

Gli inossidabili sono leghe ferrose che riescono a unire le proprietà meccaniche, tipiche degli acciai, alle caratteristiche intrinseche dei materiali nobili quali, tipicamente, le notevoli doti di resistenza ai fenomeni corrosivi. Ne esistono di molti tipi con caratteristiche diverse per le più svariate applicazioni

Vittorio Boneschi \*, Marco Boniardi \*\*

# Gli acciai inox e la resistenza alla corrosione

## PERCHÉ INOSSIDABILI?

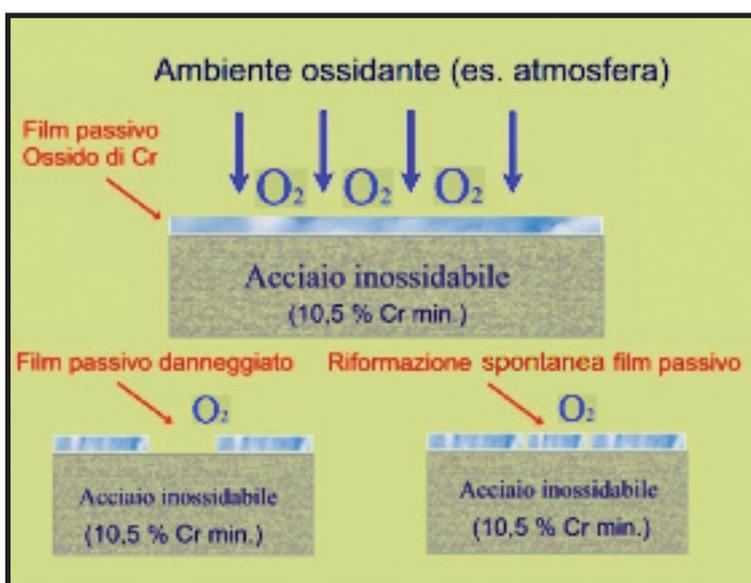
In effetti, il termine “inossidabili” non corrisponde alla vera natura di questi metalli: essi, infatti, sono “ossidabilissimi”, vale a dire hanno la possibilità di “autopassivarsi” cioè di ricoprirsi di uno strato di ossido invisibile ed estremamente sottile, il film di passività, che protegge il metallo sottostante dagli attacchi corrosivi. Ciò in virtù di una quantità di Cromo (Cr) nella composizione della lega che deve essere come minimo del 10,5%, secondo quanto previsto dalla norma EN 10020.

Oltre al tenore di Cromo, altro presupposto importante per la formazione del film di passività è la presenza di un ambiente ossidante (come ad esempio l'aria che si respira, l'acqua, soluzioni varie ecc.) che ne promuova il processo spontaneo di formazione o di ripristino, nel caso in cui venga danneggiato. Il tutto è schematicamente rappresentato nella **fig. 1**. Questo concetto è molto importante ai fini di una buona tenuta nel tempo e per contrastare in maniera adeguata i diversi casi di corrosione. È necessario infatti consentire al materiale, sia in fase di lavorazione che di messa in opera, di poter scambiare con l'ambiente che lo circonda una sufficiente quantità di ossigeno, in modo da poter essere considerato nelle ottimali condizioni di passivazione.

Naturalmente questo film passivo può essere più o meno resistente e più o meno ancorato al materiale a seconda della concentrazione in cromo presente nella lega e a seconda dell'eventuale presenza di altri elementi (es. molibdeno). È chiaro, quindi, che esistono diversi “gradi” di inossidabilità e di resistenza alla corrosione.

Anche da un punto di vista delle prestazioni meccaniche con questi materiali esiste la possibilità di soddisfare le più svariate esigenze per ciò che concerne le proprietà tensili, di durezza superficiale, di tenacità alle basse temperature e altro.

Il generico utilizzatore si trova, di conseguenza, di fronte a una notevole serie di prestazioni e il problema che spesso volte si pone è proprio quello di riuscire a scegliere il giusto materiale in funzione degli impieghi, in modo tale da evitare

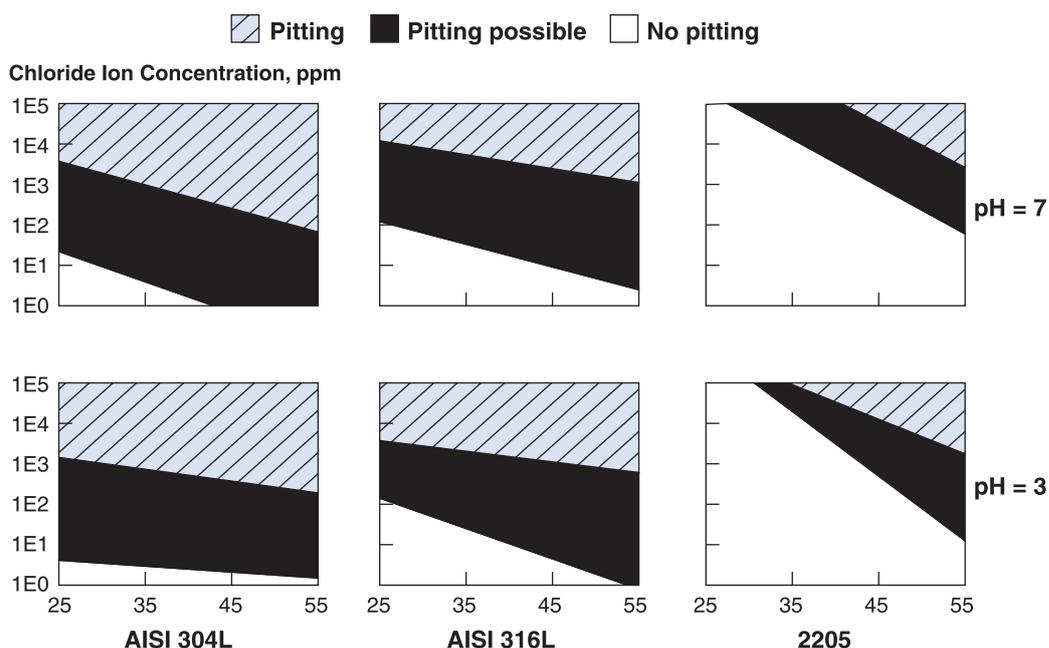


**FIG|01** Schema del processo di formazione del film di passività.

\* Centro Inox di Milano

\*\* Politecnico di Milano

**FIG|02** Resistenza alla corrosione per vaiolatura (pitting) su tre acciai inossidabili di differente composizione chimica in soluzione acquosa contenente cloruri: in ascissa la temperatura della soluzione; in ordinata la concentrazione degli ioni Cl<sup>-</sup>; prima linea di diagrammi: pH = 7; seconda linea di diagrammi pH = 3.



dispendiosi “sovradimensionamenti” o pericolosi “sottodimensionamenti”.

È necessario, a questo punto, illustrare brevemente, per grosse aggregazioni, le diverse tipologie di questi acciai.

### LE TIPOLOGIE

È consuetudine suddividere gli inox in tre grandi famiglie a seconda della struttura metallografica che li caratterizza.

Avremo quindi acciai inossidabili:

- martensitici;
- ferritici;
- austenitici;
- austeno-ferritici (duplex o bifasici)

- indurenti per precipitazione o PH (Precipitation Hardening)

Brevemente, se ne possono illustrare le peculiarità.

Gli inossidabili martensitici sono leghe al solo cromo (dall’11 al 18% circa), contenenti piccole quantità di altri elementi, come ad esempio il nichel. Sono gli unici inox che possono prendere tempra e, pertanto, aumentare le loro caratteristiche meccaniche (carico di rottura, carico di snervamento, durezza) mediante trattamento termico.

Buona è la loro attitudine alle lavorazioni per deformazione plastica, specie a caldo e, nelle versioni risolforate, danno anche discrete garanzie di truciolabilità.

Anche i ferritici sono acciai inossidabili al solo cromo (il con-

**TAB|01** Principali caratteristiche fisico-meccaniche dei tipi di acciai inossidabili più rappresentativi delle diverse famiglie (dati UNI EN 10088)

	1.4301 (AISI 304)	1.4401 (AISI 316)	1.4016 (AISI 430)	1.4006 (AISI 410)	1.4542 (Type 630) (PH)	1.4462 (2205)
Struttura	Austenitica	Austenitica	Ferritica	Martensitica	Martensitica	Austeno-Ferritica
Rp0,2 [N/mm <sup>2</sup> ]* (min.)	190	200	240	450 **	1000***	450
Rm [N/mm <sup>2</sup> ]*	500÷700	500÷700	400÷630	650÷850 **	1070÷1270***	650÷880
Modulo di elasticità a 20 °C [kN/mm <sup>2</sup> ]	200	200	220	215	200	200
Allungamento % a rottura*	45	40	20	15**	10***	25
Massa Volumica [kg/dm <sup>3</sup> ]	7,9	8,0	7,7	7,7	7,8	7,8
Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 100 °C	16,0	16,0	10,0	10,5	10,9	13,0
Conduttività termica a 20°C [W/m×K]	15	15	25	30	16	15

\* Secondo EN 10088-3; \*\*Allo stato bonificato; \*\*\*Dopo trattamento termico P1070 secondo EN 10088-3.

tenuto è variabile tra il 16% e il 28%), ma non possono innalzare le loro caratteristiche meccaniche per mezzo di trattamenti termici.

Si lavorano facilmente per deformazione plastica, sia a caldo che a freddo, e possono essere lavorati alle macchine utensili (specie i tipi risolforati).

Presentano una buona saldabilità, specie nel caso di saldature a resistenza (puntatura e rullatura).

Gli austenitici sono invece leghe al cromo-nichel o al cromo-manganese e sono certamente i più conosciuti e diffusi.

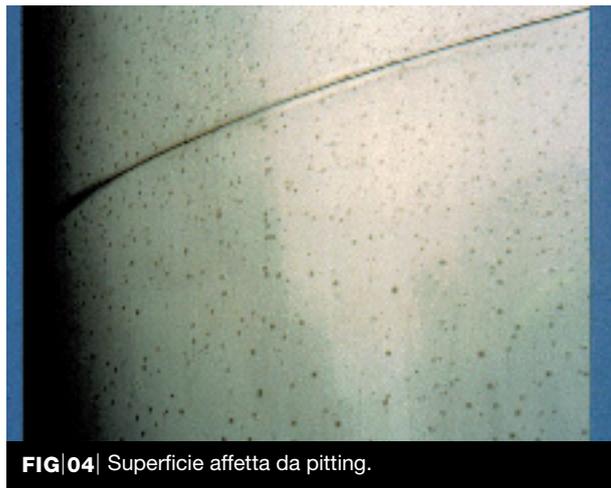
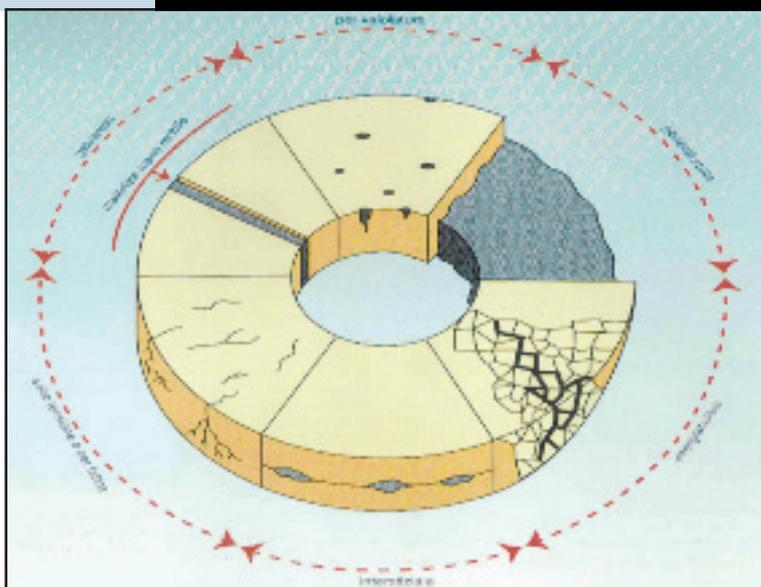
Anche questi acciai non prendono tempra, ma possono incrementare le proprietà tensili per effetto dell'incrudimento conseguente a deformazioni plastiche a freddo (laminazione, imbutitura ecc.).

Ne esistono versioni (a basso carbonio, stabilizzate, con azoto ecc.) per i più svariati tipi di impiego. Ottima è l'attitudine alle lavorazioni di deformazione plastica a freddo, come ad esempio l'imbutitura, nonché la saldabilità. Discreta è la lavorabilità per asportazione di truciolo, che viene incrementata nelle versioni "a lavorabilità migliorata".

Gli acciai "austeno-ferritici", detti anche duplex o bifasici, presentano una struttura mista di austenite e di ferrite, in virtù di un opportuno bilanciamento degli elementi austenitizzanti (principalmente Ni, Mn, N) e ferritizzanti (principalmente Cr, Mo) presenti in lega.

Questi materiali sono impiegati quando vengono richieste caratteristiche di resistenza alla corrosione particolari (specie nei confronti della stress-corrosion); essi hanno saldabilità e caratteristiche meccaniche di solito superiori a quelle dei ferritici e degli austenitici correnti.

**FIG|03** | I fenomeni corrosivi possibili sugli acciai inossidabili.



**FIG|04** | Superficie affetta da pitting.

Infine gli "indurenti per precipitazione": questi presentano la possibilità di innalzare notevolmente le caratteristiche meccaniche con dei trattamenti termici particolari di invecchiamento, che consentono di far precipitare, nella matrice del metallo, degli elementi composti in grado di aumentare le proprietà meccaniche della lega. Inoltre, gli indurenti per precipitazione possiedono una notevole resistenza alla corrosione, certamente paragonabile a quella degli acciai austenitici classici.

Attualmente si è giunti a una differenziazione notevole nella tipologia degli acciai inossidabili; si è pensato comunque di radunare quelli più correnti con le loro composizioni chimiche indicative e la corrispondenza approssimata tra le unificazioni dei diversi Paesi (**tab. 1**).

## LE CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE

Con gli acciai inossidabili c'è la possibilità di disporre di una vasta gamma di proprietà sia fisiche che meccaniche per le più disparate situazioni applicative.

Nella **tab. 1** sono riassunte le principali, per le tipologie di inossidabili più rappresentative.

### Caratteristiche fisiche

Il peso specifico è variabile a seconda della diversa composizione chimica ed è compreso tra  $7,7 \text{ kg/dm}^3$  per i tipi martensitici e ferritici e  $8,0 \text{ kg/dm}^3$  per gli austenitici.

Per la conducibilità termica è da tenere presente che gli acciai a struttura ferritica e martensitica conducono meglio il calore rispetto agli acciai austenitici; in questi ultimi è invece più elevata la resistività elettrica.

Da considerare è anche il coefficiente di dilatazione termica: gli austenitici dilatano molto con la temperatura, rispetto agli altri inossidabili.

TAB|02| Valori del PREN per alcuni acciai inox

	EN	AISI/ASTM	Cr	Mo	N max	PREN
AUSTENITICI	1.4301	304	17,0÷19,5	-	0,11	17,00-21,26
	1.4401	316	16,5÷18,5	2,00÷2,50	0,11	24,75-28,51
	1.4372	201	16,0-18,0		0,05-0,25	16,8-22,00
	1.4373	202	17,0-19,0		0,05-0,25	17,8-23,00
FERRITICI	1.4016	430	16÷18	-	-	16,00-18,00
	1.4509	(441)	17,5-18,5	-	-	17,50-18,50
	1.4513	436	16,0-18,0	0,80-1,40	0,020	18,64-22,62
	1.4521	444	17,0-20,0	1,80-2,50	0,030	22,94-28,25
DUPLEX	1.4362	S 32304	22,0-24,0	0,10-0,60	0,05-0,20	23,13-29,18
	1.4462	S 32205	21,0-23,0	2,5-3,5	0,10-0,22	30,85-38,06

Infine, diverso è anche il comportamento magnetico. Mentre i tipi martensitici e ferritici sono ferromagnetici, gli austenitici sono amagnetici allo stato ricotto anche se in conseguenza di deformazioni plastiche a freddo o di altre lavorazioni si può riscontrare un incremento della permeabilità magnetica, tanto più marcato quanto più marcata sarà stata la precipitazione di fasi magnetiche da queste indotta.

### Caratteristiche meccaniche

Sono differenti a seconda dei diversi tipi di inox e possono essere sintetizzate come segue.

I tipi austenitici non sono suscettibili di innalzare le loro caratteristiche mediante tempra e conseguentemente hanno proprietà meccaniche non elevate. È possibile innalzarne anche di molto le proprietà tensili mediante incrudimento per deformazione plastica a freddo. ELEVATISSIMA è la capacità di allungamento prima di giungere a rottura. Possiedono buone caratteristiche di resistenza a fatica e mantengono valori elevati di tenacità anche a temperature molto basse. Anche i tipi ferritici non sono suscettibili di trattamento di tempra e conseguentemente presentano caratteristiche resistenziali non elevate. L'incrudimento per deformazione plastica a freddo incrementa anche in questo caso le caratteristiche di resistenza, ma in misura minore rispetto agli austenitici.

I tipi martensitici hanno ottime caratteristiche di resistenza meccanica (carico di rottura e snervamento, durezza), quan-

do sono messi in opera allo stato bonificato (tempra e rinvenimento).

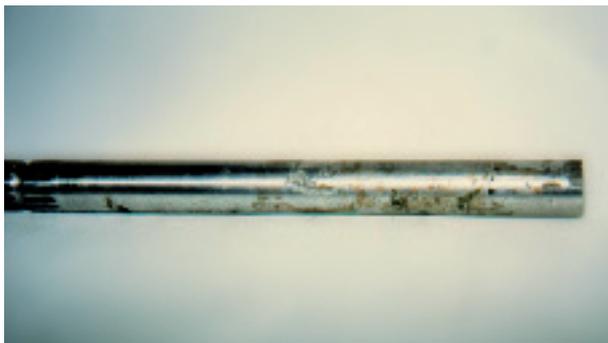
I duplex sono caratterizzati da carichi di rottura e snervamento molto elevati, oltre che da ottima resistenza a fatica. I tipi indurenti per precipitazione, opportunamente trattati, offrono caratteristiche tensili e di durezza ragguardevoli.

### IL FENOMENO CORROSIONE

Senza addentrarsi in aspetti di elettrochimica, passiamo ora a considerare il fenomeno della corrosione vero e proprio, esaminando le cause e le morfologie tipiche con le quali si manifesta sugli acciai inossidabili.



FIG|05| Dettaglio sulla morfologia del pitting.

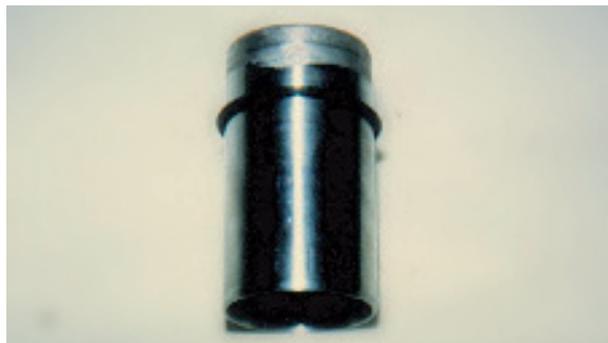


**FIG|06|** Crevice-corrosion su un albero di trasmissione.

In molti casi si sceglie, si lavora e si mette in servizio un determinato componente inox, confidando esclusivamente nella magica parola “inossidabile” e pretendendo che tale materiale debba sempre e comunque resistere ai più svariati tipi di ambienti e di condizioni di esercizio.

È necessario invece considerare che non esiste “l'acciaio inossidabile”, ma ne esistono, come già detto, molte versioni e, a seconda della condizione in cui si trova, è possibile scegliere la lega appropriata, per non incorrere in spiacevoli quanto inaspettati inconvenienti. È opportuno inoltre, una volta operata la scelta, seguire determinati accorgimenti nella lavorazione, nella saldatura e nella installazione, per garantire la tenuta ottimale nel tempo.

Vediamo quindi, in linea di massima, come si può estrinsecare un'azione corrosiva, le principali cause e i tipi di leghe consigliate per resistere meglio al fenomeno.



**FIG|07|** Crevice corrosion sotto la sede di una guarnizione.

### I parametri in gioco

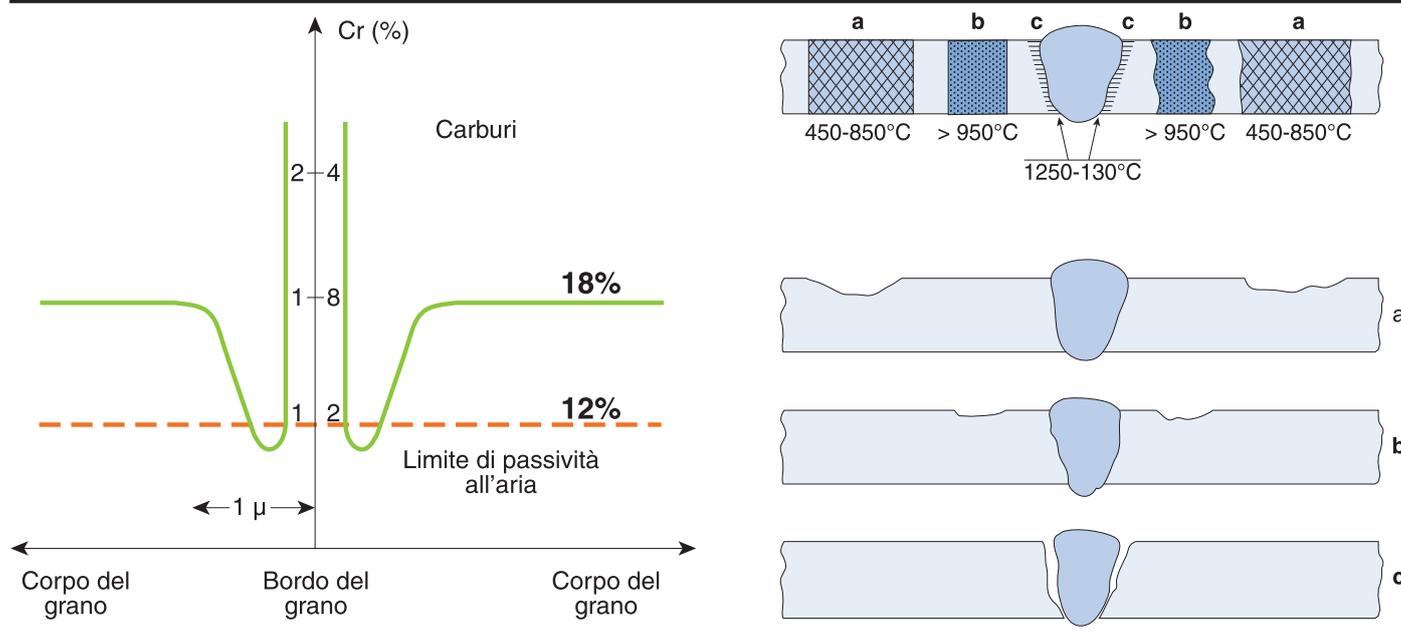
È sempre molto aleatorio poter prevedere, in generale, il comportamento nel tempo di un determinato materiale metallico se messo in contatto con un certo ambiente. Gli acciai inossidabili, grazie alla loro composizione chimica, hanno la possibilità di autopassivarsi e di poter far fronte alle più disparate condizioni di aggressione.

#### La composizione chimica

Proprio la composizione chimica è uno dei fattori indicativi della resistenza alla corrosione, perché a questa è legata la “forza” del film di passività e quindi la capacità del materiale di fronteggiare gli attacchi corrosivi.

Come già detto, elemento fondamentale è il cromo (Cr). Maggiore sarà il suo contenuto in lega e maggiore sarà, in linea generale, la resistenza alla corrosione.

**FIG|08|** Andamento della percentuale di cromo in funzione della distanza dal bordo del grano per un acciaio inossidabile sensibilizzato (grafico a sinistra). A destra localizzazione delle zone sensibilizzate e soggette a corrosione intergranulare, in giunzioni di testa saldate di un certo spessore, realizzate con diversi tipi di acciai inossidabili: a) acciai inossidabili austenitici (intervallo di sensibilizzazione 450-850 °C); b) acciai inossidabili ferritici (temperature di sensibilizzazione superiori a 950 °C); c) acciai inossidabili stabilizzati (intervallo di sensibilizzazione 1250-1300 °C).



Il Molibdeno (Mo) fornisce un grosso aiuto al cromo, rafforzando il film di passività

Per ciò che concerne l'Azoto (N), mentre nelle leghe austenitiche e duplex incrementa la resistenza alla corrosione, nei ferritici è bene tenerne il tenore a livelli estremamente bassi (insieme al tenore di Carbonio) se si vuole il medesimo risultato.

Sulla base della percentuale in lega di questi elementi, da cui direttamente dipende la resistenza alla corrosione, è possibile ricavare il valore di un parametro, il PREN (Pitting Resistance Equivalent Number), che fornisce un'indicazione di massima della capacità di un acciaio inossidabile di resistere al pitting o, più in generale, alla corrosione localizzata. Le formule per ricavare i valori di tale indicatori sono:

$PREN = \%Cr + 3,3 (\%Mo)$  – per i tipi ferritici

$PREN = \%Cr + 3,3 (\%Mo) + 16 (\%N)$  – per i tipi austenitici

$PREN = \%Cr + 3,3 (\%Mo) + 16$  (o 30)  $(\%N)$  – per i tipi austeno-ferritici (duplex)

Si nota immediatamente come, a parità di influenza del cromo e molibdeno, l'azoto risulti importante per gli austenitici e i duplex, mentre non compare nella formula per i ferritici, a testimonianza del fatto che in questi è bene limitarne il contenuto, insieme con quello del Carbonio (C), per incrementare la resistenza alla corrosione. Vale la pena ricordare che carbonio e azoto sono elementi cosiddetti "interstiziali": in virtù delle ridotte dimensioni, si collocano negli interstizi tra un atomo e l'altro degli altri elementi del reticolo cristallino. Pertanto, gli acciai ferritici con bassi valori di tali elementi vengono perciò denominati ELI (Extra Low Interstitials, a basso tenore di interstiziali). Nella **tab. 2**, a titolo indicativo si riportano i valori del PREN per alcuni acciai inossidabili.

Si tiene a sottolineare che il PREN è pur sempre un parametro di carattere del tutto indicativo, che non può essere assunto quale unico parametro di scelta di un acciaio inossidabile. Ciò è tanto più vero per materiali quali gli austenitici al Cr-Mn (serie 200) per cui il valore del PREN farebbe erroneamente pensare a prestazioni superiori a quelle del più comune AISI 304, in virtù di quanto di seguito sull'influenza del Nichel e del Manganese

Il nichel (Ni), benché non intervenga nel prevenire l'innesco della corrosione, ne rallenta la propagazione, favorendo la ripassivazione. Il manganese (Mn) invece, essendo molto affine per lo zolfo (S), tende a formare solfuri di manganese nella matrice metallica; questi si rivelano essere zone preferenziali di innesco della corrosione. A tal proposito si ricorda che esiste in letteratura una versione della formula del PREN



**FIG 09** Corrosione intergranulare su un tubo trattato termicamente in modo errato.

che tiene conto dell'effetto "negativo" del Manganese.

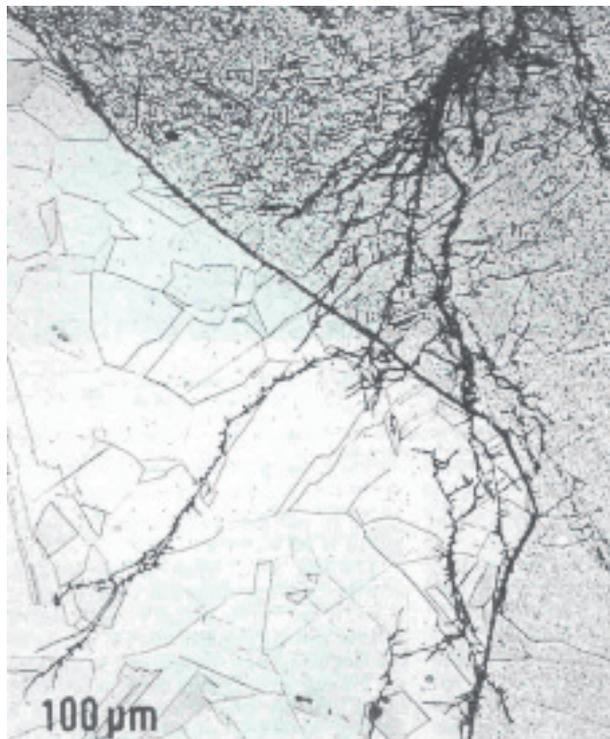
Sempre indirettamente intervengono elementi quali il titanio (Ti) e niobio (Nb) detti "stabilizzanti", in virtù della loro capacità di prevenire i fenomeni di "sensibilizzazione" descritti nel paragrafo dedicato alla corrosione intergranulare, controllabili anche attraverso un contenimento del tenore di carbonio negli austenitici

#### *Gli altri fattori*

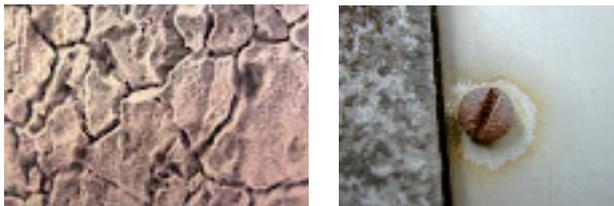
Sono molti i parametri che giocano a favore dell'innesco di un fenomeno corrosivo, tra cui:

- la natura dell'agente aggressivo (tipologia, concentrazione, pH);
- la temperatura dell'agente aggressivo;
- la finitura superficiale del metallo;
- la velocità del fluido sulle pareti del materiale.

In linea del tutto generale, si può dire che sono i cloruri (Cl-) i principali "nemici" dell'inox, in quanto in grado di "rompere"



**FIG 10** Stress-corrosion cracking di un giunto saldato. Le cricche hanno andamento transgranulare.



**FIG 11** Dettaglio sulla tipica morfologia della corrosione intergranulare.  
A destra: Corrosione galvanica di vite in acciaio al carbonio su piastra in acciaio inox.

il film di passività e di ostacolarne la riformazione; la concentrazione degli ioni cloruro e l'acidità (pH) sono insieme con la temperatura fattori da ben indagare al momento della scelta del tipo di acciaio inox (**fig. 2**).

L'aspetto della finitura superficiale è troppe volte trascurato, quando potrebbe invece essere addirittura fondamentale per evitare di dover utilizzare leghe troppo nobili. È piuttosto intuitivo che quanto più una superficie è "liscia" tanto più la possibilità di ancorarsi da parte di un elemento aggressivo diminuisce. Inoltre ricordiamo che gli acciai inossidabili devono al film di passività che li ricopre la propria capacità di "difendersi": tale film si formerà tanto più facilmente e sarà tanto



**FIG 12** Stress-corrosion cracking con andamento intergranulare delle cricche.

più stabile quanto migliore sarà la finitura del substrato. Infine, circa la velocità del fluido, le condizioni di ristagno sono quelle più pericolose. Consentono la formazione di depositi, lasciano che l'agente corrosivo lavori indisturbato e non favoriscono certo il fenomeno della passivazione spontanea.

Nonostante tutte le attenzioni del caso, anche gli acciai inossidabili possono andare incontro a problemi: nella **fig. 3** sono schematicamente riportate le varie forme di corrosione "umida" riscontrabili sugli acciai inossidabili.

Parlando di inox le più comuni sono: il pitting (o vaiolatura), la corrosione interstiziale (crevice corrosion), la corrosione intergranulare, la corrosione sotto tensione (stress corrosion cracking) e la corrosione galvanica. Senza certo avere la pretesa di essere esaustivi, se ne dà di seguito una breve descrizione, con un accenno anche all'ossidazione a caldo.

#### Pitting o vaiolatura

È probabilmente il fenomeno corrosivo più conosciuto sugli acciai inossidabili. Questo è causato da una lacerazione locale dello strato passivo, derivante dall'azione di elementi fortemente attivanti quali ad esempio gli ioni cloruro (Cl<sup>-</sup>) o fluoruro (F<sup>-</sup>).

Sulla superficie si creano puntinature o vaioli (**fig. 4**), caratterizzati da un cratere (area anodica) circondato da un alone (area catodica). La vaiolatura può essere di tipo penetrante o cavernoso: nella foto di **fig. 5** vediamo un'analisi micrografica di una tipica corrosione per vaiolatura.

Per evitare questa forma di corrosione è necessario scegliere leghe con elevati quantitativi di cromo, nichel e molibdeno che posseggono uno strato passivo più resistente.

È comunque consigliato evitare ambienti contenenti forti quantitativi di ioni cloro e alogenuri in genere.

#### Interstiziale o crevice-corrosion

Anche in questo tipico fenomeno corrosivo localizzato si lacerano lo strato passivo a causa di una scarsa ossigenazione che si verifica in un interstizio o, comunque, in zone di ristagno in presenza di una sostanza corrosiva. La morfologia di tale fenomeno è rappresentata nelle **figg. 6-7**.

Come prevenzione sarà quindi opportuno eliminare interstizi, meati o ristagni. Laddove ciò non sia possibile è necessario utilizzare acciai inossidabili con strati passivi più resistenti (elevati tenori di cromo, nichel o molibdeno).

#### Intergranulare

La permanenza più o meno prolungata (saldatura, errato trattamento termico, condizioni di esercizio) in determinati



**FIG 13** Risultato del fenomeno dell'ossidazione a caldo.

intervalli di temperatura (ad esempio 450-850 °C per gli acciai inossidabili austenitici) crea una precipitazione di carburi di cromo ai bordi dei grani. Tali zone, dove il tenore di cromo scende al di sotto della percentuale minima (12% circa) necessaria per garantire "l'inossidabilità", in presenza di un agente aggressivo, divengono sede dell'attacco corrosivo (**figg. 8**). Nelle **figg. 9-11** sono raffigurate le è visibile la tipica morfologia della corrosione intergranulare, con grani disgregati in conseguenza dell'attacco corrosivo.

Per evitare questo fenomeno, nel caso in cui non si possa eliminare l'alterazione termica, è necessario utilizzare, nel caso degli austenitici, acciai inossidabili a basso contenuto di carbonio, i tipi L ("Low Carbon"), oppure stabilizzati con opportune quantità di titanio o di niobio (per esempio tipi AISI 321 o 316Ti). I tipi ferritici ELI sono praticamente immuni da questa forma di corrosione, visti i bassi tenori di carbonio e la concomitante presenza di stabilizzanti.

### Tensocorrosione o stress-corrosion-cracking

L'azione contemporanea di una sollecitazione meccanica (nel senso della trazione) e di un attacco chimico, può creare l'innescò di cricche, specie su strutture austenitiche. Tali cricche ortogonali rispetto alla direzione della sollecitazione meccanica, possono procedere sia transgranularmente (**fig. 10**) che intergranularmente (**fig. 12**). Per evitare questo fenomeno, dove non sia possibile eliminare o limitare l'azione meccanica o quella chimica, si possono impiegare acciai inox a parziale struttura ferritica (austeno-ferritici o duplex) oppure a totale struttura ferritica, quest'ultima praticamente insensibile al fenomeno descritto.

### Corrosione galvanica

È noto che mettendo a contatto materiali di diversa "nobiltà" in presenza di un elettrolita si creano le premesse per questo tipo di corrosione. Intervengono poi altri fattori quali il rapporto tra le superfici a contatto, la natura dell'elettrolita.

L'acciaio inox è materiale nobile, ovvero spostato verso

l'estremità catodica della scala galvanica; si dovrà porre quindi attenzione a eventuali accoppiamenti con materiali meno nobili, quindi a comportamento anodico, che potrebbero subire le conseguenze di quanto descritto (**fig. 11**).

Per evitare questo attacco è necessario accoppiare l'inox con materiale di pari nobiltà; oppure interrompere la continuità metallica tra i due diversi materiali con elementi isolanti (es. particolari in gomma, teflon ecc.).

### Ossidazione a caldo

A causa della eccessiva alterazione termica del metallo (trattamenti termici, saldature oppure durante l'esercizio), si può creare questo fenomeno che comporta la formazione di ossidi scuri in superficie (**fig. 13**).

Ogni acciaio inossidabile ha un proprio limite di temperatura, oltre il quale si può verificare, in aria, il fenomeno descritto.

Per evitare questo, laddove non sia possibile limitare l'alterazione termica è necessario utilizzare acciai inox refrattari ad alto contenuto di cromo, sia della serie ferritica che della serie austenitica.

Relativamente ai trattamenti termici o alle saldature è possibile invece utilizzare rispettivamente atmosfere controllate o gas di protezione, che evitino il contatto diretto del metallo con l'aria circostante.

### 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. ■

*Articolo redatto sulla base della relazione presentata al corso "Failure analysis and prevention" Organizzato dal Politecnico di Milano Campus Bovisa Nord, Milano 19-22 febbraio 2008.*

### BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Capelli, *Cosa sono gli acciai inox*, "Tecnologie Alimentari" n.3, maggio 1994.
- [2] "Stainless Steel", *ASM Speciality Handbook* 1994.
- [3] G. Di Caprio, *Gli acciai inossidabili*, 3ª ed., Hoepli 1997.
- [4] J.W. Fielder, D.R. Johns, *Proc. Conf. UK Corrosion '89*, Blackpool 1989.
- [5] M. Boniardi, C. Anchisi, V. Boneschi, *Resistenza alla corrosione e metodi di indagine degli acciai inossidabili*, seminario Centro Inox-IMOA "Gli acciai inossidabili duplex", Milano 29 maggio 2001