



Cos'è la corrosione?

White Paper

Cos'è la corrosione?

di **Doug Jones**

Bossard Expert Team
Bossard United States

www.bossard.com

Tutti i diritti riservati © 2020 Bossard

Le raccomandazioni e i consigli descritti devono essere adeguatamente verificati dal lettore nell'utilizzo pratico ed essere approvate come idonee alle proprie applicazioni.

Con riserva di modifiche.



ASSEMBLY
TECHNOLOGY
EXPERT

COS'È LA CORROSIONE?

Introduzione

In alcuni casi la corrosione può essere anche piacevole agli occhi: quando forma quella leggera patina su un innaffiatore in ottone può avere anche un effetto decorativo; nella maggior parte dei casi però è preferibile che non si verifichi, almeno fino a che sia trascorso il ciclo vitale del prodotto. La corrosione può sicuramente far innervosire quei clienti che trovano macchie di ruggine sul loro trattore da giardino nuovissimo; oppure può essere causa di lesioni anche mortali, per esempio a causa di un soffitto che crolla sopra una piscina, il cui tetto è stato progettato in modo sbagliato. Comprendere le tipologie di corrosione ed usare buone pratiche di progettazione per prevenirla dovrebbe essere un punto focale per tutti gli ingegneri.

Non è necessaria la presenza di molta umidità per dare inizio alla ruggine. La corrosione ha inizio con un'umidità relativa del 60%. Se l'aria contiene anidride solforosa, acido solfidrico, ossidi di azoto, sale, ceneri, fuliggine ed altri inquinanti, le possibilità di corrosione aumentano.

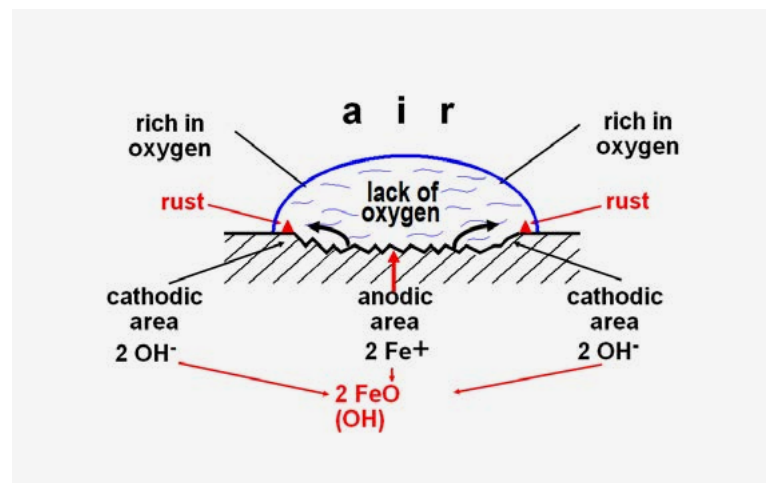
Principi della corrosione

La causa principale della corrosione negli elementi di collegamento filettati è l'umidità e le reazioni elettrochimiche che possono avere luogo fra di essi ed i componenti del collegamento.

Modello della goccia d'acqua

In figura è rappresentata una goccia d'acqua ferma su una superficie di ferro grezzo. La superficie della gocciolina d'acqua è esposta all'aria che la arricchisce di ossigeno. La mancanza di ossigeno all'interno della goccia crea una differenza di potenziale elettrochimico che permette un flusso di corrente elettrica. Questa fluisce attraverso l'acqua, che si comporta come un elettrolita, dalla superficie anodica del ferro a quella catodica dell'acqua, provocando la dissoluzione degli ioni di ferro.

Allo stesso tempo gli ioni idrossidi si formano nell'acqua e reagiscono con gli ioni di ferro, provocando quindi la precipitazione di idrossido di ferro $\text{Fe}(\text{OH})_2$. L'ossigeno disciolto ossida rapidamente questo composto formando ossido di ferro idrato $[\text{FeO}(\text{OH})]_n\text{H}_2\text{O}$, comunemente noto come ruggine.



COS'È LA CORROSIONE?

Tipologie di corrosione

Corrosione diffusa

La corrosione diffusa dell'acciaio è la tipologia di corrosione più comune e la si riconosce dal colore rossastro distribuito uniformemente su tutta la parte esposta dell'elemento di collegamento. Se non si provvede ad una manutenzione le parti possono assottigliarsi e indebolirsi, causando la rottura del collegamento o l'impossibilità di smontarlo.

Prevenzione

- proteggere le parti dall'umidità
- progettare in modo da permettere il deflusso dell'acqua
- provvedere ad una buona ventilazione che permetta l'asciugatura
- mantenere le superfici pulite ed evitare contaminazioni
- prevenire una condensa costante
- proteggere gli elementi di collegamento con trattamenti o rivestimenti superficiali



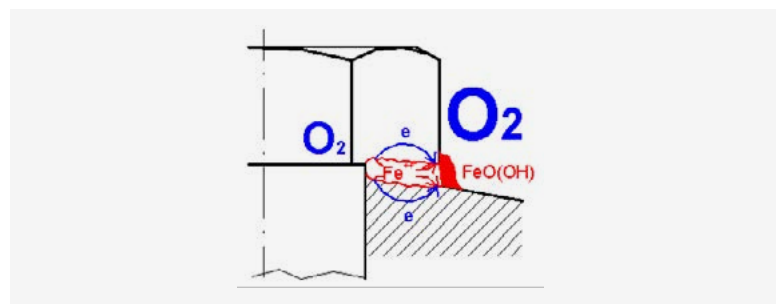
Corrosione interstiziale

Piccoli spazi vuoti e cavità tendono ad attirare l'umidità e non si asciugano facilmente. L'umidità presente in un interstizio perde rapidamente ossigeno, attivando la corrosione anodica che è descritta nel modello della goccia d'acqua. Nel caso degli elementi di collegamento il rischio di corrosione interstiziale aumenta con il numero delle superfici presenti nel collegamento.

Anche gli elementi di collegamento in acciaio inossidabile austenitico sono a rischio di corrosione interstiziale, soprattutto se utilizzati in un ambiente nel quale siano presenti nell'acqua degli ioni di cloro.

Prevenzione

- Ridurre l'impegno di rosette – preferire degli elementi flangiati
- Realizzare le interfacce del collegamento le più lisce possibili



Corrosione galvanica

L'unione di due metalli diversi in presenza di umidità crea un potenziale elettrochimico che provoca la corrosione. In questa reazione galvanica, la corrente fluisce dal metallo anodico meno nobile a quello catodico più nobile, dissolvendo il materiale meno nobile.

acqua, pH 6,0	acqua di mare pH 7,5	
argento	argento	Più nobile (catodo)
rame	nickel	
nickel	rame	↑
inox A2	inox A2	
piombo		Meno nobile (anodo)
alluminio	acciaio	
stagno	cadmio	
piombo	alluminio	
acciaio	zinc	
cadmio	stagno	
zinc		

Potenziali elettrochimici dei materiali

La densità della corrente di corrosione è direttamente proporzionale alla velocità di dissoluzione del metallo. Nell'esempio sottostante una vite zincata meno nobile è utilizzata per fissare una lastra di rame. La minor superficie dello zinco rispetto alla superficie di rame molto più grande crea una densità di corrente elevata. In presenza di umidità lo zinco si dissolve rapidamente.

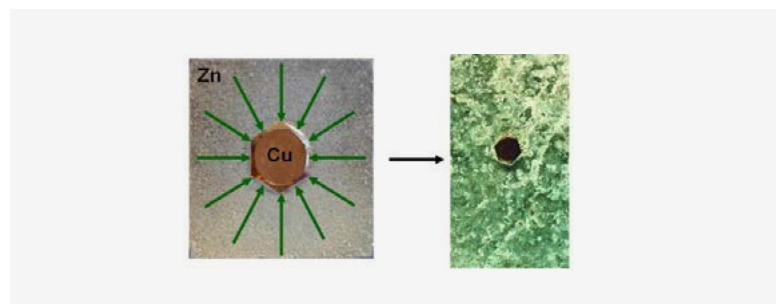
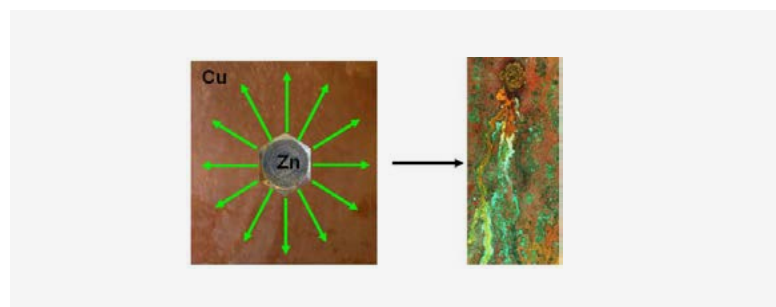
Se invertiamo gli elementi e fissiamo una lastra zincata con un elemento di collegamento in rame, la densità di corrente è molto bassa ed il processo di corrosione fra i due componenti è molto più uniforme.

Prevenzione

- Il materiale o il trattamento superficiale degli elementi di collegamento deve essere ugualmente o maggiormente nobile rispetto agli altri componenti
- Se il precarico non è critico è possibile usare delle rondelle isolanti in plastica
- Particolari in INOX o in rame non dovrebbero mai essere fissati con elementi di collegamento zincati



Dado zincato su flangia in bronzo



Corrosione perforante

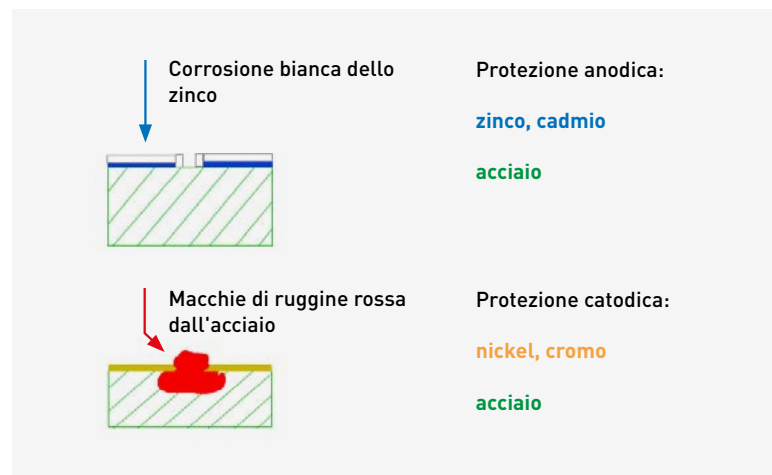
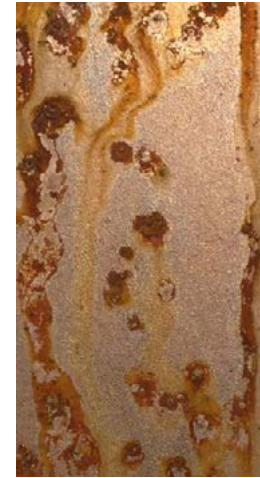
Può verificarsi su una superficie metallica, rivestita con una finitura molto nobile, quale il nichel o il cromo. Nell'esempio sottostante l'acciaio nichelato presentava dei pori invisibili che hanno permesso all'acqua di raggiungere il metallo rivestito. La corrosione perforante è iniziata al di sotto della superficie e si è presentata attraverso i pori come piccoli punti o fori.

Anche gli acciai inossidabili e le leghe d'alluminio sono soggetti alla corrosione perforante. Questi metalli hanno uno strato passivo di ossido di cromo sulla superficie che impedisce loro di corrodere in un ambiente normale. Se questo strato passivo si danneggia localmente, sia per cause meccaniche sia a causa di soluzioni contenenti ioni di cloro, si può verificare una corrosione perforante.

La superficie esposta diventa meno nobile di quella circostante passivata e più grande e crea una densità di corrente che permette il verificarsi della corrosione galvanica nell'area localizzata o nei fori. Se si permette l'apporto di ossigeno nell'area attiva, essa potrebbe nuovamente passivarsi; sporcizia, depositi salini e residui di cloro possono ostacolare l'accesso dell'ossigeno, rendendo difficile la riformazione dello strato passivato.

Prevenzione

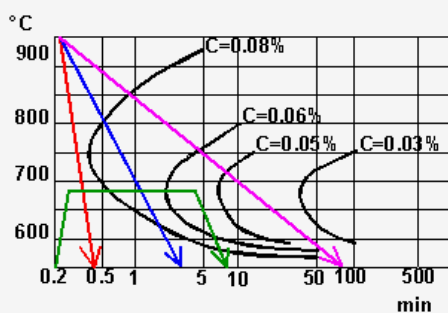
- Informatevi presso il vostro nichelatore sui trattamenti successivi per il riempimento dei pori, come il fluido disidratante Castrol DW924
- Mantenere le superfici pulite e lisce
- Evitare i residui solidi o liquidi, specialmente i cloruri – pulire e sciacquare le parti esposte
- Negli ambienti esposti ai cloruri usare acciaio INOX A4 o 316 contenente molibdeno



Corrosione intergranulare

Gli acciai inossidabili austenitici (Cr Ni) possono sviluppare una corrosione intergranulare se sottoposti ad elevate temperature causate da processi di formatura a caldo o saldatura. Dopo un riscaldamento (600 - 900°C) ed un lento raffreddamento il carbonio può combinarsi col cromo e formare carburi di cromo. La formazione di carburi impoverisce il contenuto di cromo che è necessario per rendere l'acciaio resistente alla corrosione. Se il livello di cromo scende al di sotto del 12% può insorgere la corrosione, in particolare lungo i bordi di grano.

Un maggior contenuto di carbonio nell'acciaio inossidabile ed un raffreddamento più lento genereranno un maggior quantitativo di carburi. Il grafico sottostante indica il tempo di raffreddamento in minuti a partire da certi livelli di temperatura. Fino a quando la temperatura dell'acciaio e la durata dell'esposizione al calore rimangono alla sinistra della curva, non si verificherà alcuna corrosione intergranulare.



Prevenzione

- Utilizzare un acciaio inossidabile con una percentuale di carbonio inferiore a 0,05% qualora sia richiesta la formatura a caldo o la saldatura
- Raffreddare le parti in acqua immediatamente dopo il riscaldamento
- Acciai inossidabili con percentuali di carbonio superiori allo 0,05% che saranno esposti ad un calore elevato possono essere stabilizzati con l'aggiunta di titanio, niobio o tantalio (acciai A3 e A5)

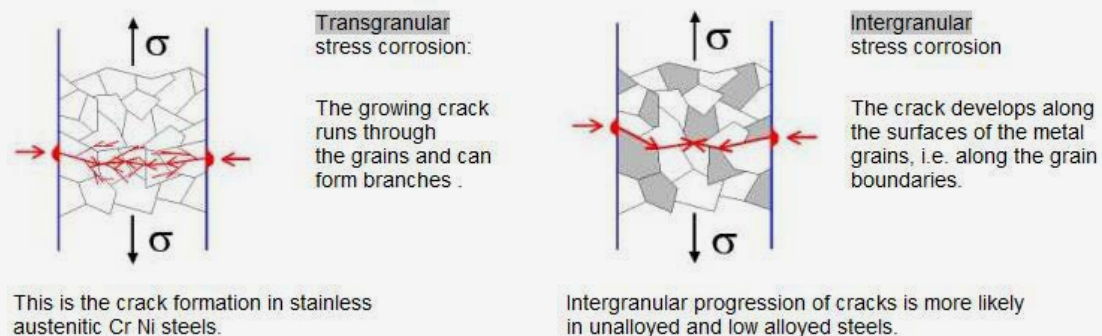
Tensocorrosione

La tensocorrosione può verificarsi quando la corrosione si sviluppa su elementi di collegamento soggetti a sollecitazioni di trazione. Molto spesso questo tipo di problema ha inizio con la corrosione perforante.

Nel caso di acciaio inossidabile austenitico, soggetto a corrosione perforante in presenza di acqua salata, la corrosione viene accelerata perpendicolarmente all'orientamento delle sollecitazioni e si forma una frattura. Le reazioni che hanno luogo provocano una continua formazione di ruggine rossa e di acido cloridrico alla base della frattura. L'attacco dell'acido impedisce la ripassivazione ed il processo di corrosione continua, rendendo la frattura sempre più profonda fino al cedimento del metallo.



La tensocorrosione si può verificare anche negli acciai non legati e basso legati. La frattura formatasi sarà di natura intergranulare mentre le fratture che si formano negli acciai inossidabili austenitici saranno di tipo transgranulare.



Prevenzione

- Rispettare le norme di prevenzione per la corrosione perforante, specialmente per gli elementi di collegamento molto sollecitati
- Ispezionare periodicamente le parti critiche per la sicurezza per rilevare eventuali segni di corrosione
- Considerare la zincatura a caldo per le parti critiche per la sicurezza, che rende evidente la corrosione
- Assicurarsi che gli elementi di collegamento critici per la sicurezza siano accessibili per l'ispezione e la sostituzione

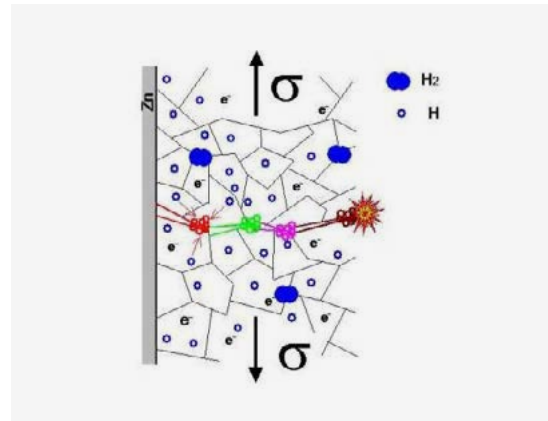
Infragilimento da idrogeno

L'idrogeno può essere introdotto nell'acciaio durante il decapaggio con acido o i trattamenti galvanici. Durante il trattamento la maggior parte dell'idrogeno fuoriesce sotto forma di gas, ma parte di esso si diffonde nel metallo in forma atomica. Gli atomi d'idrogeno hanno un elevato grado di mobilità all'interno della struttura granulare del metallo ed hanno la tendenza a migrare nelle aree dove si concentrano le sollecitazioni.

Quando gli elementi di collegamento filettati ad alta resistenza (durezza > 320 HV) sono sollecitati, piccoli difetti superficiali come graffi o inclusioni, possono aprirsi in forma di piccolissime fratture. Se nell'acciaio è presente dell'idrogeno, i suoi atomi vengono attirati dalle sollecitazioni a trazione attorno alla punta della frattura, formando in quella posizione una "nuvola di atomi d'idrogeno". L'idrogeno indebolisce la microstruttura del metallo e la frattura continua a crescere fino alla rottura del componente.

Il cedimento causato dall'infragilimento da idrogeno sarà sempre un cedimento ritardato, che non si verificherà al momento dell'assemblaggio, bensì ore o settimane dopo. Tipicamente i cedimenti si verificano entro 24 – 48 ore. Le parti più suscettibili sono gli elementi di collegamento filettati con classe di resistenza 10.9 o superiore (sistema metrico), con grado 8 o superiore (sistema americano). Sono a rischio anche i particolari filettati in acciaio cementato, come le viti autofornanti in acciaio cementato, come le viti dentellate, e qualsiasi particolare prodotto con acciaio per molle, come le rosette elastiche e gli anelli elastici di sicurezza.

I particolari ad alta resistenza, che vengono sottoposti a trattamenti galvanici, possono essere sottoposti a un processo di deidrogenazione per minimo quattro ore a una temperatura di 200-230°C e che deve essere eseguito entro quattro ore dal rivestimento elettrolitico con l'obiettivo di far fuoriuscire l'idrogeno. Sebbene questa pratica sia ampiamente raccomandata ed utilizzata, non c'è alcuna garanzia di eliminare completamente il rischio. In primo luogo, la miglior pratica è quella di non introdurre l'idrogeno nei componenti. Per gli elementi di collegamento ad alta resistenza è opportuno considerare altre tipologie di rivestimento che non sviluppino idrogeno.



Tre sono i fattori chiave dell'infragilimento da idrogeno:

1. Un materiale suscettibile – acciaio con durezza > 320 HV o con resistenza a trazione >1000 N/mm²
2. Un processo che introduce l'idrogeno nel metallo
3. Una sollecitazione a trazione prolungata

Eliminando dall'equazione uno di questi tre fattori, l'infragilimento da idrogeno non sarà un problema. Questo significa che le viti in classe di resistenza 8.8 o grado 5 non sono a rischio così come non lo sono gli elementi di collegamento filettati rivestiti con un trattamento che non introduca idrogeno. Occorre anche notare che il processo di corrosione produce idrogeno, per questo motivo gli elementi di collegamento ad alta resistenza dovrebbero anch'essi essere protetti dalla corrosione. I cedimenti ritardati che si verificano molte settimane o mesi dopo l'assemblaggio sono il normale risultato di idrogeno introdotto dalla corrosione piuttosto che da una fonte d'idrogeno assorbita durante il trattamento dei componenti.

Prevenzione

- Non sottoporre a decapaggio con acido o a trattamenti galvanici gli elementi di collegamento ad alta resistenza con durezza > 320 HV o con resistenza a trazione >1000 N/mm²
- Nel caso non fosse possibile evitare il trattamento galvanico assicurarsi che particolari siano i più puliti possibile per ridurre al minimo il tempo richiesto per il decapaggio con acido ed infine eseguire il processo di deidrogenazione descritto sopra

COS'È LA CORROSIONE?

Conclusioni

Nella progettazione dei prodotti tenete presente che gli elementi di collegamento sono parte integrante dell'intero assemblaggio e non possono essere trattati come entità separate. Gli elementi di collegamento devono sempre essere di qualità uguale o superiore a quella dei particolari che tengono insieme. Una volta comprese le diverse tipologie di corrosione e le misure preventive e seguendo le regole seguenti, sarà possibile realizzare collegamenti di buona qualità e di lunga durata nel tempo:

1. Gli elementi di collegamento devono essere di qualità pari, se non superiore, di quella dei particolari da tenere insieme
2. I collegamenti filettati non dovrebbero mai diventare punti deboli
3. Assicurarsi che tutti i collegamenti filettati, soprattutto quelli critici per la sicurezza, siano accessibili ai fini dell'ispezione e della sostituzione



Per ulteriori informazioni, o se avete necessità di particolari trattamenti superficiali, potete consultare la nostra pagina dei contatti su www.bossard.com oppure rivolgervi alla filiale locale Bossard