

# Meccanismi di erosione dell'acciaio a contatto con calcestruzzo fresco

M. Cabrini, M. Cortellini, S. Lorenzi, P. Marcassoli, T. Pastore

*L'articolo affronta lo studio dei processi di danneggiamento delle superfici metalliche di impianti operanti a contatto con calcestruzzo fresco. Sono descritti i risultati di una ricerca, tuttora in corso, condotta su diversi tipi di acciaio, allo scopo di individuare i meccanismi del danneggiamento e il ruolo della corrosione.*

*Le prove sono state eseguite in malta di cemento con l'aggiunta di superfluidificanti e ritardanti in modo da permettere tempi lunghi di prova.*

## PAROLE CHIAVE:

acciaio, corrosione, valutazione materiali, microscopia elettronica, selezione materiali

### INTRODUZIONE

Gli impianti e le apparecchiature per il confezionamento, trasporto e messa in opera del calcestruzzo fresco sono soggetti ad intensi fenomeni di danneggiamento dovuti all'azione del conglomerato in movimento. Tale azione provoca la riduzione di spessore dei componenti, fino alla necessità, in alcune situazioni, di sostituzione in tempi troppo brevi. I componenti più afflitti da queste problematiche sono essenzialmente: premiscelatori delle centrali di betonaggio, tamburi di miscelazione delle autobetoniere, pompe e tubazioni dei sistemi di pompaggio (1).

La necessità di porre rimedio a questi problemi ha portato all'adozione di differenti soluzioni, essenzialmente basate sull'uso di materiali ad alta durezza, per resistere all'azione meccanica delle particelle solide contenute nel calcestruzzo fresco. Si sono, quindi, adottati questo tipo di materiali o soluzioni composite, costituite da placcatura con materiale ad altissima durezza, ma troppo fragile, su materiali strutturali meno duri ma più tenaci, con tecniche spesso coperte da brevetto.

### I FENOMENI DI DANNEGGIAMENTO

Si può considerare il calcestruzzo fresco come un fluido polifasico, composto di particelle solide di diversa dimensione, da micrometrica fino a qualche centimetro, sospese in un mezzo liquido costituito dall'acqua di impasto, cui l'inizio delle reazioni di presa e indurimento del cemento conferisce caratteristiche alcaline. Il valore del pH aumenta dai valori tipici dell'acqua di impasto, prossimi alla neutralità, a valori superiori a 12,5, tipici del calcestruzzo indurito.

La presenza contemporanea di una componente solida e di una fase liquida, rende possibile due diversi meccanismi di danneggiamento da parte del calcestruzzo fresco in movimento rispetto alla parete metallica: un'azione di tipo meccanico e una di corrosione.

**L'azione meccanica.** Il movimento di un fluido determina sulla parete metallica uno stato di sollecitazione che, se eccede oltre certi limiti, può determinare il danneggiamento meccanico della superficie metallica con asportazione di materiale. L'azione è

esaltata in fluidi polifasici, per l'impatto di particelle solide, gocce di liquido o bolle di gas sospese nel fluido in movimento. La maggiore erosione del materiale è dovuta alla singola azione delle numerose particelle che, nell'impatto, asportano ciascuna una porzione di materiale. I meccanismi secondo i quali avviene questa interazione sono diversi e cambiano con l'angolo di incidenza delle particelle, la loro velocità, dimensione e forma.

Il danneggiamento dipende anche dalle proprietà del materiale su cui si esplica l'azione del fluido. La resistenza del materiale è spesso valutata in termini di durezza ma, in realtà, questo approccio non è del tutto soddisfacente, anche se è indubbio un suo effetto benefico in molte situazioni.

In effetti, la durezza è una proprietà che esprime la resistenza che il materiale oppone all'incisione da parte di un corpo più duro. Tuttavia tale proprietà non è direttamente collegabile con l'azione di un fluido (monofasico) sulle pareti metalliche. Inoltre, è una grandezza misurata in condizioni essenzialmente statiche e non in condizioni di urto, come invece avviene nell'erosione da parte di fluidi con particelle sospese.

La durezza, di contro, ha un ruolo diretto nei meccanismi di danneggiamento per abrasione. In questo caso, il raggiungimento di una durezza del metallo simile a quella dell'abrasivo può prevenire, o quantomeno rallentare, il danneggiamento stesso. L'erosione avviene, invece, con meccanismi del tutto differenti e possono assumere notevole importanza anche altre proprietà, come ad esempio la tenacità del materiale, in funzione dello specifico meccanismo agente (2).

**L'azione di corrosione.** La corrosione può avvenire per la contemporanea presenza di una fase acquosa (l'acqua di impasto) e di ossigeno. Il pH della soluzione acquosa presente nel calcestruzzo fresco, dopo i primi momenti, cresce rapidamente per la formazione di idrossido di calcio durante il processo di idratazione del cemento. A pH superiori a 11,5, gli acciai al carbonio e basso legati possono formare un film di ossido aderente e protettivo che impedisce l'ulteriore dissoluzione del metallo. Si raggiunge così la condizione di passività tipica delle armature in acciaio al carbonio immerso nel calcestruzzo indurito. Il calcestruzzo allo stato fresco è, quindi, tendenzialmente non aggressivo per l'acciaio al carbonio.

**L'azione sinergica.** L'azione meccanica e l'azione di corrosione possono sommarsi in modo sinergico nel caso di calcestruzzo fresco fluente ad alta velocità. L'azione meccanica del fluido in

M. Cabrini, S. Lorenzi, P. Marcassoli, T. Pastore

Università di Bergamo, Dipartimento di Progettazione e Tecnologia

M. Cortellini  
Cifa S.p.A

movimento può in effetti danneggiare il film di passività che protegge l'acciaio, dando poi luogo ad alta velocità di attacco per corrosione del metallo nelle zone non più protette dal film. La corrosione può così avvenire rapidamente fino alla riformazione dell'ossido protettivo, per poi riprendere a causa del continuo e ripetuto danneggiamento dovuto al movimento del fluido.

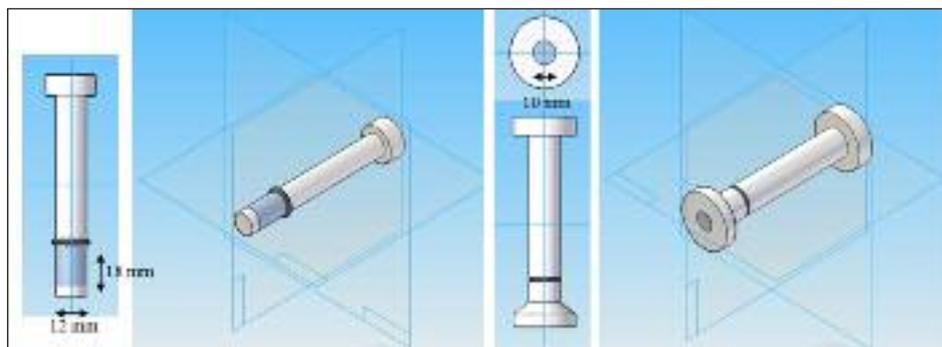
La corrosione è quindi esaltata e resa possibile dall'azione meccanica del fluido. Se questa è relativamente modesta, la rottura si localizza in aree relativamente poco estese, nelle zone di maggior impatto. Se l'azione del fluido è molto elevata, il film viene distrutto su tutta la superficie e si produce un attacco generalizzato. La corrosione-erosione si manifesta per velocità del fluido superiori ad un certo valore critico. Superato questo valore, la sollecitazione meccanica diventa sufficiente ad asportare il film di ossido protettivo. La rottura avviene nel film protettivo o all'interfaccia ossido/metallo, nel caso di film spessi e poco aderenti, o anche nel metallo sottostante, per film sottili, molto aderenti. Nella corrosione-erosione, non sono quindi importanti solo le proprietà meccaniche del metallo ma assumono rilevanza anche le proprietà di adesione, spessore, cinetica di formazione del film. Si può osservare, infatti, come gli acciai inossidabili austenitici AISI 304 e 316, nonostante la loro non elevata durezza, presentino un buon comportamento alla corrosione-erosione.

Il danneggiamento complessivo può essere diviso in due contributi: uno legato all'azione puramente meccanica ( $K_e$ ), che si avrebbe anche in assenza dell'ambiente corrosivo, l'altro dovuto alla dissoluzione per corrosione del metallo ( $K_c$ ). Al variare del rapporto tra i due contributi, si passa da fenomeni di "Erosion enhanced corrosion", per valori del rapporto  $K_e/K_c$  tipicamente di 0,1, a fenomeni definiti di "Corrosion enhanced erosion", per rapporti di circa 10.

In letteratura, sono numerosi i lavori che documentano i meccanismi di interazione e danneggiamento della superficie metallica da parte di particelle solide disperse in soluzioni; tuttavia riguardano, prevalentemente, situazioni in cui la soluzione acquosa è neutra o acida e, inoltre, il rapporto volumetrico tra solidi e acqua è molto basso (2, 3, 4, 5). Il conglomerato cementizio è, viceversa, caratterizzato da un altissimo contenuto di solidi e da un liquido alcalino per l'idratazione del cemento, in grado di passivare l'acciaio al carbonio.

## PROVE SPERIMENTALI

Le prove sperimentali hanno avuto lo scopo di valutare il ruolo della corrosione sui fenomeni di danneggiamento dei materiali che operano a contatto con calcestruzzo o conglomerati cementizi allo stato fresco. La velocità di corrosione è stata misurata mediante misure elettrochimiche, mentre il danneggiamento complessivo è stato valutato come perdita di peso. Inoltre, è stata effettuata una caratterizzazione al microscopio elettronico a scansione della morfologia delle superfici. Sono state effettuate prove su elettrodo rotante in malta, per poter valutare l'effetto della velocità di rotazione, considerando due diverse geometrie,



**FIG. 1**  
**Geometria degli elettrodi considerati per l'esecuzione delle prove.**

*Electrode geometries.*

Componenti	Pesate (g/L)
Cemento IIA-LL 42.5 R (UNI-EN 197-1)	649.4
Fumo di silice	108.2
Aggregato ( $D_{max}$ 2 mm)	627.8
Aggregato ( $D_{max}$ 1 mm)	418.5
Acqua efficace	340.9
Additivo superfluidificante	22.7
Additivo ritardante	5.2

**TAB. 1** **Composizione della malta utilizzata durante le prove di corrosione erosione.**

*Composition of the mortar for corrosion erosion testing.*

elettrodo cilindrico e a disco, e due diversi materiali di riferimento. Le caratteristiche dei provini sono descritte in Figura 1. L'adozione delle due diverse geometrie trova giustificazione nel fatto che la geometria cilindrica dovrebbe favorire urti delle particelle a basso angolo d'impatto (urti tangenziali rispetto alla superficie del campione), mentre la geometria a disco dovrebbe determinare un maggior numero di urti ad alto angolo d'impatto nella parte centrale.

Le prove sono state condotte su un acciaio inossidabile tipo AISI 316L e un acciaio al carbonio allo scopo di valutare il comportamento di materiali con film di passività di differente stabilità e protettività.

Le prove elettrochimiche sono state eseguite dopo un periodo di immersione iniziale sufficiente a stabilizzare il potenziale di corrosione libera: 2 ore per provini in acciaio inossidabile, 1 ora per provini in acciaio al carbonio.

La composizione della malta adottata per le prove è riportata nella tabella 1. La malta è stata confezionata in modo da ottenere una lavorabilità iniziale di 220 mm, misurata con cono di spandimento, senza applicare alcuna scossa (6).

L'aggiunta di fumo di silice ha permesso di ottenere un impasto caratterizzato da un'elevata coesività e resistenza alla segregazione. L'additivo ritardante è stato introdotto al fine di inibire il processo di idratazione del cemento e, di conseguenza, per consentire l'esecuzione delle prove di lungo periodo. Il proporzionamento degli aggregati è stato effettuato secondo la curva della distribuzione ottimale degli aggregati fini per miscele pompabili (7). La lavorabilità è stata misurata prima e al termine di ciascuna prova.

Le prove elettrochimiche sono state eseguite utilizzando un potenziostato EG&G PAR 263, in una cella contenente 1 L di malta fresca, con un contro elettrodo di acciaio inossidabile conformato per garantire una distribuzione uniforme della corrente, e uno pseudo-elettrodo di riferimento costituito da titanio attivato immerso in malta alcalina allo stato indurito (Ti-ME). Questo elettrodo ha un potenziale di circa -6 mV rispetto all'elettrodo standard al calomelano.

## RISULTATI SPERIMENTALI

La morfologia della superficie dei campioni dopo prova è descritta, a titolo di esempio, in Figura 2. All'aumentare della velocità di rotazione, soprattutto per valori al di sopra di 100 rpm, la superficie mostra segni sempre più evidenti di danneggiamento. Si osservano differenti tipologie di danneggiamento della superficie in relazione al tipo di impatto delle particelle solide. È possibile individuare la presenza di crateri, dentro ai quali spesso sono presenti frammenti di sabbia e di cemento, associabili ad urti ad alto angolo (Figura 3).

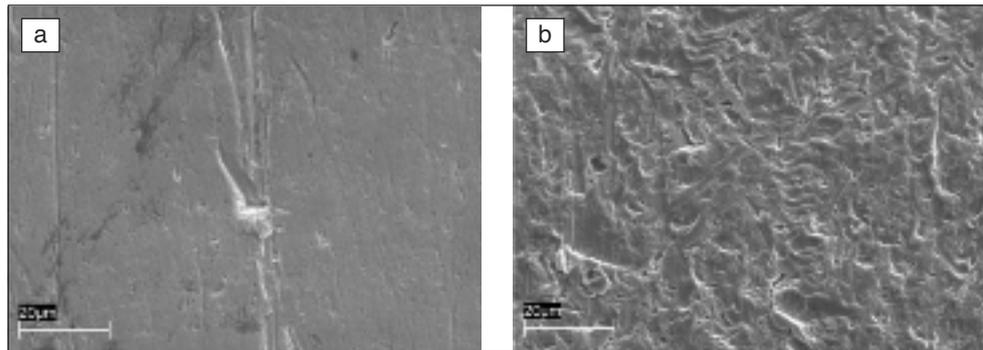
L'azione di strisciamento provocata da impatti a basso angolo

forma caratteristici solchi con morfologia a "cometa": il materiale è in parte ricalcato, in parte sospinto verso i bordi del solco. Talvolta la particella resta incastonata in corrispondenza della "testa" dell'impronta. Questo tipo di impatto è legato alla deformazione plastica del materiale; tale morfologia può essere quindi considerata di tipo duttile (Figura 4).

Accanto a morfologie duttili, si riscontrano anche zone con fratture di tipo fragile: il materiale si presenta "scheggiato". Sulla superficie sono così visibili sfaccettature piane, i cui spigoli sono più o meno netti per l'azione della corrosione (Figura 5). L'azione complessiva data dall'impatto delle particelle può inoltre indurre

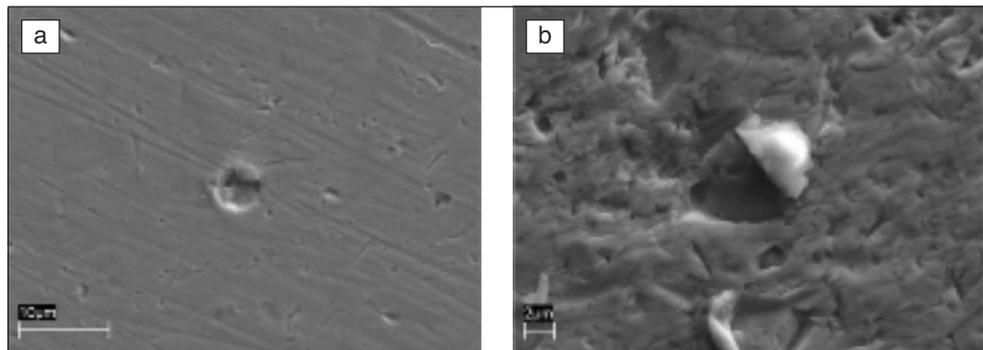
**FIG. 2.**  
**Morfologia della superficie di provini cilindrici esposti con velocità di rotazione pari a 100 rpm per 20 ore (a) e 3000 rpm per 6 ore (b).**

*Damage morphology of steel as a function of rotational speed on cylindrical electrode rotating at 100 rpm for 20 hours (a) and 3000 rpm for 6 hours (b).*



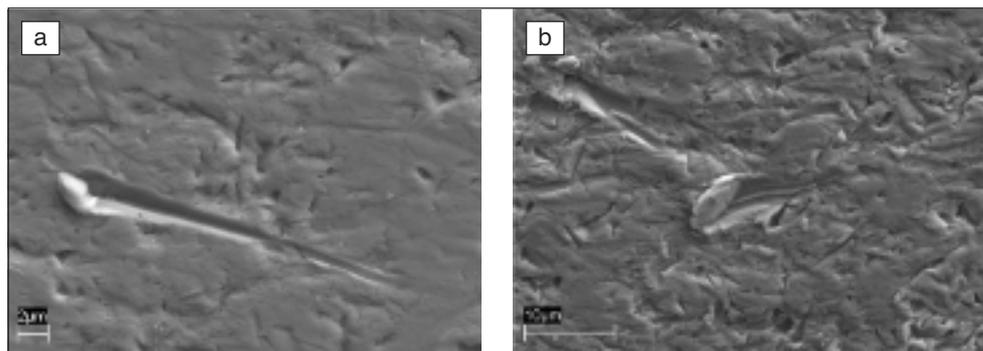
**FIG. 3**  
**Crateri e residui di particelle infisse nel metallo dovuti ad urti ad alto angolo.**

*Chipping caused by high angle impacts.*



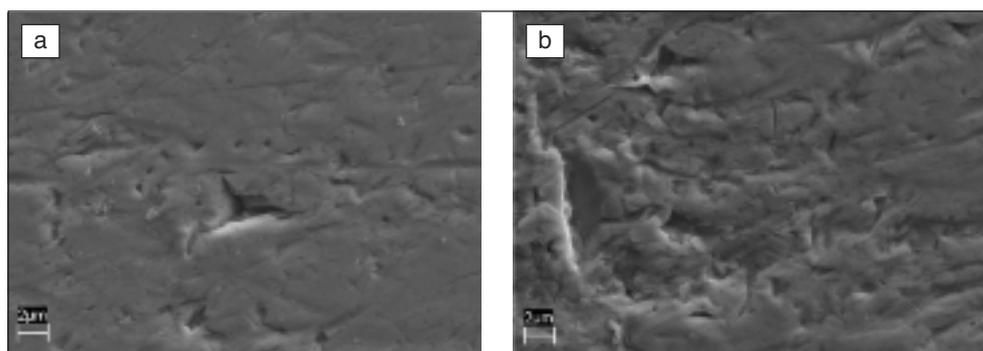
**FIG. 4**  
**Morfologia a "cometa", con particella infissa e materiale ricalcato, dovuta a impatto a basso angolo.**

*Ploughing crater and extrusions caused by low angle impacts.*



**FIG. 5**  
**Rotture fragili sulla superficie esposta (a) e morfologie a "gradini" (b).**

*Brittle fractures on metal surface (a) and mixed brittle and ductile morphology (b).*



un aspetto "a gradini" della superficie, mettendo in luce un incrudimento del materiale determinato dalla somma di deformazioni di tipo plastico (Figura 5).

La Figura 6 mostra l'effetto della velocità di rotazione sul potenziale di corrosione libera. Le misure sono relative a prove condotte variando la velocità di rotazione dell'elettrodo fino a 9000 rpm, rilevando il potenziale dopo un tempo sufficiente a stabilizzarne il valore, a ciascuna velocità di rotazione imposta.

All'aumentare della velocità di rotazione, il potenziale di corrosione mostra una variazione che diventa significativa, rispetto ai valori dell'elettrodo fermo, tra 10 e 100 rpm. Per velocità maggiori, il potenziale diventa sempre più negativo fino a -800 mV vs Ti ME. L'acciaio inossidabile presenta valori iniziali di potenziale di corrosione libera sull'elettrodo fermo più nobili rispetto all'acciaio al carbonio. Tuttavia, per elevate velocità di rotazione, entrambi i materiali si portano a valori sostanzialmente simili. Le curve mostrano una variazione singolare, ma sistematica, del potenziale tra 2000 e 3000 rpm dovuto ad un cambiamento macroscopico delle condizioni di flusso della malta attorno all'elettrodo rotante. Per basse velocità, la rotazione dell'elettrodo determina il movimento della malta in una zona immediatamente vicina alla superficie dell'elettrodo stesso, mentre il resto della malta rimane fermo. Per velocità intorno a 2000-3000 rpm, si osserva un allargamento di questa zona, con un maggior volume di malta che scorre. L'effetto è visibile anche per le curve potenziale/velocità di rotazione ottenute con diminuzione della velocità di rotazione a partire dai valori maggiori (Figura 7).

L'andamento delle curve ottenute in andata (con aumento della velocità di rotazione) e quello delle curve di ritorno (con riduzione della velocità di rotazione dai valori più elevati) sono analoghi, sebbene i valori rimangano più negativi nel caso delle curve di ritorno, per basse velocità di rotazione. Il potenziale di corrosione libera tende ad assumere valori stabili non influenzati dalla velocità di rotazione, al di sotto di 100 rpm. Le differenze tra le curve di andata e quelle di ritorno sono meno evidenti per l'acciaio al carbonio (Figura 7).

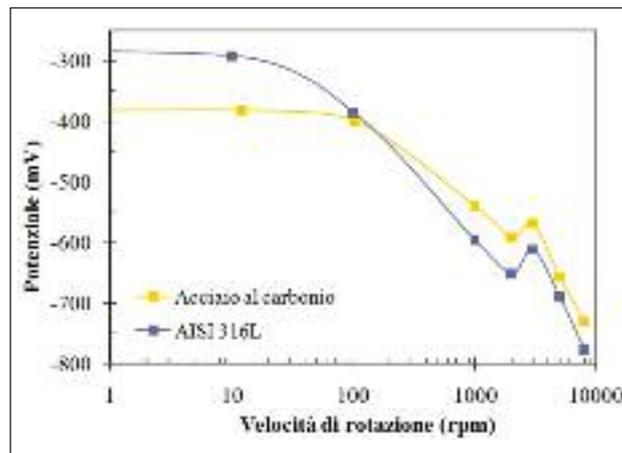
All'aumentare della velocità di rotazione, la velocità di corrosione aumenta raggiungendo valori cento volte superiori a quelli misurati su elettrodo fermo (Figura 8). In accordo ai dati di monitoraggio del potenziale, l'effetto inizia ad essere evidente per velocità di 100 rpm e comporta un aumento di velocità di 10 volte per velocità intorno a 300 rpm.

Nella figura 9 sono riassunti i risultati di prove potenziodinamiche e di polarizzazione potenziostatica effettuate a diverse velocità di rotazione. Si osserva che il tratto catodico delle prove di polarizzazione potenziodinamica si colloca sulla medesima curva catodica complessiva. Solo a valori inferiori a -1000 mV, avvicinandosi le condizioni di corrente limite di ossigeno, si evidenzia un chiaro effetto sistematico della velocità di rotazione.

## DISCUSSIONE

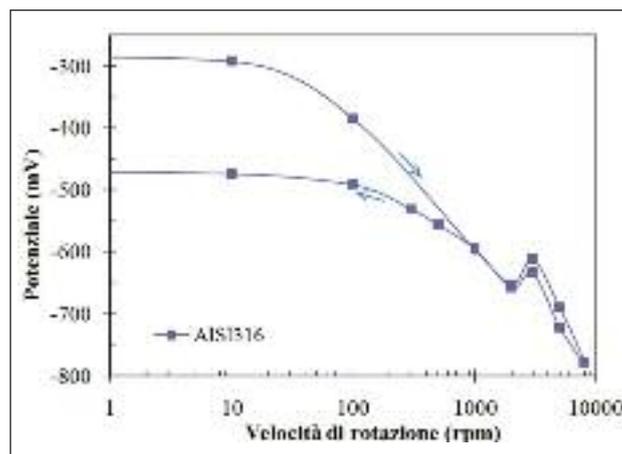
All'aumentare della velocità di rotazione degli elettrodi, si modificano sia l'azione meccanica delle particelle sospese nel fluido, sia i fenomeni di trasporto, in primo luogo dell'ossigeno, verso la superficie metallica.

L'azione meccanica delle particelle determina un maggior numero di incisioni sulla superficie del metallo che espongono continuamente nuove superfici attive sulle quali il film di passività tende nuovamente a riformarsi secondo una cinetica propria nell'ambiente specifico. Nel caso del fluido considerato, l'elevata quantità di solidi (la massa volumica del calcestruzzo è pari, infatti, a circa 2400 kg/m<sup>3</sup>) rende molto frequente gli urti e riduce, alle alte velocità, il tempo di ripassivazione tra un urto e l'altro. In queste condizioni, il film di passività non riesce a riformarsi completamente, dando così luogo a una condizione



**FIG. 6** *Potenziale di corrosione libera al variare della velocità di rotazione dell'elettrodo (prove con aumento della velocità di rotazione da elettrodo fermo).*

*Free corrosion potential as a function of rotational speed of electrode.*

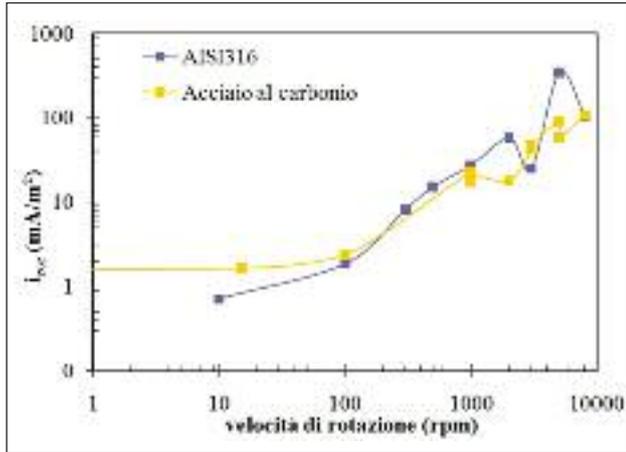


**FIG. 7** *Potenziale di corrosione libera al variare della velocità di rotazione dell'elettrodo. Confronto tra le curve di andata (prove con aumento della velocità di rotazione da elettrodo fermo) e di ritorno (prove con diminuzione della velocità di rotazione dai valori maggiori).*

*Free corrosion potential as a function of rotational speed of electrode.*

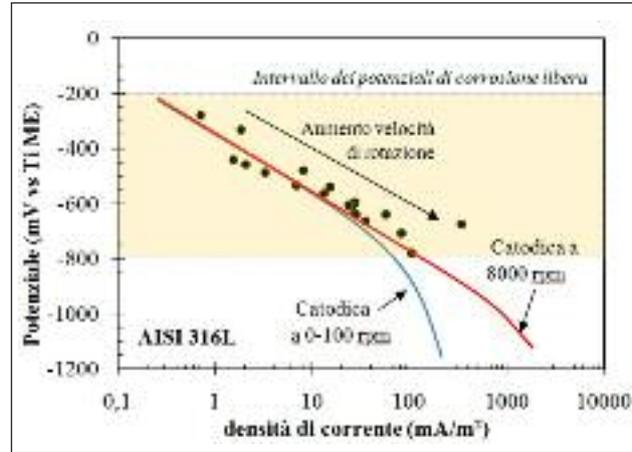
media caratterizzata da una più elevata corrente di passività rispetto alle condizioni di assenza di moto relativo tra superficie metallica e fluido. All'aumentare ulteriore della velocità, l'azione meccanica tende così a indurre una completa riattivazione della superficie.

Il trasporto di massa dell'ossigeno aumenta con la velocità di rotazione. Il trasporto convettivo nel fluido in forte agitazione, soprattutto in condizioni di turbolenza, aumenta la densità di corrente limite cioè la massima velocità con cui l'ossigeno può giungere sulla superficie metallica per ridursi. Tuttavia, per le prove effettuate, la velocità di corrosione misurata in condizioni di corrosione-erosione non appare limitata dal trasporto di massa dell'ossigeno verso la superficie metallica.



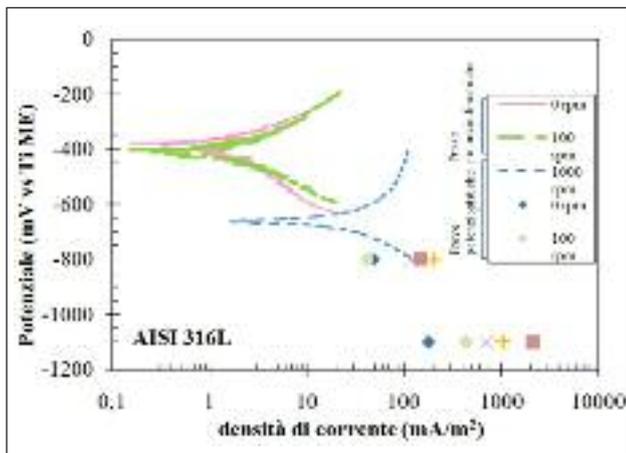
**FIG. 8** *Effetto della velocità di rotazione sulla velocità di corrosione stimata mediante prove di resistenza di polarizzazione (prove con aumento della velocità di rotazione da elettrodo fermo).*

*Effect of rotational speed of electrode on corrosion rate evaluated by means of polarization resistance technique (tests conducted by increasing the rotational speed of electrode).*



**FIG. 10** *Confronto dei risultati delle prove di polarizzazione lineare (densità di corrente di corrosione/potenziale di corrosione libera; punti neri) e le curve caratteristiche catodiche tracciate sulla base dei risultati di Figura 9.*

*Comparison of potentiodynamic and potentiostatic test results with linear polarization data as a function of rotational speed of cylinder electrodes*



**FIG. 9** *Prove potenziodinamiche su elettrodo cilindrico al variare della velocità di rotazione (1mV/s).*

*Potentiodynamic tests conducted on cylindrical electrodes at several rotational speeds (1mV/s scan rate).*

Nelle prove condotte, il potenziale, dai valori tipici della passività intorno a -200/-300 mV per l'acciaio inossidabile scende a valori inferiori a -800 mV, per velocità di rotazione dell'elettrodo di circa 8000 rpm.

Ai potenziali compresi tra -200 mV e -800 mV, la curva di polarizzazione catodica non mostra una significativa variazione al crescere della velocità di rotazione (Figura 9) e il processo catodico non è ancora in condizioni di corrente limite. Si può quindi considerare che le variazioni di velocità di corrosione siano necessariamente legate ad una modifica del processo anodico e della condizione di passività dell'acciaio.

A conferma di questa osservazione, in Figura 10, sono tracciate le curve catodiche al variare della velocità di rotazione, stimate sulla base dei dati di polarizzazione potenziodinamica e potenziostatica. Queste curve sono confrontate con i dati di velocità di corrosione e potenziale di corrosione libera rilevati durante le

prove di polarizzazione lineare. La velocità di corrosione libera segue l'andamento della curva caratteristica catodica, al variare della velocità di rotazione. Le condizioni di corrosione sembrano quindi connesse non a una modifica della velocità dei processi catodici ma ad un aumento della velocità del processo anodico soprattutto per velocità pari e superiori ai 1000 rpm, per i quali si ha un abbassamento del potenziale di corrosione.

Alle più basse velocità di corrosione, dove l'azione meccanica è lieve (Figura 2) e non è in grado di alterare in modo importante il comportamento passivo del materiale, l'azione prevalente dovrebbe essere legata essenzialmente all'aumento della corrente di passività. Solo alle velocità di rotazione più elevate, la rottura completa del film può indurre un comportamento quasi completamente attivo.

## CONCLUSIONI

I risultati delle prove elettrochimiche e l'osservazione al SEM delle superfici danneggiate hanno permesso l'ottenimento di dati utili per valutare il ruolo della corrosione nei processi di danneggiamento per erosione dell'acciaio a contatto con conglomerati a base di cemento.

Il danneggiamento diventa significativo a partire da velocità di rotazione intorno a 100 rpm, con un aumento della velocità di corrosione di un ordine di grandezza per velocità intorno a 300 rpm. Le condizioni di corrosione sono determinate in primo luogo dalla modifica della velocità del processo anodico mentre quello catodico non è modificato in modo rilevante. La velocità di corrosione misurata in condizioni di corrosione-erosione, anche per alta velocità relativa della malta, non appare limitata dal trasporto di massa dell'ossigeno verso la superficie metallica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) A.M. NEVILLE, J.J. BROOKS, ConcreteTechnology, Longman, England, 1994 ed. p. 438.
- 2) A. LEVY, Solid particle erosion and erosion-corrosion of materials, ASM International Materials Park (Ohio), 1995.
- 3) H.W. WANG, M. M. STACK, The erosive wear of mild and stainless steels under controlled corrosion in alkaline slurries containing alumina particles, Journal of Material Science 35(2000) 5263-5273.

- 4) CB.T. LU, J.L. LUO, F. MOHAMMADI, K. WANG, X.M. WAN, Correlation between repassivation kinetics and corrosion rate over a passive surface in flowing slurry, *Electrochimica Acta* 53 (2008) 7022-7031.
- 5) Y. ZHOU, Z. LU, M.ZHAN, An investigation of the erosion-corrosion characteristics of ductile cast iron, *Materials and Design* 28 (2007) 260-265.
- 6) UNI 7044:1972, Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse
- 7) M.COLLEPARDI, L. COPPOLA, Il mix design del calcestruzzo, ENCO (1993).

## Abstract

### Erosion and corrosion of steel in fresh concrete

**Keywords:** steel, corrosion, electronic microscopy, materials selection

The paper deals with corrosion erosion of steel in contact with flowing fresh concrete. Metal devices in contact with fresh cementitious mixtures are subjected to severe damage due to erosion phenomena induced by flow. Thickness of components is seriously reduced and premature substitution must be considered to avoid perforation. This paper summarizes the results of erosion corrosion tests performed in fresh mortar on carbon steel and AISI316 stainless steel.

The fresh mortar was manufactured by using chemical admixtures in order to retain constant workability during long time tests. SEM analysis was also carried out to evaluate damage morphology. Damage mechanisms and corrosion behavior are discussed as a function of the rotational speed of electrode.

No appreciable changes in the corrosion current density and the corrosion potential were noticed at speeds ranging from 0 to 10 rpm. At 100 rpm, the potential becomes more negative, as compared to values obtained without any electrode rotation, achieving very negative values at high rotational speeds. High angle impacts produce cracks and chips on the damaged surface. At low rotational speed metal surface shows a low number of straight ploughing craters caused by low-angle impacts of big particles. An increasing of the rotational speed above 100 rpm produces a damage on the whole electrode surface.

The increase of the rotational speed of electrodes modifies both mechanical action of particles and mass transport phenomena of oxygen to the metal surface.

The mechanical action due to the impacts of the particles determines an almost continuous scratching of metal surface and a constant exposure of new active sites. Simultaneously, after the breakdown, the protective film tends to rebuild according to its repassivation kinetics. The high content of solids in the cementitious mortar produces a great number of impacts that reduce the time available for repassivation. Thus, an incomplete state of passivity is stabilized that produces a mean value of passivity current density higher than values measured in the condition of the electrode at rest.

At potentials between -200 mV and -800 mV vs. TiME, the cathodic polarization curves of the steels did not reach to current limiting conditions. The limiting current density was found at more negative potential values. The corrosion rate variations are substantially connected to the modification of anodic process, i.e. the passive current density. Moreover, the phenomena of mass transport do not appear to influence the corrosion rate in the range of rotational speed considered in the experimental work.

For the fresh mortar considered in the experimental work, with 2 mm maximum size of aggregate, the critical rotational speeds for erosion were found in the range of 10 to 100 rpm, depending on material and geometry of rotating electrodes. The corrosion rate increases by one order of magnitude at about 300 rpm rotational speed.