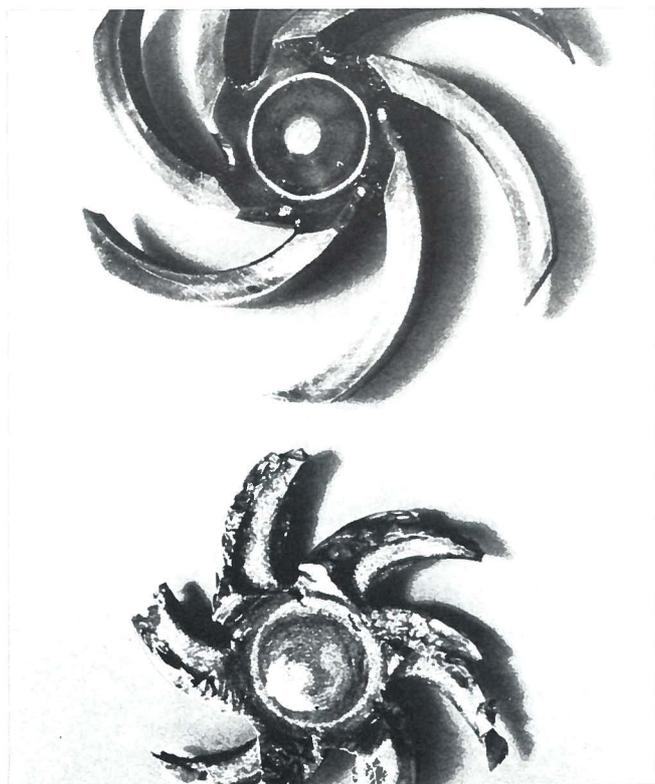


CONTRO LA CORROSIONE

La protezione anodica



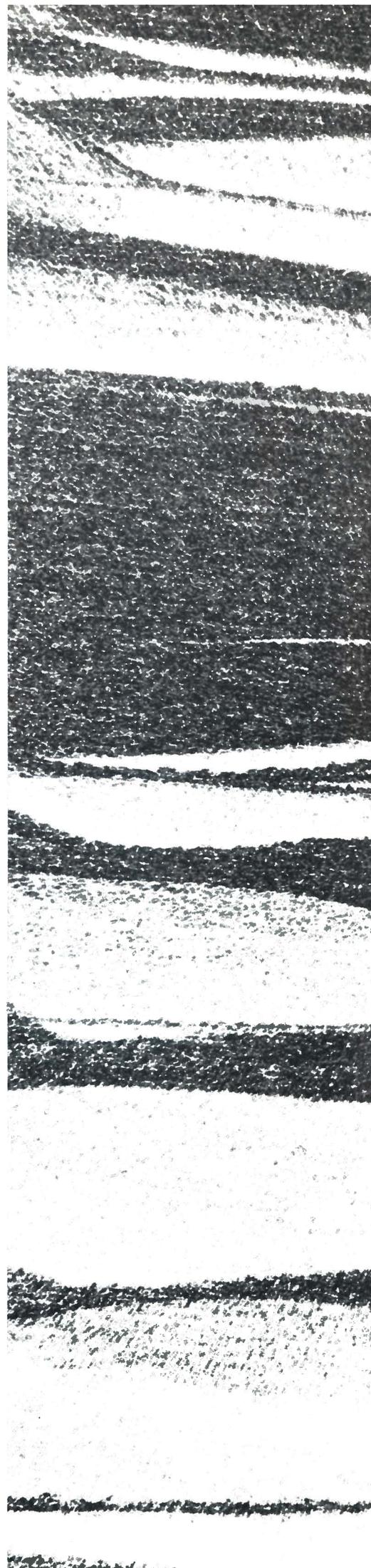
La corrosione sta divorando i vostri impianti? La protezione anodica potrebbe essere la risposta.

di Luciano Lazzari, Bruno Mazza, Pietro Pedeferrì

La protezione anodica dei materiali metallici è una tecnica di prevenzione e protezione dalla corrosione tra le più recenti e che ha presto trovato utilizzazione nell'industria chimica, ma che ancor più potrebbe trovarne in futuro. Nell'articolo vengono illustrati i fondamenti teorici e le principali applicazioni pratiche di questa tecnica, insieme con l'apparecchiatura (potenziostato) necessaria per la sua attuazione.

La resistenza alla corrosione dei materiali metallici può aumentare notevolmente nelle condizioni in cui alla loro superficie si producono fenomeni di passivazione, cioè si ha formazione di film di ossidi o più in generale di prodotti di corrosione. In questi casi la ca-

ratteristica anodica potenziale densità di corrente (E/i) assume l'andamento schematizzato in Fig. 1 ed il materiale è detto a comportamento attivo/passivo. In un primo intervallo, di attività del materiale, la velocità di dissoluzione cresce con il potenziale finché, in corrispon-





denza alla densità di corrente critica di passivazione i_{cp} raggiunta al potenziale E_{pp} di formazione del film di ossido, la velocità scende più o meno bruscamente a valori bassissimi i_p e a tali valori si conserva per tutto l'intervallo successivo di passività: solo per potenziali più elevati di quello di transpassività E_t la velocità di dissoluzione può di nuovo crescere, ad esempio per passaggio in soluzione di ioni metallici a valenza più elevata.

La caratteristica anodica dei materiali attivo-passivi e quindi i valori di E_{pp} , E_p , E_t , i_{cp} ed i_p , dipendono ovviamente dalle condizioni ambientali. In particolare gli aumenti di temperatura, di acidità, di concentrazione di ioni aggressivi (soprattutto cloroioni) fanno diminuire l'ampiezza dell'intervallo di passività ed aumentare i_p e i_{cp} (Fig. 2). Poiché le condizioni di funzionamento (E_{cor} , potenziale di corrosione ed i_{cor} , densità di corrente di corrosione) di un sistema di corrosione sono date dal punto di intersezione della caratteristica anodica con quella catodica (la posizione di quest'ultima dipendendo dal potere ossidante dell'ambiente), tali condizioni, per un materiale attivo-passivo, potranno cadere, al variare del potere ossidante dell'ambiente, nell'intervallo di attività o di passività o di transpassività (vedere ancora Fig. 1 per le diverse caratteristiche catodiche da c_1 a c_4).

Nel caso in cui l'ambiente non sia dotato di potere ossidante sufficientemente elevato per consentire al materiale di operare nel campo passivo, è comunque possibile in-

segue →

Disegni ottenuti su una superficie di titanio per ossidazione anodica in soluzione acida (ad esempio solforica e/o fosforica) con la tecnica messa a punto da Pietro Pedeferrì, descritta nei suoi libri: « Disegni su titanio », CLUP, Milano, 1981 e « Colori su titanio », CLUP, Milano, 1982.

I vari colori (prodotti per interferenza del film di ossido formati alla superficie metallica e dipendenti pertanto dal loro spessore e non invece dalla presenza di pigmenti) sono ottenuti non solo variando la tensione e il tempo di ossidazione, come nelle tecniche tradizionali di colorazione del titanio, ma anche agendo sulle condizioni iniziali di funzionamento anodico, di cui il titanio conserva sempre memoria nelle proprietà cromatiche (e più in generale strutturali, elettriche, elettrochimiche) dei suoi ossidi.

Questa capacità di memoria del titanio è stata sfruttata da Pietro Pedeferrì per mettere a punto, oltre a un nuovo metodo di pitturazione, anche una particolare tecnica cronofotografica che consente di visualizzare fenomeni, quali movimenti di liquidi o reazioni chimiche, che avvengono o sono fatti avvenire alla superficie del titanio.

(segue da pag. 55)

staurare condizioni di passività alla superficie metallica ricorrendo ad opportuni metodi di protezione, e cioè facendo funzionare, con l'ausilio di un generatore esterno, la struttura da proteggere anodicamente rispetto ad uno o a più catodi posti nell'ambiente aggressivo (Fig. 3), oppure intervenendo sull'ambiente mediante l'aggiunta di sostanze ossidanti, o sul materiale metallico mediante alligazioni opportune che favoriscano il prodursi del processo catodico (è ad esempio il caso del titanio alligato con palladio).

In questo articolo parleremo solo del primo di questi metodi di protezione, detto appunto protezione anodica, che è stata realizzata per la prima volta da C. Edeleanu nel 1954 (1).

Il principio del metodo è stato appena richiamato. Ovviamente, per realizzare condizioni di protezione (punto P in Fig. 1) partendo da condizioni di attacco (punto A in Fig. 1) è necessario che la corrente esterna (che risulterà pari alla differenza fra le corrispondenti correnti anodica e catodica: $i_e = i_a - i_c$ per unità di area della superficie metallica) raggiunga un valore critico che consenta di superare il po-

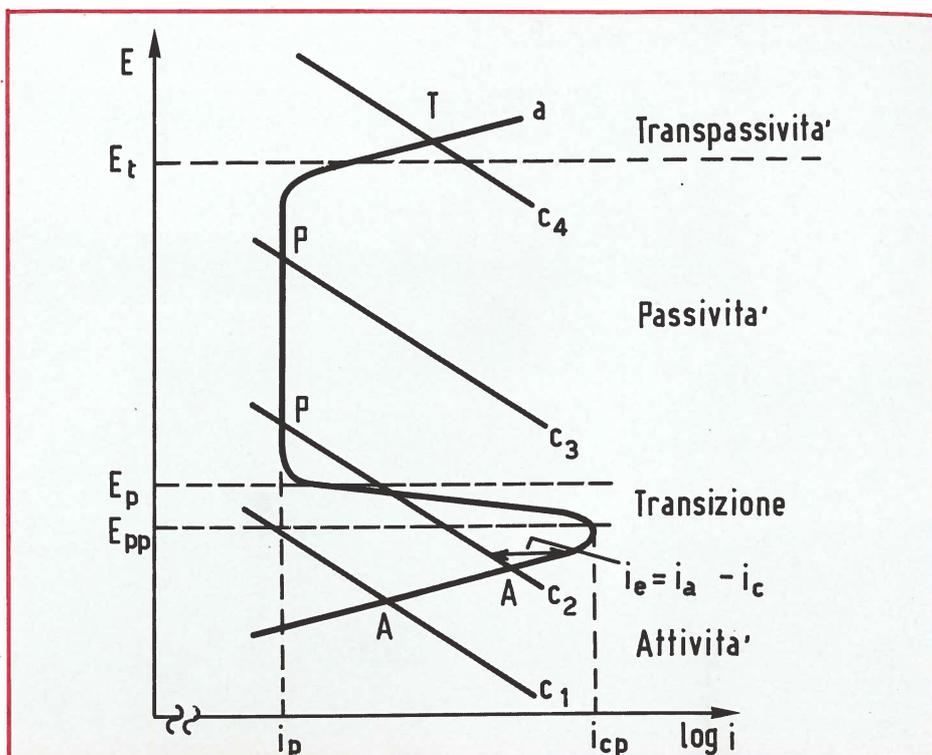


Fig. 1 - Diagrammi schematici potenziale/densità di corrente inerenti al processo anodico (a) e catodico (da c₁ a c₄, al variare del potere ossidante dell'ambiente) su un materiale metallico a comportamento attivo/passivo.

tenziale E_{pp} . Tale valore, in prima approssimazione, è assimilabile ad i_{cp} , essendo i_c in corrispondenza al potenziale E_{pp} molto minore di i_{cp} o addirittura nullo se E_{pp} è superiore al (più nobile del) potenziale di equilibrio del processo catodico.

Nel caso in cui il processo catodico abbia una caratteristica del tipo c₂ (vedere sempre Fig. 1), le condizioni di passività, una volta instaurate, permangono anche senza l'intervento di sorgenti esterne. Ciò non accade invece nel caso in cui la caratteristica catodica sia del tipo c₁, per il quale l'azione protettiva viene a mancare interrompendo la corrente esterna.

La densità di corrente scambiata alla superficie metallica in condizioni di protezione anodica è pari alla

densità di corrente di passività i_p e misura una velocità di corrosione estremamente bassa.

Ovviamente si deve evitare che il potenziale imposto al materiale metallico sia troppo elevato per non portare il materiale stesso in condizioni di transpassività, oppure in condizioni in cui, ad esempio per presenza nell'ambiente di cloruri, intervengano fenomeni di « rottura » dei film protettivi.

Le applicazioni

La protezione anodica ha trovato svariate applicazioni (15) per la riduzione della velocità di corrosione di materiali diversi: acciai al carbonio, inossidabili, ghise, titanio, ecc., posti in ambienti in genere fortemente aggressivi: acidi, basi, soluzioni saline (Tab 1). Il campo di maggiore interesse pratico è quello relativo a stoccaggio, produzione e servizio di acido solforico concentrato. In particolare la protezione anodica applicata ai serbatoi in acciaio al carbonio consente di ridurre anche di due ordini di grandezza sia la velocità di corrosione generalizzata, e di conseguenza l'inquinamento in ferro dell'acido stesso, sia la quantità di idrogeno prodotto e quindi i relativi pericoli di scoppio.

Sempre nel caso di acido solforico concentrato, la protezione anodica ha trovato utilizzazione per preveni-

Tab. 1 - Tipici sistemi di corrosione ai quali è applicata la protezione anodica

Materiale metallico	Ambiente aggressivo
Acciaio al carbonio	Oleum, acido solforico, acido fosforico, ammoniaca in soluzione acquosa, soluzioni di nitrato d'ammonio, soluzioni di ammoniaca e nitrato d'ammonio; soluzioni di ammoniaca, nitrato d'ammonio e urea
Acciaio inossidabile	Acido solforico, miscele di acidi solforico e nitrico, acido fosforico, soluzioni di nitrato d'ammonio, soluzioni di solfato d'alluminio, soda caustica, acidi solfonici, acido ossalico, acido solfamminico
Titanio	Soluzioni cloridriche acide, soluzioni di cloruri di Cr (II) e Cr (III), acido solforico

Tab. 2 - Variabili operative per la protezione anodica di alcuni materiali metallici in diverse condizioni ambientali (2, 3, 6, 7, 9)

Materiale metallico	Ambiente aggressivo	Temperatura (°C)	Densità di corrente per stabilire la passività i_{cp} (A/m ²)	Densità di corrente per mantenere la passività i_p (A/m ²)
AISI 304	Acido fosforico 115%	25	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
	Acido fosforico 115%	80	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
	Acido fosforico 115%	175	$6,5 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
	Acido nitrico 80%	25	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$
	Acido solforico 67%	25	50	$3,8 \cdot 10^{-2}$
AISI 316	Soda caustica 20%	25	47	$1,0 \cdot 10^{-1}$
	Acido solforico 67%	25	5,0	$1,0 \cdot 10^{-3}$
	Acido solforico 67%	65	40	$3,0 \cdot 10^{-3}$
Acciaio al carbonio Lega 20	Acido solforico 67%	95	110	$9,0 \cdot 10^{-3}$
	Acido solforico 93%	25	2,8	$2,2 \cdot 10^{-1}$
Titanio	Oleum	25	47	$1,2 \cdot 10^{-1}$
	Acido solforico 67%	25	4,2	$9,3 \cdot 10^{-3}$
	Acido solforico 50%	120	9,0	$1,0 \cdot 10^{-2}$
Titanio	Acido solforico 67%	25	—	$8,0 \cdot 10^{-4}$
	Acido solforico 40%	60	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$

passivazione i_{cp} (che definisce la corrente che il sistema di protezione deve essere in grado di erogare per portare il materiale in condizioni di passività); dal valore della densità di corrente di passività i_p (che misura la velocità di attacco una volta che le condizioni di passività siano state raggiunte); dall'ampiezza dell'intervallo di passività ($E_p \div E_i$) (che definisce il campo di potenziali entro cui la superficie del materiale deve operare). Il titanio, ad esempio, nella stragrande maggioranza degli ambienti presenta sotto questo riguardo migliori proprietà rispetto agli acciai, anzitutto perchè possiede bassi valori di i_{cp} ed i_p . Così pure gli acciai inossidabili austenitici, ed in particolare tra questi i tipi con molibdeno, si prestano meglio ad essere protetti, rispetto a quelli ferritici, perchè presentano in genere una i_{cp}

re attacchi per turbolenza che si verificano all'interno di scambiatori di calore in AISI 316L (11, 12, 14). Questi attacchi, che si manifestano in forma particolarmente intensa (con velocità di penetrazione dell'ordine di diversi mm/anno), sono dovuti alla relativa instabilità meccanica del film di prodotti di corrosione costituiti da solfati di ferro, cromo e nichel che in quest'ambiente ricoprono l'acciaio inossidabile e che solo in assenza di moti turbolenti sono in grado di garantire la protezione. L'applicazione della protezione anodica trasforma

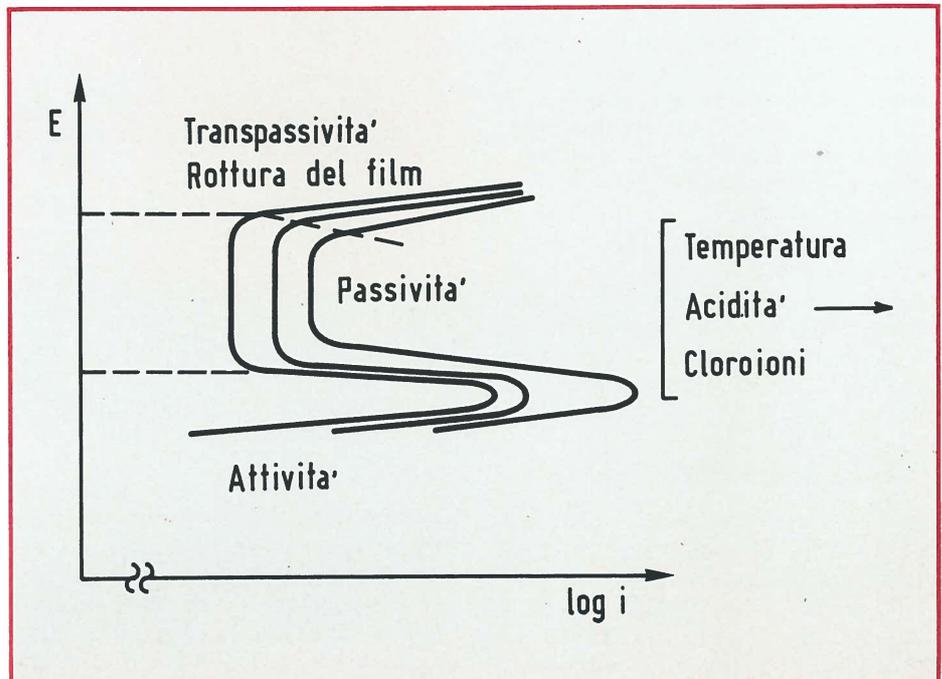


Fig. 2 - Effetto schematico delle condizioni ambientali: temperatura, acidità e concentrazione di ioni aggressivi (cloruri) sulla caratteristica anodica di un materiale metallico a comportamento attivo/passivo.

Nomenclatura

- E = potenziale del metallo (rispetto a un elettrodo di riferimento, ad esempio l'elettrodo standard a idrogeno, l'elettrodo a calomelano saturo, ecc.)
- E_{pp} = potenziale di passivazione primaria
- E_p = potenziale di passività
- E_t = potenziale di transpassività
- i = densità di corrente
- i_{cp} = densità di corrente critica di passivazione
- i_p = densità di corrente di passività

- S = struttura da proteggere (anodo)
- C = controlettrodo (catodo)
- ER = elettrodo di riferimento
- R = resistenza
- D = amplificatore differenziale
- K = amplificatore
- G = generatore di corrente comandato in tensione
- A = amperometro
- E = potenziale della struttura (rispetto all'elettrodo di riferimento)
- E_{pt} = potenziale di protezione
- I = corrente erogata dal potenziostato

questi film in altri costituiti essenzialmente da ossidi con migliori caratteristiche meccaniche e tali quindi da metterli in grado di sopportare i moti turbolenti; essa inoltre consente di lavorare a temperature più elevate.

Le variabili operative

La possibilità di effettuare la protezione anodica, la facilità con cui la si può realizzare e la sua efficacia dipendono dalla caratteristica anodica potenziale/densità di corrente ed in particolare: dal valore della densità di corrente critica di

più bassa.

Sia la densità di corrente di passività i_p che quella critica di passivazione i_{cp} dipendono ovviamente, oltre che dal materiale metallico, anche dall'ambiente in relazione alla sua natura, composizione, temperatura (vedere Tab. 2). Anche il tenore dei costituenti secondari presenti nell'ambiente e quindi la purezza dei prodotti trattati è importante. Ad esempio, la presenza di cloruri nell'acido solforico concentrato, anche in basse percentuali, fa aumentare anche di più di un ordine di grandezza i valori di i_{cp} ed

i_p degli acciai al carbonio ed inossidabili.

Per quanto riguarda il limite superiore dell'intervallo di passività, nel caso del titanio esso varia con le condizioni ambientali, ma è sempre dell'ordine di parecchi volt, tanto che in pratica esso non viene mai raggiunto. Anche per l'acciaio al carbonio in acido solforico concentrato tale limite è elevato (ad esempio passa da circa 2 a 5 V quando la concentrazione dell'acido cresce dal 67 al 96%), mentre è basso nel caso degli acciai e delle leghe inossidabili. L'intervallo di passività di questi ultimi materiali non supera in genere 1 V. Spesso, anzi, specialmente ad elevata temperatura o se nell'ambiente sono presenti specie depassivanti come i cloroioni, risulta notevolmente più ristretto.

Il potere penetrante

Il potere penetrante della protezione anodica, che esprime il grado di uniformità conseguibile nella distribuzione della corrente di protezione su una struttura di forma qualsivoglia, risulta in generale soddisfacente, almeno una volta che siano state raggiunte le condizioni di passività, per i seguenti motivi:

- le correnti in gioco sono modeste;
 - la conducibilità degli ambienti aggressivi è elevata;
 - la resistenza dei film superficiali anodici è in generale notevole.
- In pratica, il potere penetrante della protezione anodica è tale da consentire di passivare tutta la superficie di una apparecchiatura protetta, anche di geometria complessa, con differenze di potenziale tra i diversi punti della superficie contenute entro qualche decina di millivolt.

Non è invece sempre soddisfacente (4) il potere penetrante della protezione anodica nella fase iniziale

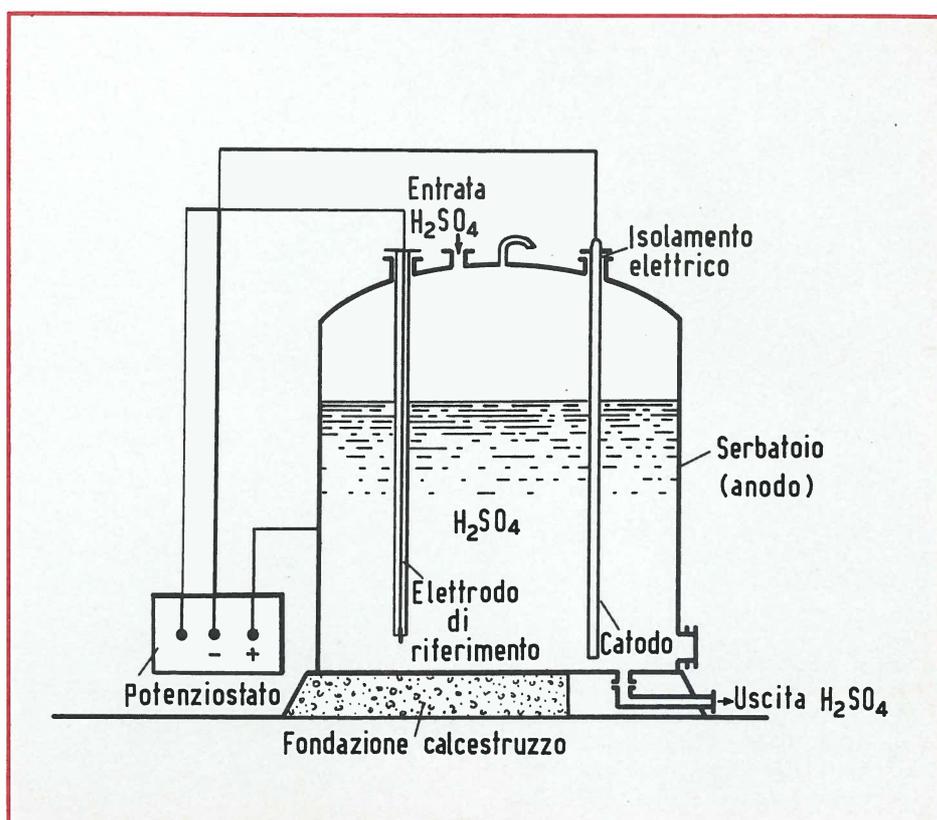


Fig. 3 - Rappresentazione schematica del sistema di protezione anodica di un serbatoio in acciaio contenente acido solforico. Catodo in AISI 304, Hastelloy C, ghisa al silicio, ecc. (15). Elettrodo di riferimento: platino, platino/ossido di platino, mercurio/solfato mercurioso, ecc. (15).

in cui il materiale non è ancora stato passivato, soprattutto in presenza di fessure, tanto che, nel caso di sistemi materiale/ambiente caratterizzati da elevati valori di i_{cp} , il raggiungimento delle densità di corrente sufficienti per passivare il materiale anche nelle regioni schermate non sempre può essere assicurato (in questi casi si può ricorrere, prima di effettuare la protezione anodica, a pretrattamenti di passivazione condotti in ambienti opportuni).

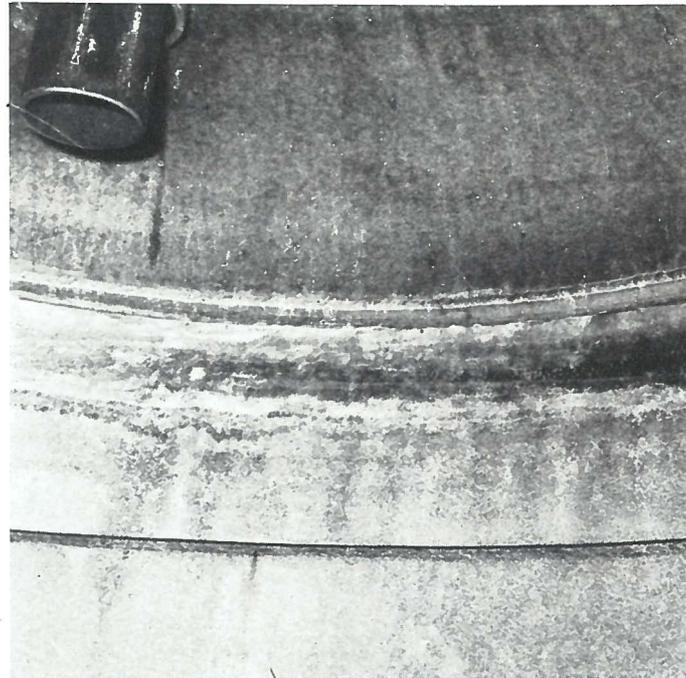
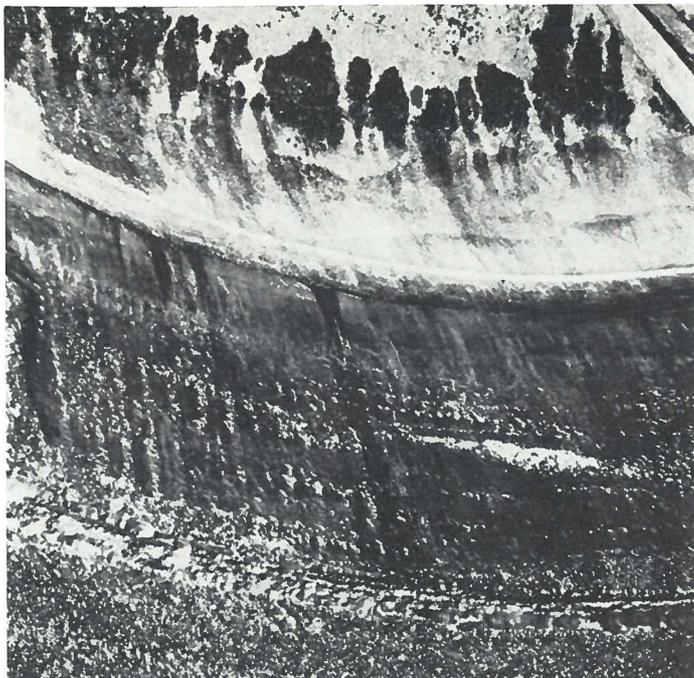
Effetti indesiderati di esaltata corrosione (16) possono insorgere su parti di impianto a contatto elettrico con l'apparecchiatura protetta ed esposte allo stesso fluido aggressivo (un esempio tipico è costituito da tubazioni collegate a un contenitore protetto anodicamente). Infatti, man mano che ci si allontana dall'apparecchiatura protetta, il potenziale del metallo decresce dal valore di protezione E_{pt} fino a quello di corrosione libera E_{cor} , passando su certe aree localizzate attraverso al valore E_{pp} , in corrispondenza al quale l'attacco si produrrà con velocità i_{cp} di gran lunga superiore alla velocità corrispondente ad E_{cor} . Per prevenire questi effetti indesiderabili della protezione anodica si può fare ricorso a

diverse tecniche, quali: l'installazione di catodi ausiliari, la passivazione in condizioni più favorevoli (ad esempio a potenziali più elevati, o in presenza di inibitori anodici ossidanti, o a temperature più basse ecc.), l'applicazione di materiali autopassivanti, l'installazione di sezioni di metallo meno nobile e quindi sacrificiale, l'installazione di giunti o di sezioni isolanti. Sono state anche messe a punto, con migliori risultati, tecniche che fanno ricorso congiuntamente all'installazione di sezioni isolanti e di anodi ausiliari (o sezioni sacrificali) (16).

Il sistema di alimentazione

Alimentazione potenziostatica - La struttura protetta è mantenuta al potenziale di protezione E_{pt} mediante un sistema di alimentazione di tipo potenziostatico (Fig. 3). Si tratta di un sistema che utilizza un generatore in grado di far circolare, tra la struttura da proteggere S e un controlettrodo C, una corrente tale che il potenziale della struttura rispetto ad un elettrodo di riferimento ER sia mantenuto al valore desiderato E_{pt} .

In Fig. 4 è riportato lo schema di funzionamento di un potenziostato. Il potenziale E di S rispetto all'elet-



Fasciame e volta di un reattore in acciaio inossidabile altolegato in esercizio con acido solforico a temperatura superiore a 100 °C.

Idem, ma dopo applicazione di protezione anodica.

(dall'Archivio del Dipartimento Corrosione ed Elettrochimica dell'Istituto G. Donegani di Novara)

trodo di riferimento è confrontato con il potenziale di protezione E_{pt} mediante un apparato atto a fornire un segnale proporzionale alla differenza $E - E_{pt} = \Delta E$. Questo segnale, ulteriormente amplificato ($K \times \Delta E$), viene trasmesso ad un generatore di corrente in modo da far variare E , che è funzione della cor-

rente erogata I , fino a far sì che la differenza $E - E_{pt}$ si annulli.

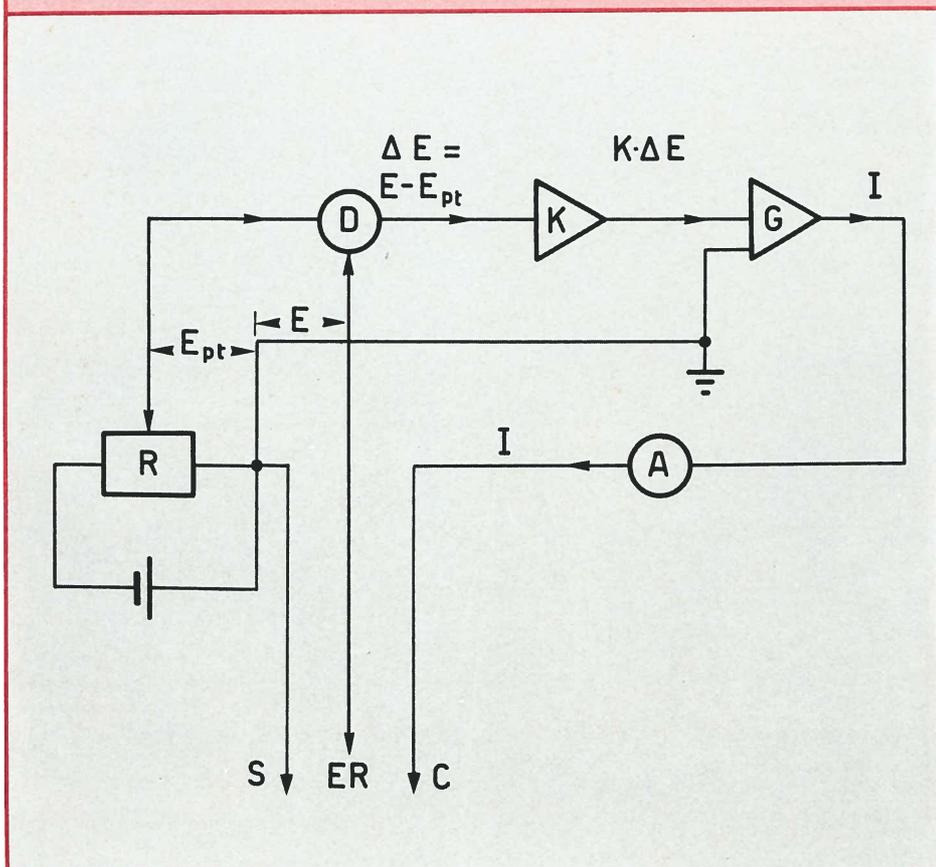
Potenza del generatore - La corrente necessaria per instaurare la protezione (proporzionale a i_{cp}) e quella che serve per mantenerla (proporzionale a i_p) sono molto diverse tra loro. Ad esempio, il sistema di protezione di un serbatoio in ac-

ciaio inossidabile tipo AISI 304, di 100 mq di superficie, contenente acido solforico al 67% a temperatura ambiente, deve essere in grado di erogare una corrente pari a 5000 A per portare il serbatoio stesso in condizioni di passività ed invece di soli 5 A per mantenervelo.

Per non dover immobilizzare apparecchiature di elevata potenza che rimarrebbero poi inutilizzate, si può ricorrere, a seconda dei casi, a prepassivazioni in ambienti diversi, per natura o concentrazione, caratterizzati da valori più bassi di i_{cp} (ad esempio, passando da acido solforico ad acido fosforico, i_{cp} può diminuire anche di alcuni ordini di grandezza); oppure a passivazione nello stesso ambiente previa aggiunta di inibitori anodici ossidanti (per cui la corrente i_e necessaria per la passivazione risulta ridotta rispetto ad i_{cp} di un valore pari alla velocità i_c con cui al potenziale di passivazione primaria E_{pp} sono in grado di ridursi gli inibitori aggiunti: $i_e = i_{cp} - i_c$), o a temperatura più bassa, o infine ad una passivazione progressiva delle diverse parti di superficie realizzata in tempi successivi (ad esempio, nel caso di un serbatoio, passivandolo progressivamente man mano che viene riempito).

In generale il tempo necessario per il raggiungimento delle condizioni di passività è molto breve, cioè dell'ordine dei minuti; in qualche caso sono invece richiesti tempi molto più lunghi soprattutto per la formazione e l'assestamento dei

Fig. 4 - Schema di funzionamento di un potenziostato.



film superficiali. Ad esempio (8), nel caso della protezione di un contenitore in ghisa di 20 m² di superficie contenente acido solforico concentrato bollente (70 ÷ 95% a 310 °C), la passivazione iniziale viene effettuata (per abbassare la corrente allo spunto) partendo con acido a 60 °C e aumentando poi la temperatura di 20 °C all'ora. La corrente applicata, inizialmente pari a 130 A, dopo 24 ore (cioè una volta raggiunte per quanto riguarda la temperatura le condizioni di regime) passa a 30A, dopo una settimana a 5 e dopo un anno a 3 A.

Interruzioni della protezione - Interruzioni della corrente di protezione portano il sistema in condizioni di corrosione libera, con la possibilità di instaurare nuovamente condizioni di attività.

Nei casi in cui la protezione anodica sia applicata, come ad esempio accade per i serbatoi per acido solforico concentrato, su materiali di per sé discretamente resistenti all'ambiente aggressivo, allo scopo non di proteggere i contenitori, ma di ridurre l'inquinamento del contenuto; se l'interruzione di corrente è di breve durata i danni prodotti possono risultare anche limitati. Nei casi, invece, in cui alle condizioni di corrosione libera corrispondano elevate velocità di attacco, le conseguenze dell'interruzione della corrente di protezione possono risultare anche catastrofiche; pertanto, qualora non fosse possibile assicurare la continuità di funzionamento dell'alimentatore, diventa necessario ricorrere ad altri metodi di protezione.

Bibliografia

- (1) Edeleanu, C., « Method for the study of corrosion phenomena », *Nature*, 173, 739 (1954).
- (2) Shock, D.A.; Riggs, O.L., Jr.; Sudbury, J.D., « Application of anodic protection in the chemical industry », *Corrosion*, 16, 55t (1960)
- (3) Locke, C.E.; Hutchison, M.; Conger, N.L., « Now: anodic corrosion control »,



Prove di corrosione in laboratorio.

Chemical Engineering Progress, 56, (11), 50 (1960).

(4) France, W.D., Jr.; Greene, N.D., Jr., « Passivation of crevices during anodic protection », *Corrosion*, 24, 247 (1968).

(5) Mazza, B., « Protezione attiva dalla corrosione », *La Metallurgia Italiana* 63, Atti e Notizie 26, 317 (1971).

(6) Baeckmann, W.V.; Schwenk, W., « Handbook of cathodic protection », Portcullis Press; Redhill, England, (1975), p. 337.

(7) Shreir, L.L., « Corrosion »; Newnes-Butterworths; London, (1976), Vol. 2, p. 11:112.

(8) Ashby, W.A.; Evans, L.S.; Shepherd, W., « The anodic protection of cast iron in boiling sulphuric acid under industrial conditions », *Eurocor '77*, Proc. 6th European Congress on Metallic Corrosion, London, 1977, Society of Chemical Industry, London, p. 85.

(9) Fontana, M.G.; Greene, N.D.; « Corrosion Engineering », Mc Graw-Hill; New York, (1978), p. 210 e 338.

(10) Pedeferrì, P., « Corrosione e protezione dei materiali metallici »; CLUP; Milano, (1978), p. 263.

(11) Jones, W.F.S., « Anodic passivation - A case history », *Institution of Corrosion Science and Technology Bulletin*, 73, 2 (1979).

(12) West, J.M., « Basic corrosion and oxidation », Ellis Horwood; Chichester, England, (1980), p. 208.

(13) Lazzari, L.; Pedeferrì, P., « Protezione catodica »; CLUP; Milano, (1981), p. 449.

(14) Faita, G., « Protezione catodica ed anodica di apparecchiature », *Atti Corso di Aggiornamento sulla Protezione Catodica*, Politecnico di Milano, 1981, CLUP, Milano, p. 141.

(15) Riggs, O.L., Jr; Locke, C.E., « Anodic Protection », Plenum Press; New York, (1981).

(16) Novak, P.; Bystriansky, J.; Bartel, V., « A technique for eliminating the undesirable effect of enhanced anodic corrosion of installations connected to anodically protected equipment », *Werkstoffe und Korrosion*, 33, 94 (1982).

Chi è... Luciano Lazzari

Nato a Motta Baluffi (Cr) il 5-4-1948. Laureato in ingegneria chimica nel 1972. Ricercatore fino al 1978 presso l'Istituto di Chimica-fisica, Elettrochimica e Metallurgia del Politecnico di Milano, con attività nel campo della corrosione e protezione dei materiali metallici. Passato all'Agip S.p.A., è attualmente responsabile della Sezione Corrosione del Servizio Impianti.

Chi è... Bruno Mazza

Nato a Torino il 27-10-1936. Laureato in ingegneria industriale nel 1961. Assistente dal 1962 e professore incaricato dal 1964 al Politecnico di Milano (Istituto di Chimica-fisica, Elettrochimica e Metallurgia, ora Dipartimento di Chimica-fisica applicata), dove ha tenuto i seguenti insegnamenti: Elettrochimica e Tecnologie Elettrochimiche, Chimica-fisica, Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici. Collabora all'attività di ricerca del Centro di Studio sui Processi Elettrochimici del CNR di Milano. Campi di ricerca: elettrochimica dei metalli, di base e applicata; corrosione e protezione dei materiali metallici.

Chi è... Pietro Pedeferrì

Nato a Delebio (So) il 21-12-1938. Laureato in ingegneria chimica nel 1963. Assistente dal 1965 e professore incaricato dal 1968 al Politecnico di Milano (Istituto di Chimica-fisica, Elettrochimica e Metallurgia, ora Dipartimento di Chimica-fisica applicata), dove tiene l'insegnamento di Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici. Dal 1981 è professore di Elettrochimica presso l'Università di Bari. Collabora all'attività di ricerca del Centro di Studio sui Processi Elettrochimici del CNR di Milano. Campi di ricerca: elettrochimica dei metalli, di base e applicata; corrosione e protezione dei materiali metallici.