



Utilizzo di simulazione agli elementi finiti (FEM) per determinare il potere penetrante di un fenomeno di corrosione localizzata

M. Attarchi, A. Brenna, F. Bolzoni, M. Ormellese

I fenomeni di corrosione localizzata, come anche la protezione catodica ad anodi galvanici, si basano su un meccanismo di macrocoppia, ossia la velocità di corrosione, o la corrente di protezione, è proporzionale alla densità di corrente del processo catodico, di solito la riduzione di ossigeno, e al rapporto tra la superficie catodica e la superficie anodica. Tale rapporto può essere calcolato stimando il cosiddetto "potere penetrante" della macrocoppia, ossia dalla capacità della corrente di raggiungere aree lontane dalla zona anodica. In letteratura esistono formule basate sulla soluzione delle leggi di campo elettrico e delle leggi di Ohm, che considerano solo la distribuzione di corrente primaria. L'utilizzo di simulazioni FEM permette di analizzare anche l'effetto delle sovratensioni associate ai processi elettrochimici in atto. In questo lavoro sono state eseguite delle simulazioni variando la forza motrice del processo corrosivo, la resistività dell'elettrolita, la densità di corrente catodica e la geometria dell'elettrolita, che hanno permesso di proporre un algoritmo per il calcolo del potere penetrante.

PAROLE CHIAVE: CORROSIONE LOCALIZZATA, DISTRIBUZIONE DI CORRENTE, MACROCELLA, POTERE PENETRANTE, FEM

INTRODUZIONE

Le forme di corrosione localizzata, come l'accoppiamento galvanico, l'aerazione differenziale o il pitting, propagano con un meccanismo di macrocoppia: la zona anodica di corrosione e quella catodica, dove avviene generalmente il processo di riduzione di ossigeno, sono fisicamente separate e una corrente, detta di macrocoppia, fluisce nell'elettrolita dal sito anodico alla superficie catodica circostante. Tale corrente è proporzionale alla velocità di corrosione [1-2]. Anche la protezione catodica ad anodi galvanici si basa sullo stesso principio [3]. In base al meccanismo di corrosione da macrocoppia, la velocità di corrosione è proporzionale alla densità di corrente catodica (a sua volta proporzionale alla quantità di ossigeno disciolto in soluzione) e al rapporto tra la superficie catodica dove avviene la riduzione di ossigeno e la superficie anodica del materiale che si sta corrodendo; maggiore è il rapporto di superficie, maggiore è la velocità di corrosione. Il rapporto di superficie è determinato dal campo elettrico che si stabilizza nel processo di corrosione e può essere calcolato in funzione del "potere penetrante", ossia dalla capacità della corrente di macrocoppia di raggiungere aree lontane dalla zona anodica. Il potere penetrante, e quindi in ultima analisi la velocità di corrosione, dipende dalla forza motrice del processo corrosivo (ossia dalla differenza di potenziale tra

catodo e anodo), dalla resistività dell'elettrolita, dalla densità di corrente catodica e dalla geometria del sistema[2].

**M. Attarchi, A. Brenna, F. Bolzoni,
M. Ormellese**

Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e
Ingegneria Chimica "G. Natta", Milano, Italy.

[1]



RISULTATI E DISCUSSIONE

In Fig. 2 si mostra il risultato di una simulazione (resistività elettrolita 10^{-4} m, $i_c = 50$ mA/m²). È possibile vedere, con



BIBLIOGRAFIA

- [1] P. Pedferri, Corrosion science and engineering, Springer (2018).
- [2] J. Newman, Mass transport and potential distribution in the geometry of localised corrosion (1974) NACE-3, Houston TX, 45-61.
- [3] L. Lazzari, P. Pedferri, M. Ormellese, Protezione catodica, Ed. PoliPress, Milano (2008).
- [4] L. Lazzari, Engineering Tools for Corrosion: Design and Diagnosis, Woodhead Publishing, imprint of Elsevier (2017).
- [5] Y. Chen, H. Huang, Y. Zhang, G. Bian, C. Wang, A. Wang, 69, (2018) Materials and Corrosion, 1649-1657.
- [6] C. Liu, R.G. Kelly, NACE - International Corrosion Conference Series (2017) Code 128795.
- [7] M. Attarchi, M. Ormellese, A. Brenna, Corrosion, 75, 9 (2019) 1128-1135.
- [8] R. Kodym, D. Šnita, V. Fíla, K. Bouzek, M. Kouřil, Corros. Sci. 120 (2017): p. 28-41.

Use of finite element simulation (FEM) to determine the throwing power of a localized corrosion phenomenon

Localized corrosion phenomena, as well as the cathodic protection by galvanic anodes, are based on a macro-couple mechanism, i.e. the corrosion rate, or the protection current, is proportional to the cathodic current density, usually oxygen reduction, and the cathode-to-anode surface ratio. The latter can be calculated by estimating the so-called "throwing power" of the macro-couple, i.e. the capacity of the current to reach areas far from the anode. In literature, formulae based on the solution of electric field laws and Ohm's laws are proposed, which consider only the primary current distribution. The use of FEM simulations allows analysing also the effect of the overvoltages associated to the electrochemical processes in progress. In this work, simulations have been performed by varying the driving force of the corrosive process, the electrolyte resistivity, the cathodic current density and the geometry of the electrolyte, which allowed to propose an algorithm for calculating the penetrating power.

KEYWORDS: LOCALIZED CORROSION, CURRENT DISTRIBUTION, MACROCELL, THROWING POWER, FEM.