

STRUTTURE IN ACCIAIO: DEGRADO

Flora Faleschini
Dipartimento Ingegneria
Civile, Edile e Ambientale
VMSSE 2023/2024



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO



Causa principale: **ossidazione e corrosione** dell'acciaio.

Può essere limitata agendo sul **rallentamento delle velocità di corrosione**, che è influenzata da:

- passività materiale (tipologia acciaio, contenuto di Fe, Zn, etc);
- condizioni ambientali (temperatura e umidità);
- concentrazione di SO_2 atmosferica;
- presenza di cloruri in atmosfera marina;
- applicazione di rivestimenti protettivi.



CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Ossidazione e corrosione dell'acciaio: assottigliamenti, attacchi selettivi, forature o cricche.

Assottigliamento: più diffuso, causato dalla corrosione generalizzata di strutture metalliche immerse in ambienti corrosivi o esposte ad atmosfere aggressive. La prevenzione viene attuata attraverso l'applicazione di pitture o strati metallici protettivi, o attraverso protezione catodica.

Attacco selettivo: può provocare la dissoluzione di un costituente del materiale metallico. I materiali in commercio sono inibiti nei confronti di questa azione.

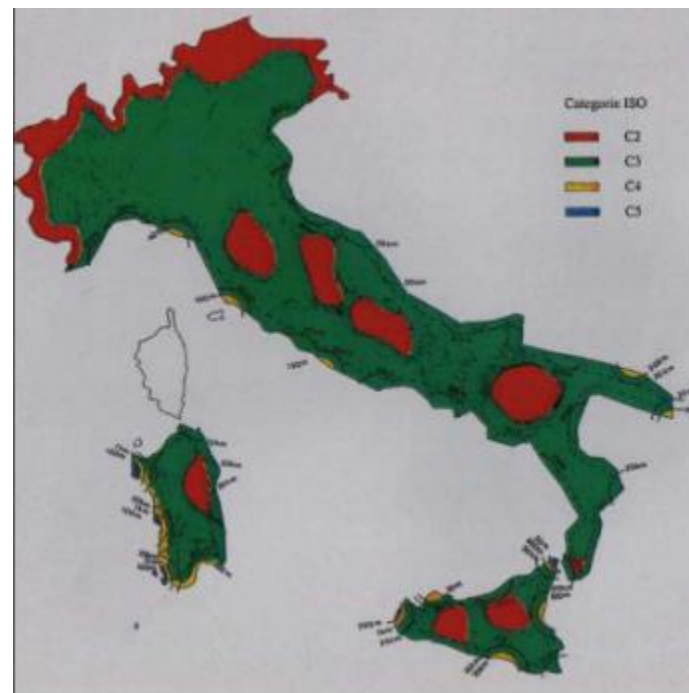
Perforazioni: tipicamente per tubazioni. Gli attacchi sono favoriti dall'aumento di temperatura, e della presenza di zone difficilmente raggiungibili dall'ossigeno, schermate da prodotti di corrosione o dalla presenza di interstizi.

Cricche: provocate da un attacco generalizzato, detto **corrosione sotto sforzo**, provocato per specifici accoppiamenti metallo-ambiente.

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Norma ISO 9223: Classificazione, determinazione e stima della corrosività dell'atmosfera per strutture in metallo e in leghe

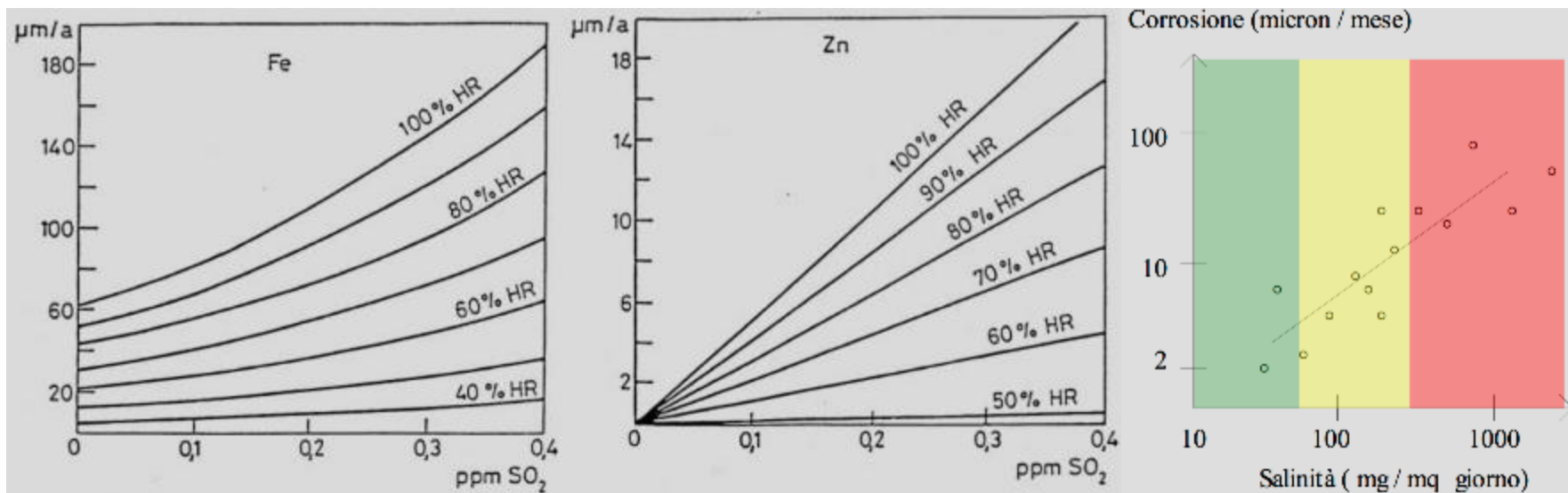
Categorie		Velocità di corrosione			
		Acciaio ($\mu\text{m}/\text{anno}$)	Zinco ($\mu\text{m}/\text{anno}$)	Rame ($\mu\text{m}/\text{anno}$)	Alluminio g/(m^2anno)
C1	Molto bassa	<1,3	<0,1	<0,1	Trascurabile
C2	Bassa	1,3-25	0,1-0,7	0,1-0,6	<0,6
C3	Media	25-50	0,7-2,1	0,6-1,3	0,6-2
C4	Alta	50-80	2,1-4,2	1,3-2,8	2-5
C5	Molto alta	80-200	4,2-8,4	2,8-5,6	5-10



Le categorie di aggressività tengono conto dei fattori climatici e di inquinamento.

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Influenza della concentrazione di SO_2 e Cl^-



CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Pitting

Si presenta come attacchi estremamente **localizzati**, detti pit o **vaiolature**, che dalla superficie penetrano attraverso lo spessore del metallo a velocità spesso molto elevata. Le vaiolature hanno dimensioni che variano da poche decine di micron sino ad alcuni millimetri, e si innescano e propagano in **punti singolari**, mentre la gran parte della superficie metallica esposta all'ambiente resta inalterata. Le morfologie sono variabili: a punta di spillo, a caverna, emisferica.



CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Tensocorrosione

Fenomeni di innesco e propagazione di cricche in un metallo sotto **l'azione combinata di sollecitazioni meccaniche di TRAZIONE e di un ambiente corrosivo.**

La velocità di propagazione delle cricche, seppure elevata, è inferiore a quella di cricche di natura puramente meccanica.



acciai al carbonio	soluzioni alcaline	<i>infragilimento caustico</i> : interessa le caldaie; $T > 200$ °C; cricche intergranulari.
acciai al carbonio	soluzioni di nitrati	nitrati di calcio e ammonio (industria dei fertilizzanti); $T > 100$ °C.
acciai al carbonio	soluzioni contenenti solfuri	<i>tensocorrosione da solfuri</i> : si verifica in ambienti deaerati, neutri o acidi, tipici dell'industria petrolifera.
acciai al carbonio	soluzioni di carbonati, fosfati, cianuri; ammoniaca liquida	-
acciai ad alto limite di snervamento	aria umida soluzioni acquose	-

Bazzoni (2006) Principali forme di corrosione

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Corrosione bimetallica

Ha luogo quando materiali **metallici diversi sono elettricamente a contatto ed entrambi immersi in un mezzo corrosivo**. Il metallo meno nobile (quello avente il potenziale più negativo) diventa sede del processo anodico e subisce l'attacco corrosivo, mentre l'altro diventa sede del processo catodico.

La presenza di accoppiamenti galvanici dà luogo all'aumento della velocità di corrosione o a corrosione localizzata solo se l'ambiente è corrosivo

Situazioni severe di contatto galvanico si incontrano in acque saline, di elevata conducibilità, e ossigenate, come ad esempio **l'acqua di mare**.

Effetti negativi si possono osservare anche sul metallo più nobile: su di esso, se ne è suscettibile, si può verificare **infragilimento da idrogeno**. **Basse temperature** favoriscono queste situazioni.

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Prevenzione e protezione:

- Protezione mediante **rivestimenti** (pitture/metallici);
- Interventi **sull'ambiente** (per ambienti interni);
- Scelta di **materiali resistenti** alla corrosione:
 - a. Acciaio zincato;
 - b. Acciaio COR-TEN: acciai a bassa velocità di corrosione per la formazione di patine protettive (prodotti di corrosione aderenti e compatti) in atmosfere di bassa aggressività, non inquinate o contaminate da cloruri;
 - c. Acciai inossidabili;
 - d. Leghe di alluminio;
 - e. Leghe di rame;
- **Protezione attiva** (passivazione anodica).



CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Rivestimenti:

- a) **metallici**: tipico con Zn, possono essere applicati per via meccanica, chimica o fisica. Possono essere soggetti a problemi di corrosione galvanica;
- b) **pitture**: il metodo più economico e diffuso per la protezione dei metalli. Svolgono la doppia attività di protezione agendo sia come barriere nei confronti di ossigeno ed acqua, sia come deterrenti della corrosione;
- c) **smalti**: ricoprenti inorganici, costituiti da vetri dotati di inerzia chimica, rifusi sulla superficie del metallo su cui vanno applicati. Utilizzati poco in edilizia;
- d) formazione di **strati di conversione**: applicati per via chimica o elettrochimica, per aumentare la resistenza alla corrosione o migliorarne l'estetica;
- e) **protezione catodica**: anodo sacrificale si corrode al posto del metallo su cui è applicato.

Protezione mediante rivestimenti — sistemi attualmente **più utilizzati**:

- **verniciatura** (a liquido o a polvere);
- **zincatura a caldo**;
- sistemi **misti** (zincatura a caldo + verniciatura).

CAUSE DEL DEGRADO NELLE OPERE IN ACCIAIO

Scelta del rivestimento:

La scelta del sistema di protezione da utilizzare è effettuata fra i sistemi che offrono la durabilità richiesta per l'ambiente si colloca il manufatto (EN ISO 14713:2009 zincatura) (EN ISO 12944-5:2007, EN13438:2013 per le vernici).

3 classi di durabilità:

bassa (L) da 2 a 5 anni;

media (M) da 5 a 10 anni;

alta (H) oltre i 15 anni. —————> La zincatura a caldo ad esempio: **H** (in media oltre i 20 anni).

La classe di 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**).