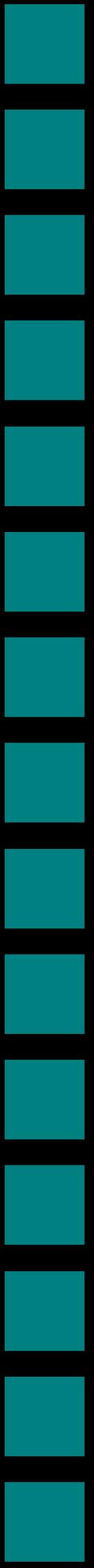


Gruppo Polymax  
**Polymaxacciai**  
industria sistemi fumari metallici

I problemi  
dell'Acciaio Inossidabile

**LA**  
**CORROSIONE**



# LA CORROSIONE

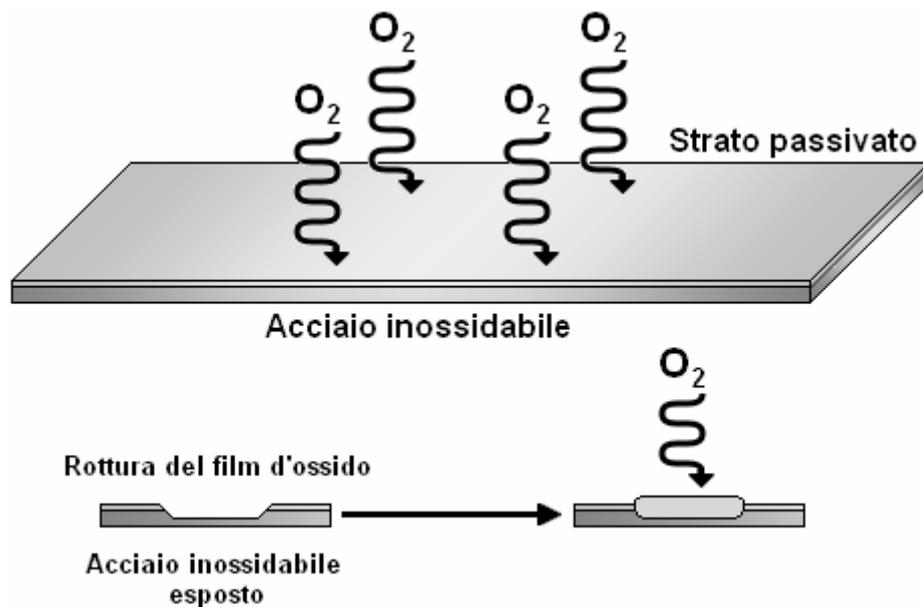
Una delle caratteristiche peculiari degli acciai inossidabili e una delle ragioni del continuo diffondersi del loro impiego è certamente la loro resistenza alla corrosione. Tuttavia sarebbe errato pensare che tali materiali possano reggere dovunque e comunque a quell'insieme di fenomeni di decadimento che va sotto il nome di *corrosione*.

La loro resistenza dipende infatti da molti fattori e cioè: dalle condizioni intrinseche (principalmente dalla loro costituzione analitica e strutturale), dal tipo di ambiente nel quale si trovano, dal modo con cui essi sono accoppiati tra loro o con altri materiali, dalle fasi tecnologiche di lavorazione alle quali sono stati sottoposti, dalle condizioni di messa in opera, dal disegno dei particolari e dall'insieme e così via.

Il fenomeno della corrosione se osservato più attentamente si può presentare in maniera molto differente e quindi risulta importante conoscere il meccanismo e le cause che lo generano al fine di prendere gli opportuni provvedimenti nella scelta dei materiali da utilizzare.

Gli acciai inossidabili sono resistenti alla corrosione grazie al fenomeno della *passivazione*. Gli elementi presenti negli acciai inossidabili reagiscono facilmente con l'ambiente circostante ed in particolare uno di essi, il *Cromo*, aiuta a formare un sottile strato protettivo che protegge il materiale da successivi attacchi corrosivi. Questo strato protettivo è il risultato della reazione tra l'acciaio inox e l'acqua presente nell'ambiente (l'umidità presente nell'aria tende a condensare sulle superfici metalliche) producendo un *ossido-idrossido di ferro e cromo*. Nonostante sia sottile ed invisibile questo strato passivato aderisce perfettamente al materiale ed è tanto più resistente quanto maggiore è il contenuto di cromo. Altri elementi come il *nickel*, *molibdeno* e *titanio* consentono all'acciaio inossidabile di essere facilmente piegato, saldato, stampato e lavorato meccanicamente.

La corrosione è il principale nemico di tutti i metalli. Gli acciai comuni reagiscono con l'ambiente formando una superficie contenente ossido di ferro. Questa superficie è estremamente porosa e consente al processo di ossidazione di continuare penetrando nell'acciaio corrodendone la superficie e producendo quel fenomeno comunemente definito *ruggine*. La superficie passivata che si forma negli acciai inossidabili impedisce la corrosione, isolando praticamente il metallo dall'ambiente esterno. Negli acciai inossidabili la presenza di cromo in quantità rilevanti conferisce loro la capacità di *autopassivarsi* in modo spontaneo quando la superficie pulita entra in contatto con un ambiente esterno, corrosivo o ossidante.



Schema esemplificativo del meccanismo di passivazione dell'acciaio inossidabile.

Oltre al cromo, gli elementi che contribuiscono ad aumentare la resistenza alla corrosione sono il *Molibdeno*, *Nichel* e *Azoto*, Il *Carbonio* invece agisce in modo inverso: minore è la sua presenza, maggiore è la resistenza alla corrosione.

Esiste, dunque, una qualche relazione tra la finitura superficiale dell'acciaio e la sua resistenza alla corrosione: tale relazione, fa corrispondere differenti tipi di finitura a diversi gradi di resistenza agli agenti corrosivi. In generale tanto minore è il grado di rugosità superficiale dell'acciaio inossidabile, tanto maggiore sarà la sua resistenza agli agenti corrosivi, ecco che un trattamento superficiale di *sabbatura* darà una resistenza minore rispetto ad un trattamento quale la *elettrolucidatura*.

I tipi di corrosione più pericolosi sono solitamente quelli localizzati che possono creare cricche, fori, fessurazioni. Al contrario i fenomeni generalizzati sono i meno pericolosi, in quanto si manifestano sotto forma di aggressione progressiva e abbastanza costante nel tempo, permettendo con sufficiente approssimazione la durata del materiale interessato dalla corrosione.

I fenomeni corrosivi vengono generalmente distinti in *corrosione ad umido* quando, in presenza di una soluzione acida, si assiste per via elettrochimica ad un processo anodico di ossidazione e quindi di dissoluzione del materiale, e in *corrosione a secco*, quando il processo avviene a secco e con processi chimici legati quasi sempre alla sola cinetica chimica.

## 1. CORROSIONE GALVANICA

La *corrosione galvanica* è uno dei pochi fenomeni corrosivi che si possono prevedere in fase progettuale e si manifesta quando vengono accoppiati due o più metalli di diversa natura, o anche della stessa natura però con una struttura interna diversa, in presenza di un ambiente umido.

Ogni metallo o lega ha un suo potenziale elettrico in base alla sua composizione chimica e quindi in relazione all'ambiente in cui si trova ha la possibilità di ricevere o cedere elettroni. Se la differenza tra i diversi potenziali elettrici, in presenza di una soluzione acida, supera una certa soglia si crea un passaggio di elettroni tra un donatore (anodo) e un ricettore (catodo) e l'intensità di questo movimento di elettroni sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la differenza di potenziale elettrico. Questo movimento di elettroni rappresenta una vera e propria corrente elettrica chiamata *corrente galvanica* che innesca il processo di corrosione e l'anodo, che cede elettroni, si ossida ad una velocità sempre più crescente in quanto il rapporto tra l'area utile della zona anodica e quella della zona catodica risulta sempre più piccolo.

Pertanto l'unica alternativa è quella di evitare, durante le fasi di progettazione e realizzazione, di mettere a "contatto elettrico" materiali di diversa natura se utilizzati in presenza di ambienti acidi o anche in presenza della sola umidità atmosferica.

Le regole principali da seguire per evitare questo fenomeno corrosivo sono:

- Evitare in maniera assoluta di congiungere con rivetti o viti parti di acciaio inossidabile con materiali anodici come per esempio l'alluminio. Si consiglia di usare lo stesso tipo di materiale oppure, se non si può fare a meno, di interporre del materiale isolante tra i vari elementi di unione.
- Si deve evitare di congiungere con processi di saldobrasatura parti di acciaio inossidabile con leghe a basi anodiche. Si consiglia di usare per la brasatura dolce leghe a base di stagno-piombo mentre per la brasatura forte leghe a base di rame come argento-rame, rame-oro o in alternativa se le temperature lo permettono rame-nichel.
- Si deve evitare di contaminare durante le lavorazioni le parti in acciaio inossidabile con materiali anodici come per esempio il ferro. Infatti la comparsa di macchie di ruggine sono da attribuirsi a particelle ferrose che si sono staccate dagli utensili durante le lavorazioni come sagomatura, cesoiatura o spazzolatura.

## 2. CORROSIONE SOTTO TENSIONE

La corrosione sotto tensione, chiamata anche *Stress Corrosion Cracking (SCC)* è una corrosione localizzata che si manifesta quando, in particolari condizioni ambientali, il materiale è sottoposto all'azione combinata di una sollecitazione meccanica, in particolare a trazione, e un ambiente corrosivo anche di blanda azione corrosiva che, in assenza dello stato di tensione, avrebbe dato luogo ad un diverso tipo di attacco. Le cricche solitamente ramificate anche all'interno del materiale hanno un andamento quasi perpendicolare alla direzione della sollecitazione a trazione e si dicono ad andamento:

- **Transgranulare** quando le cricche attraversano la struttura dei grani.
- **Intergranulare** quando le cricche si propagano lungo i bordi dei grani.

### 3. CORROSIONE GENERALIZZATA

La corrosione generalizzata è un fenomeno che si manifesta su tutte le superfici, o in gran parte di esse, di un metallo o lega esposto ad un ambiente aggressivo. Si distingue in:

- **Uniforme** se il fenomeno è il medesimo in tutta la superficie.
- **Disuniforme** se il fenomeno segue un profilo più o meno regolare.

Tra tutti i tipi di corrosione risulta il meno pericoloso in quanto, supponendo di

aver eseguito una opportuna scelta del materiale in relazione all'ambiente in cui dovrà operare, si può calcolare con sufficiente approssimazione la sua durata o, se vogliamo, la sua perdita di massa o la sua riduzione dello spessore, dovuto al fenomeno corrosivo, per un dato intervallo di tempo. Infatti in certe applicazioni il materiale deve coesistere con il fenomeno corrosivo per esempio quando un acciaio inossidabile viene a contatto con soluzioni di acidi ossidanti quali quelle di acido nitrico dove si ipotizza una durata operativa, in base a parametri di sicurezza, trascorsa la quale il manufatto deve essere sostituito.

A tale proposito sono state create delle valutazioni della resistenza alla corrosione in base alla velocità di corrosione considerata nella diminuzione dello spessore pertanto si parla di resistenza alla corrosione:

- **Ottima** quando la diminuzione dello spessore per corrosione è minore di 0,05 mm/anno.
- **Sufficiente** quando la diminuzione dello spessore è minore di 0,50 mm/anno.
- **Scarsa** quando la diminuzione dello spessore è compresa tra 0,50 e 1,27 mm/anno.
- **Pessima** quando la diminuzione dello spessore è superiore a 1,27 mm/anno.

Pertanto, durante le fasi di progettazione, si dovrà calcolare la durata del manufatto e dimensionarlo in base alla velocità di corrosione con un opportuno sovrametallo oppure di applicare i classici metodi di prevenzione come la protezione catodica, l'uso di inibitori di corrosione o anche l'uso di rivestimenti o pitture.

### 4. CORROSIONE PER VAIOLATURA

La corrosione per vaiolatura, chiamata anche "pitting corrosion", è una corrosione localizzata che si manifesta superficialmente con piccoli fori, in taluni casi invisibili all'occhio umano, circondati da un alone di color scuro e da una serie di sottostanti cavità che si sviluppano in profondità. Il fenomeno corrosivo viene preceduto da una fase di innesco che lacera la pellicola protettiva di ossido a causa dello stato superficiale del manufatto e dall'ambiente in cui si trova ad operare.

Le cause di innesco dovute al materiale sono:

- Rugosità superficiale elevata o presenza di scaglie superficiali.
- Zone incrudite a causa di deformazioni a freddo con la conseguente formazione di bande ferritiche all'interno di strutture austenitiche.
- Contaminazioni superficiali ferrose oppure contaminazioni non metalliche come l'inclusione di solfuri o seleniuri.
- Formazione di precipitazione di carburi di cromo all'esterno del reticolo cristallino.

Le cause di innesco dovute alle condizioni ambientali si possono riassumere in:

- Presenza di soluzioni acquose contenenti cloruro di sodio, cloruro rameico, cloruro ferritico o cloruro di calcio.
- Presenza di soluzioni di ipocloriti o contenenti ioni alogenuri come lo ione cloro o lo ione bromuro.
- Soluzioni ad elevata conducibilità con ioni attivanti.
- Acque salmastre e soprattutto stagnanti con zone di bagnasciuga dove si verificano condizioni di aerazione differenziata.



Dopo la rottura della pellicola protettiva, per i motivi sopra citati, il punto di innesco diviene anodico rispetto alla restante superficie passiva del metallo che ha invece un comportamento catodico si ha pertanto una circolazione di corrente ove il metallo ossidato passa in soluzione sotto forma di cationi. All'interno del punto di innesco, a causa delle sue dimensioni, si ha un eccesso di carica positiva che viene compensata dall'arrivo di ioni per esempio ioni cloruro provenienti dall'esterno. Tali ioni a causa della loro elevata mobilità migrano all'interno della zona attaccata aumentando l'acidità per idrolisi acida e favorendo la dissoluzione del metallo. I prodotti di corrosione ostacolano l'ingresso dell'ossigeno e quindi impediscono la possibilità di ripassivazione del metallo creando una microcella dove solo lo ione cloruro ha la possibilità di entrarvi. Il processo di corrosione in questo modo si autoalimenta e continua in profondità danneggiando in modo irreparabile il manufatto.

## EVITARE LA CORROSIONE

Per poter evitare il fenomeno della corrosione, è bene seguire un certo numero di regole durante tutte le fasi di progettazione, realizzazione e manutenzione degli impianti. Ne riportiamo alcune.

### 1. PROGETTAZIONE

Si devono preferire quegli acciai che presentano una pellicola passiva più stabile e resistente. A tale scopo è stato creato un indice numerico denominato *PREN* (*Pitting Resistance Equivalent Number*) calcolato in funzione delle percentuali, espresse in massa, di alcuni elementi presenti negli acciai inossidabili, alle quali vengono associati opportuni coefficienti (determinati in modo empirico).

*Il valore PREN è tanto più elevato quanto maggiore è l'attitudine di un materiale a resistere alla vaiolatura:*

- Per gli acciai inossidabili austenitici:  $PREN = (\%Cr) + 3.3 (\%Mo) + 16 (\%N)$
- Per gli acciai inossidabili ferritici:  $PREN = (\%Cr) + 3.3 (\%Mo)$
- Per gli acciai austero-ferritici:  $PREN = (\%Cr) + 3.3 (\%Mo) + 30 (\%N)$

Naturalmente questo indice aiuta nella scelta dell'acciaio più idoneo che in ogni caso deve essere verificato in base alle proprie condizioni di utilizzo in quanto questo indice non considera né la temperatura del mezzo corrosivo né la sua concentrazione.

A titolo informativo si elencano il valore di PREN per alcuni tipi di acciai inossidabili:

Struttura	AISI	PREN
Austenitica	304 L	18
Austenitica	316 L	24
Austenitica	316 LN	26
Austenitica	317 L	28
Ferritico	430	17
Ferritico	436	18
Ferritico	444	25

### 2. REALIZZAZIONE

Si devono evitare la formazione di asperità superficiali e zone ove lo strato protettivo è compromesso. Queste regole devono essere seguite meticolosamente anche da chi, come *Polymaxacciai*, costruisce un prodotto in acciaio, evitando così fenomeni di corrosione – fatto che, comunque, viene poi certificato dai test.

- Decontaminare le superfici da tracce ferrose.
- Lucidare in maniera accurata la superficie del manufatto a contatto con il mezzo aggressivo prestando molta attenzione ai cordoni di saldatura e lungo le unioni per sovrapposizione.
- Rimuovere meccanicamente o mediante paste decapanti lo strato di ossidi metallici che si formano sui cordoni di saldatura e nelle zone termicamente alterate e ripristinare, mediante paste passivanti, lo strato protettivo garantendo, durante il processo, condizioni ossigenanti favorevoli.
- Evitare durante i processi di saldatura di riscaldare il manufatto all'interno dell'intervallo critico dove si ha la precipitazione dei carburi di cromo sui contorni dei grani.

### 3. UTILIZZO

Se il fenomeno di corrosione si è innescato bisogna dapprima procedere, se possibile, all'asportazione della zona vaiolata agendo con mezzi meccanici o con sospensioni abrasive tali da far scomparire la zona vaiolata o in ogni caso tali da far aprire il profilo del vaiolo rimuovendo il materiale ossidato che si trova al suo interno. Successivamente procedere alla passivazione della superficie accelerando il processo con opportune paste passivanti.

### 4. MANUTENZIONE

Per eliminare lo sporco leggero ed eseguire la normale manutenzione, si consiglia di usare un panno umido tipo microfibra, per lo sporco più tenace invece si può ricorrere a spighette poco abrasive, mentre è assolutamente vietato l'uso di lana d'acciaio ricavata da materiale diverso dall'inox.

Si possono usare detergenti, purché non contengano soluzioni a base di acido cloridrico o soluzioni contenenti alogenuri in generale anche in modeste concentrazioni. Queste soluzioni sono fortemente attivanti e creano attacchi corrosivi localizzati a volte anche molto profondi. Se anche accidentalmente si dovesse versare dell'ipoclorito di sodio (candeggina) in una superficie di acciaio inox, bisogna agire con sollecitudine, lavando abbondantemente con acqua la superficie ed asciugare.

Relativamente agli interventi da eseguire con frequenza periodica, dopo aver valutato le situazioni ambientali dove la superficie è posizionata, è sufficiente lavare con acqua il metallo da 1 a 4 volte l'anno in funzione dell'aggressività (es. ambiente normale o ambiente marino).

Durante le fasi di trasporto, assemblaggio o nel normale uso dei componenti inox, è possibile che questi, vengano intaccati in superficie mediante depositi di materiale (es. ferroso). Questi depositi a seconda della loro natura, alcuni possono essere del tutto inerti, mentre altri possono arrecare danni estetici considerevoli sulla superficie funzionale e sia su quello meramente di natura estetica.

La contaminazione che maggiormente si trova più diffusa è quella ferrosa, infatti le particelle di ferro che si depositano e in fase di stoccaggio (vedi scaffalature in ferro) e in quella di lavorazione (vedi taglio o molatura con dischi abrasivi, saldatura con elettrodi al carbonio, sabbiatura con graniglie ferrose), si possono ossidare in modo estremamente veloce, anche solo a contatto dell'aria, causando sgradevoli macchie antiestetiche superficiali, dando anche origine, di conseguenza, a fenomeni di corrosione localizzata.

In Questo caso è bene che le particelle ferrose vengano completamente rimosse attraverso accurati lavaggi, utilizzando eventualmente anche spugnette di nylon. Se in fenomeno si presentasse più marcato, bisogna ricorrere a tecniche speciali di decontaminazione, mediante paste passivanti a base di acidi nitrico o fosforico. Se si tratta di semplice polvere di ruggine ossidata in superficie, mediante questa tecnica si corrode velocemente il ferro e viene ripassivata la superficie di acciaio inox. Quando invece si fosse già arrivati a stadi corrosivi avanzati con fenomeni di "pitting", allora, prima della passivazione bisogna ricorrere all'utilizzo di paste decapanti per la completa pulizia della superficie. Si possono trovare in commercio prodotti, non sempre facili da usare e di estrema pericolosità, per cui è sempre consigliato, se non si è in grado di affrontare il problema, chiamare tecnici preparati e conoscitori di questi prodotti.

Sarà impossibile, se la corrosione è già avanzata, riportare l'aspetto estetico uguale alle superfici dove il fenomeno corrosivo non abbia avuto luogo, ma almeno si potrà terminare a un degrado ulteriore del prodotto.