



GLI ACCIAI INOX E LA LORO CORROSIONE

Ovvero, tutto quello che devi sapere sugli ancoraggi inox e che finora (ahi!) non ti abbiamo ancora detto....

PREMESSA

Le problematiche sorte negli ultimi anni a tal riguardo ed in particolare dopo gli incidenti accaduti nel corso del 2012 in alcune aree costiere del mondo ci inducono a fare il punto della situazione per approfondire le tematiche connesse, capirne le logiche ed i limiti del "che cosa fare" ed infine proporre i possibili rimedi e le linee migliori, secondo noi, di condotta.

La nostra impresa, fin dalla sua costituzione nell'ormai lontano 1993, ha sempre pensato di presentarsi sul mercato della montagna con i migliori prodotti possibili. E quindi, per quanto riguarda gli ancoraggi, proporli esclusivamente tutti in acciaio inox. Fu una scelta strategica innovativa, pensando innanzitutto alla qualità ed alla sicurezza. Le poche altre ditte produttrici degli stessi articoli diversificavano l'offerta proponendo anche l'acciaio zincato o l'alluminio (ergal). Ottimi materiali anch'essi, ma meno adatti per un utilizzo "universale". Si scelse di fatto una linea di condotta "integralista" e quindi il materiale adottato fu esclusivamente l'acciaio inox AISI 304 (norma EN 10088/3 - X5CrNi 18-10 - W. 1.4301). Si tratta di un ottimo acciaio inox, un materiale nobile creato per usi precisi e particolari ed utilizzato egregiamente in vari settori come l'industria alimentare, chimica e meccanica. Le caratteristiche di resistenza meccanica, la resistenza alla corrosione, la tenacia (resilienza) ed il costo non troppo eccessivo ne fecero il materiale ideale per la realizzazione di ancoraggi in ambiente alpino e montano in generale. Possiamo affermare che nessun nostro ancoraggio, venduto e piazzato sulle pareti nell'entroterra di tutto il mondo, ha mai manifestato problemi di carattere corrosivo. Se in qualche caso c'è stata comunque corrosione questa è stata provocata da fattori di cattiva conduzione, errati "modis operandi" generati di fatto da una approssimativa impreparazione nel piazzamento degli ancoraggi. Ma certo non ce la sentiamo affatto di puntare il dito contro nessuno, semmai una parte di "colpa" è stata anche nostra nel non aver adeguatamente informato i climber e gli attrezzisti sulle modalità di fissaggio e dire loro come "muoversi" al meglio nel proteggere adeguatamente le loro vie.

Purtroppo in ambiente marino od in prossimità del mare (anche per alcuni km...) questo materiale si è rivelato non proprio l'ideale, manifestando problematiche corrosive con conseguenze estremamente pericolose. Bisogna però sottolineare che comunque i casi di rottura sono stati estremamente rari se non rarissimi, specie in rapporto alla mole di materiale piazzato in questo ambiente.

Questo documento cerca brevemente, per quanto possibile, di aprire uno spiraglio di luce possibilmente definitivo sull'argomento. Capire di che cosa si sta parlando. Ciò che fa paura a tutti gli esseri umani, come agli animali in genere è l'ignoto, cioè quello che non si può tenere sotto controllo. Un pericolo o una minaccia se ben conosciuti non fanno paura perché sappiamo come affrontarli. Ecco, noi speriamo che dopo aver letto questo elaborato, si sappia meglio come affrontare il tema, si sia consci dove si nascondono i pericoli e come scansarli. Attenzione però, alcune problematiche non sono in ogni caso del tutto eludibili ma vanno comunque affrontate e bisogna alla fine essere consapevoli dei rischi a cui, comunque, si va incontro.

Parleremo naturalmente solo dell'argomento che ci compete e che è relativo alla nostra produzione. Le tipologie dell'ancoraggio sono molteplici ma quelle che non rientrano nei classici "spit" esulano dalla nostra trattazione. Per "spit" s'intendono tutti quei "chiodi" ad espansione che per essere utilizzati necessitano comunque della realizzazione di un foro nella roccia. Vengono anche chiamati "CHIPER" un acronimo che sta per CHiodi a PERforazione.

Alla fine del documento cercheremo di trarre delle chiare conclusioni e specialmente argomentare perché abbiamo infine scelto di cambiare tutto il materiale utilizzato per i nostri ancoraggi ed adottarne uno certamente migliore.

Per arrivare a capire al meglio tutto ciò e comunque per essere informati meglio sulle caratteristiche dei materiali è bene si legga l'elaborato riportato qui sotto che riteniamo abbastanza esaustivo sugli acciai inossidabili. Si tratta di materiale presente sul web che tutti possono trovare navigando nell'immenso ma qui condensato in alcuni sintetici paragrafi. L'argomento sugli acciai inox in realtà è molto complesso ed articolato ma crediamo che ciò che è riportato qui sotto sia sufficientemente esaustivo.

GLI ACCIAI INOSSIDABILI E LA LORO CORROSIONE

Gli **acciai inossidabili** sono delle **leghe a base di Ferro, Cromo e Carbonio**, contenenti eventualmente altri elementi come Nichel, Molibdeno, Silicio, Titanio, Niobio, Zolfo, Fosforo, Manganese, Azoto, Rame, etc.

Sono **definiti inossidabili** per il fatto che, in presenza di un ambiente ossidante (quindi anche a contatto con l'aria che contiene ossigeno), **si forma sulla loro superficie uno strato protettivo** costituito da Ossigeno adsorbito. E' il cosiddetto fenomeno della **passivazione**.

Tale fenomeno negli acciai inox, nelle condizioni ideali, avviene naturalmente ed immediatamente. Appena questo metallo viene scalfito o tagliato, asportandone una parte, lo strato protettivo si rigenera immediatamente (se persistono le condizioni...) Tuttavia questa protezione può essere indotta artificialmente ed in modo ottimale procedendo ad un trattamento chimico particolare immergendo in sequenza i prodotti prima in acido decapante e successivamente in un acido passivante. Questo trattamento esalta in maniera molto significativa la resistenza alla corrosione

Questo strato invisibile, che ha lo spessore di pochi atomi (circa 0,002 micron) e che si riforma spontaneamente, come già sottolineato, in caso di distruzione, costituisce un'ottima **barriera al proseguimento dell'ossidazione**, e quindi **della corrosione**.

Condizione indispensabile perchè tale strato protettivo si formi è la **presenza di una quantità sufficiente di Cromo**.

TIPI DI ACCIAI INOSSIDABILI:

In relazione al loro **comportamento strutturale**, che varia in funzione della **composizione chimica**, si possono dividere gli acciai inossidabili in:

- **martensitici**
- **ferritici**
- **austenici**
- **austeno-ferritici**

Acciai inossidabili martensitici

Sono essenzialmente **acciai al solo Cromo** (11-18%) contenenti eventualmente piccole quantità di altri elementi.

Questi acciai possono **aumentare le loro caratteristiche meccaniche** di carico di rottura, limite elastico e durezza, mediante un **trattamento di tempra**. *[Al variare della temperatura di trattamento termico e delle percentuali di Carbonio e di Cromo presenti, si può ottenere un campo molto vasto di caratteristiche meccaniche.]*

In seguito al trattamento di tempra, **per diminuire l'eccessivo infragilimento** degli acciai martensitici, è opportuno (e spesso indispensabile) far seguire un secondo processo, detto di **rinvenimento**. Si tratta di un **trattamento termico a 150-200°C** che garantisce inoltre le migliori condizioni di **resistenza alla corrosione**.

Un **rinvenimento a 600-650°C** dopo la tempra, garantisce le migliori condizioni di lavorabilità, mantenendo buone le caratteristiche meccaniche e di resistenza alla corrosione.

Gli acciai martensitici risultano particolarmente indicati per la **costruzione di organi meccanici sottoposti a carichi notevoli ed all'usura** in ambienti non eccessivamente corrosivi (es. palette per turbine a vapore).

Acciai inossidabili ferritici

Sono essenzialmente delle **leghe Ferro-Cromo-Carbonio** con eventuali piccole aggiunte di altri elementi.

La loro caratteristica principale è di avere una **struttura ferritica a qualsiasi temperatura**, e quindi **non sono suscettibili di aumento delle caratteristiche meccaniche per effetto di trattamenti termici**.

Questi acciai presentano un brusco **abbassamento della tenacità** a temperature di poco inferiori a quelle dell'ambiente, per cui sono i **meno adatti**, tra gli inossidabili, **ad essere impiegati alle basse temperature**.

Bisogna tenere conto che questi materiali, se non "stabilizzati" dalla presenza di opportuni leganti, **presentano un notevole fenomeno di infragilimento** per permanenze a temperature tra i 400 ed i 600°C, anche se non eccessivamente prolungate. Tale fenomeno si manifesta quando il **materiale ritorna a temperatura ambiente**. Di qui la necessità di **particolari cautele** durante i **processi di saldatura**.

La loro **facilità di formatura a freddo**, la loro **resistenza alla corrosione** in ambienti di media aggressività, uniti alla **buona lucidabilità delle superfici** [che migliora la resistenza agli agenti corrosivi fornendo nel contempo un aspetto esteticamente molto apprezzabile], danno a questi materiali un vastissimo **campo di impiego**, dall'**industria automobilistica** all'**edilizia**, dagli **elettrodomestici** alla **posateria**.

Acciai inossidabili austenici

Sono caratterizzati da una struttura austenica stabile a qualsiasi temperatura, quindi non sono suscettibili di miglioramento delle caratteristiche meccaniche per effetto di trattamenti termici.

In funzione della loro composizione chimica e delle caratteristiche di impiego, si possono dividere in tre gruppi:

- **Austenici al Cr-Ni**, caratterizzati dalla presenza del 16-20% di Cr e 7-12% di Ni, con possibile aggiunta di altri elementi quali Zolfo e Selenio che ne facilitano la lavorazione per asportazione di truciolo, oppure Titanio o Niobio quali stabilizzanti del Carbonio ad evitare la formazione di Carburi di Cromo.

Posseggono caratteristiche **meccaniche non elevate a temperatura ambiente**, ma restano notevoli a temperature molto basse. Inoltre hanno una **buona resistenza alla fatica ed alla corrosione** in quasi tutti gli ambienti aggressivi.

Per questo sono molto impiegati nell'**industria alimentare e chimica**, nelle **apparecchiature sanitarie**, nell'**utensileria da cucina** e nel **pentolame**.

- **Austenici al Cr-Ni-Mo**, caratterizzati nella composizione chimica dal Cr 16-18%, dal Ni 10-18% e dal Mo 2-6%.

La presenza di quest'ultimo elemento (molibdeno) dona a questi acciai una **particolare resistenza alla corrosione per vaiolatura**, consentendone quindi l'impiego anche in ambiente di forte aggressività chimica ed anche in presenza di soluzioni contenenti ioni Cloro.

L'ottima resistenza alla corrosione di questa categoria di inossidabili ne consente l'impiego nella **fabbricazione di impianti per la lavorazione di nitrati, della cellulosa, delle fibre naturali e sintetiche**.

Sono impiegati inoltre **nelle costruzioni navali e nell'industria alimentare** con lavorazione di prodotti particolarmente aggressivi (mostarde, succhi di frutta) e

nell'industria enologica, per la conservazione di vini bianchi e vermouth particolarmente sensibili ad ogni eventuale traccia di Ferro che entri in soluzione.

- **Refrattari**, si distinguono per le caratteristiche di **resistenza meccanica** e di **resistenza alla corrosione** che mantengono anche a temperature piuttosto elevate.

Vengono utilizzati nella **fabbricazione di elementi di forni per i trattamenti termici, di forni e raffreddatori per cemeniera, stampi ed attrezzature per la lavorazione del vetro, collettori di motori endotermici.**

Acciai inossidabili austeno-ferritici

Comunemente denominati “**duplex**”, sono acciai con tenori in Cromo sempre superiori al 16% ed altri elementi quali Nichel, Molibdeno, Manganese, Silicio. Presentano una **struttura mista di austenite e ferrite.**

Essi offrono una **saldabilità decisamente migliore di quella degli acciai ferritici** e nello stesso tempo **caratteristiche di resistenza alla corrosione sotto tensione superiori a quelle degli acciai austenici.**

Risultano inoltre **quasi esenti dal pericolo di corrosione intergranulare.** Hanno una **resistenza alla corrosione per vaiolatura** superiore ai tipi ferritici e una **resistenza alla corrosione in ambiente fortemente acidi** analoga a quella degli acciai austenici. Le **caratteristiche meccaniche** a temperatura ambiente sono superiori a quelle dei tipi ferritici, la **resistenza a fatica** è superiore a quella austenici.

Ne consegue l'interesse che viene dimostrato attualmente nei confronti di questi acciai nel caso di **applicazioni in ambiente marino**, fortemente soggette a corrosioni, e anche nel caso di **trattamento di sostanze alimentari salate.**

LE FINITURE SUPERFICIALI

Sia sui prodotti finiti di acciaieria, sia sui manufatti di acciai inossidabili lo **stato superficiale** ha un'**elevata importanza ai fini non solo estetici**, ma anche della **resistenza intrinseca alla corrosione del materiale.** La resistenza alla corrosione, in linea di massima, sarà **tanto più elevata quanto maggiore risulterà la levigatura della superficie**, ossia quanto minore sarà la rugosità superficiale dell'elemento di acciaio inossidabile. Oltre a questi fattori ne vanno considerati anche altri, quali ad esempio il **legame** che esiste tra la **pulibilità** e la **maggiore o minore levigatezza di una superficie.**

Principali tipi di finitura:

- **finitura 2B:** è la finitura mediante una laminazione pellicolare a freddo (skin pass) con cilindri lucidi. Il suo aspetto è **grigio argenteo brillante** ed è la **finitura più diffusa per le lamiere laminate a freddo**

- **finitura BA:** è una **finitura di lamiere e nastri laminati a freddo** ottenuta per trattamento termico di ricottura, ricristallizzazione o solubilizzazione in atmosfera inerte dopo la laminazione e la successiva sgrassatura. Dato il tipo di trattamento termico, il materiale non viene ossidato e quindi non è necessaria l'operazione di decapaggio, mantenendo così quell'**aspetto molto lucido e brillante**, quasi perfettamente speculare che deriva dalla laminazione a freddo. *[Segue un'eventuale, ulteriore laminazione skin pass.]*

IL "NEMICO" DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI: 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**:

- 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 vicende tecnologiche 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.

I **tipi di corrosione più pericolosi** sono solitamente quelli **localizzati** che possono dar luogo al formarsi di **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. Questo permette di stabilire, con sufficiente approssimazione, la durata del materiale interessato dalla corrosione. Determinare comunque in maniera abbastanza precisa la **durata** di un manufatto collocato in un ambiente aggressivo è **compito assai arduo** perché i parametri che lo determinano sono estremamente **complessi e diversificati tra loro**.

Principali tipologie di corrosione:

Corrosione galvanica:

Si verifica quando, in presenza di un elettrolita (una soluzione acida, salina, l'umidità atmosferica), **due elementi metallici** diversi sono **collegati direttamente tra di loro con continuità elettrica**, formando una vera e propria "pila".

Tra loro quello che **si corroderà più velocemente** sarà quello che risulterà **più anodico**. Pertanto risulterà sconsigliato congiungere con chiodi o viti di alluminio o di acciaio comune, parti di acciaio inossidabile immerse in ambienti corrosivi.

Risulterà sconsigliato anche contaminare gli acciai inossidabili con materiali più anodici (per esempio acciai comuni) dato che **le piccole tracce di questi si corroderebbero più rapidamente**.

È sempre opportuno invece, quando esistono le premesse per il verificarsi di una corrosione galvanica, **unire acciai inossidabili con altre parti di acciaio inossidabili**

Corrosione interstiziale:

La corrosione interstiziale, chiamata anche "**crevice corrosion**", è un tipo di **corrosione localizzata** e può insorgere quando un **manufatto presenta degli interstizi** fra due superfici accoppiate. Si manifesta in presenza di soluzioni contenenti ioni riducenti, **come lo ione cloro**, all'interno di interstizi creati dal contatto superficiale tra diversi manufatti, anche organici, in maniera tale che il fluido all'interno dell'interstizio non venga ricambiato con quello esterno.

Inizialmente la soluzione all'interno dell'interstizio è uguale a quella esterna ad esso e la corrente anodica passiva viene bilanciata dalla riduzione catodica dell'ossigeno. **A causa delle dimensioni dell'interstizio e della lentezza dei moti diffusivi l'ossigeno all'interno dell'interstizio viene consumato e non viene completamente rimpiazzato da quello esterno**. Quando tutto l'ossigeno all'interno dell'interstizio è consumato, il metallo è ancora passivo, ma la corrente di passività all'interno dell'interstizio si trova ad essere bilanciata dalla riduzione dell'ossigeno esterno e quindi si ha una separazione tra area anodica e area catodica. La corrente di passività continua a trasferire ioni metallici attraverso il film passivo ma mentre all'esterno il fenomeno è bilanciato dall'ossidazione/riduzione, all'interno dell'interstizio si assiste all'idrolisi degli ioni metallici e alla migrazione dall'esterno di ioni cloro che generano acidità portando il pH a valori sempre più bassi. Quando il pH, a causa dell'idrolisi acida dei ioni cloruro, raggiunge una soglia critica, che dipende dalle caratteristiche intrinseche del materiale, **si ha la rottura del film passivo e inizia la fase di corrosione in profondità** con una velocità controllata dalle cadute ohmiche tra area anodica (interno all'interstizio) e area catodica (all'esterno all'interstizio).

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.

E’ un tipo di **corrosione** come si diceva “**localizzata**” che per le sue caratteristiche è **molto pericolosa**, dato che **agisce in profondità su areole molto ristrette**.

Tali effetti facilmente possono **sfuggire ad un controllo visivo**, per cui il danno progredisce senza ostacoli **fino a perforare la parte aggredita**.

I fattori che possono **favorirne l’insorgere** sono diversi: **asperità superficiali** (quanto più una superficie è liscia tanto meno è soggetta alla corrosione), **scaglie superficiali o contaminazioni ferrose**.

Tipici ambienti atti a sviluppare la corrosione per vaiolatura sono l’**acqua marina** e, in generale, le **acque contenenti ioni di cloro, specialmente se stagnanti**.

In generale la **massima resistenza alla corrosione** si avrà utilizzando **acciai speciali** ad alto contenuto di molibdeno.

Altri accorgimenti da poter mettere in atto sono: assicurare la più assoluta **decontaminazione delle superfici** da tracce ferrose, impiegare **inibitori di corrosione**, **evitare** presenza di **interstizi** fra le superfici del manufatto a contatto con il mezzo aggressivo

Corrosione sotto tensione:

La corrosione sotto tensione, o “**tensocorrosione**” chiamata anche **stress corrosion cracking** ovvero “**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.

E’, come si è detto, anche questo un fenomeno di **corrosione localizzata** ed è particolarmente preoccupante perché **si sviluppa in profondità e in maniera molto veloce** nella membratura aggredita.

Generalmente si manifesta senza particolari **segni premonitori** e si **arresta quando la sollecitazione a trazione viene a cessare**.

La **causa** dell'insorgenza di tale fenomeno è da imputare solitamente a **stati di sollecitazione esterni, da escursioni termiche o da sollecitazioni interne**, generati da lavorazioni per deformazione plastica come piegature, saldature, imbutiture etc.

Gli **accorgimenti** da adottare per evitare il verificarsi di questo tipo di corrosione sono: **rimuovere le tensioni generate dalle lavorazioni, studiare accuratamente in fase di progetto il manufatto o l'impianto**, così da evitare, sia durante la sua realizzazione, sia durante l'esercizio, di generare stati di sollecitazione a trazione. Utilizzare materiali concepiti ad essere intrinsecamente idonei a resistere meglio a questo tipo di corrosione **"SCC"**.

Corrosione per fatica:

si manifesta **su tutta la superficie dell'elemento** sottoposto alla coincidente azione della sollecitazione ciclica e dell'aggressione ambientale, con la **comparsa di cricche**. Gli ambienti che favoriscono l'insorgenza di questa tipologia di corrosione sono l'**acqua di mare** e le **soluzioni di cloruri**.

Per **prevenire il fenomeno** è necessario operare contemporaneamente in diverse direzioni: **nella scelta del tipo di acciaio più adatto** da utilizzare, **nella fase di progettazione** cercando di **ridurre il più possibile fenomeni vibratorii** che generano gli stati di sollecitazioni cicliche

corrosione intergranulare:

è un tipo di corrosione **causato da agenti aggressivi** che intaccano i bordi dei grani degli acciai inossidabili, quando, dopo il verificarsi di vicende termiche, essi dovessero risultare sensibilizzati.

Un **acciaio inossidabile è sensibilizzato** quando permane per un tempo anche breve, a determinate temperature, che causano al materiale la **perdita** delle caratteristiche di **resistenza meccanica e di tenacità**.

La **temperatura considerata dannosa** è compresa fra i 450°C e 850°C per gli acciai inossidabili austenici, superiore ai 950°C per gli acciai ferritici e compresa tra i 250°C e i 1300°C per gli acciai austenici stabilizzati.

Per il **pericolo di corrosione intergranulare**, quando si opera in ambienti tali da provocarla, è opportuno tenere presenti **alcune avvertenze**, quali: **evitare l'utilizzo di materiali sensibilizzati, impiegare acciai inossidabili stabilizzati** oppure a basso contenuto di carbonio

corrosione per erosione:

è **originata dallo scorrere di un fluido**, anche blandamente corrosivo, quando sulla superficie dell'acciaio inossidabile siano **presenti particelle solide** capaci di causare

un'usura meccanica.

È il caso di **acque salmastre** o di **scarico** contenenti particelle abrasive in sospensione. L'attacco avviene tanto più severamente quanto è maggiore è la quantità di solido in sospensione nel fluido. Esso si verifica quindi, in particolare, in corrispondenza di **curve a raggio stretto di tubazioni, negli innesti a "T" di tubazioni, sulle giranti di pompe e sulle pale di turbine.**

Per **ovviare a questo tipo di corrosione** è necessario **predisporre un accurato disegno delle parti** così da evitare moti turbolenti del fluido, brusche variazioni di direzione nella velocità del flusso, evitare o ridurre la presenza di solidi in sospensione.

*[Ovviamente, quando ciò non sia possibile oltre un certo limite, è necessario **scegliere tra gli acciai inossidabili** quelli che presentano **maggiore resistenza alla corrosione, oppure una buona resistenza all'usura.**]*

Va comunque ricordato che gli acciai inossidabili presentano di solito una **buona resistenza a questo genere di corrosione** e sono in grado di **reggere a velocità del fluido superiori** rispetto ad **altre leghe.**

la corrosione per cavitazione:

si verifica per **attacco della superficie metallica di un fluido**, anche in assenza di particelle solide abrasive, per **cause puramente fluidodinamiche**, quando la velocità fluido-parete è **molto elevata.**

In queste condizioni, che si possono verificare su **pompe, turbine, eliche, organi in rotazione o sottoposti a vibrazione in un fluido**, possono formarsi **aree di bassa pressione** che generano nel fluido **bolle.**

Esse si formano e scoppiano con estrema rapidità e **generano delle onde d'urto**, in grado di accelerare il fenomeno corrosivo, che ha quindi origine essenzialmente **meccanica.**

I metodi per ovviare a questo attacco sono: innanzitutto **prevedere**, in sede di **progettazione fluidodinamica e di disegno del particolare**, il modo di evitare l'instaurarsi d'un fenomeno di cavitazione. Oppure utilizzare acciai austenici di notevoli caratteristiche **elastoplastiche** o acciai inossidabili di elevata **durezza e resistenza.**

corrosione per sfregamento:

si può verificare quando **due superfici non lubrificate**, in ambiente atmosferico, sono **variamente in contatto tra loro**: pressate l'una contro l'altra così da provocare piccole deformazioni locali, sottoposte a vibrazioni o comunque a uno sfregamento ciclico continuo, di ampiezza anche limitata.

Il fenomeno si forma a **causa della distruzione meccanica localizzata dello strato**

passivo presentandosi con l'**aspetto di piccole ulcere superficiali** di tipo vaioliforme.

Per ovviare a questo tipo di corrosione si cerca di **modificare**, per quanto è possibile, il **regime di movimento tra le parti** agendo in modo o da evitare lo sfregamento tra di esse, o almeno da aumentare l'ampiezza dello stesso.

Si può inoltre ricorrere ad una **buona lubrificazione** con fluidi di opportuna viscosità, estesa a tutta la superficie di contatto, o interponendola tra le parti con buone caratteristiche plastiche.

Si cerca così di portarsi **al di fuori delle condizioni critiche di formazione del fenomeno**.

CONCLUSIONI

Gli acciai inossidabili sono materiali che vengono impiegati per molte applicazioni in diversi settori in cui sia richiesto di resistere all'aggressione dei più svariati ambienti. La conoscenza dei principali fattori che ne determinano la resistenza alla corrosione e degli altri aspetti che possono determinarne l'innescò è fondamentale per una corretta scelta della giusta lega. Per contro, riconoscere il tipo di fenomeno corrosivo verificatosi è sicuramente basilare per poter operare un corretto intervento risolutivo. Quindi, tornando al nostro campo applicativo, cioè quello degli ancoraggi tipo "chiper" è forse bene sottolineare, per ogni specifico caso, come è meglio muoversi in relazione ai diversi tipi di corrosione ed individuare quali sono i materiali idonei e che fanno al nostro caso. Come si evince dalla elencazione dei diversi tipi di acciaio inox sopra citati quelli che farebbero probabilmente al caso nostro sono quelli a matrice "bifasica", i cosiddetti "duplex" cioè quelli austeno-ferritici, in quanto offrono certamente le migliori performances nella resistenza meccanica e alla corrosione.

Ne esistono in commercio molti tipi ed alcune fonderie specializzate ne "sfornano" anche alcuni sempre più specifici ed innovativi.

Generalmente questi acciai Bi-fasici sono:

Acciai inossidabili Duplex

Superduplex

Super austenitici come:

AISI 904L

AISI 2205

Hastelloy

Incoloy

Inconel

Monel

E molti altri....

La nostra azienda, quando ha deciso di prendere per "le corna" il problema della corrosione ha scandagliato attentamente il mondo commerciale delle aziende che offrono

questi prodotti sul mercato scoprendo che questi acciai speciali si portano appresso problemi di non poco conto.

Innanzitutto la difficoltà di approvvigionamento. Essendo appunto "speciali" la loro produzione è relativamente limitata. Gli elementi in lega, solitamente costituiti in alte percentuali ed il loro costo elevato hanno determinato anche una forte limitazione nella disponibilità delle misure e delle basi disponibili. In poche parole molte aziende rivenditrici tengono a magazzino solamente le misure e le sezioni che vengono più frequentemente richieste. Tanto più oggi che le scelte strategiche sono quelle di non fare "magazzino" per i molti fattori economici che lo determinano. Purtroppo la maggior parte degli articoli che la nostra azienda produce vengono realizzati utilizzando verghe trafilate di diametro contenuto, ($\Phi 6\text{mm}$ / $\Phi 18\text{mm}$ circa) e sono proprio queste le più difficili da trovare. Al limite si possono procurare ma solo su precisa ordinazione ed in grandi quantità. La lamiera che serve per la produzione delle piastrine, come stato di fornitura, in questo tipo di acciai non l'abbiamo addirittura trovata e non sappiamo neanche se da qualche parte è disponibile.....

Non funziona per niente bene perché il nostro magazzino ha bisogno invece di molta flessibilità e poca inerzia negli acquisti.

Situazione ancora più grave è che il prezzo di queste leghe è di fatto molto alto, per tutta una serie di valide ragioni che non è il caso di star qui ad elencare. Il materiale ideale sarebbe il titanio perché offre una resistenza alla corrosione mostruosa, ma è altrettanto mostruoso il suo prezzo così come sono evidenti le stesse problematiche di approvvigionamento di cui sopra. Ci siamo resi conto, oltre ai problemi citati, anche di alcuni altri relativi e conseguenti. Ne citiamo uno come esempio: Quanti climber sarebbero in grado alla fine di acquistare dei prodotti finali così necessariamente costosi? E così via...

La produzione e la vendita degli acciai inossidabili si limita principalmente sui due tipi canonici: l'AISI 304 e l'AISI 316. Sono anche disponibili nella versione "L" che sta per "low carbon" cioè a basso tenore di carbonio. Scartato il 304 per i noti motivi ed esaminate bene le qualità e le caratteristiche dell'acciaio inox AISI 316L (norma EN 10088/3: X2CrNiMo 17-12-2 --/-- W. 1.4404)

La nostra ditta ha scelto infine proprio questo tipo di acciaio per realizzare tutti i suoi ancoraggi.

E' stata una scelta attentamente ragionata anche perché, in fondo, non c'è alternativa.

Sarà certamente difficile vedere sul mercato ancoraggi proposti in acciai super-speciali...

In ogni caso già l'acciaio inox AISI 316L è ottimo e costa sensibilmente più del 304 proprio perché ha degli elementi in lega che lo rendono molto più resistente alla corrosione marina.

Le sue caratteristiche "*salienti*" sono:

- Basso tenore di carbonio (C). Per questo motivo è praticamente insensibile alla corrosione intercristallina (intergranulare). In altre parole il trattamento post-saldatura non è necessario. Non avviene quindi il fenomeno della precipitazione dei carburi di cromo nella matrice e di conseguenza il film di ossido protettivo resta inalterato.
- Presenza di una percentuale (2-2,5%) di Molibdeno (Mo). La presenza di questo elemento incrementa la stabilità dello strato passivo in presenza di ambienti

contenenti alte concentrazioni di cloruri. E' un elemento ferritizzante e quindi aumenta anche la resistenza alla corrosione (crevice) e alla tensocorrosione.

- L'alta percentuale di Cromo(Cr) aumenta la resistenza alla corrosione per vaiolatura (pitting).
- Il tenore di Nichel (Ni) conferisce ottima duttilità e alta tenacità, buona resistenza alla corrosione in ambienti poco ossidanti (corrosione interstiziale).
- La presenza di altri elementi stabilizzanti in lega come Silicio(Si), Manganese(Mn), Fosforo (P), Zolfo(S) e Azoto(N) conferisce alla struttura molecolare un ottimo equilibrio fra i vari componenti.

Si tratta oggettivamente quindi di un buon materiale per realizzare ancoraggi da posizionare in ambiente marino. Forse il miglior compromesso. Ma **ATTENZIONE**, alla fine si tratta pur sempre di un compromesso. (Non esiste il materiale perfetto contro qualsiasi tipo di corrosione!) Per farlo diventare un "ottimo" materiale per questo impiego bisogna agire su due fronti, uno sarà interno alla ditta in fase produttiva ed uno da parte dell'utilizzatore finale, cioè dell'attrezzista che lo andrà a piazzare sulle falesie marine.

Come ditta abbiamo creato al proposito una parte speciale di prodotti in acciaio AISI 316L, la cosiddetta "**Linea Marina**" che comporta dei trattamenti e delle finiture particolari che ne esaltano in maniera significativa la resistenza alla corrosione marina. Nonostante questo tipo di acciaio come è stato detto, per sua natura non necessita di un trattamento termico particolare noi abbiamo deciso di eseguirlo lo stesso. Si tratta della cosiddetta "**tempra di solubilizzazione**". Questo processo prevede di portare il materiale finito, tramite forno opportuno, alla temperatura di solubilizzazione dei carburi di cromo (circa 1050°C) e di gettarlo repentinamente in acqua. Il cromo si trova così omogeneamente distribuito nella matrice, cosa che permette al metallo la formazione ottimale del film passivante di ossido protettivo. Dopo questa operazione i particolari vengono adeguatamente **decapati** immergendoli in apposito acido. Questa operazione viene eseguita per "pulire" a fondo e distruggere qualsiasi elemento di disturbo dovuto al riscaldamento ed alla eventuale contaminazione dei pezzi. Dopo il successivo lavaggio i prodotti vengono infine immersi in un'altra soluzione acida a base di acido nitrico per creare artificialmente lo spessore ideale dell'ossido adsorbito, la cosiddetta "**passivazione**". Ora gli ancoraggi sono pronti ad affrontare nelle migliori condizioni gli attacchi corrosivi. Punto un po' dolente: costano un po' di più...

A questo punto il secondo fronte su cui agire è il climber / attrezzista stesso che dovrà avere cura di procedere al piazzamento degli ancoraggi rispettando alcune regole basilari. Andiamo a vederle.

Per prima cosa si dovrà aver cura di evitare sempre l'utilizzo di ancoraggi compositi, cioè costituiti da materiali differenti. Per esempio non si dovranno utilizzare piastrine in acciaio inox e tasselli in acciaio zincato e viceversa. In ambiente aggressivo si otterranno effetti di **corrosione galvanica**. L'inox è un materiale nobile che funge da catodo ed il ferro zincato e gli altri metalli (come l'alluminio) da anodo. Molto velocemente il ferro, attaccato dall'inox arrugginirà contaminando l'inox stesso innescando gli effetti corrosivi del tipo "**pitting corrosion**". (senza contare che il tassello in ferro è stato distrutto...)

Evitare per quanto possibile la contaminazione dell'acciaio inox da metalli ferrosi, di qualsivoglia natura. Per esempio, anche nel picchiare stesso sulla testa del codolo del tassello per introdurlo nella roccia con un martello di ferro, si rilasceranno delle

piccolissime tracce di metallo che presto si tradurranno in macchie di ruggine che possono, alla lunga, innescare il processo corrosivo. Lo stesso vale se sulla piastrina andremo a piazzare un moschettone in ferro o una maglia rapida zincata.

I casi limite sono molteplici. In alcune aree della Sardegna per esempio, ma anche in molte altre parti, le pareti delle falesie sono di natura rossastra, segno evidente di occlusioni di tipo ferroso. Bene (anzi male..) chiodare su queste pareti significa diminuire in partenza la resistenza alla corrosione. In queste aree si dovrà prestare particolare attenzione. La scelta degli ancoraggi dovrà essere oculata evitando quei tipi che per loro natura hanno degli handicap intrinseci, strutturali e di forma, come i tasselli ad espansione, i fix per intenderci. La dinamica di infissione di questi ancoraggi prevede questa sequenza di fasi e cioè: la foratura e la successiva pulitura del foro nella roccia, l'introduzione del tassello con la relativa piastrina ed il definitivo serraggio del dado, con coppia adeguata, dello stesso.

Guardiamo in una immaginaria sezione cosa abbiamo fatto.

Vedremo la roccia. Vedremo il tassello che fuoriesce con i filetti e a ridosso la piastrina trattenuta dal dado, il tutto sotto tensione. La possibile corrosione che può scaturire, in un ambiente aggressivo (e qui va assolutamente sottolineato "aggressivo") sarà potenzialmente micidiale e vale a dire: Possibile **corrosione Interstiziale** perché nella parte iniziale del foro inevitabilmente leggermente svasato l'acqua marina depositerà piccole parti di acqua salata, la piastrina stessa proteggendo questa zona dal ricambio e dall'asciugatura, provocherà che nell'interstizio l'ossigeno venga lentamente a mancare anche perché lo spazio, minuto, è sempre occupato appunto dall'acqua stagnante che rilascerà altro ione cloro e così via. Il film passivante col tempo si spezza ed inizia il fenomeno corrosivo, drammaticamente veloce. Altro problema concomitante è il fatto che il tassello/piastrina è di fatto costantemente sotto tensione quindi (sempre in ambiente aggressivo), si può verificare il fenomeno di decadimento per "**tenso corrosione**". Ed infine come se non bastasse, per la natura stessa del tipo di ancoraggio, un utilizzo intenso dello stesso può provocare l'insorgere di problemi di corrosione "**per fatica**".

Che fare? Beh, in questo caso può essere utile identificare ancoraggi che in molta parte eliminano alla fonte queste problematiche. Gli ancoraggi "**resinati**" pensiamo siano un'ottima soluzione. I diametri consigliati saranno minimo di 10mm, l'ideale sono quelli di 12mm. La profondità di infissione ha un'importanza relativa, valgono le regole generali che tengono conto della natura della roccia.

Attenzione però perché l'attrezzista dovrà prestare bene attenzione per produrre un lavoro finale di qualità. Prima di tutto scegliendo un ancoraggio della "**linea marina**". Il piazzamento dovrà essere fatto a regola d'arte e cioè "immergendo" il più possibile l'ancoraggio nel foro nella roccia, anche la parte sottosquadra dell'asola, permeandolo per bene con la resina lungo tutta la lunghezza del codolo e specialmente in prossimità dell'esterno in modo da isolare perfettamente l'inizio del foro dalla possibilità di infiltrazioni di acqua clorurata. La parte esterna dell'ancoraggio sarà ben visibile e facilmente ispezionabile. L'ancoraggio è per sua natura assolutamente non in tensione (effetto tenso corrosivo nullo) ed il posizionamento così come consigliato annulla anche di fatto problematiche di lavoro a "fatica" perché durante l'uso non si verificano oscillazioni cicliche degne di nota.

Sulla sicurezza non si transige per cui sarà bene non trascurare mai un punto fondamentale: **mai appendersi su un solo ancoraggio!!** Se ciò è basilare in qualsiasi ambiente montano in genere, in ambiente marino è fondamentale. In caso di calata o di

posizione di sicurezza è indispensabile affidarsi ad almeno due ancoraggi concomitanti. Se non esistono sul posto crearli di persona, sempre, magari collegandoli tra loro con uno spezzone di corda o cordino. Ne va della propria vita!

Attenzione infine, l'attività sportiva in alpinismo, in arrampicata nonché in speleologia come in canyoning e quella effettuata in altezza è per sua natura pericolosa ed in molti casi può causare serie ferite come anche la morte. Ogni persona che pratica queste discipline ne deve essere consapevole e se non si sente in grado di assumersi tutti i rischi e le proprie responsabilità non deve cimentarsi in esse e nel nostro caso di non utilizzare affatto i nostri prodotti. Chi lo fa comunque si assume tutte le responsabilità verso se stesso ed i propri compagni. La ditta RAUMER srl declina fin d'ora qualsiasi responsabilità.

Schio, Aprile 2013.