

La durabilità delle opere edili e architettoniche è sempre più importante nella progettazione, soprattutto per le ripercussioni sulla sicurezza e gli aggravii di costi. La scelta dei materiali diventa quindi fondamentale, in particolare con atmosfere aggressive come quella marina

Vittorio Boneschi *

Gli acciai inossidabili nell'edilizia e nell'architettura di zone costiere

La durabilità delle opere edili e architettoniche si pone sempre più come aspetto fondamentale nella progettazione; non solo per gli spiacevoli effetti estetici che il degrado comporta, ma soprattutto per le possibili ripercussioni sulla sicurezza e per gli indubbi aggravii di costi generati dagli interventi di manutenzione.

In tale ottica la scelta dei materiali rappresenta un momento fondamentale per i progettisti, che si trovano ad operare una selezione attenta e sicuramente non facile.

In particolare, in atmosfere molto aggressive come quella marina più che mai va posta attenzione alla scelta dei materiali, in quanto un errore comporterebbe un degrado repentino oltre che inaccettabile dell'opera.

GLI ACCIAI INOX E LA LORO RESISTENZA ALLA CORROSIONE

Prima di tutto è bene ricordare che di acciai inossidabili ne esistono ben più di duecento tipologie, con specifiche caratteristiche sia meccaniche, che di resistenza alla corrosione. Già questo primo aspetto pone l'accento su quello che sarà uno dei temi trattati più avanti in questo articolo, ovvero la corretta scelta in funzione delle condizioni di esercizio.

La grande famiglia degli acciai inossidabili si divide fonda-



FIG|01 Il rivestimento in AISI 316 (EN1.4401) di uno degli edifici del Parco Scientifico-Tecnologico di Marghera.

* Centro Inox di Milano



FIG 02 L'involucro della sala controllo delle Raffinerie Sarde Saras. L'atmosfera è resa ancor più aggressiva dalle emissioni della raffineria stessa.

mentalmente in cinque grandi sotto-famiglie in funzione del tipo di struttura metallografica che li caratterizza a temperatura ambiente. Si hanno quindi acciai inossidabili austenitici, ferritici, martensitici, austeno-ferritici (duplex) e indurenti per precipitazione (PH – Precipitation Hardening).

Caratteristica comune a tutti questi materiali è l'inossidabilità o, più correttamente, la resistenza alla corrosione. In realtà, infatti, queste leghe sono ossidabilissime, ma il tipo di ossidazione che subiscono, definito come auto-passivazione o passivazione spontanea, è proprio quello che li rende immuni dagli attacchi degli agenti aggressivi.

In parole semplici, ciò che avviene è la formazione sulla superficie dell'inox di un invisibile film di ossido di Cromo (tecnicamente "film di passività"), estremamente sottile, adeso e compatto, che "isola e protegge" il sottostante acciaio dall'ambiente in cui è immerso. È importante sottolineare che tale meccanismo è del tutto spontaneo, in quanto si innesca semplicemente in presenza di un ambiente ossidante (es. atmosfera) e in virtù di quella che è una caratteristica comune a tutte queste leghe, ovvero la presenza del cromo quale elemento di lega. Tale meccanismo è anche, per così dire, "intelligente", nel senso che si innesca nuovamente nel caso in cui il film di passività venga danneggiato, ripristinandolo

integralmente. Il cromo (Cr): è questo il vero segreto degli acciai inossidabili, che, per essere tali, ne devono contenere almeno il 10,5%, secondo quanto previsto dalla norma EN 10020. Senza questo tenore minimo di Cr il film di passività non potrebbe formarsi in quanto l'adsorbimento di ossigeno sulla superficie del materiale sottoforma di ossido di cromo non potrebbe avvenire.

In linea del tutto generale, si può poi dire che più Cromo è presente in lega e più è elevata la resistenza alla corrosione, tant'è che nella tipologia più diffusa e conosciuta, il 304 (EN 1.4301, X5CrNi 18-10) tale elemento è presente in tenori medi del 18%.

Oltre al cromo (e al carbonio, presente in tutti gli acciai), in lega sono poi presenti altri elementi (nichel, molibdeno, azoto, titanio...), che contribuiscono diversamente a conferire le specifiche caratteristiche ai vari tipi di acciaio inossidabile.

Ai fini di quanto trattato in questo articolo, è bene velocemente inquadrare le tre famiglie di inox più impiegate in edilizia e architettura.

Quella degli austenitici è sicuramente la più importante; circa l'80% delle applicazioni che prevedano l'uso di acciaio inox sono coperte dall'impiego di una lega di questa famiglia.

Sono acciai che oltre al Cromo (18% circa), vedono come

fondamentale elemento in lega il nichel, generalmente in tenori attorno all'8% circa, quale promotore della struttura austenitica che li caratterizza a temperatura ambiente. In tal senso ne esistono delle varietà in cui il Ni è parzialmente sostituito con il Manganese (Mn). Hanno un'ottima deformabilità plastica a freddo e discreta lavorabilità alle macchine utensili; la saldatura può essere eseguita con tutte le tecniche tradizionali. Non sono temprabili, ma, per effetto dell'incrudimento a freddo, incrementano notevolmente le loro caratteristiche tensili e di durezza. Sono materiali amagnetici, allo stato ricotto, ma possono divenire sempre più magnetici in ragione proprio del sopraccitato incrudimento a freddo.

I tipi ferritici sono detti al solo cromo (mediamente 17% circa). Hanno buone caratteristiche meccaniche, innalzabili solo tramite incrudimento a freddo, anche se in misura minore rispetto agli austenitici. Sono agevolmente lavorabili per deformazione plastica e per asportazione di truciolo. Buona è la saldabilità, soprattutto quella dei tipi stabilizzati. Sono materiali ferromagnetici.

Gli austeno-ferritici o duplex, sono materiali che, in virtù di un apposito bilanciamento degli elementi in lega, cromo e nichel in particolare, presentano a temperatura ambiente una struttura a duplice matrice: austenitica e ferritica. Presentano elevati carichi di snervamento e di rottura unitamente a eccellente resistenza alla corrosione, in particolare alla tenso-corrosione. Sono materiali ferromagnetici. In tab. 1 si indicano le composizioni chimiche di alcuni acciai inossidabili più rappresentativi delle tre famiglie sopraccitate.



FIG|03 Il parapetto in AISI 316 elettrolocidato che costeggia il lungomare di Alassio.

LE ZONE COSTIERE: APPLICAZIONI IN ATMOSFERA MARINA

Come già accennato, avendo a disposizione una vasta gamma di acciai inossidabili uno dei momenti fondamentali nell'impiego di queste leghe è la corretta scelta del giusto tipo, onde evitare quelle forme di corrosione a cui anche i più "nobili" tra gli inossidabili possono andare incontro (vaio-latura o *pitting*, corrosione interstiziale, corrosione sotto tensione...).

A tal proposito, ricordiamo quali sono i fattori principali che influiscono sull'innesco dei fenomeni corrosivi e che assu-

TAB|01 Le composizioni chimiche degli acciai inox più rappresentativi

	EN	AISI/ Type ASTM	C max	Si max	Mn max	P max	S max	N max	Cr	Ni	Mo	Altri
Austenitici	1.4301	304	0,07	1,00	2,00	0,045	0,015*	0,11	17,0-19,5	8,0-10,5	-	-
	1.4307	304L	0,03	1,00	2,00	0,045	0,015*	0,11	17,0-19,5	8,0-10,5	-	-
	1.4373	202	0,15	1,00	7,5-10,5	0,045	0,015	0,05-0,25	17,0-18,0	4,0-6,0	-	-
	1.4401	316	0,07	1,00	2,00	0,045	0,015*	0,11	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	-
	1.4404	316L	0,03	1,00	2,00	0,045	0,015*	0,11	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	-
Ferritici	1.4016	430	0,08	1,00	1,00	0,040	0,015*	-	16-18	-	-	-
	1.4509	(441)	0,030	1,00	1,00	0,040	0,015	-	17,5-18,5	-	-	Ti: 0,10-0,60; Nb: da [3xC+0,30] a 1,00
	1.4513	(436)	0,025	1,00	1,00	0,040	0,015	0,020	16,0-18,0	-	0,80-1,40	Ti: 0,30-0,60
Duplex	1.4521	444	0,025	1,00	1,00	0,040	0,015	0,030	17,0-20,0	-	1,80-2,50	Ti: da [4x(C+N)+0,15] a 0,80 **
	1.4362	2304	0,030	1,00	2,00	0,035	0,015	0,05-0,20	22,0-24,0	3,5-5,5	0,10-0,60	Cu=0,10-0,60
	1.4462	2205	0,030	1,00	2,00	0,035	0,015	0,10-0,22	21,0-23,0	4,5-6,5	2,5-3,5	-

* Vedi nota b nella EN 10088-1

** Vedi nota c nella EN 10088-1

mono quindi un rilevante ruolo in fase di scelta per qualsiasi tipo di materiale e applicazione:

a) per il materiale:

- composizione chimica;
- finitura e stato della superficie;
- struttura;
- disegno del particolare;
- modalità di messa in opera;

b) per l'agente aggressivo:

- composizione chimica;
- concentrazione;
- temperatura;
- velocità relativa rispetto al materiale.

Limitatamente al caso delle applicazioni del comparto edilizia-architettura, i fattori fondamentali divengono la composizione chimica del materiale e, aspetto troppe volte trascurato, la finitura superficiale.

Quest'ultimo meriterebbe un'approfondita analisi, anche solo in considerazione del fatto che gli inox vanno in esercizio, per così dire, "nudi", senza rivestimenti protettivi, affidando alla intrinseca risorse di auto-passivazione superficiale la propria durabilità. Si capisce quindi che, in linea del tutto generale, una superficie con finitura più "liscia" meglio resiste alle aggressioni atmosferiche, così come diverrà fondamentale, per favorire il naturale dilavamento operato dalla pioggia, la direzione di eventuali finiture per abrasione.

Tornando invece al fattore composizione chimica della lega, è ormai consolidato il fatto che, per atmosfere marine tipiche delle coste e zone limitrofe, la scelta ricade su materiali a più

alto tenore di cromo e contenenti molibdeno (Mo). Questo secondo elemento incrementa notevolmente la "resistenza" del film di passività, elevando quindi le prestazioni di durabilità dell'inox. Gli acciai austenitici al cromo-nichel-molibdeno tipo AISI 316 (EN 1.4401) e AISI 316L (EN 1.4404) sono quelli che in hanno sempre incontrato maggiore successo nelle diverse applicazioni del comparto edilizia-architettura: arredo urbano, coperture, facciate, barre per cemento armato e così via.

Nelle figg.1-2 sono riportati due esempi di impiego di AISI 316 per il rivestimento di edifici.

Sempre in AISI 316 è il parapetto che costeggia il lungomare di Alassio; al fine di garantire le massime prestazioni si è scelta una finitura elettrolucidata.

Accanto al più noto acciaio inossidabile austenitico 316/316L al Cr-Ni-Mo, soprattutto in altri paesi, anche gli acciai inossidabili ferritici al Molibdeno vengono impiegati per applicazioni che vedono la presenza di atmosfere marine. In particolare Giappone e Corea annoverano diverse soluzioni costruttive in cui acciai inossidabili ferritici vengono impiegate per coperture di aeroporti o grandi edifici pubblici (es. impianti sportivi), oltre che per facciate e arredo urbano. Questi materiali anche in Italia sono guardati con sempre maggiore interesse, in virtù dei vantaggi economici che questi offrono in confronto ai tradizionali austenitici, su cui pesa la continua variabilità del prezzo del nichel.

Anche gli acciai inossidabili duplex trovano sempre più spazio nel comparto dell'edilizia-architettura. In virtù delle elevate caratteristiche meccaniche e dell'eccellente resistenza



FIG|04 Per la copertura del Japan Convention Center, in riva al mare, è stato impiegato acciaio inossidabile ferritico contenente molibdeno (da "Successful use of stainless steel building materials" n.12013, edita da Nickel Institute, www.nickelinstitute.org).



FIG|05 Per il rivestimento dei due piloni di sostegno dello Stonecutters Bridge a Hong Kong verrà impiegato acciaio inossidabile duplex del tipo EN 1.4462.

alla corrosione consentono soluzioni estremamente interessanti, grazie anche alla possibilità di limitare lo spessore e quindi la quantità del materiale impiegata. In particolare, nella costruzione di ponti sono ormai innumerevoli le applicazioni di tali materiali.

Proprio l'ultimo esempio applicativo riportato, lo Stonecutters Bridge, consente di introdurre una delle applicazioni "invisibili" dell'acciaio inossidabile in atmosfere marine: il rebar,

FIG|06 Per il ponte irlandese costruito sull'estuario del fiume Broadmeadow si è impiegato rebar inox austenitico al Molibdeno (EN 1.4436). L'incidenza sul costo totale dell'opera è stato solo del 3 %, a fronte di una richiesta di durabilità di almeno 120 anni.



ampiamente nel ponte di cui sopra.

In zone portuali, pontili e altre strutture esposte all'aggressione dei cloruri per le armature sottostanti il coprifermo è sempre più diffuso l'impiego di barre nervate in AISI 316 (EN 1.4401) (austenitico) o EN 1.4462 (duplex). Il maggior costo iniziale, che comunque risulta di poca incidenza sul costo totale dell'opera, è ampiamente ripagato dalla maggiore durabilità, che si trasforma in risparmio nel corso del ciclo di vita dell'opera (concetto del Life Cycle Cost).

CONCLUSIONI

Le condizioni atmosferiche tipiche delle zone costiere costituiscono un campo di prova estremamente severo per tutti i materiali da costruzione. In tal senso gli acciai inossidabili offrono, nella loro estrema varietà di tipologie, un ottimo strumento al servizio di una progettazione che tenga presente anche l'aspetto della durabilità.

Questa si trasforma il più delle volte anche in un risparmio nel tempo, a fronte di un investimento iniziale più elevato di pochi punti percentuali e comunque di una quota ben inferiore al maggior costo della materiale. Infine ricordiamo che recenti studi Life Cycle Assessment hanno evidenziato il carattere estremamente "environmentally friendly" degli acciai inossidabili.

Un aspetto fra tutti testimonia tali risultati, ovvero la totale riciclabilità di una materiale che non esaurisce il suo valore con lo smantellamento dell'opera, ma che continua a "generare" benefici essendo impiegato per la produzione di nuovo acciaio inossidabile. ■