

Presentazione di supporto per i docenti
di Architettura e Ingegneria civile

Capitolo 05:
Resistenza alla corrosione
degli acciai inossidabili

Indice


1. La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo
2. Perché l'acciaio inossidabile resiste alla corrosione
3. Tipi di corrosione degli acciai inossidabili
4. Come scegliere l'acciaio inossidabile giusto per una resistenza alla corrosione adeguata
 - Applicazioni strutturali
 - Altre applicazioni
5. Riferimenti

1. La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Legno	Acciaio	Calcestruzzo
			
<p>Tipo di decadimento</p>	<p>Funghi Insetti Sole+pioggia</p>	<p>Ruggine</p>	<p>Fessurazione/ sfaldamento</p>
<p>Azioni che attenuano il danno</p>	<p>Sostanze chimiche Pittura/vernice</p>	<p>Galvanizzazione Verniciatura</p>	<p>Armatura resistente alla corrosione</p>

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Pietra	Vetro	Polimeri
			
Tipo di decadimento	Usura Danno da inquinamento	Rotture	Diventa fragile sotto la luce UV
Azioni che attenuano il danno	Solitamente nessuna	Vetro temperato	Miglioramento dei gradi dei polimeri

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Alluminio*	Rame	Acciaio inossidabile
			
Tipo di decadimento	Pitting nel tempo, eventuale corrosione galvanica	Forma una patina verde nel tempo	Nessun decadimento
Azioni che attenuano il danno	La corrosione galvanica può essere evitata	Nessuna	Nessuna richiesta

* L'alluminio forma un sottile ossido protettivo proprio come quello dell'acciaio inossidabile, ma con una resistenza alla corrosione molto inferiore

La corrosione nel cemento

(i problemi di corrosione non sono limitati alle superfici esterne!)



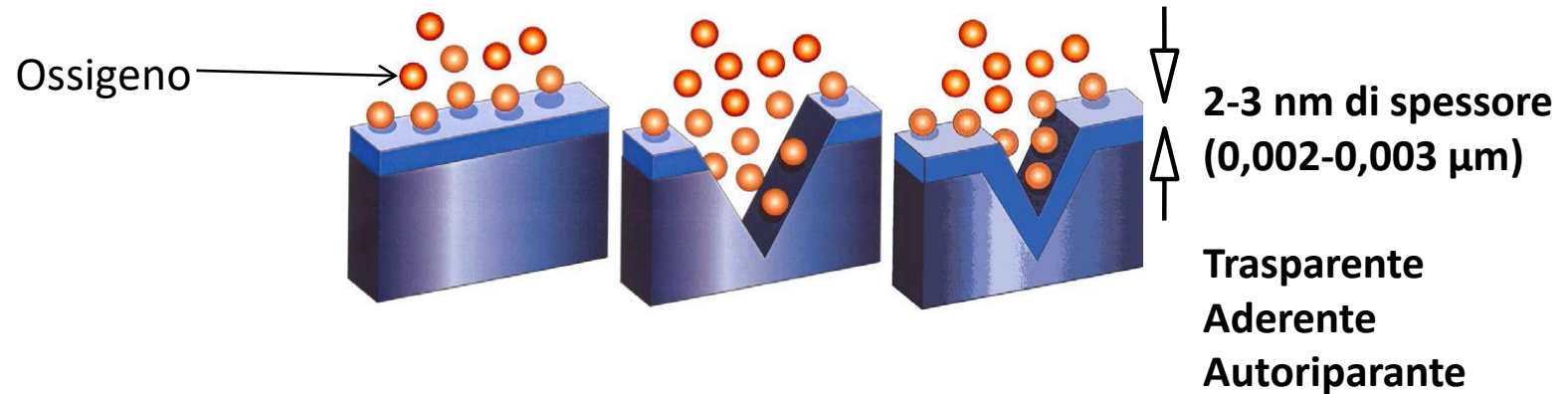
L'acciaio inossidabile è sinonimo di forza e resistenza alla corrosione all'interno del cemento, fornisce una lunga durata in servizio senza manutenzione.

- La corrosione dell'acciaio al carbonio non protetto si verifica anche all'interno delle strutture di cemento armato poiché i cloruri presenti nell'ambiente (marino/antighiaccio) si diffondono nel cemento.
- I prodotti di corrosione (ruggine) hanno un volume maggiore rispetto al metallo, creano tensioni interne che provocano lo sfaldamento del cemento.
- Attenuare la corrosione delle barre di acciaio nel cemento è un must.
- Si utilizzano diverse tecniche: rivestimento più spesso del cemento; protezione catodica; membrane, rivestimento epossidico... e acciaio inossidabile al posto dell'acciaio al carbonio.

2. Perché l'acciaio inossidabile resiste alla corrosione

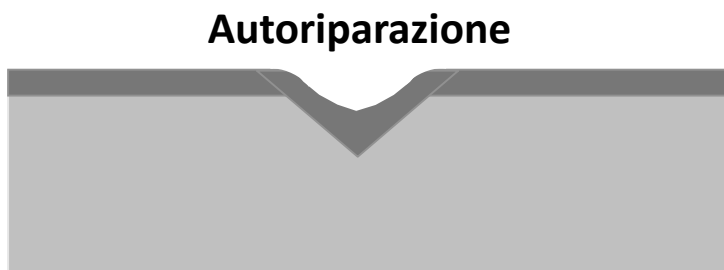
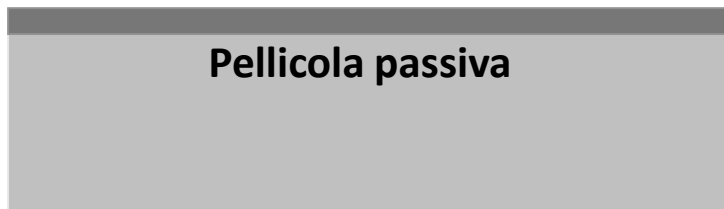
Strato passivo vs. rivestimenti

**PELLICOLA PASSIVA su ACCIAIO INOSSIDABILE:
Ossi-idrossidi di Fe e Cr**

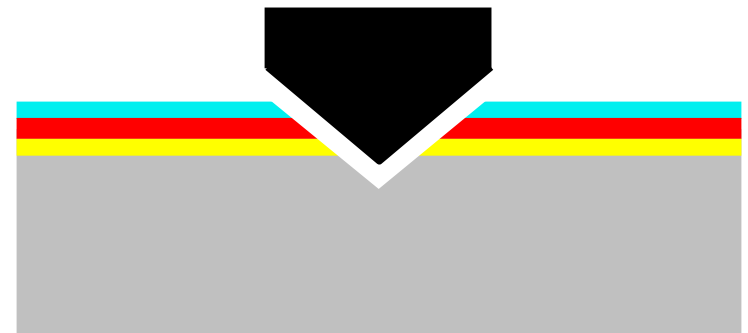


Danno allo strato protettivo

Acciaio inossidabile



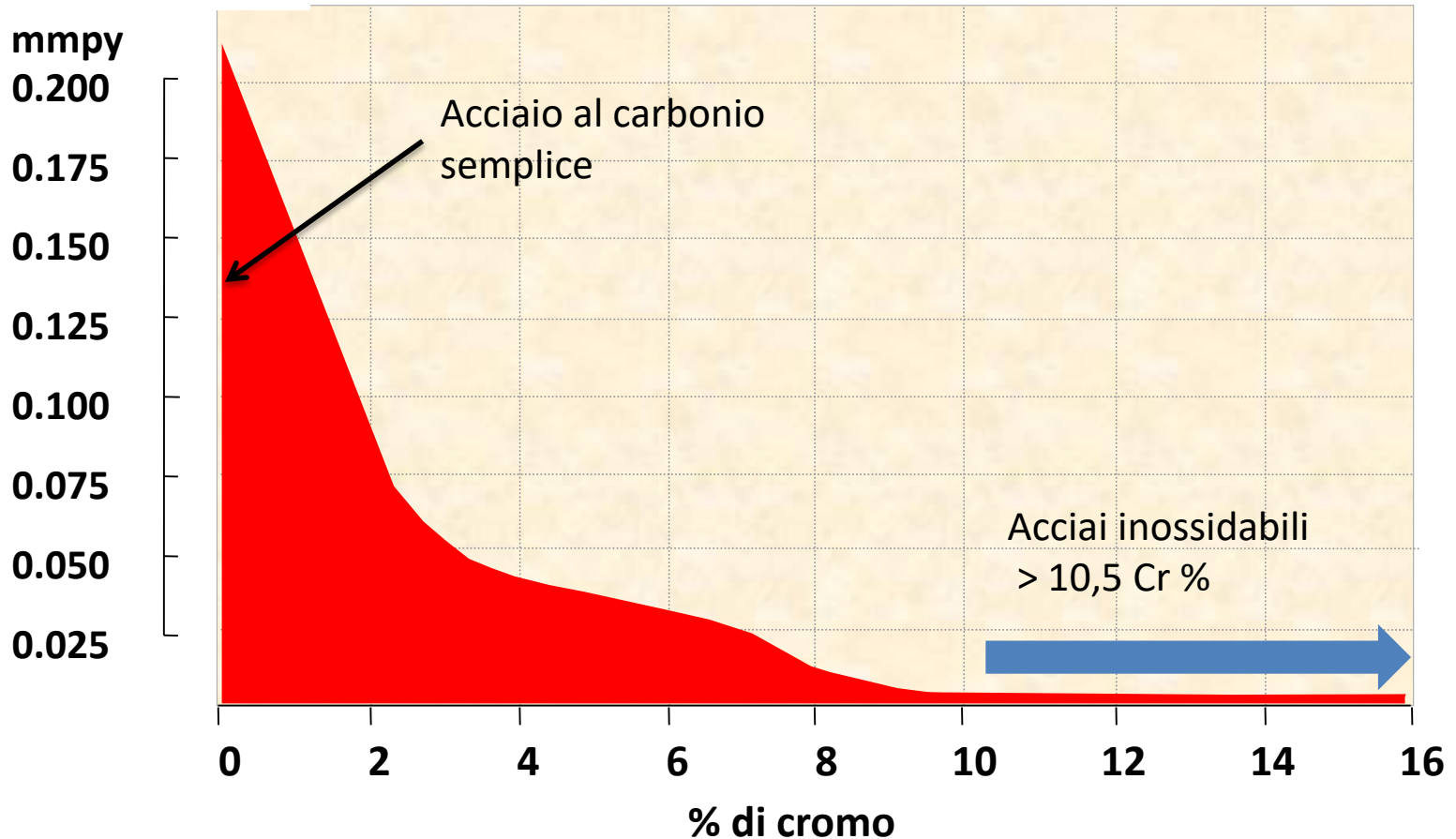
Acciaio dolce



3. Tipi di corrosione degli acciai inossidabili

Effetto del tenore di cromo sulla resistenza alla corrosione atmosferica (corrosione uniforme)

Percentuale di corrosione



Se il grado dell'acciaio inossidabile non è stato scelto correttamente, può verificarsi corrosione

...nessun materiale è perfetto!

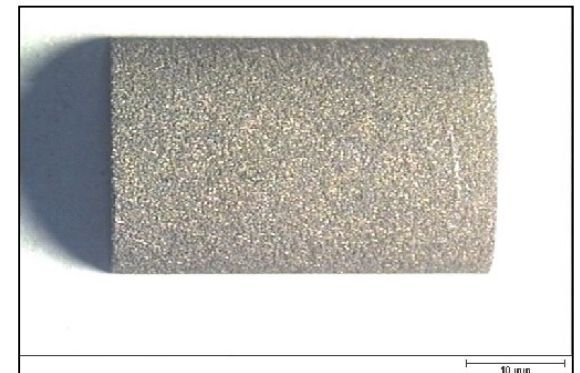
Pensate bene alla scelta del mezzo giusto per l'uso previsto

Tipi di corrosione sugli acciai inossidabili

- a) Uniforme
- b) Puntiforme
- c) Interstiziale
- d) Galvanica
- e) Intergranulare
- f) Rottura da tensocorrosione

a) Che cos'è la corrosione uniforme?

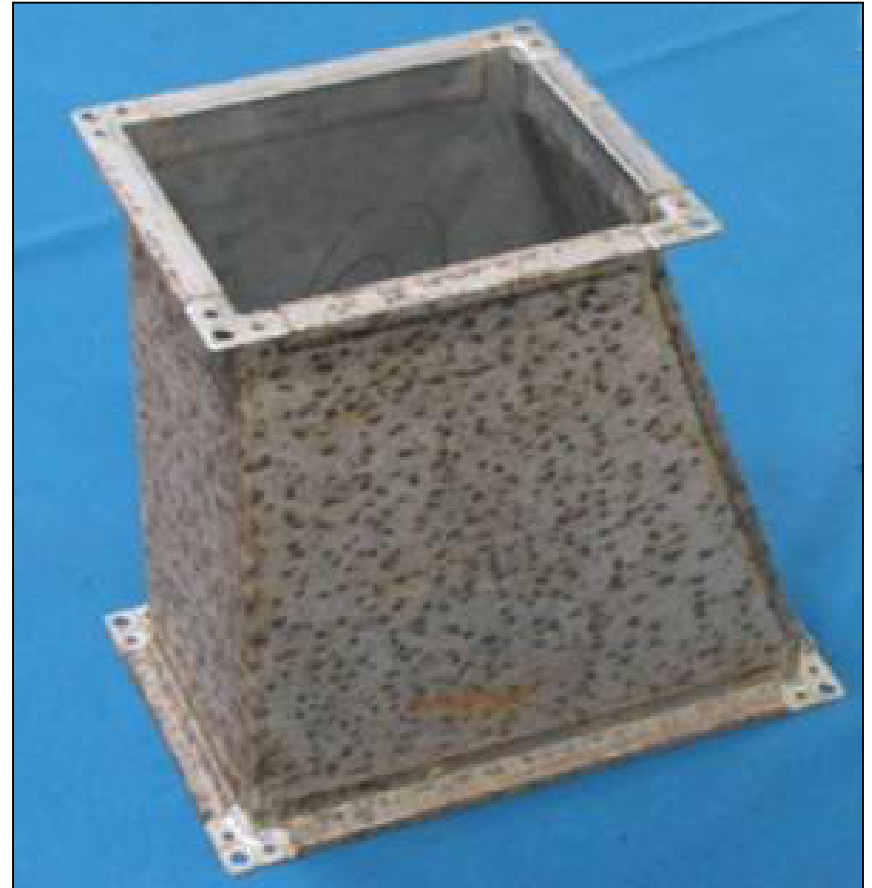
- Quando la pellicola passiva viene distrutta dall'ambiente aggressivo, l'intera superficie si corrode in modo uniforme e la perdita di metallo può essere espressa come $\mu\text{m}/\text{anno}$
- Questo fenomeno è tipico degli acciai al carbonio non protetti.
- Non riguarda invece gli acciai inossidabili nel settore edile, perché le condizioni di corrosione non sono mai così aggressive (solitamente occorre l'immersione negli acidi)



b) Che cos'è la corrosione puntiforme^{1,2,3,7}?

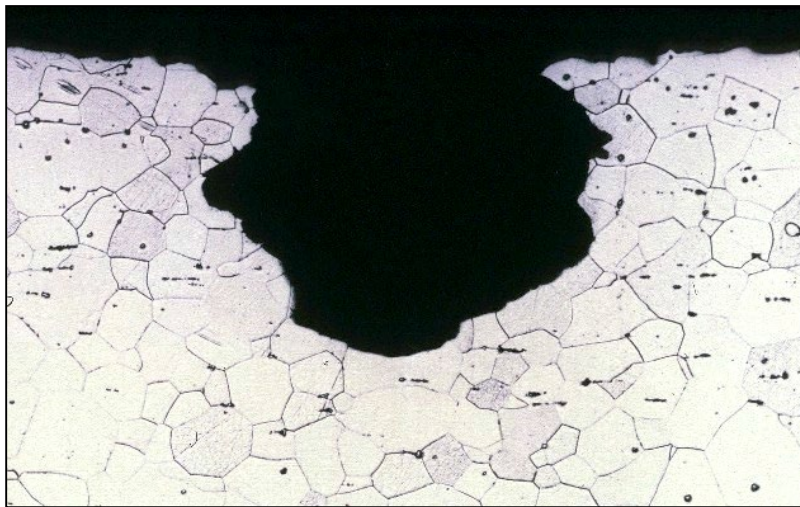
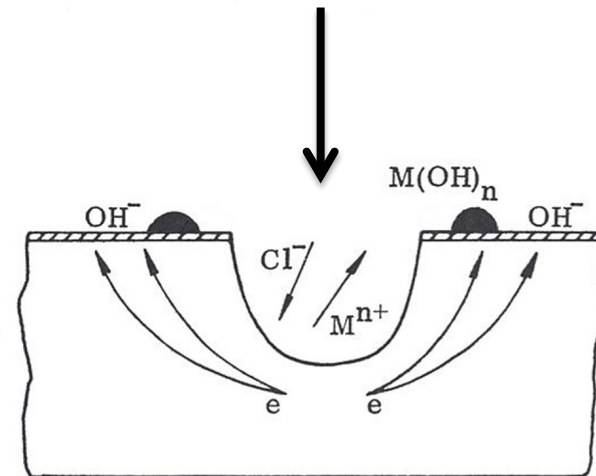
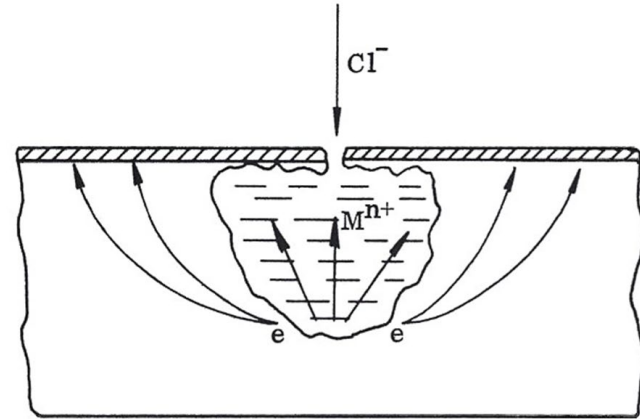
La corrosione puntiforme, detta anche corrosione per vaiolatura o per pitting, è una forma di corrosione estremamente localizzata che porta alla formazione di piccole cavità nel metallo.

Questa fotografia mostra la vaiolatura dell'acciaio inossidabile EN1.4310 (AISI 301) risultante dall'insufficiente resistenza alla corrosione in un ambiente clorato molto aggressivo.



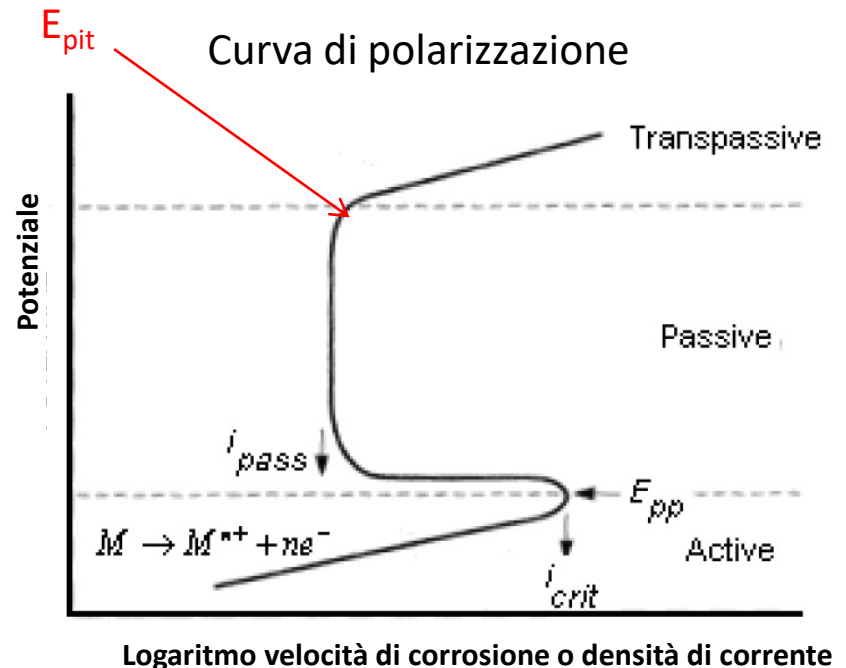
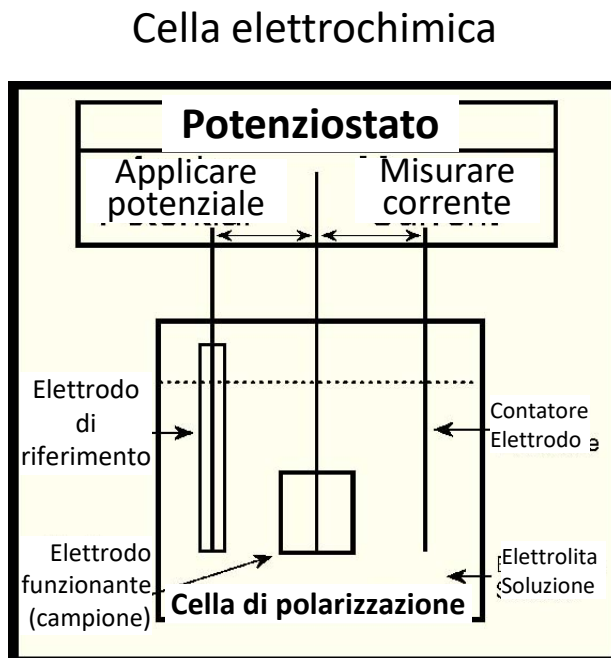
Meccanismi della corrosione puntiforme

1. Inizio su una superficie molto piccola con irregolarità o inclusioni non metalliche
2. Propagazione poiché le reazioni elettrochimiche nella cavità del vaiolo non sono bloccate da ripassivazione



La vaiolatura può essere riprodotta in una cella elettrochimica⁴

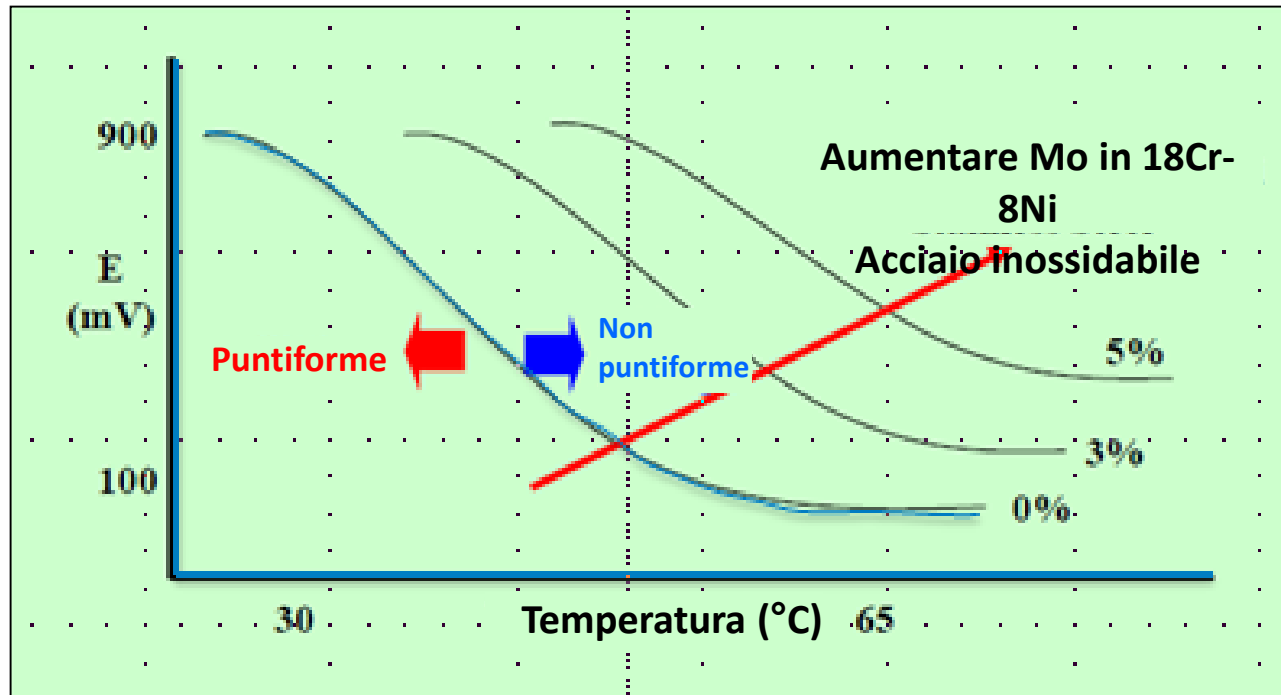
- La corrosione implica la dissoluzione del metallo, ossia un processo elettrochimico con
 - reazioni elettrochimiche sulla superficie del metallo e
 - una corrente tra il metallo corrosivo (anodo) e una parte catodica
- Questi processi possono essere simulati in una cella elettrochimica, un dispositivo che permette lo studio dei processi di corrosione



Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme¹

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

1. Temperatura



L'aumento di temperatura riduce drasticamente la resistenza alla vaiolatura.

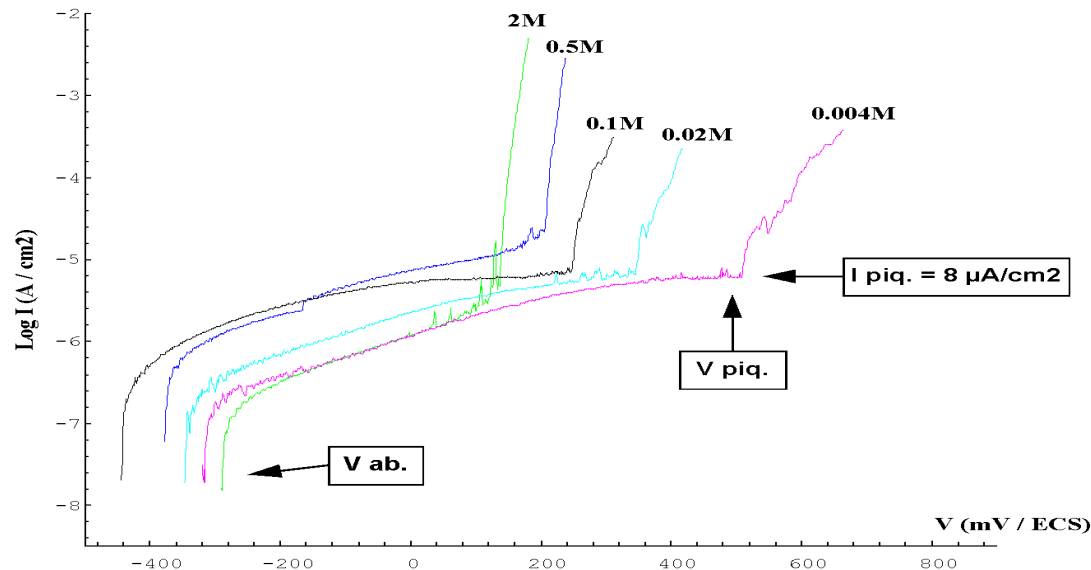
Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme⁵

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

2. Concentrazione di cloruro

La resistenza alla vaiolatura diminuisce quando la concentrazione di Cl^- aumenta (il logaritmo della concentrazione di Cl^-)

$$E_{pit} = A \log [Cl^-] + B$$

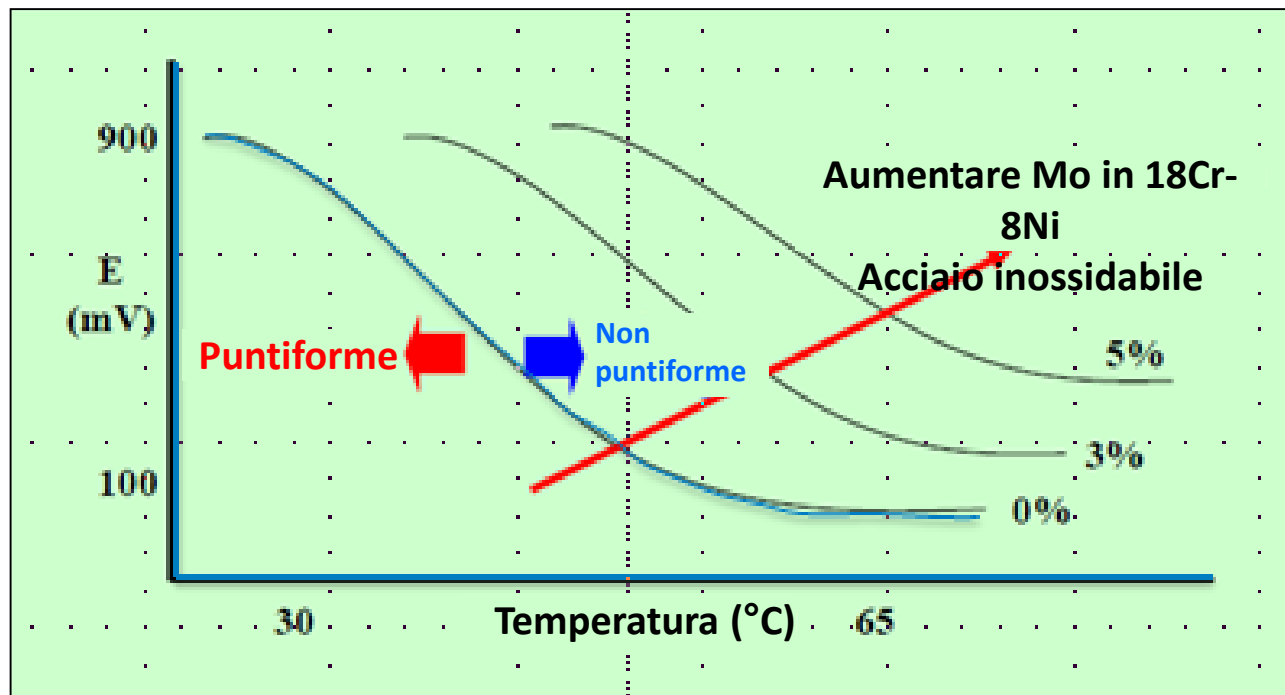


Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme¹

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

2. Analisi dell'acciaio inossidabile

La resistenza alla vaiolatura aumenta in modo deciso con alcuni leganti: N, Mo, Cr



Il ruolo dei leganti è descritto dall'indice PREN (Pitting Resistance Equivalent Number, valore di resistenza equivalente al pitting)

Pitting Resistance Equivalent Number (PREN)⁶

- Calcolando il PREN è possibile confrontare la resistenza dei gradi di acciaio inossidabile rispetto alla vaiolatura. Maggiore è il valore, migliore sarà la resistenza.
- Ovviamente il PREN da solo non può essere utilizzato per prevedere se un grado specifico sarà adatto per una determinata applicazione

$PREN = Cr + 3,3Mo + 16N$, dove

Cr = tenore di cromo

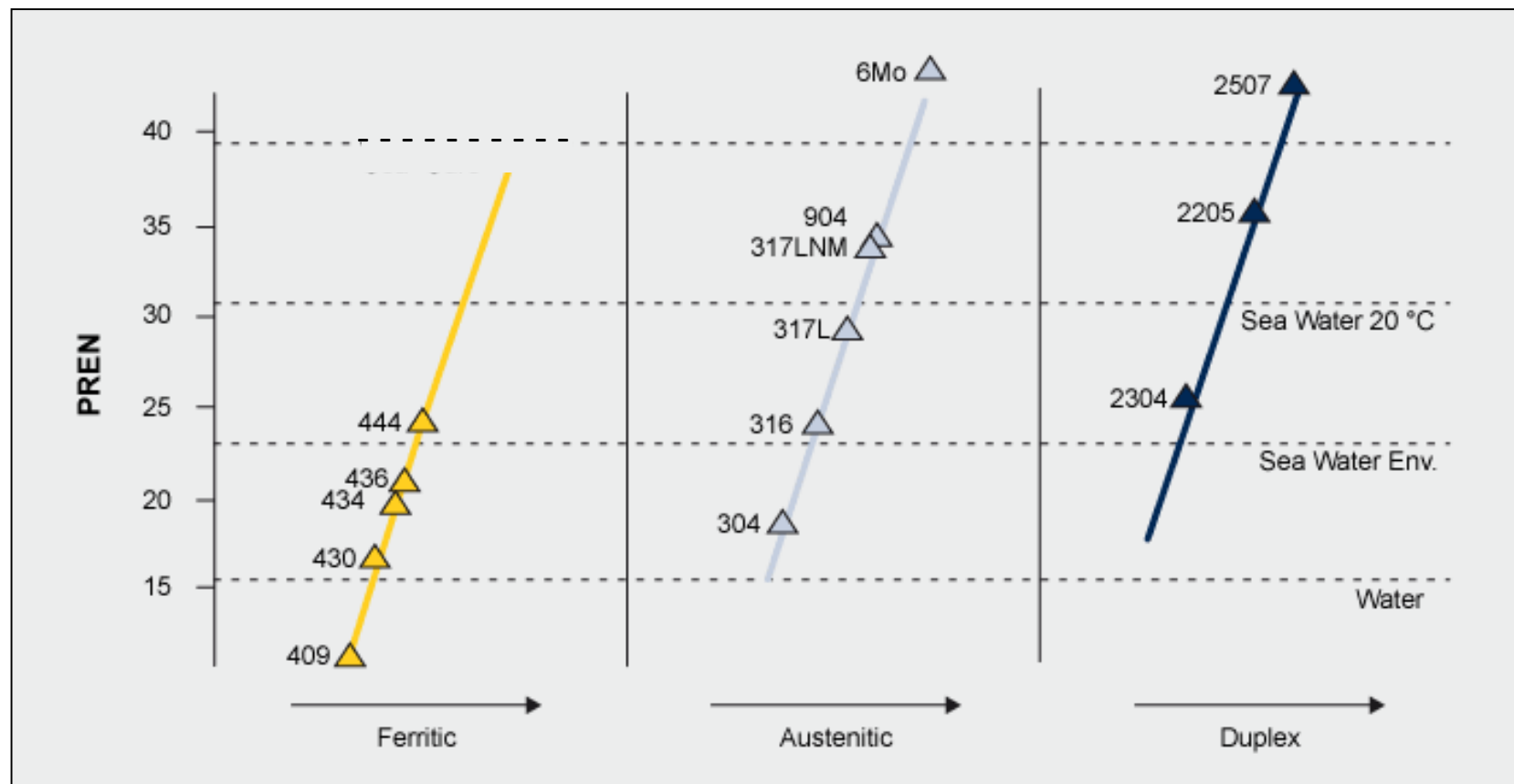
Mo = tenore di molibdeno

N = tenore di azoto

EN	AISI	PREN
1.4003	-	10.5 - 12.5
1.4016	430	16.0 - 18.0
1.4301	304	17.5 - 20.8
1.4311	304LN	19.4 - 23.0
1.4401/4	316/L	23.1 - 28.5
1.4406	316LN	25.0 - 30.3
1.4439	317L	31.6 - 38.5
1.4539	-	32.2 - 39.9
1.4362	-	23.1 - 29.2
1.4462	-	30.8 - 38.1
1.4410	-	40
1.4501	-	40

Si prega di notare che il PREN non prende in considerazione il nichel. La resistenza alla corrosione per pitting negli acciai inossidabili non dipende dal tenore di Ni. Vedere la prossima slide

PREN di alcuni gradi comuni⁹



La resistenza alla corrosione per pitting degli acciai inossidabili ferritici può essere uguale a quella degli acciai inossidabili austenitici type 304 e 316.

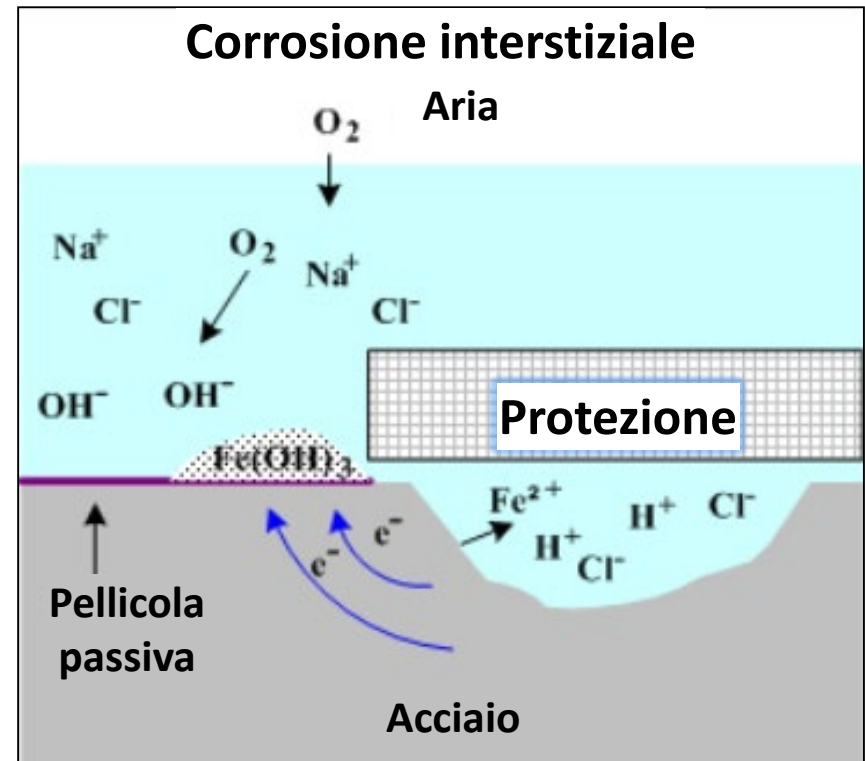
Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

c) Che cos'è la corrosione interstiziale¹?

La corrosione interstiziale si riferisce alla corrosione che si verifica in spazi limitati dove l'accesso del fluido o dell'aria in servizio, dall'ambiente, è limitato. Questi spazi sono normalmente chiamati interstizi. Esempi di interstizi sono i vuoti e le aree di contatto tra le parti, sotto alle guarnizioni o tenute, all'interno di fessure e giunzioni, parti con depositi e sotto macchie di fango.

Meccanismo della corrosione interstiziale

- Inizialmente non esistono differenze tra la cavità e la superficie totale
- Poi le cose cambiano quando la cavità si impoverisce di ossigeno
- Nell'interstizio si verificano una serie di reazioni elettrochimiche che determinano l'aumento della concentrazione di Cl^- e la diminuzione del pH locale fino al punto in cui la passivazione non può più avere luogo
- Successivamente il metallo nell'interstizio subisce una corrosione uniforme



Temperatura critica di resistenza alla vaiolatura (CPT) Temperatura critica di corrosione interstiziale (CCT) di diversi gradi austenitici e duplex⁸

Nota: maggiore è la temperatura, minore sarà la resistenza alla corrosione

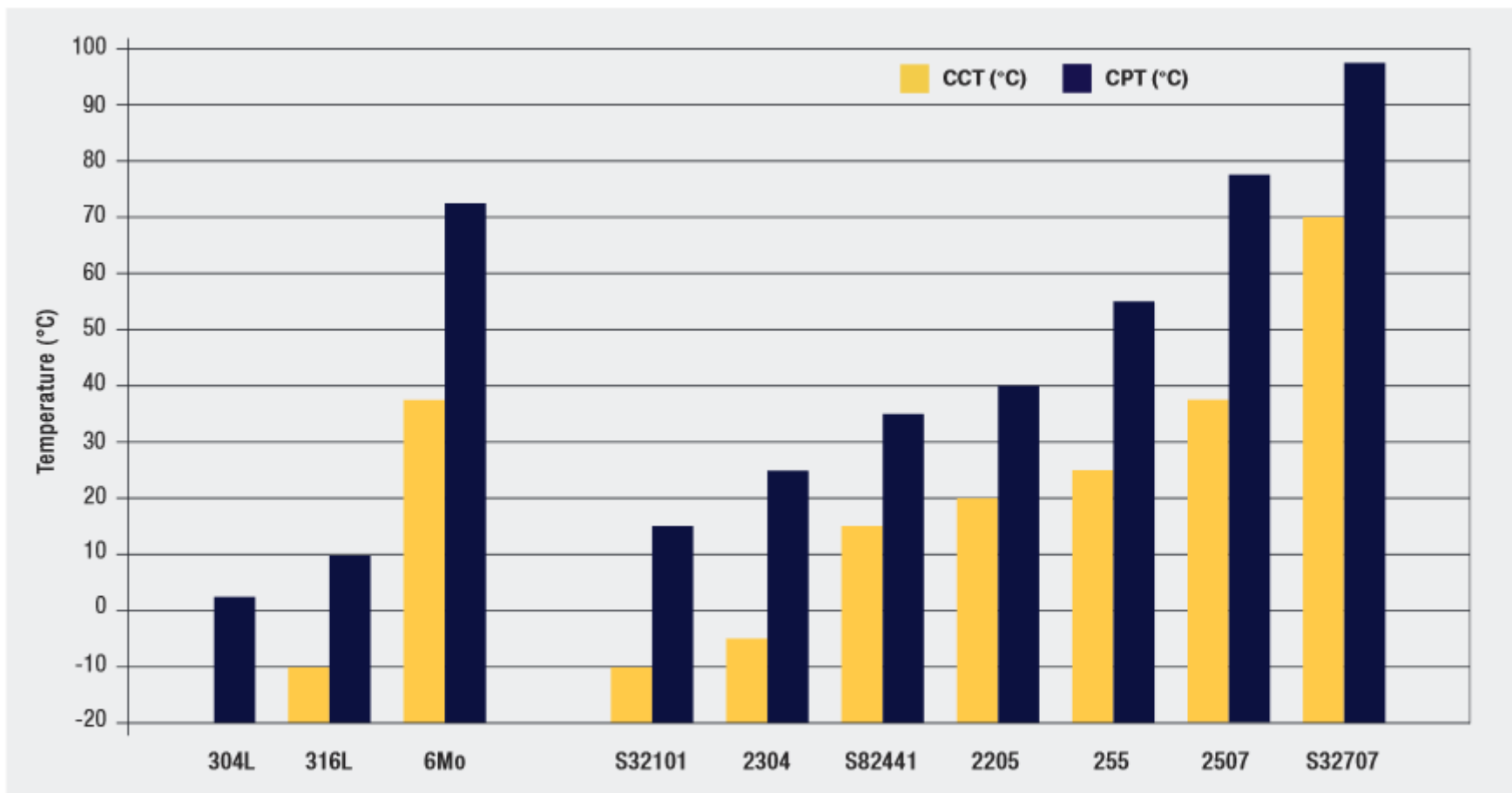


Figure 9: Critical pitting and crevice corrosion temperatures for unwelded austenitic stainless steels (left side) and duplex stainless steels (right side) in the solution annealed condition (evaluated in 6% ferric chloride by ASTM G 48).

Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

Come evitare la corrosione interstiziale

1. Ottimizzare il design:
 - a) usare parti saldate.
 - b) Progettare canali per il drenaggio completo.
2. Pulire per rimuovere i depositi (laddove possibile)
3. Scegliere un acciaio inossidabile resistente alla corrosione adatto (vedere la parte 4 di questo capitolo)

d) Che cos'è la corrosione galvanica¹? (conosciuta anche con il nome di corrosione bimetallica)



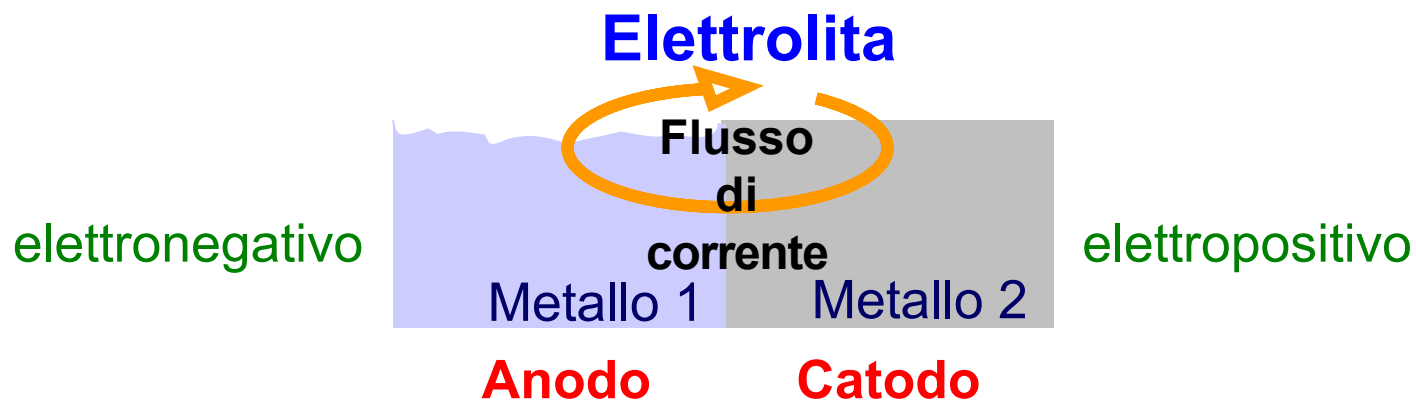
Corrosione che può verificarsi quando 2 metalli dal potenziale galvanico molto diverso sono a contatto.

Il metallo più anodico viene attaccato

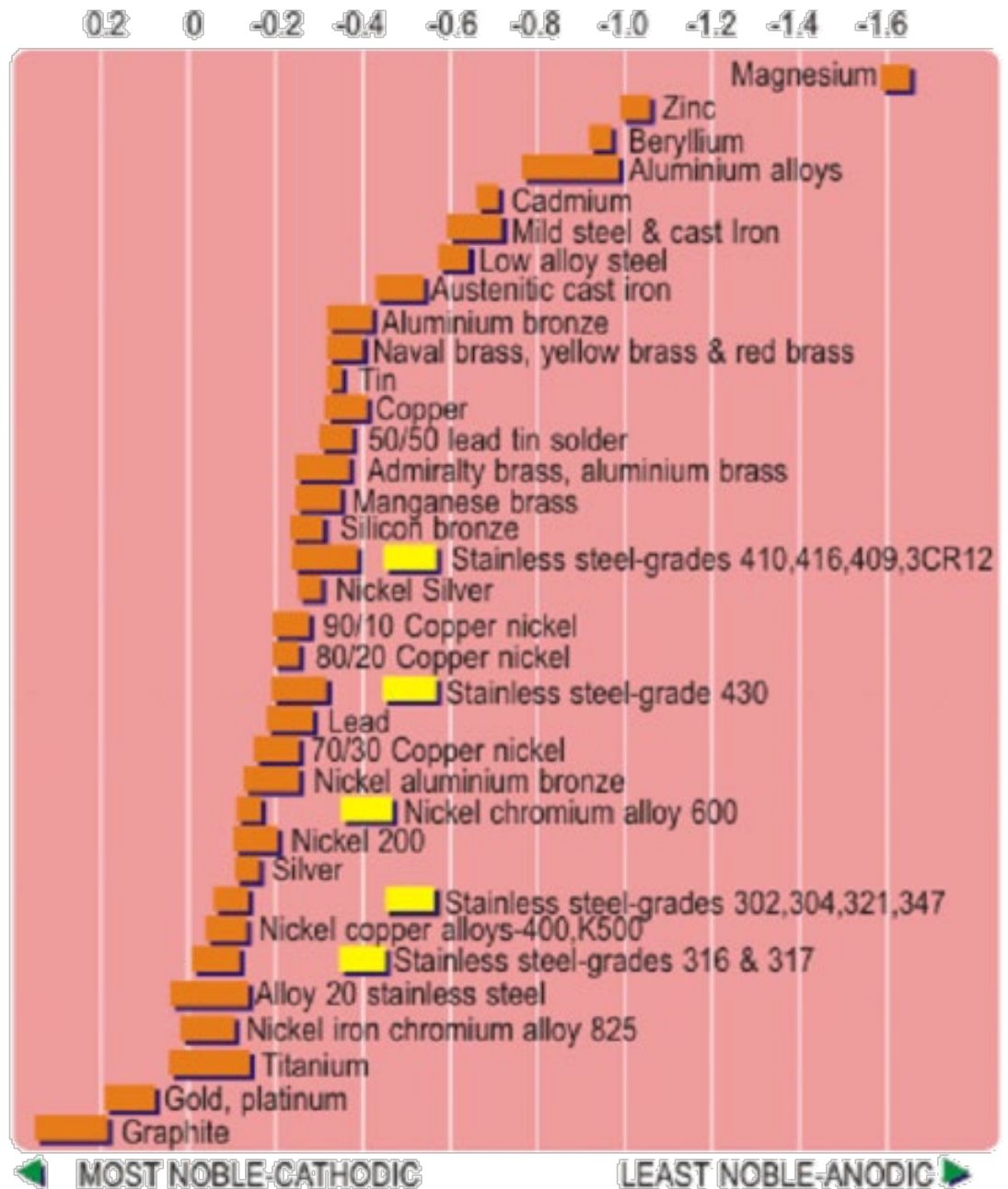
Esempio sulla fotografia a sinistra: la lamiera in acciaio inossidabile era fissata a un vaso in acciaio inox per mezzo di bulloni di acciaio dolce: ne risulta la corrosione galvanica dei bulloni in presenza di umidità, (elettrolita)

Meccanismo della corrosione galvanica

- Ogni metallo ha un potenziale caratteristico se immerso in un elettrolita (misurato rispetto a un elettrodo di riferimento).
- Se 2 metalli sono in contatto con un liquido conduttore (l'umidità è sufficiente):
- e se i 2 metalli hanno potenziali molto diversi
- una corrente fluirà dal più elettronegativo (anodo) al più elettropositivo (catodo).
- Se l'area dell'anodo è piccola, la dissoluzione del metallo sarà evidente



Serie galvanica per metalli in acqua marina corrente



Regole fondamentali su come evitare la corrosione galvanica

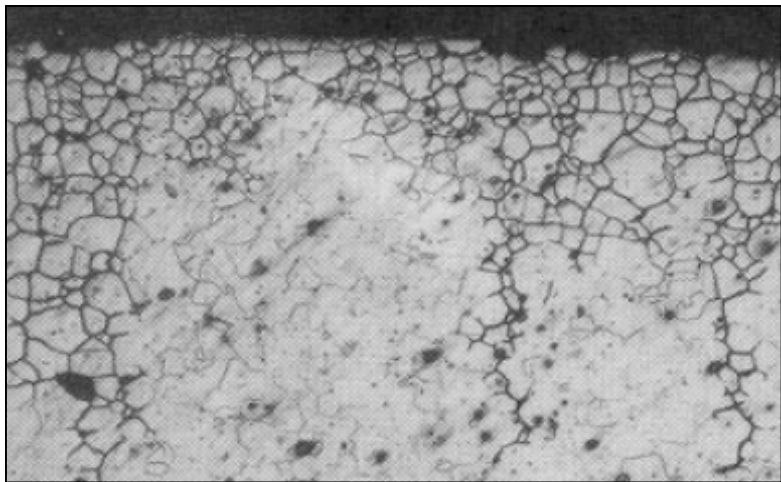
- Evitare situazioni con metalli non simili
- Se metalli non simili sono a contatto verificare che il metallo meno nobile (anodo) abbia una superficie molto maggiore rispetto al metallo più nobile (catodo)
- Esempi:
 - Usare dispositivi di fissaggio in acciaio inossidabile per i prodotti di alluminio (e mai dispositivi di fissaggio in alluminio per l'acciaio inox)
 - Lo stesso tra acciaio inossidabile e acciaio al carbonio

Nel calcestruzzo (alto pH) contaminato da cloruri, le barre in acciaio inossidabile **NON AUMENTANO SIGNIFICAMENTE** il tasso di corrosione delle barre in acciaio al carbonio per via dell'accoppiamento galvanico.

I riferimenti sono riportati su www.stainlesssteelrebar.org

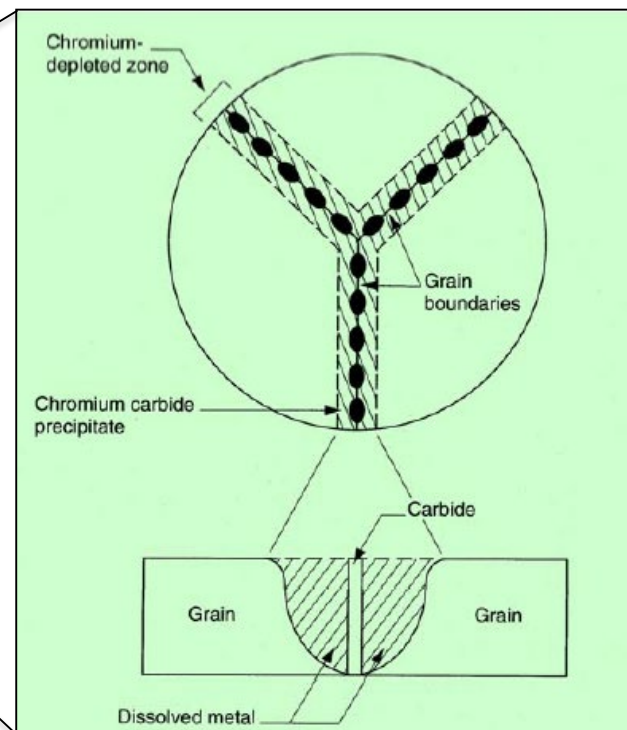
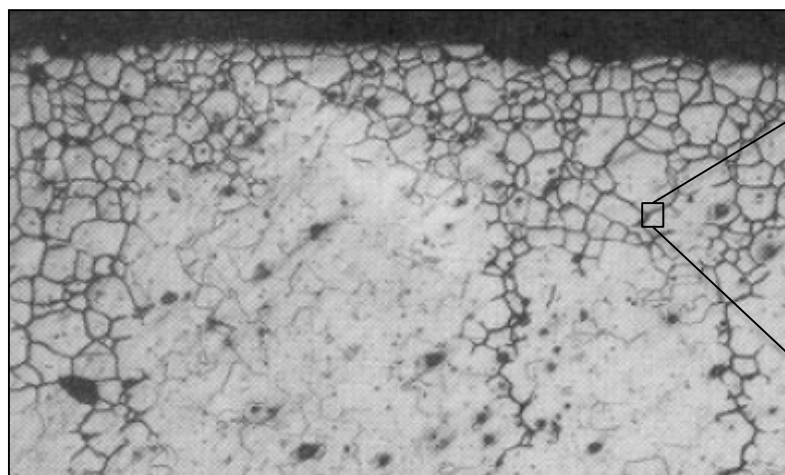
e) Che cos'è la corrosione intergranulare¹?

L'attacco intergranulare è provocato dalla formazione di carburi di cromo $(Fe,Cr) C_6 M_{23}$ in corrispondenza dei bordi dei grani, riducendo il tenore di cromo e la stabilità dello strato passivo.



Nelle micrografie sopra, i campioni di acciai inossidabili sono stati lucidati e poi attaccati chimicamente con un mezzo acido forte. La rete di righe nere corrisponde a un forte attacco chimico dei bordi dei grani che presentano una resistenza alla corrosione molto inferiore rispetto ai grani stessi.

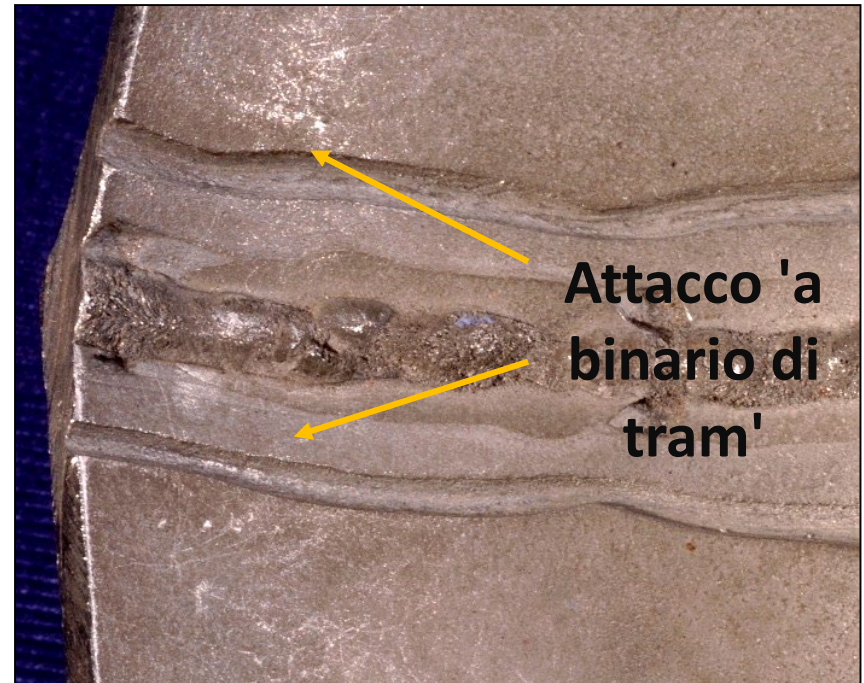
Vista schematica dell'impoverimento in Cr in corrispondenza dei bordi dei grani



Quando si verifica la corrosione intergranulare?

- Gli acciai inossidabili lavorati in modo adeguato non sono inclini a CI
- Può verificarsi nell'area interessata dal calore di una saldatura (qualsiasi lato del cordone di saldatura) se
 - il tenore di carbonio è elevato
 - e l'acciaio non è stabilizzato (da Ti, Nb, Zr * che “catturano” il carbonio nella matrice, rendendolo indisponibile per i carburi al bordo dei grani)

* Questo è il motivo per cui esistono gradi contenenti Ti e/o Nb e/o Zr, gradi qualificati come “stabilizzati”



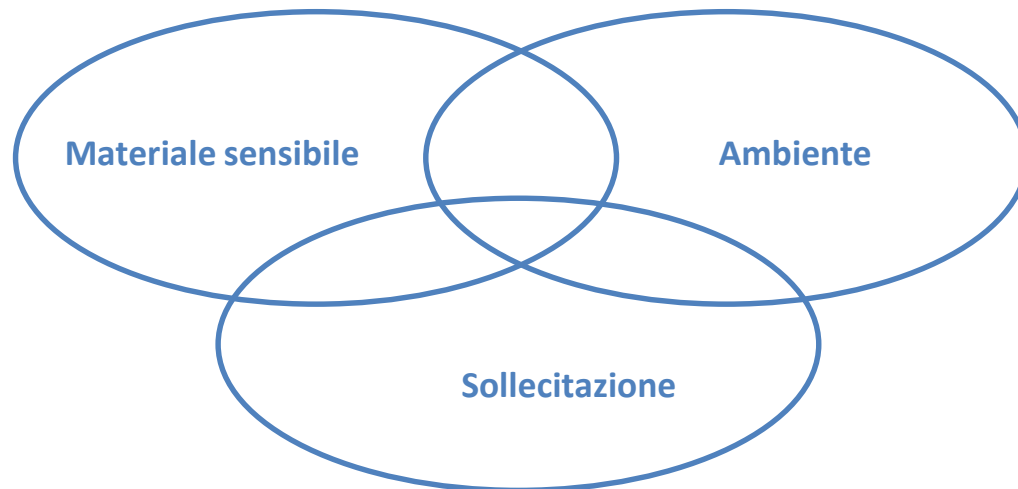
Decadimento della saldatura

Come evitare la corrosione intergranulare

- Usare gradi bassi di carbonio, inferiori a 0,03% per gli austenitici
- O usare i gradi stabilizzati per i ferritici e gli austenitici
- O, agli austenitici, applicare un trattamento di ricottura (a 1050°C tutti i carburi sono dissolti) seguito da raffreddamento rapido. (Tuttavia, si tratta solitamente di una soluzione poco utilizzabile).

f) Che cos'è la rottura da tensocorrosione¹ (SCC)?

- L'improvvisa fessurazione e il guasto di un componente senza deformazione.
- Può verificarsi se
 - La parte è sollecitata (da un carico applicato o da una tensione residua)
 - L'ambiente è aggressivo (elevato livello di cloruri, temperature oltre 50°C)
 - L'acciaio inossidabile non ha una sufficiente resistenza a SCC

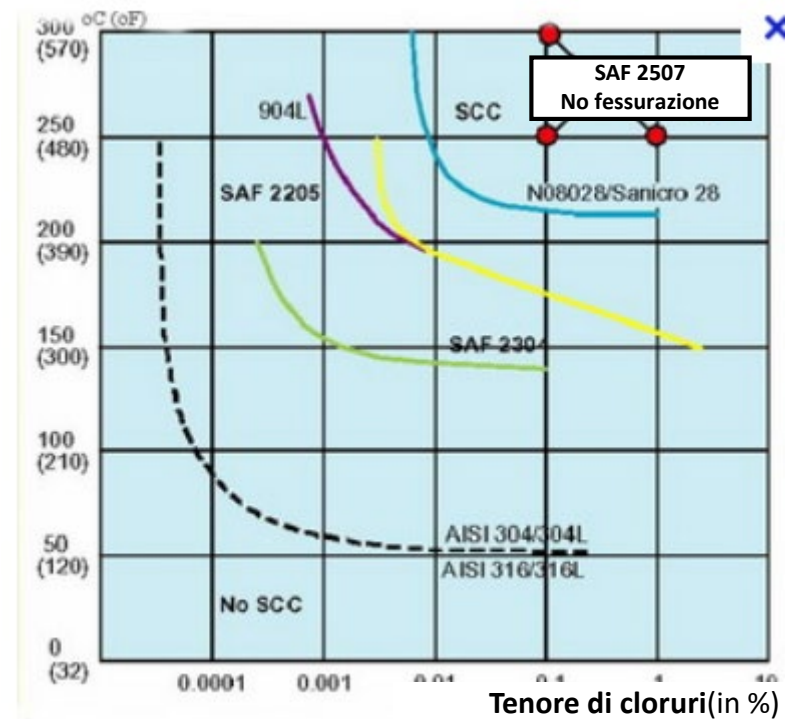


Gli acciai inossidabili ferritici e duplex (ossia ferritici-austenitici) sono immuni a SCC

Meccanismo della rottura da tensocorrosione (SCC)

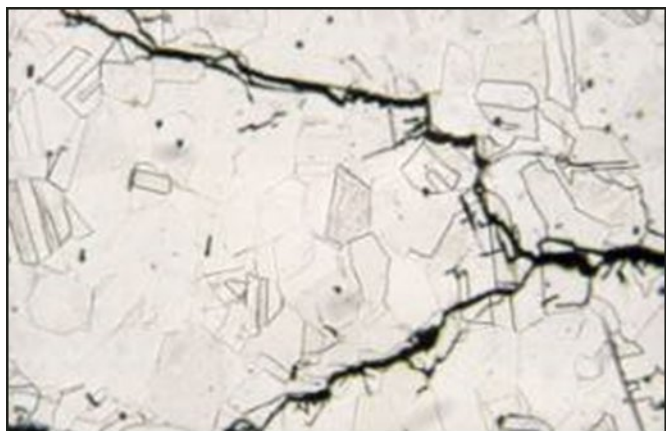
L'azione combinata di condizioni ambientali (cloruri/temperatura elevata) e sollecitazione - sia essa applicata, residua o di entrambi i tipi scatena la seguente sequenza di eventi:

1. Si manifesta la vaiolatura
2. Le fessurazioni cominciano da un punto toccato da vaiolatura
3. Le fessurazioni si propagano successivamente attraverso il metallo in modalità transgranulare o intergranulare.
4. Si verifica la rottura



Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

Evitare la SCC - due opzioni



Il cloruro induce la rottura da tensocorrosione negli acciai inossidabili austenitici standard, cioè 1.4301/304 o 1.4401 /316

+Ni
+Mo

1.4539
1.4547 (6Mo)

+Cr

Scegliere gradi duplex, prezzo più stabile (meno nichel)

1.4462
1.4410
1.4501

Scegliere acciai inossidabili austenitici con tenore elevato di Ni e Mo (elevata resistenza alla corrosione)

[Gli acciai inossidabili ferritici e duplex sono immuni al fenomeno di tensocorrosione – stress corrosion cracking – \(perché la matrice ferritica, diversamente da quella austenitica, non è sensibile a questo tipo di corrosione\). Per maggiori informazioni su questi tipi di acciai vedere il Modulo 04](#)

4. Come scegliere l'acciaio inossidabile giusto per una resistenza alla corrosione adeguata

Due situazioni diverse:

1. Applicazioni strutturali ^{10a}
2. Altre applicazioni ^{10b}

4 - 1 Applicazioni strutturali

L'Eurocodice 1-4 fornisce una procedura per scegliere un grado adeguato di acciaio inossidabile per l'ambiente di servizio degli elementi strutturali. (Notare che attualmente - ossia nov. 2014 - le raccomandazioni dell'Evolution Group per EN 1993-1-4 non sono ancora state applicate)

Questa procedura sarà descritta nelle prossime slide

È applicabile a:

- Elementi portanti
- Uso esterno
- Ambienti senza frequente immersione in acqua marina
- pH compreso tra 4 e 10
- Esposizione al flusso dell'agente aggressivo

Come funziona la procedura

1. L'ambiente è valutato mediante un fattore di resistenza alla corrosione (CRF) costituito da 3 componenti ($CRF = F1 + F2 + F3$) dove
 - a) F1 giudica il rischio di esposizione ai cloruri dell'acqua salata o dei sali antighiaccio
 - b) F2 giudica il rischio di esposizione al biossido di zolfo
 - c) F3 giudica il regime di pulizia o l'esposizione al lavaggio con la pioggia
2. Una tabella corrispondente indica la classe CRC corrispondente a una determinata CRF
3. I gradi dell'acciaio inossidabile sono collocati nelle classi di resistenza alla corrosione (CRC) da I a V a seconda del valore CRF

Le tabelle saranno mostrate nelle prossime 4 slide

F₁ Rischio di esposizione al Cl (acqua salata o sali antighiaccio)

Nota: M è la distanza dal mare e S è la distanza dalle strade con sali antighiaccio

1	Ambiente controllato internamente	
0	Rischio di esposizione basso	M > 10 km or S > 0.1 km
-3	Rischio di esposizione medio	1 km < M ≤ 10 km or 0.01 km < S ≤ 0.1 km
-7	Rischio di esposizione alto	0.25 km < M ≤ 1 km or S ≤ 0.01 km
-10	Rischio di esposizione altissimo Gallerie stradali in cui si usa il sale antighiaccio o dove i veicoli portano sali antighiaccio nella galleria	
-10	Rischio di esposizione altissimo Costa del Mare del Nord, Germania Tutte le aree costiere del Baltico	M ≤ 0.25 km
-15	Rischio di esposizione altissimo Linea costiera atlantica di Portogallo, Spagna, Francia Costiera di Regno Unito, Francia, Belgio, Paesi Bassi, Svezia meridionale Tutte le altre aree costiere del Regno Unito, Norvegia, Danimarca e Irlanda Costa mediterranea	M ≤ 0.25 km

F₂ Rischio di esposizione al biossido di zolfo

Nota: per gli ambienti costieri europei il valore del biossido di zolfo è solitamente basso. Per gli ambienti lontani dalla costa il valore di biossido di zolfo è basso o medio. La classificazione 'alto' è insolita e associata a località industriali particolarmente intense o ambienti specifici come ad esempio gallerie stradali. La deposizione di biossido di zolfo può essere valutata con il metodo descritto nella ISO 9225.

0	Rischio di esposizione basso	(<10 µg/m ³ deposizione media)
-5	Rischio di esposizione medio	(10 – 90 µg/m ³ deposizione media)
-10	Rischio di esposizione alto	(90 – 250 µg/m ³ deposizione media)

F₃ Regime di pulizia o esposizione al lavaggio con la pioggia

(se F₁ + F₂ = 0, quindi F₃ = 0)

0	Completamente esposto al lavaggio con la pioggia
-2	Regime di pulizia specificato
-7	Nessun lavaggio con la pioggia o nessuna pulizia specificata







Tabella delle corrispondenze

Tabella A.2: Determinazione della classe di resistenza alla corrosione CRC	
Fattore di resistenza alla corrosione (CRF)	Classe di resistenza alla corrosione (CRC)
$CRF = 1$	I
$0 \geq CRF > -7$	II
$-7 \geq CRF > -15$	III
$-15 \geq CRF \geq -20$	IV
$CRF < -20$	V

Classi di resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili

Tabella A.3: gradi in ogni classe di resistenza alla corrosione (CRC)

	Classe di resistenza alla corrosione CRC			
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4539	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4462	1.4547
	1.4541	1.4571		1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4578		
	1.4482	1.4662		
		1.4362		
		1.4062		
		1.4162		

	Ferritici		Austenitici standard		Austenitici Mo
	Duplex semplice		Austenitici super		Duplex/super duplex

Note: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN
Questo non si applica alle piscine

4 -2 Altre applicazioni

- Non sono applicabili altri regolamenti specifici
- La scelta del grado deve essere adeguata alle prestazioni attese
- Tre modi per farlo:
 - Chiedere a un esperto
 - Chiedere aiuto alle associazioni per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile
 - Trovare casi di successo con ambienti simili (solitamente disponibili)

Guida alla scelta del grado per l'architettura¹⁰

Attenzione: NON applicabile quando

- L'aspetto non conta
- L'integrità strutturale è la preoccupazione principale (passare a 4 – 1)

Come funziona la procedura

- È necessario calcolare un punteggio di valutazione
- Per ogni punteggio viene fornita una lista di gradi di acciaio inossidabile consigliati

Criteri utilizzati per il punteggio di valutazione (vedere le prossime slide):

- i. Inquinamento ambientale
- ii. Esposizione costiera o esposizione ai sali antighiaccio
- iii. Modello del meteo locale
- iv. Considerazioni per la progettazione
- v. Programma di manutenzione

i. Inquinamento ambientale

Punti	
	Rurale
0	Inquinamento assente o molto basso
	Inquinamento urbano (industria leggera, scarichi delle auto)
0	Basso
2	Moderato
3	Alto *
	Inquinamento industriale (gas aggressivi, ossidi di ferro, sostanze chimiche ecc.)
3	Basso o moderato
4	Alto *

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di acciaio inossidabile.

ii. A) Esposizione costiera

Punti	
	Esposizione costiera o al sale marino
1	Bassa (>1,6 -16 km (1 - 10 miglia) dall'acqua salata) **
3	Moderata (30m - 1,6 km (100 piedi - 1 miglio) dall'acqua salata)
4	Alta (<30m (100 piedi) dall'acqua salata)
5	Marina (alcuni spruzzi di sale o ondate occasionali) *
8	Fortemente marina (ondate continue) *
10	Fortemente marina (immersione continua) *

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

** Questo intervallo indica la distanza a cui si trovano solitamente i cloruri da corpi d'acqua salata. Alcune località di questo tipo sono esposte ai cloruri ma altre non lo sono.

ii. B) Esposizione ai sali antighiaccio

Punti	
	Esposizione ai sali antighiaccio (distanza dalla strada o dal terreno)
0	Non è stata rilevata la presenza di sale nel campione prelevato dal sito e non si attendono cambiamenti delle condizioni di esposizione.
0	I livelli di traffico e vento sulle strade vicine sono troppo bassi per trasportare cloruri nel sito e sui marciapiedi non sono presenti sali antighiaccio
1	Esposizione al sale molto bassa (≥ 10 m - 1 km (33 - 3.280 piedi) o 3 - 60 piani) **
2	Esposizione al sale bassa (< 10 - 500 m (33 - 1600 piedi) oppure 2 - 34 piani) **
3	Esposizione al sale moderata (< 3 - 100 m (10 - 328 piedi) oppure 1 - 22 piani) **
4	Esposizione al sale alta (< 2 - 50 m (6,5 - 164 piedi) oppure 1 - 3 piani) * **

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

** Questo intervallo indica la distanza alla quale è stata rilevata la concentrazione di cloruro dalle strade rurali e da quelle altamente trafficate. Controllare le concentrazioni di cloruro superficiali.

Nota: in presenza di esposizione costiera e di sali antighiaccio, consultare un esperto

iii. Modello del meteo locale

Punti	
-1	Clima freddo o temperato, forti piogge abituali
-1	Clima caldo o freddo con umidità tipicamente inferiore a 50%
0	Clima freddo o temperato, forti piogge occasionali
0	Tropicale o subtropicale, umido, piogge molto forti stagionali o regolari
1	Clima temperato, pioggia non frequente, umidità superiore a 50%
1	Pioggerellina regolare o nebbia frequente
2	Caldo, umidità superiore a 50%, precipitazioni molto scarse o assenti ***

*** In presenza di esposizione al sale o all'inquinamento, far valutare il sito a un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

iv. Considerazioni per la progettazione

Punti	
0	Marcatamente esposto per una facile pulizia con la pioggia
0	Superfici verticali con fibratura diritta o nessun grano di finitura
-2	La finitura superficiale è decapata, con lucidatura elettrolitica o ruvidità $\leq R_a 0,3 \mu\text{m}$ ($12\mu\text{in}$)
-1	Ruvidità della finitura superficiale $R_a 0,3 \mu\text{m}$ ($12\mu\text{in}$) $< X \leq R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20\mu\text{in}$)
1	Ruvidità della finitura superficiale $R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20\mu\text{in}$) $< X \leq R_a 1 \mu\text{m}$ ($40\mu\text{in}$)
2	Ruvidità della finitura superficiale $> R_a 1 \mu\text{m}$ ($40\mu\text{in}$)
1	Posizione riparata o interstizi non sigillati ***
1	Superfici orizzontali
1	Orientamento orizzontale del grano della finitura

*** In presenza di esposizione al sale o all'inquinamento, far valutare il sito a un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

Circa la rugosità (Ra): http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoughnessMeasurement_EN.pdf

La tabella mostra che la resistenza alla corrosione dipende anche dalla finitura superficiale. Per maggiori informazioni sulle finiture disponibili vedere il Modulo 08

v. Programma di manutenzione

Punti	
0	Non lavato
-1	Lavato almeno naturalmente
-2	Lavato quattro o più volte l'anno
-3	Lavato almeno una volta al mese

Sistema di assegnazione del punteggio per la scelta dell'acciaio inossidabile

Punteggio totale	Scelta dell'acciaio inossidabile
da 0 a 2	Il tipo 304/304L è generalmente la scelta più economica
3	Il tipo 316/316L o 444 è generalmente la scelta più economica
4	È consigliato il tipo 317L o un acciaio inossidabile più resistente alla corrosione
≥ 5	Potrebbe essere necessario un acciaio inossidabile più resistente alla corrosione come ad esempio 4462, 317LMN, 904L, super duplex, super ferritico o un acciaio inossidabile super austenitico con 6% di molibdeno

Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

La corretta scelta del tipo di acciaio inossidabile da impiegare porta ad una lunga durata in servizio del materiale, senza necessità di manutenzione, con un basso costo del ciclo di vita ed una eccellente sostenibilità. Per maggiori informazioni vedere il Modulo 11

Conclusione

- La scelta corretta del grado di acciaio inossidabile giusto per l'applicazione e l'ambiente merita attenzione.
- Una volta effettuata questa scelta, l'acciaio inossidabile fornirà una durata in servizio illimitata senza manutenzione.

Nel [Modulo 2](#) è presente un'ampia gamma di applicazioni di successo con protagonista l'acciaio inossidabile e nel [Modulo 1](#) è rappresentata "l'arte senza tempo", a livello globale.

5. Riferimenti

1. Un corso eccellente sulla corrosione. Vedere i capitoli 7 (Galvanic Corrosion), 8 (intergranular corrosion), 11 (crevice corrosion) 12 (pitting) 14 (Stress corrosion cracking) e 15 (stress corrosion cracking of stainless steels) Fonte originale: <http://corrosion.kaist.ac.kr> Download disponibile da: [http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education references/Zrefs on corrosion.zip](http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Zrefs_on_corrosion.zip)
2. Alcune nozioni fondamentali sulla corrosione a cura del NACE <http://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Course.htm#Scope>
3. Un corso online sulla corrosione http://www.corrosionclinic.com/corrosion_online_lectures/ME303L10.HTM#top
4. Informazioni sui controlli elettrochimici <http://mee-inc.com/esca.html>
5. Ugitech: comunicazione privata
6. Sito web BSSA (British Stainless Steel Association) "Calculation of pitting resistance equivalent numbers (PREN)" <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=111>
7. Sulla corrosione puntiforme https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45442/FrankelG_JournalElectrochemicalSociety_1998_v145n6_p2186-2198.pdf?sequence=1
8. [http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex Stainless Steel 3rd Edition.pdf](http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex_Stainless_Steel_3rd_Edition.pdf)
9. <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/steel-grades.php>
10. [http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA Houska-Selecting Stainless Steel for Optimum Performance.pdf](http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA_Houska-Selecting_Stainless_Steel_for_Optimum_Performance.pdf)
11. [http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic corrosion](http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_corrosion)
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=668>
13. [http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0812 duplex.pdf](http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0812_duplex.pdf)
14. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/grades/duplex/Pages/default.aspx>
15. [http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex Maastricht EN-22p-7064Ko.pdf](http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex_Maastricht_EN-22p-7064Ko.pdf)
16. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=606>
17. a) Composizione chimica dei prodotti piani in acciaio inossidabile per impieghi generali secondo la norma EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44> b) Composizione chimica dei prodotti lunghi in acciaio inossidabile per impieghi generali secondo la norma EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>

Appendice: Denominazioni¹⁷

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/ Brand
Ferritic stainless steels - standard grades					
X2CrNi12	1.4003		S40977		3CR12
X2CrTi12	1.4512	409	S40900		
X6CrNiTi12	1.4516				
X6Cr13	1.4000	410S	S41008		
X6CrAl13	1.4002	405	S40500		
X6Cr17	1.4016	430	S43000		
X3CrTi17	1.4510	439	S43035		
X3CrNb17	1.4511	430N			
X6CrMo17-1	1.4113	434	S43400		
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	S44400		
Martensitic stainless steels - standard grades					
X12Cr13	1.4006	410	S41000		
X20Cr13	1.4021	420	S42000		
X30Cr13	1.4028	420	S42000		
X3CrNiMo13-4	1.4313		S41500	F6NM	
X4CrNiMo16-5-1	1.4418				248 SV
Martensitic and precipitation-hardening steels - special grades					
X5CrNiCuNb16-4	1.4542		S17400		17-4 PH

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/ Brand
Austenitic stainless steels - standard grades					
X10CrNi18-8	1.4310	301	S30100		
X2CrNi18-9	1.4307	304L	S30403		
X2CrNi19-11	1.4306	304L	S30403		
X2CrNiN18-10	1.4311	304LN	S30453		
X5CrNi18-10	1.4301	304	S30400		
X6CrNiTi18-10	1.4541	321	S32100		
X4CrNi18-12	1.4303	305	S30500		
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	316LN	S31653		
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	S31600		
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316Ti	S31635		
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	316L	S31603		
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	317L			
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539		N08904		904L
Austenitic-ferritic stainless steels-standard grades					
X2CrNiN22-2	1.4062		S32202		DX 2202
X2CrMnNiMoN21-5-3	1.4482		S32001		
X2CrMnNiN21-5-1	1.4162		S32101		2101 LDX
X2CrNiN23-4	1.4362		S32304		2304
X2CrNiMoN12-5-3	1.4462		S31803/ S32205	F51	2205

Nota: questa è una tabella semplificata. Per gradi speciali, vedere il riferimento 17.

Grazie