

In questo articolo si vogliono delineare brevemente alcuni aspetti dell'impiego dell'inox nel settore delle acque potabili, reflue e nella dissalazione, partendo da quella che è la caratteristica che li ha resi sempre più diffusi per queste applicazioni, ovvero la resistenza alla corrosione.

Vittorio Boneschi *

Acciaio inox e acqua un binomio vincente

L'acqua è al centro di mille attenzioni, viste le sempre più scarse risorse idriche; quindi, sia essa potabile, sia che debba in qualche modo essere "purificata", per "trattarla" è necessario impiegare materiali che non ne alterino le intrinseche proprietà e allo stesso tempo non ne subiscano "l'aggressione" in talune condizioni di esercizio.

In questo articolo si vogliono delineare brevemente alcuni aspetti dell'impiego dell'inox nel settore delle acque potabili, reflue e nella dissalazione, partendo da quella che è la caratteristica che li ha resi sempre più diffusi per queste applicazioni, ovvero la resistenza alla corrosione.

RESISTENZA ALLA CORROSIONE

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. Nel caso dell'acqua i principali fattori da tenere presenti sono:

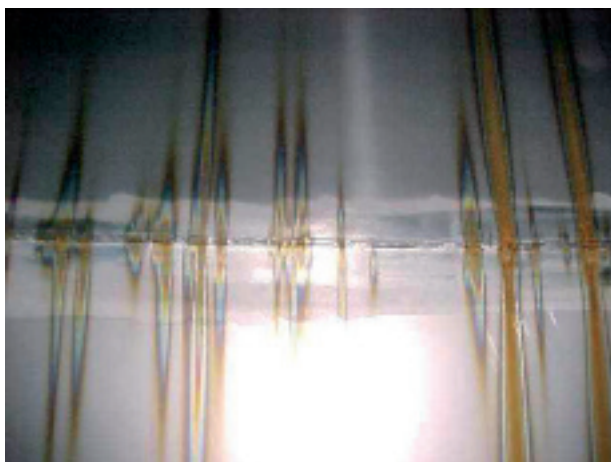
- la composizione chimica del materiale;
- i cloruri presenti;
- i sanificanti;
- le condizioni di flusso;
- la carica batterica (corrosione microbiologica, MIC).

La composizione chimica del materiale

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.

Il molibdeno (Mo) fornisce un grosso aiuto al cromo,



FIG|01 | Un esempio di MIC sulla saldatura di un serbatoio.

* Centro Inox, Milano

FIG|02 Un esempio di rubinetto in acciaio inossidabile.



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:

$\text{Pren} = \%Cr + 3,3 (\%Mo)$ per i tipi ferritici;

$\text{Pren} = \%Cr + 3,3 (\%Mo) + 16 (\%N)$ per i tipi austenitici;

$\text{Pren} = \%Cr + 3,3 (\%Mo) + 16$ (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. 1**, 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. In virtù di quanto di seguito riportato sull'influenza del Nichel e del Manganese,

ciò è tanto più vero per materiali quali gli austenitici al Cr-Mn (serie 200), per i quali il valore del Pren farebbe erroneamente pensare a prestazioni superiori a quelle del più comune AISI 304. Il Nichel (Ni), benché non intervenga nel prevenire l'insacco della

corrosione, ne rallenta la propagazione,

favorendo la ripassivazione.

Il Manganese (Mn) invece, essendo molto affine

allo zolfo (S), tende

a formare solfuri di

manganese nella ma-

trice metallica; questi si rivelano essere zone preferenziali di insacco della corrosione. A tal proposito si ricorda che esiste in letteratura una versione della formula del Pren 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" e della conseguente corrosione intergranulare, controllabili anche attraverso un contenimento del tenore di carbonio negli austenitici (tipi L Low Carbon, a basso carbonio).

I cloruri presenti
Il fenomeno corrosione deve sempre essere inquadrato nell'ambito della globalità dei fattori che caratterizzano un'applicazione; nel caso dell'acqua il tenore di cloruri è certamente uno dei principali. In letteratura sono presenti molti studi circa questo aspetto.

Il Drinking Water Inspectorate (DWI) inglese nel "DWI Ref. 56.4.477 - Operational Guidelines and Code of Practice (OGCP) for stainless steel products in drinking water supply" per ciò che concerne l'idoneità di acciai inossidabili in vari tipi di acque alle temperature normalmente incontrate nella fornitura o nel trattamento propone quanto contenuto in **tab. 2**.

Lo stesso documento specifica che per temperature più elevate e pH inferiori a 6 è bene fare riferimento all'esperienza di specialisti e sottolinea inoltre come la presenza di condizioni specifiche di utilizzo possano influire sui limiti sopra proposti. Ad esempio in presenza di interstizi i limiti di impiego si riducono cautelativamente da 200 a 50 ppm per il 304 (o 304L) e da 1000 a 250 ppm per il 316 (o 316L).

TAB|01 Pren per alcune tipologie di acciai inossidabili

	EN	AISI/ASTM	Cr	Mo	N	PREN
AUSTENITICI	1.4301	304 – S 30400	17,0÷19,5	-	0,11 max	17,00-21,26
	1.4373	202 – S 20200	17,0-19,0	-	0,05-0,25	17,8-23,00
	1.4401	316 – S 31600	16,5÷18,5	2,00÷2,50	0,11 max	24,75-28,51
	1.4438	317L – S 31703	17,5-18,5	3,0-4,0	0,11 max	27,40-34,46
	1.4539	904L – S 08904	19,0-21,0	4,0-5,0	0,15 max	32,20-39,90
	1.4547	S 31254	19,5-20,5	6,0-7,0	0,18-0,25	42,18-47,60 (*)
FERRITICI	1.4016	430 – S 43000	16÷18	-	-	16,00-18,00
	1.4509	(441) – S 43932	17,5-18,5	-	-	17,50-18,50
	1.4513	436 – S 43600	16,0-18,0	0,80-1,40	0,020 max	18,64-22,62
	1.4521	444 – S 44400	17,0-20,0	1,80-2,50	0,030 max	22,94-28,25
	-	S 44735	28,0-30,0	3,6-4,2	0,045 max	39,88-43,86 (*)
DUPLEX	1.4162	S 32101	21,0-22,0	0,10-0,80	0,20-0,25	24,53-28,64
	1.4362	2304 – S 32304	22,0-24,0	0,10-0,60	0,05-0,20	23,13-29,18
	1.4462	2205 – S 32205	21,0-23,0	2,5-3,5	0,10-0,22	30,85-38,06
	1.4410	2507 – S 32750	24,0-26,0	3,0-4,5	0,24-0,35	37,74-46,45 (*)

(*) quando il Pren è superiore a 40 si parla di "super" inox: super-austenitico, super-ferritico, super-duplex

I sanificanti

Agenti ossidanti sono spesso aggiunti all'acqua come disinfettanti. L'effetto benefico che si ha per l'acciaio inossidabile è l'eliminazione di quei batteri che possono portare a fenomeni di corrosione microbiologica (MIC) di cui si accennerà più avanti. Cloro e Ozono sono i più comunemente impiegati. L'esperienza suggerisce che nel caso del cloro, 304 (o 304L) e 316 (o 316L) non presentano particolari problemi nelle condizioni di concentrazione e flusso tipiche degli stadi finali del trattamento delle acque. Ovviamente il tipo 316 (o 316L) è da preferirsi quando si prevedono più elevati tenori di Cloro. Si sono identificati possibili cause di corrosione nei seguenti casi:

- eccessivi livelli di cloro per tempi prolungati;
- concentrazioni localizzate eccessive di cloro libero dovute a inadeguati sistemi di iniezione del sanificante;
- accumulo di cloro sotto forma gassosa in sacche d'aria di serbatoi o tubi.

A livello del tutto generale, l'esperienza suggerisce che fino a valori di 2 ppm di cloro residuo sia 304/304L che 316/316L non hanno problemi; una continua esposizione a livelli di cloro residuo di 3-5 ppm può generare sul 304/304L fenomeni di corrosione interstiziale: in tal caso la scelta del 316/316L risulta più cautelativa.

Per l'ozono non si segnalano particolari problemi; l'acciaio inossidabile è correntemente impiegato proprio per la costruzione di generatori di ozono.

Le condizioni di flusso

In termini di velocità del flusso, le performance ottimali si ottengono quando si possono garantire valori minimi di 0,5 m/s nel caso di acque "pulite" e di 1 m/s nel caso di acque da trattare. Per ciò che concerne invece la resistenza alla corrosione per turbolenza, valori fino a 30 m/s sono ben tollerati dalle leghe inox comunemente impiegate.

La carica batterica (corrosione microbiologica, MIC)

L'acqua è "viva", ovvero è caratterizzata da una carica batterica che può divenire responsabile di una forma di corrosione detta microbiologica (MIC, Mi-



FIG|03 Dettaglio dell'impianto di potabilizzazione delle acque del Lago di Como.

crobiologically Influenced Corrosion), da intendersi come l'insieme di tutti quei fenomeni di corrosione per i quali microrganismi di varie specie intervengono in forma diretta, o tramite sostanze prodotte dal loro metabolismo, sia nell'innescare che nell'evoluzione di un fenomeno corrosivo.

I casi accertati di questo tipo di corrosione sono in aumento: i tipici sistemi di cui si conosce il cedimento comprendono (ma non si limitano a questi): sistemi di scambiatori di calore (chiusi e aperti), sistemi antincendio (a secco e umidi), sistemi di condutture idriche in edifici, condotte di trasporto acqua potabile, sistemi fognari, serbatoi di stoccaggio, sistemi navali o portuali, serbatoi e tubazioni di bollitori, tubazioni di impianti per riscaldamento o raffreddamento dell'acqua, e oleodotti.

I problemi connessi alla corrosione di origine biologica molto spesso iniziano nei nuovi sistemi quando questi sono bagnati per la prima volta. Nei sistemi più vecchi, i problemi si verificano quando c'è un cambio di approvvigionamento idrico, di qualità dell'acqua, di materiali da costruzione o di condizioni di esercizio. In particolare, i casi più emblematici sono correlati a condizioni quali:

- acqua non drenata dopo prove idrauliche o procedure di rodaggio;
- acqua con flusso lento attraverso condotte orizzontali e fasci tubieri di scambiatori di calore;
- acqua usata come zavorra durante le minacce di uragani o per sedimentazione/decantazione in nuovi serbatoi di stoccaggio;
- acqua usata per situazioni d'emergenza, come ad esempio per antincendio, con riserva scarsa che non consente per circolazione continua;
- acqua lasciata in tubature orizzontali che non sono state inclinate fino a punti così bassi da poter essere facilmente svuotate.

Inoltre, quasi senza eccezione, le acque coinvolte sono non trattate e provengono da fonti di acqua dolce come bacini idrici, fiumi, zone paludose o pozzi, o acque dolci non adeguatamente trattate per prevenire la MIC.

Perché i microbi proliferino e perché si inneschi la MIC, occorre la presenza di quattro ulteriori condizioni ambientali: metalli, nutrienti, acqua e ossigeno (sebbene alcuni tipi di batteri necessitino solo quantità di ossigeno molto piccole). Quando tutte queste condizioni sono presenti, allora la proliferazione mi-

TAB|02 Le indicazioni del Drinking Water Inspectorate - DWI Ref. 56.4.477

Tipo di acqua	Livello di Cloruri ppm	Commenti	Tipo di acciaio inossidabile – Nome più conosciuto
Acqua pura	-	-	304
Acqua di rete	<350	1.4301 (304) utilizzabile fino a 200 ppm	304, 316
Acqua dolce o di falda	<1000	1.4301 (304) utilizzabile solo fino a 200 ppm	304, 316 2205, superaustenitici, superduplex
Acqua salmastra	10.000-15.000	Per acque di estuario o di zone costiere il 2205 è utilizzabile solo fino a 3.600 ppm	2205, superaustenitici, superduplex
Acqua di mare	15.000-26.000 (2,5-4 % NaCl)	-	Superduplex, superaustenitici

TAB|03 Composizione chimica degli inox generalmente impiegati nel settore dell'acqua potabile

EN	AISI/Type ASTM	C max	Si max	Mn max	P max	S max	N max	Cr	Ni	Mo	Altri
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	-	-
1.4401	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	-
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
1.4462	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	-

croibica avrà luogo.

Gli effetti corrosivi dei batteri sono sinteticamente riconducibili a:

- azione chimica diretta dei prodotti metabolici (acido solforico, solfuri inorganici e organici, acidi organici);
- depolarizzazione catodica associata alla crescita batterica;
- variazione del tenore di ossigeno, della concentrazione di sali in soluzione, del pH;
- rimozione di inibitori di corrosione.

La MIC è caratterizzata da:

- presenza di depositi colorati e con forma particolare;
- larghe cavità al di sotto dei piccolissimi fori superficiali di penetrazione;
- frequente associazione con le saldature;
- avanzamento rapido di penetrazione.

Attacchi localizzati si manifestano come:

- larghe cavità o gallerie sotto la superficie, spesso nelle zone di saldatura o in quelle adiacenti;
- ampie cavità aperte in fessure, come ad esempio nelle giunzioni con flange munite di guarnizioni.

IL CICLO DELL'ACQUA POTABILE

Gli acciai inossidabili che, attualmente, hanno trovato maggiore impiego nel ciclo dell'acqua sono quelli della serie austenitica al cromo-nichel o al cromo-nichel-molibdeno, in particolare i tipi AISI 304/304L (EN 1.4301/1.4306) e AISI 316/316L (EN



FIG|04| L'interno del serbatoio finito.

1.4401/1.4404), nei formati commerciali facilmente reperibili sul mercato benché anche i tipi duplex, type 2205 (EN 1.4462) e ferritici, type 444 (EN 1.4521), vantino già numerose applicazioni. La **tab. 3** riporta la composizione chimica di queste comuni tipologie di inox della serie austenitica.

In ogni caso, è certo che l'acciaio inox ha trovato applicazione per componenti utilizzati nei singoli momenti del ciclo integrato dell'acqua potabile, contrariamente agli altri materiali che hanno un ben preciso ambito applicativo. Schematicamente si può riassumere con quanto riportato nella **tab. 4** questo ultimo concetto.

TAB|04| Materiali impiegati nel ciclo dell'acqua potabile

	Inox	Altri materiali
Captazione	Si	ghisa, cemento, acciaio zincato
Filtrazione	Si	acciaio zincato, cemento,
Stoccaggio	Si	cemento, acciaio zincato, PE
Trasporto	Si	cemento, acciaio zincato, ghisa, PE
Distribuzione finale	Si	rame, acciaio zincato, PE
Rubinetti domestici	Si	ottone cromato o variamente rivestito

TAB|05| Inox per contatto alimenti previsti dal DM 21.3.1973

Austenitici	202 - 301 - 302 - 303 - 303Se - 304 - 304L - 305 - 308 - 316 - 316 L - 316Ti - 316N - 321 - 347 - NTK D11
Ferritici	430 - 430F - 1.4590
Martensitici	410 - 414 - 416 - 420 - 431 - 440
Duplex	329 - 329N - 2205 - 2304 - 2101
PH	630

TAB|06 Norme e leggi relative all'inox e acqua potabile

Norme e leggi	Titolo
EN 10312	Welded stainless steel tubes for the conveyance of aqueous liquids including water for human consumption – Technical delivery conditions
DVGW W 541	Rohre aus nichtrostenden Stählen und Titan für die Trinkwasser-Installation; Anforderungen und Prüfungen
ANSI/NSF 61	Drinking water system components – Health effects
BS 4127	Light gauge stainless steel tubes, primarily for water applications
UNE 19049-1	Tubos de acero inoxidable para instalaciones interiores de agua fría y caliente
JIS G 3448	Light gauge stainless steel tubes for ordinary piping
DWI (Drinking Water Inspectorate) Application 56.4.477	Operational guidelines and code of practice for stainless steel products in drinking water supply.
Decreto Ministeriale 6 Aprile 2004 n. 174, (possono essere impiegati tutti gli inox menzionati nel DM 21.3.1973 per il contatto con alimenti)	Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano
French Decree 13 January 1976 (menzionato come riferimento nel documento : « Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine - - Journal officiel du 1er juin 1997 »	Journal Officiel de la République Française – Matériaux au contact des denrées alimentaires – Edition mise à jour au 4 juin 1997 - Arrête du 13 Janvier 1976 relatif aux matériaux et objets en acier inoxydable au contact des denrées alimentaires (Journal officiel du 31 janvier 1976)
NF A 36-711 – Avril 2002	Aciers hors emballage – Aciers inoxydables destinés à entrer au contact des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux
Kiwa BRL-K762/02	Beoordelingsrichtlijn – voor het Kiwa-productcertificaat voor naadloze en gelaste roestvast stalen buizen voor waterinstallaties
NBR 14863	Reservatório de aço inoxidável para água potável

A livello di decreti e norme, a conferma di questo fatto, esiste in Italia una lista positiva degli acciai inossidabili contenuta nel Decreto Ministeriale del 21 Marzo 1973 che fissa la "Disciplina igienica degli imballaggi, recipienti, utensili destinati a venire in contatto con le sostanze di uso alimentare o con le sostanze di uso personale". Tale lista annovera, con i relativi aggiornamenti, più di trenta acciai inossidabili, tra cui i più impiegati sono certamente l'AISI 304 e 316 (EN 1.4301 e 1.4401) con le relative varianti a basso carbonio, 304L e 316L. Lo stesso decreto riporta all'art. 37 i limiti di migrazione specifica per gli oggetti di acciaio inossidabile destinati al contatto prolungato o breve con sostanze alimentari. Tali limiti, fissati in 0,1 ppm massimo sia per il cromo trivalente (Cr III) sia per il nichel (Ni), sono ben superiori ai valori effettivi che si riscontrano nella pratica. I limiti del decreto italiano sono stati fissati sulla base di prove convenzionali per salvaguardare, giustamente, la salute del consumatore.

Inoltre, in Italia è recentemente entrato in vigore il DM 6 aprile 2004 n. 174 "Regolamento concernente i

materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano", una legge specifica per i materiali idonei al contatto con l'acqua potabile; per ciò che concerne l'inox, in tale documento si fa riferimento alla lista positiva contenuta nel sopraccitato DM 21/3/73 (**tab. 5**) per sancire i tipi di inossidabile idonei al contatto con l'alimento di base, ovvero l'acqua.

A livello comunitario, in abrogazione delle direttive CEE 80/590 e 89/109, è stato emanato il regolamento CE 1935/2004 del 27 ottobre 2004, riguardante i materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari che, nel caso dell'inox rimanda, alle singole legislazioni dei paesi della Comunità Europea. Esistono anche alcune norme e leggi nazionali relative all'impiego dell'inox nel settore delle acque potabili, di cui è riportato un elenco nella **tab. 6**.

Parlando invece di qualità dell'acqua, la "Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 novembre 1998 concernere la qualità delle acque destinate al consumo umano" ne stabilisce i requisiti affinché essa pos-

sa considerarsi potabile. L'Articolo 10 di tale direttiva recita: "Gli Stati membri adottano tutte le disposizioni necessarie affinché nessuna sostanza o materiale per i nuovi impianti utilizzati per la preparazione o la distribuzione delle acque destinate al consumo umano o impurità associata a tali sostanze o materiali per i nuovi impianti sia presente in acque destinate al consumo umano in concentrazioni superiori a quelle necessarie per il fine per cui sono impiegati e non riducano, direttamente o indirettamente, la tutela della salute umana prevista dalla presente direttiva...".

Circa l'influenza che il materiale può avere sulle caratteristiche, si segnala comunque che da test di cessione, commissionati dalla Comunità Europea ad alcuni laboratori nazionali, sono emersi risultati estremamente positivi per l'acciaio inossidabile (**tab. 7**).

A testimonianza del sempre crescente interesse per l'acciaio inox da parte del settore dell'acqua potabile, riportiamo alcuni recenti esempi applicativi.

La rubinetteria

Mentre è diffuso l'impiego di acciaio inossidabile per la rubinetteria industriale, è bene ricordare che l'inox è da qualche tempo impiegato anche per quella do-

mestica. Visitando le fiere del settore è ormai possibile trovare più di un'azienda che affianca rubinetti inox a quelli realizzati con i materiali tradizionali. Le sempre più restrittive richieste sulla qualità dell'acqua hanno spinto alcuni produttori a cercare un materiale alternativo a quello generalmente utilizzato (ottone cromato).

Con l'acciaio inox è così possibile far sposare le esigenze di design con quelle derivanti dalle norme vigenti. Altro aspetto che è stato possibile cogliere da interviste effettuate è quello relativo all'inalterabilità nel tempo. Infatti, i cicli di pulizia gradualmente assottigliano il rivestimento dei tradizionali rubinetti, portando allo scoperto il classico colore giallo oro del materiale sottostante. In grossi complessi, come gli hotel, è quindi ben vista una soluzione che elimina il problema sopraccitato.

Potabilizzazione

Tra le realizzazioni più significative degli ultimi anni c'è sicuramente l'impianto di potabilizzazione del lago di Como. Realizzato nel 2002 l'impianto ha una capacità di trattamento annua di 16 milioni di metri cubi d'acqua, pari a 600 l/s e la sua realizzazione ha consentito di raddoppiare il volume d'acqua trattato dalla vecchia stazione di potabilizzazione.

L'impianto ha visto l'impiego di circa 49 t di acciaio inossidabile dei tipi AISI 304 e AISI 316, questo ultimo impiegato per le linee convoglianti ozono e additivi chimici, sviluppando un percorso di tubazioni per una lunghezza complessiva di 958 m (**figg. 4-5**). I diametri delle tubazioni in gioco sono stati DN 400/500/700 con spessori di 3 e 4 mm.

Serbatoio di accumulo

La funzione principale dei serbatoi di accumulo degli acquedotti è quella di costituire una riserva in grado di soddisfare le "portate di punta". Oggi, però, oltre al dimensionamento, si pone particolare attenzione anche all'aspetto igienico, alla gestione degli impianti e ai costi di manutenzione.

L'inquinamento può manifestarsi in qualunque punto di un sistema di acquedotto ma, mentre alla "fonte" e nella "rete", essendo zone fortemente dinamiche, è difficile che il fenomeno possa insorgere spontaneamente, nel serbatoio, dove i movimenti idrici avvengono molto lentamente, esiste sempre il rischio di proliferazione batterica, soprattutto nelle zone di



FIG|05 Fasi di posa delle lastre.

TAB|07 | Alcuni test di cessione eseguiti su acciai inossidabili

ESECUTORE DEL TEST	PROCEDURA
Co-normative research	BS 7766:1994 and rig tests
DWI (Drinking Water Inspectorate)	BS 7766 modified
ITS (Interlek Testing Services)	BS 7766:2001
European Commission – Directorate-General for Research - Technical Steel Research “Assessment of stainless steels’ compatibility in food and health applications regarding their passivation ability” – Contract No 7210-KB/422, 340 (1 July 1996 to 30 June 1999)	Evaluation of the leaching rate in synthetic drinkable water with immersion test of one week at 23°C and 70°C; Electrochemical study in the same water to plot the polarisation curves
LaQue Center for Corrosion Technology, Inc- “Hazard Classification of Alloys” – Prepared for the International Council on Metals and the Environment	Corrosion/Leaching tests
British Steel plc, Swinden Technology – Avesta Sheffield Ltd ECSC contract 7210.MA/818	Leaching rig tests

bagna-asciuga delle pareti e negli angoli opposti alla presa.

La soluzione riportata nelle immagini di seguito (**figg. 4-5**) si basa sull’assemblaggio di pannelli prefabbricati, composti da due lastre parallele in calcestruzzo vibrato di spessore 5 cm, collegate tra loro mediante tralicci elettrosaldati, incorporati nel getto, e da ripartitori ancorati ai tralicci o mediante staffe. La superficie della lastra che sarà messa a contatto con l’acqua viene rivestita con un foglio di acciaio inox EN 1.4301 (AISI 304) di spessore 1,5 mm.

Si saldano fra loro i lembi inox (risultanti da una maggiore larghezza della lamiera rispetto alla lastra in calcestruzzo) ottenendo così un perfetto muro a tenuta stagna. Nello stesso modo verrà effettuata la copertura inox sul fondo della vasca.

Il sistema consente una notevole riduzione dei tempi di realizzazione, della manodopera specializzata, dell’attrezzatura impiegata e dei costi di messa in opera. Questo risparmio, unito a quello consentito dai quasi dimezzati costi di esercizio nell’intero ciclo di vita preventivato per l’acquedotto (50 anni), non solo compensa le maggiori spese iniziali derivanti dall’impiego dell’acciaio inossidabile, ma rende questa soluzione decisamente competitiva.

IL SETTORE DELLA DEPURAZIONE

L’impiego di acciaio inossidabile negli impianti di depurazione delle acque reflue è sempre in crescita. In varie parti del mondo l’esperienza ha condotto a considerare l’inox come uno dei materiali più idonei a questo tipo di applicazione, in virtù delle sue caratteristiche di resistenza alla corrosione nonché di agevole trasformazione ed installazione. In America,

dal 1960 sono stati costruiti circa 1600 impianti di depurazione di acque reflue in cui l’inox ha trovato applicazione in molte parti (sistemi di aerazione, tubazioni di ricircolo dei biogas e di trasferimento fanghi, saracinesche, valvole, griglie, corrimano e così via)

I tipi di acciaio inossidabile generalmente impiegati sono l’AISI 304 (EN 1.4301) e l’AISI 316 (EN 1.4401) eventualmente nelle versioni a basso carbonio (304L, 316L). Solo in condizioni estreme (es. elevati tenori di cloruri) si ricorre a leghe più nobili come gli acciai inossidabili duplex (es. 2205 - EN 1.4462) o i super-austenitici con elevati tenori di molibdeno (6%). La scelta del giusto tipo è condizionata da vari fattori, primo fra tutti il tenore di cloruri presenti nell’acqua;

**FIG|06** | Dettaglio di un impianto di depurazione.

TAB|08 Acciai inossidabili generalmente utilizzati nella dissalazione

Alimentazione impianti	
Acqua di mare	S31254, S32750 (2507)
Distillazione MSF	
Fasciame evaporatori (1° stadio)	S31254, S32750 (2507)
Fasciame evaporatori (Stadi oltre il 1°) Occasionalmente (Metà sup.)	S32205 (2205) S32304 (2304) o S32101
Componenti interni evaporatori	S32750 (2507) o S32205 (2205)
Condensatori: tubi + piastre tubiere	S31254, S32750 (2507), S32205 (2205), S44735
Sfiati	316L, S32205 (2205), S32750 (2507), S31254
Distillazione LT-MED	
Fasciame evaporatori (Metà inf.) (Metà sup.)	S32205 (2205) S32304 (2304) o S32101
Sfiati	316L, S32205 (2205), S32750 (2507), S31254
Osmosi Inversa per Acqua di mare	
Tubi alta pressione & sistemi recupero	S31254, S32750 (2507)
Osmosi Inversa per Acqua Salmastrea	
1° passaggio: tubi alta pressione & sistemi recupero	S32205 (2205)
2° passaggio: tubi alta pressione & sistemi recupero	S32304 (2304), S32101
Acqua dissalata	
Serbatoi e tubi	Correnti: 304L e 316L Alternative: S32101, S32304 (2304), S32205 (2205)

non si devono comunque dimenticare le condizioni di velocità del fluido, le lavorazioni di messa in opera, la presenza di depositi ecc.

Cura deve essere posta nella realizzazione delle saldature con particolare riguardo alla penetrazione del giunto e alla sua pulizia.

Per ciò che concerne i costi, la durabilità garantita dagli acciai inossidabili consente di compensare nel tempo i maggiori costi iniziali. Il costo del ciclo di vita (LCC, Life Cycle Cost) è ormai entrato a fare parte dei parametri di progetto di grandi impianti destinati ad una vita utile di decine di anni: l'analisi comprende i costi iniziali, quelli di manutenzione e riparazione, il costo del denaro. In diversi casi, per impianti di depurazione, l'inossidabile si è rivelata la scelta vincente in termini tecnico-economici.

IL SETTORE DELLA DISSALAZIONE

L'acqua dolce è una delle più importanti risorse, insieme all'ossigeno, per la vita del genere umano sulla terra e rappresenta solo il 2,5% del totale delle acque (dolci, salmastre, marine) del nostro pianeta. Di questa, solo lo 0,3% (quindi meno dello 0,01% del totale generale) è sfruttabile (laghi, fiumi e corsi d'acqua) mentre la gran parte non è disponibile in quanto oltre due terzi è congelata in calotte polari, ghiacciai e nevai, mentre circa un terzo è irraggiungibile perché sotterranea.

Il bisogno di acqua dolce aumenta con la popolazione e con il conseguente incremento nella richiesta di prodotti agricoli. La crescita demografica degli ultimi



FIG|07 Tubazioni in acciaio inox duplex per il primo stadio di processo di un impianto a osmosi inversa.

50 anni, l'inquinamento ambientale e il controverso riscaldamento globale hanno dimezzato la disponibilità pro capite di acqua. Se si considera allora che il 40% della popolazione mondiale vive a meno di 70 km da una costa marittima, si spiega la crescente domanda di acqua dolce da dissalazione di acqua salmastra o di mare, non solo nelle aree desertiche, ma anche in paesi a clima moderato come l'Italia.

Nel 2005 il Nickel Institute ha stimato in almeno 120 i Paesi in cui erano già installati impianti di dissalazione e la stessa fonte ritiene che nel giro di un decennio ci sarà il raddoppio della capacità produttiva: dai 31 milioni di metri cubi al giorno del 2005 ai 62 milioni metri cubi al giorno del 2015.

Per dissalazione si intende il processo che rimuove l'eccesso di sali o altri minerali dall'acqua, l'interesse odierno concerne lo sviluppo di processi su scala industriale per produzioni sempre più competitive di acqua dolce. Diverse sono le tecniche adottabili, ma le più diffuse sono due, che di seguito vengono brevemente descritte.

La distillazione prevede l'ebollizione dell'acqua di mare e la condensazione del vapore acqueo da essa prodotto, secondo due possibili processi multi effetto, ovvero Multy Stage Flash (MSF) e Low Temperature Multy Effect Desalination (LT-MED)

Più recente e innovativa è la tecnica dell'osmosi inversa. Prevede l'impiego di membrane semipermeabili che lasciano filtrare l'acqua dolce mentre trattengono gli ioni metallici e i sali. La possibilità di produrre anche piccole quantità di acqua trattata (es. sulle barche) e la continua riduzione dei costi delle membrane negli ultimi 10 anni ne hanno certamente spinto la diffusione. Le fasi principali di tale processo sono:

- clorazione biocida per prevenire depositi, biologici e non, sulla membrana;
- pressurizzazione con pompe a 55-80 bar;
- raccolta dell'acqua dolce permeata.

Visto il fluido trattato è facile intuire che, qualunque sia la soluzione adottata, le condizioni di lavoro a cui sono sottoposti i materiali di questi impianti sono molto aggressive. Le acque di mare e salmastre presentano livelli di cloruri e cariche batteriche che stressano notevolmente i materiali che vi entrano in contatto, soprattutto a temperature superiori a quella ambiente.

L'evoluzione nei materiali impiegati ha visto il pas-

saggio da acciai al carbonio placcati con leghe Cu-Ni 90/10 o verniciati utilizzati negli anni Ottanta, ad acciai al carbonio placcati sempre con leghe Cu-Ni 90/10 o con inox 316L negli anni Novanta, fino all'utilizzo di lamiere inox austenitico o duplex con conseguenti riduzioni di spessori, costi e tempi di produzione.

A secondo degli stadi, la scelta della lega passerà dai più comuni inox al Cr-Ni come 304 e 304L fino a quelli specificatamente pensati per ambienti estremamente aggressivi, come superduplex, superaustenitici e superferritici.

Sulla base delle ormai numerose esperienze, nella **tab. 8** si sono individuate le diverse tipologie di leghe generalmente impiegate per i vari componenti. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Boneschi, M. Boniardi, *Gli acciai inox e la resistenza alla corrosione*, "Lamiera", aprile 2008.
- [2] F. Capelli, V. Boneschi, *Acque potabili, acque reflue e gas: il ruolo dell'acciaio inossidabile*, memoria per il convegno organizzato dall'Associazione Idrotecnica Italiana "Condotte per acqua e gas", Isola d'Ischia 20-21 settembre 2001.
- [3] "Inossidabile", rivista del Centro Inox di Milano, nn.150, 156, 163, 167, 171.
- [4] L. Fassina, *La resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili nell'acqua*, Nickel Institute, memoria per il seminario "Gli acciai inossidabili: leghe resistenti alla corrosione per gli impianti di dissalazione" fiera H2O, Ferrara 2008.
- [5] U. Volpato, A. Baghino, *Acciaio inossidabile: un materiale idoneo per gli impianti di dissalazione*, Fisia Italimpianti, memoria per il seminario "Gli acciai inossidabili: leghe resistenti alla corrosione per gli impianti di dissalazione" fiera H2O, Ferrara 2008.
- [6] *Applications for Stainless Steel in the Water Industry*, SCI, Avesta Sheffield, NiDI, WRC, gennaio 1999.
- [7] P. Cutler, "Stainless steel in the water industry - A global solution", Nickel Institute, *Symposium l'inox partenaire de l'eau*, Marsiglia (Francia) 10-11 ottobre 2007.
- [8] Curtis W. Kovack, *High Performance Stainless Steels*, Nickel Institute 2000.
- [9] M. Vullierme, "Perspectives mondiales en eau potable", Véolia Eau, *Symposium l'inox partenaire de l'eau*, Marsiglia (Francia), 10-11 ottobre 2007.
- [10] Easy MED, www.easymed-eu.com.
- [11] J. Fritz, *High Molybdenum Containing Stainless Steels Help Provide Fresh Water to the World*, TMR Stainless, IMO Newsletter, luglio 2001.
- [12] J. Olsson, V. Jägerström, I. Resini, *MSF Chambers of Solid Duplex Stainless Steel*, International Desalination Association Bahamas 2003 -148.
- [13] S. Jacques, J.Peultier, V. Baudu, B. Chareyre, *Corrosion Resistance of Duplex Stainless Steel for Thermal Desalination Plants*, Industeel Arcelor-Mittal Group, IDAWC/MP07-030, Spagna, 21-26 ottobre 2007.
- [14] G. Crawford, *Go with the Flow: A Glimpse into the Future of Fresh Water*, "Nickel Magazine", novembre 2005.