco		All'esterno	All'interno
	massa	spess.	massa	spess.		
C1 molto bassa	< 10	< 1,3	< 0,7	< 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita
C2 bassa	10-200	1,3 -25	0,7-5	0,1-0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa
C3 media	200-400	25 -50	5-15	0,7-2,1	Ambienti con modesto inquinamento	Locali di produzione con alta umidità ed inquinamento
C4 alta	400-650	50 -80	15-30	2,1-4,2	Aree industriali e zone costiere	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri
C5-I molto alta	650-1500	80 -200	30-60	4,2-8,4	Aree industriali con umidità e atmosfera aggressiva	Condensa quasi permanente e inquinamento
C5-M marina	650-1500	80 -200	30-60	4,2-8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità	Condensa permanente e alto inquinamento

EN ISO 12944 parte 1÷8: 2002, *Pitture e vernici. Protezione della corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.*

### Trattamenti di preparazione alla protezione superficiale:

Tipo di pulitura	Agente	Tipo di impurità
<b>Pulitura con acqua e solventi</b>	La <i>pulitura con acqua</i> : getto d'acqua dolce indirizzato sulla superficie da pulire. Acqua, additivata con detergenti, soprattutto quando le impurità da eliminare sono costituite da olio e grasso.	Olio e grasso
<b>Pulitura al vapore, pulitura mediante prodotti alcalini e con solventi organici.</b>	Sono varianti della pulitura con acqua. Nei casi particolari in cui la superficie metallica da pulire fosse stata precedentemente verniciata o dovesse essere preparata per un successivo trattamento di zincatura, si utilizzano rispettivamente una pulitura con solventi specifici, ed il cosiddetto <i>decapaggio acido</i> , consistente nell'immersione del metallo in un bagno contenente acido inibito.	Olio e grasso  Vernice
<b>Pulitura alla fiamma</b>	Consiste nel passare sulla superficie da pulire una <i>fiamma ossiacetilenica</i> , le impurità sono rimosse grazie all'azione, sia termica che meccanica, della fiamma.	Ruggine e residui di laminazione
<b>Pulitura meccanica manuale, semiautomatico</b>	Si usano spazzole, spatole, raschiatoi e tamponi abrasivi. Nella pulitura con <i>utensili a funzionamento semiautomatico</i> si usano spazzole rotanti, mole abrasive, martelli a percussione e pistole ad aghi.	Olio, grassi, impurità, scorie di laminazione poco aderenti, ruggine e sostanze oleose;
<b>Pulitura meccanica: sabbiatura</b>	La sabbiatura è un procedimento di preparazione superficiale consistente nell'investire una superficie metallica con elementi solidi di piccole dimensioni (abrasivi), naturali o sintetici, immersi in un fluido, aeriforme o liquido, che viene lanciato ad alta velocità sulla superficie da trattare. I procedimenti di sabbiatura sono molteplici e sono descritti nella UNI EN ISO 8504-2	Sporcizia: olio, grassi, impurità, scorie di laminazione poco aderenti, ruggine e sostanze oleose. La scelta del procedimento è solitamente effettuata in funzione del grado di preparazione che deve essere ottenuto, in relazione al trattamento di protezione superficiale che sarà successivamente applicato.

### **Valutazione delle eventuali condizioni di corrosione particolari**

Per la scelta del trattamento di protezione anticorrosiva e di finitura estetica è molto importante verificare le condizioni climatiche tipiche del territorio dove è prevista l'installazione.

#### *Le condizioni climatiche*

Generalmente dal tipo di clima si possono trarre conclusioni solo generiche per quanto riguarda il comportamento alla corrosione:

- *La velocità di corrosione sarà minore in un clima freddo e/o secco che in un clima temperato; sarà maggiore in un clima caldo umido e in un clima marino, anche se vi possono essere considerevoli differenze da una località all'altra.*
- *Il principale fattore di corrosione è la durata di esposizione, della struttura, ad un tasso di umidità elevato (durata di umidità.)*

#### *Condizioni particolari*

Esistono condizioni/sollecitazioni particolari che provocano un significativo aumento della corrosione, e che richiedono cicli protettivi di maggiore efficacia.

I principali esempi sono: *sollecitazioni chimiche, sollecitazioni meccaniche nell'atmosfera, sollecitazioni dovute alla condensa, sollecitazioni dovute a temperature medie o alte, corrosione aumentata a seguito di una combinazione di sollecitazioni, correnti indotte.*

### **Progettare in modo adeguato**

Obiettivo del progetto di una struttura è assicurare che sia idonea alla sua funzione, presenti stabilità, robustezza e durabilità adeguate.

Nella sua globalità il progetto deve facilitare la realizzazione delle varie componenti, la preparazione della superficie, la protezione anticorrosiva, il suo assemblaggio, controlli e manutenzione.

La forma di una struttura può fortemente influire sulla sua predisposizione alla corrosione.

Di conseguenza le strutture dovrebbero essere progettate in modo da non favorire "trappole di corrosione" dalle quali la corrosione possa diffondersi.

L'ideale sarebbe scegliere fin dall'inizio il sistema di protezione più idoneo e di conseguenza prevedere una progettazione dedicata.

Se si decide di proteggere una struttura con la zincatura a caldo, è buona prassi progettare le strutture di acciaio in conformità ai requisiti delle UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713.

Qualora si opti per una protezione o una finitura attraverso verniciatura, vanno presi in considerazione, oltre a quelli previsti per la zincatura a caldo, i requisiti dettati dalle UNI EN ISO 12944-3.

È pertanto fortemente raccomandato che il progettista consulti un esperto di protezione dalla corrosione all'inizio del processo di progettazione, per valutare i seguenti aspetti:

- *Scelta dei materiali*
- *Accessibilità*
- *Trattamento degli interstizi*
- *Precauzioni per impedire ritenzioni di sedimenti e di acqua*
- *Giunzioni bullonate*
- *Parti scatolate e componenti incassati*
- *Intagli*
- *Elementi di irrigidimento*
- *Prevenzione della corrosione galvanica*
- *Movimentazione, trasporto e assemblaggio*
- *Spigoli (ISO 8501-3)*
- *Imperfezioni nelle superfici di saldatura (ISO 8501-3)*
- *Grado di preparazione della superficie (ISO 8501-3)*

#### **Scelta del trattamento che offre la durabilità richiesta.**

I sistemi di protezione attualmente più utilizzati sono:

- *Verniciatura (a liquido o a polvere)*
- *Zincatura a caldo*
- *Sistemi misti (zincatura a caldo + verniciatura)*

Esistono anche sistemi di elettrodeposizione e metallizzazione ma presentano limitazioni in peso e dimensioni dei pezzi trattabili.

La scelta del sistema di protezione da utilizzare verrà effettuata fra i sistemi che offrono la durabilità richiesta per l'ambiente in cui andremo a collocare il manufatto (UNI EN ISO 14713 zincatura) (UNI EN ISO 12944-5, EN13438 per le vernici), ciclo che verrà infine testato in base alle prove di laboratorio previste dalla ISO 12944-6.

La durabilità è espressa secondo 3 classi (UNI EN ISO 12944-1):

bassa (L)	da 2 a 5 anni
media (M)	da 5 a 10 anni
alta (H)	oltre i 15 anni

La durabilità viene indicata a fianco della categoria di corrosività dell'ambiente di installazione per consentire la definizione del ciclo di protezione in grado di operare in quell'ambiente e di garantire appunto la durabilità richiesta (es. C4-H, C3-L, ...).

Per quanto riguarda la *zincatura a caldo* la UNI EN ISO 14713 attribuisce al ciclo protettivo una durabilità molto lunga, in media oltre i 20 anni.

Per la *verniciatura* si fa riferimento alla UNI EN ISO 12944.

In particolare la durata di un sistema di verniciatura protettiva dipende da diversi fattori, come: *il tipo di verniciatura, la progettazione della struttura, la condizione del supporto prima della preparazione, l'efficacia della preparazione della superficie, la qualità dell'applicazione, le condizioni ambientali durante l'applicazione, le condizioni di esposizione dopo l'applicazione.*

Per identificare il trattamento che offre la durabilità richiesta è necessario individuare i cicli idonei e sceglierne il più adatto.

La norma UNI EN ISO 12944-5 fornisce esempi di sistemi di verniciatura adatti per diversi ambienti, mentre la norma UNI EN 13438 stabilisce i requisiti specifici dei rivestimenti con polveri di prodotti zincati a caldo utilizzati nelle costruzioni.

Il progettista per poter scegliere il ciclo idoneo, deve avere accesso alla documentazione tecnica dei cicli prescelti e/o ottenere dall'applicatore una dichiarazione, che confermi l'idoneità o la durabilità del sistema di verniciatura in una determinata classe di corrosività.

L'idoneità e/o la durabilità del sistema di verniciatura devono essere dimostrate mediante le prove di invecchiamento artificiale previste dalla UNI EN ISO 12944-6 e/o dalla UNI EN 13438; soprattutto per sistemi di verniciatura nuovi che devono risultare conformi almeno ai requisiti normativi minimi.

Per assicurare le prestazioni ottimali del sistema di verniciatura, la maggior parte degli strati del sistema o, se possibile, il sistema completo, dovrebbero essere applicati in officina (UNI EN ISO 12944-5) in modo da garantire: *miglior controllo dell'applicazione, controllo della temperatura, controllo dell'umidità relativa, facilità di riparazione del danno, rendimento maggiore, miglior controllo dei rifiuti e dell'inquinamento.*

**Stabilire un programma di manutenzione esteso a tutta la durata in servizio della struttura (UNI EN ISO 12944-8 per le vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)**

La durata in servizio di una struttura protetta è sicuramente superiore della durata del sistema protettivo adottato, così che una parte dell'acciaio può andare persa a causa della corrosione prima che la struttura completi la vita nominale per cui è stata progettata. Si rende necessaria la stesura di un programma di manutenzione che permetta la fruibilità della struttura per tutto il periodo di riferimento.

Il programma deve prevedere una manutenzione ordinaria, da tenersi con cadenza regolare, e una manutenzione straordinaria, da effettuarsi quando si manifestino le condizioni previste dalle norme

*Manutenzione ordinaria*

Per prolungare la durata del rivestimento protettivo per tutta la vita nominale della struttura, è necessario eseguire una ordinaria manutenzione prima che si manifesti qualsiasi traccia di ruggine e preferibilmente appena vengano riscontrati alterazioni del rivestimento protettivo (sfarinamenti, screpolature, vescicamento, danneggiamenti, ecc...)

E' fondamentale che i committenti, la direzione lavori, i costruttori, i realizzatori del rivestimento protettivo e i controllori dei rivestimenti, siano a conoscenza di informazioni coincise e precise circa il sistema protettivo utilizzato per proteggere la struttura.

Queste informazioni devono essere complete, senza ambiguità e facilmente comprensibili per permettere a tutti i coinvolti di interpretare correttamente le indicazioni al fine di consentire le verifiche e le successive operazioni manutentive.

Colui che realizza il rivestimento protettivo dovrebbe fornire tutte le indicazioni per permettere la stesura del piano di manutenzione ordinaria.

### *Manutenzione straordinaria*

La manutenzione straordinaria è da effettuarsi quando si manifestino le condizioni previste dalle norme UNI EN ISO 4628-3 e precisamente quando viene raggiunto il grado di arrugginimento Ri3 (1% della superficie della struttura) o nella eventualità di particolari danneggiamenti al rivestimento protettivo.

Lo stato di un rivestimento di protezione può essere verificato secondo la UNI EN ISO 4628 (parti da 1 a 6).

Anche in questo caso colui che realizza il rivestimento protettivo dovrebbe fornire tutte le indicazioni per permettere la stesura di un piano di manutenzione straordinaria o quantomeno le indicazioni per il ripristino di danneggiamenti.

### *Ambiente e Sicurezza*

L'autore della specifica del sistema di protezione deve tener conto dei regolamenti da osservare a protezione dell'ambiente, igiene e sicurezza, e delle condizioni di lavoro degli operatori (UNI EN ISO 12944-1).

I requisiti nazionali che riguardano igiene e sicurezza sul lavoro variano da nazione a nazione.

Per gli aspetti ambientali si auspica che la scelta del sistema protettivo ponga in primo piano il contenimento dell'impatto ambientale ai valori minimi tecnicamente raggiungibili e alla scelta di applicatori che dimostrino particolare attenzione alla salvaguardia ambientale.

Per consentire il confronto "ambientale" fra i diversi sistemi proposti dal mondo industriale è possibile fare riferimento agli indici standard di misurazione delle performance ambientali contenuti nelle dichiarazioni ambientali di prodotto EPD e/o negli studi del ciclo di vita LCA.

