

# NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA SUNPHÁT NHÔM VÀ SUNPHÁT SẮT (III) LÊN SỰ ĂN MÒN THÉP ỚNG KHAI THÁC DẦU TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỔNG TRỞ

Nguyễn Thị Phương Thoa - Nguyễn Thái Hoàng - Lê Xuân Quế

Trường Đại Học Khoa Học Tự Nhiên

(Bài nhận ngày 26 /02/1999)

**TÓM TẮT:** Cơ sở của phương pháp thay thế điện trở phân cực  $R_p$  trong phương trình Stern-Geary bằng điện trở chuyển điện tích  $R_t$  để xác định tốc độ ăn mòn được trình bày ngắn gọn và áp dụng cho trường hợp ăn mòn thép N80 trong nước biển ở nhiệt độ  $30^{\circ}\text{C}$  trong môi trường tĩnh. Những kết quả thu được từ sự phân tích phổ tổng trở điện hóa của thép trong môi trường nước biển có chứa sunphát nhôm và sunphát sắt (III) được so sánh với các kết quả đo được từ phương pháp hao hụt khối lượng.

## 1. GIỚI THIỆU

Phương pháp tổng trở điện hóa bắt đầu được áp dụng ở nhiều nước từ hơn 30 năm qua và ngày càng được phát triển sâu rộng. Tuy nhiên ở nước ta đây vẫn là một phương pháp mới mẻ trong nghiên cứu điện hóa, đặc biệt là trong lĩnh vực ăn mòn. Phương pháp tổng trở được xây dựng trên cơ sở mô hình hóa các quá trình điện hóa xảy ra trên ranh giới phân chia pha. Quá trình ăn mòn trong môi trường nước biển là một quá trình phức tạp bao gồm nhiều giai đoạn, phản ứng khác nhau và chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố trong môi trường. Vì thế đã có nhiều mô hình được đề nghị. Trong bài báo này chúng tôi trình bày một ứng dụng của phương pháp tổng trở vào việc nghiên cứu ăn mòn thép trong môi trường nước biển có chứa  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  và  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  với hàm lượng dưới 40ppm trên cơ sở phân tích được hiện tượng phân cực ở vùng tần số thấp. Theo một số nghiên cứu của chúng tôi phối hợp với Viện Nghiên cứu Thiết kế dầu khí biển thuộc Xí nghiệp liên doanh Vietsovpetro, những muối này có khả năng ức chế nhẹ quá trình ăn mòn thép ống chống trong nước biển bơm ép vỉa dầu

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Lược thảo về phương pháp tổng trở điện hóa (EIS)

Phương pháp EIS sử dụng tín hiệu dòng xoay chiều để khảo sát các phần tử động  $R$  .  $C$ .  $W$  mô phỏng từ hệ điện hóa.

\*  $R$  : điện trở (điện trở Ohm, điện trở chuyển điện tích, điện trở phân cực..)

\*  $C$  : điện dung (lớp điện kép, hấp phụ...)

\*  $W$  : tổng trở Warburg

Khác với  $R$ ,  $C$  trong mạch điện kỹ thuật là những phần tử thụ động,  $R$  và  $C$  mô phỏng cho hệ điện hóa là các phần tử hoạt động.

Khi đặt tín hiệu thế xoay chiều  $u_{(t)} = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$  qua một hệ điện hóa sẽ nhận được tín hiệu dòng  $i_{(t)} = I_0 \sin \omega t$ . Thế và dòng xoay chiều là những hàm phức được khai triển theo toán tử Laplace có dạng như sau:

$$U_{(j\omega)} = U_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$$

$$I_{(j\omega)} = I_0 e^{j\omega t}$$

Tổng trở của mạch điện tương đương được xác định bằng định luật Ohm [1]:

$$Z_{(j\omega)} = U_{(j\omega)} / I_{(j\omega)} = \frac{U_0}{I_0} e^{j\varphi} \quad (1)$$

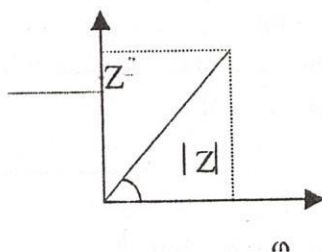
Trong đó:  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$  là góc pha ;  $j = \sqrt{-1}$  ;  $\omega = 2\pi f$

Tổng trở Z là hàm phức phụ thuộc vào tần số gồm phần thực Z' và phần ảo Z''

$$Z_{(j\omega)} = Z' - jZ'' \quad (2)$$

$$Z'' = -|Z| \sin\varphi$$

$$Z' = |Z| \cos\varphi$$



**Hình 1:** Mối liên hệ giữa phần thực và phần ảo của tổng

Dưới đây trình bày một số mạch điện tương đương cơ bản mô phỏng cho các hệ điện hóa[2]:

a) Mạch tương đương (hình 2) cho phản ứng điện hóa bị khống chế bởi chuyển điện tích

**Hình 2:** Mạch tương đương ứng với hệ điện hóa bị khống chế bởi chuyển điện tích

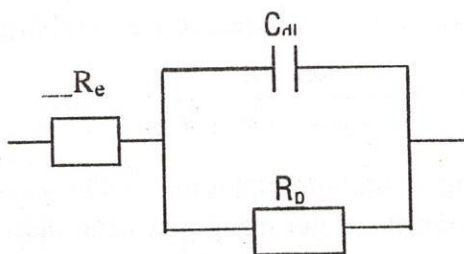
$R_e$  - điện trở thuần (dung dịch, dây dẫn...)

$C_{dl}$  - điện dung của bề mặt điện cực (lớp điện kép, hấp phụ ...)

$R_p$  - điện trở phân cực

Tổng trở  $Z(j\omega)$  của mạch tương đương trong hình 2 có thể biểu diễn bằng hàm của tần số  $f = \omega/2\pi$  như sau:

$$Z(j\omega) = R_e + \frac{R_p}{1 + j\omega C_{dl} R_p} \quad (3)$$



Các giá trị  $R_e$  và  $R_p$  có thể được xác định tương ứng từ giới hạn tần số cao và tần số thấp của phổ tổng trở đo được theo những phương trình sau:

$$R_e = \lim_{f \rightarrow \infty} |Z|$$

Các giá trị  $R_e$  và  $R_p$  có thể được xác định tương ứng từ giới hạn tần số cao và tần số thấp của phổ tổng trở đo được theo những phương trình sau:

$$R_e = \lim_{f \rightarrow \infty} |Z|$$

$$R_p = \lim_{f \rightarrow 0} |Z| - R_e$$

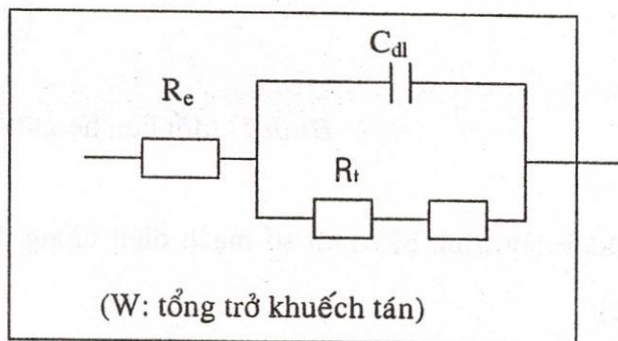
Trong đồ thị  $-Z''$  theo  $Z'$  sẽ nhận được một cung bán nguyệt với bán kính bằng  $R_p/2$ . Có thể xác định giá trị  $R_e$  và  $R_p$  từ điểm cắt của cung này trên trục thực ( $Z'$ ). Điện dung  $C_{dl}$  có thể xác định từ  $R_p$  và giá trị tần số  $f_{max}$  của cực đại tổng trở ảo  $Z''$ :

$$C_{dl} = (2\pi f_{max} R_p)^{-1} \quad (4)$$

b) Mạch tương đương với hệ điện hóa bị khống chế bởi khuếch tán

Một trong các sơ đồ cơ bản của phản ứng điện hóa được mô tả bằng mạch Randles (hình 3). Mạch này mô phỏng phản ứng điện cực đơn với sự khuếch tán của tác chất hoặc sản phẩm hoặc cả hai đến bề mặt điện cực [2]

**Hình 3:** Mạch tương đương với hệ điện hóa có khả năng phân cực do điện trở dung dịch, điện dung lớp kép, quá trình chuyển điện tích và quá trình khuếch tán



Tổng trở khuếch tán được cho bởi:

$$W = \frac{\sigma}{\omega^{1/2}} (1 - j)$$

Trong đó  $\sigma$  là hệ số khuếch tán Warburg, và:

$$Z = R_e + \frac{R_t + W}{1 + j\omega C_{dl} (R_t + W)} \quad (5)$$

Rõ ràng, công thức tính tổng trở của mạch tương đương sẽ rất phức tạp khi có nhiều phần tử thành phần tham gia trong quá trình điện hoá. Điện trở chuyển điện tích  $R_t$  thường được xác định bằng cách ngoại suy tổng trở ở tần số thấp về  $Z'' = 0$  [4].

## 2.2. Áp dụng tổng trở điện hoá trong nghiên cứu ăn mòn kim loại

Phương pháp điện hóa xác định tốc độ ăn mòn phổ biến là phương pháp điện trở phân cực tuyến tính. Trong phương pháp này điện trở phân cực  $R_p$  xác định từ đồ thị  $E - I$  ở vùng gần thế ăn mòn  $E_{corr}$  được áp dụng để tính mật độ dòng ăn mòn  $I_{corr}$  theo phương trình Stern-Geary :

$$\frac{1}{R_p} = 2,303 I_{corr} \left( \frac{\beta_a + \beta_c}{\beta_a \beta_c} \right) \quad (6)$$

Động học các quá trình ăn mòn điện hoá xảy ra rất phức tạp vì thế các phương pháp tính gặp phải nhiều khó khăn trong việc xác định điện trở phân cực.

Phương pháp tổng trở sử dụng tín hiệu xoay chiều để khảo sát hệ điện hóa. Với kỹ thuật đo tổng trở vùng tần số thấp đã phân tích được hiện tượng phân cực gây ra bởi các giai đoạn cơ bản trong quá trình ăn mòn như phản ứng anod, thụ động, ức chế, phản ứng catod, chuyển chất...

Chúng ta xét mạch điện tương đương (hình 4) mô phỏng hệ điện hoá ăn mòn. Đây là một trong các mạch điện cơ bản đã nêu trên.

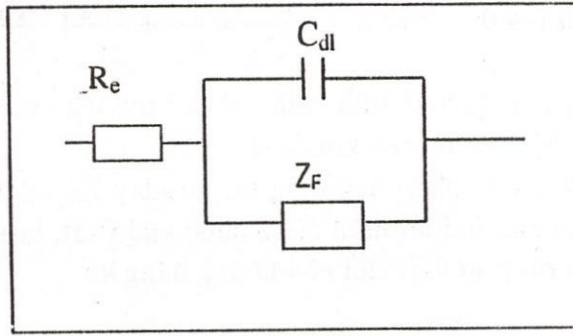
**Hình 4:** Mạch tương đương mô phỏng hệ ăn mòn điện hóa

Với:

$R_e$  - Điện trở dung dịch

$C_{dl}$  - Điện dung lớp kép

$Z_F$  - Tổng trở faraday đặc trưng cho phản ứng điện cực



Trong trường hợp dòng tổng  $I_s$  chỉ phụ thuộc vào thế và không có sự phân cực thì có thể tính tổng trở theo phương trình sau[3]:

$$\frac{\Delta I_s}{\Delta E} = \frac{1}{Z_F} = \frac{\Delta I_a}{\Delta E} + \frac{\Delta I_c}{\Delta E} = \frac{1}{R_p} \quad (7)$$

$$Z_F = R_p$$

Đối với hệ ăn mòn điện hóa thì giả thiết trên khó đạt được, thông thường  $I_a$ ,  $I_c$  không những phụ thuộc vào thế mà còn phụ thuộc vào động học của quá trình ăn mòn. Epelboin [3] giả thiết rằng nếu  $p_a$  là một yếu tố động ảnh hưởng đến quá trình anod thì tổng trở faraday cho hệ điện hóa có dạng như sau:

$$\frac{\Delta I_s}{\Delta E} = \left( \frac{\Delta I_a}{\Delta E} \right)_{p_a} + \left( \frac{\Delta I_c}{\Delta E} \right)_{p_a} + \left( \frac{\Delta I_a}{\Delta p_a} \right) \frac{\Delta p_a}{\Delta E} \quad (8)$$

Trong biểu thức này  $\left( \frac{\Delta I_a}{\Delta E} \right)_{p_a} + \left( \frac{\Delta I_c}{\Delta E} \right)_{p_a}$  đặc trưng cho quá trình chuyển điện tích và

được ký hiệu bằng  $1/R_i$

$\left( \frac{\Delta I_a}{\Delta p_a} \right) \frac{\Delta p_a}{\Delta E}$  đặc trưng cho hành vi động do  $p_a$  gây ra và được biểu diễn bởi phương

trình :

$$\frac{d\Delta p_a}{dt} = \lambda_a \Delta p_a + \mu_a \Delta E \quad (9)$$

Tương tự như  $\Delta E$ ,  $\Delta p_a$  cũng dao động tuần hoàn theo thời gian với biên độ nhỏ, khi đó:

$$\frac{d\Delta p_a}{dt} = 2\pi f j \Delta p_a = \lambda_a \Delta p_a + \mu_a \Delta E \quad (10)$$

Và phương trình (8) được viết lại:

$$\frac{\Delta I_s}{\Delta E} = \frac{1}{Z_F} = \frac{1}{R_t} + \left( \frac{\Delta I_a}{\Delta p_a} \right) \frac{\mu_a}{2j\pi f - \lambda_a} \quad (11)$$

$$\text{khi } f \rightarrow \infty \quad \Rightarrow \quad Z_F = R_t \quad (12)$$

$$\text{khi } f \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{Z_F} = \frac{1}{R_t} + \frac{\Delta I_a}{\Delta p_a} \left( \frac{\Delta p_a}{\Delta E} \right)_{st} = \frac{1}{R_p} \quad (12')$$

$R_t$  xác định được từ biểu thức trên có thể thay thế cho  $R_p$  trong phương trình Stern-Geary để tính tốc độ ăn mòn của kim loại.

Như vậy, qua phân tích tổng trở faraday  $Z_F$ , sự thay đổi bề mặt điện cực trong vùng thế hẹp xung quanh thế ăn mòn cũng được khảo sát; khác với phương pháp phân cực tuyến tính thường cho rằng sự thay đổi này không đáng kể.

### 3 THỰC NGHIỆM

#### 3.1. Chuẩn bị mẫu

Mẫu thép N80 hình trụ được bọc xung quanh bằng nhựa epoxy chừa bề mặt làm việc với diện tích  $0,87\text{cm}^2$ . Trước khi đo điện cực được mài lần lượt bằng giấy nhám Nhật số 360 sau đó mài nhẵn bằng giấy nhám số 600, và cuối cùng là 1200. Sau khi tẩy dầu, mỡ bằng cồn  $90^\circ$ , điện cực được rửa lại bằng nước cất rồi sấy khô. Sau mỗi lần đo bề mặt điện cực được xử lý như nhau nhằm đảm bảo độ lặp lại của phép đo.

#### 3.2. Dung dịch đo

Nước biển nhân tạo được pha theo thành phần (g/l): NaCl 28;  $\text{MgCl}_2$  2,3;  $\text{MgSO}_4$  3,5;  $\text{CaCl}_2$  1,2;  $\text{NaHCO}_3$  0,2.

Các phụ gia  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  và  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  được pha vào nước biển nhân tạo với các nồng độ 0 ; 5 ; 10 ; 20 ; 40 ppm.

Các thí nghiệm đều tiến hành ở nhiệt độ phòng, trong điều kiện tĩnh và thông khí.

#### 3.3. Thiết bị đo

Hệ đo điện hoá là hệ ba điện cực:

Điện cực làm việc : thép N80, diện tích  $0,87\text{cm}^2$ .

Điện cực so sánh: calomen bão hoà

Điện cực phụ: platin hoặc titan

Đường cong phân cực được đo trên máy Potentiostat Wenking 72. Tiến hành đo thế ăn mòn theo thời gian cho đến khi đạt giá trị thế ổn định. Tổng trở điện hoá được đo trên máy Solatron Schlumberger 1250 với thiết bị chuyển đổi Interface 1286.

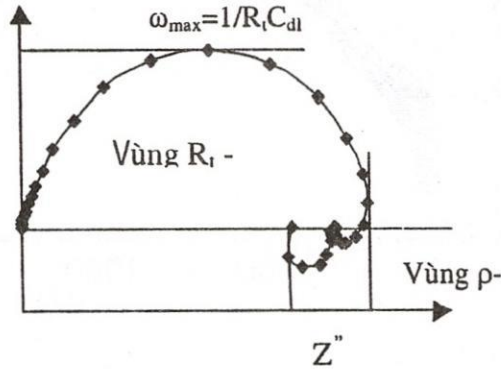
#### 3.4. Các thông số kỹ thuật đo tổng trở

Chế độ đo: potentiostatic.

Thế đặt vào : thế ổn định  $E_0$ .

Vùng tần số: 65kHz đến 2.5mHz.

3.5. Phương pháp xác định thông số điện hóa trên phổ tổng trở Nyquist



Hình 5: Sơ đồ phân tích phổ tổng trở Nyquist để xác định các thông số quá trình điện hóa  
a

Vùng  $R_t - C_{dl}$  : phản ứng ăn mòn khống chế bởi quá trình chuyển điện tích

Vùng  $\rho - L$  : phản ứng ăn mòn khống chế bởi động học các quá trình hấp phụ.

Trong quá trình ăn mòn của thép trần thường không gặp tổng trở Warburg  $W$  vì theo một số tác giả, dạng tổng trở này chỉ xuất hiện khi cả hai phản ứng anod và catod bị khống chế bởi quá trình khuếch tán [4].

Giá trị điện trở chuyển điện tích  $R_t$  được xác định ở vùng tần số thấp bằng cách ngoại suy cung  $Z'' \cap Z'$  về giá trị  $Z'' = 0$ . Điện dung lớp điện kép  $C_{dl}$  được xác định từ công thức [5].

$$\omega_{max} = 2\pi f_{max} = 1/R_t C_{dl} \quad (14)$$

$f_{max}$  là tần số ứng với giá trị  $Z''$  cực đại

Mật độ dòng ăn mòn được tính theo phương trình Stern - Geary - công thức (6). Từ đó dễ dàng xác định tốc độ ăn mòn:

$$V_{corr} = 0.373 * i_{corr} * (EW) \quad (15)$$

Với:

$EW$  - đương lượng gam của kim loại, g

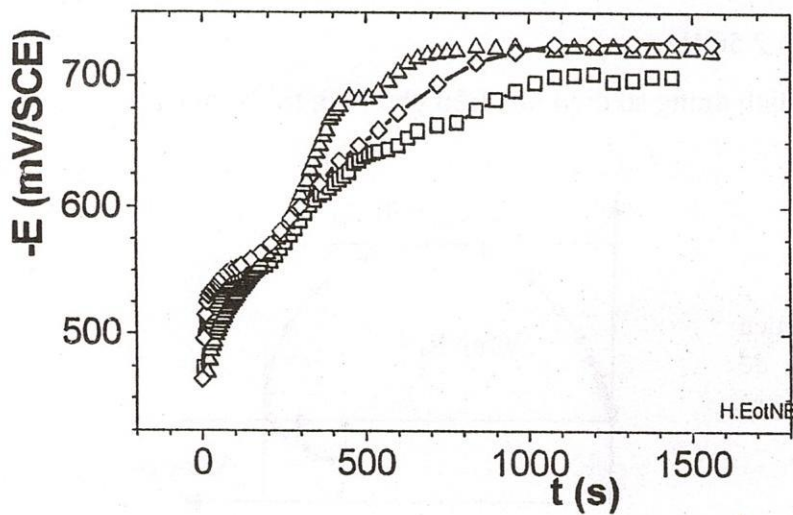
$i_{corr}$  - mật độ dòng ăn mòn, mA/cm<sup>2</sup>

$V_{corr}$  - tốc độ ăn mòn, g/cm<sup>2</sup>.giờ.

## 4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. Ảnh hưởng của thời gian ngâm mẫu lên thế ăn mòn

Sự phụ thuộc của giá trị thế ăn mòn  $E_0$  theo thời gian ngâm của thép N80 trong nước biển nhân tạo được trình bày trong hình 6.



Hình 6: Đồ thị  $E_o - t$  của thép N80 trong nước biển với 3 lần đo khác nhau

Từ đồ thị trên hình 6 nhận thấy thế điện cực thép trong nước biển nhân tạo tăng nhanh trong 1000 giây đầu sau khi ngâm mẫu, sau đó đạt giá trị ổn định. Đồng thời việc xử lý bề mặt trước khi đo có ảnh hưởng rất lớn đến thế  $E_o$ , đặc biệt trong giai đoạn  $E_o$  chưa đạt đến giá trị ổn định.

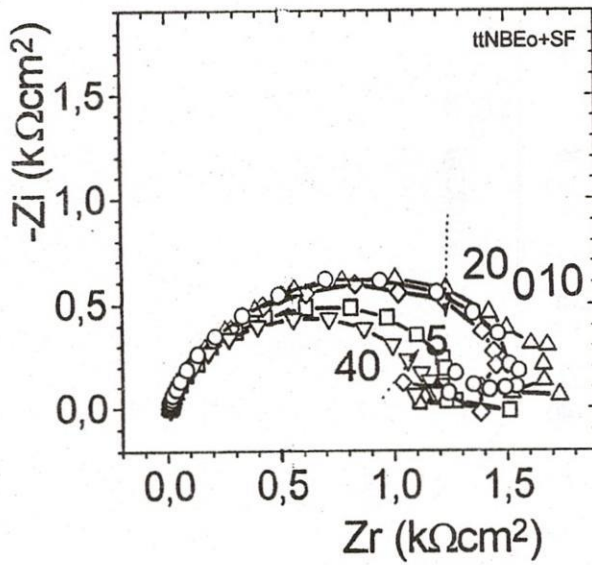
Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của thế ăn mòn  $E_o$  theo thời gian ngâm mẫu của thép N80 trong nước biển nhân tạo có chứa sunphát sắt (III) và sunphát nhôm cũng có dạng hoàn toàn tương tự chứng tỏ ở những nồng độ nghiên cứu cả hai chất  $Fe_2(SO_4)_3$  và  $Al_2(SO_4)_3$  hầu như không ảnh hưởng đến giá trị thế ăn mòn  $E_o$  cũng như thời gian để thế đạt được giá trị ổn định.

#### 4.2. Phổ tổng trở điện hoá của thép N80 trong nước biển chứa sunphát sắt

Phổ tổng trở điện hoá, dạng Nyquist, của thép N80 trong nước biển nhân tạo có chứa sunphát sắt (III), đo tại thế  $E_o$  ổn định, được giới thiệu trong hình 7.

Hình 7 cho thấy khi thay đổi hàm lượng  $Fe_2(SO_4)_3$  từ 0 đến 40 ppm giá trị tổng trở của thép N80 trong nước biển chỉ khác nhau ở vùng tần số trung bình và thấp.

Điện trở chuyển điện tích  $R_i$  và điện dung lớp kép  $C_{dl}$  của thép N80 trong các hệ nghiên cứu xác định từ phổ tổng trở hình 7 được đưa ra trong bảng 1 và hình 8.



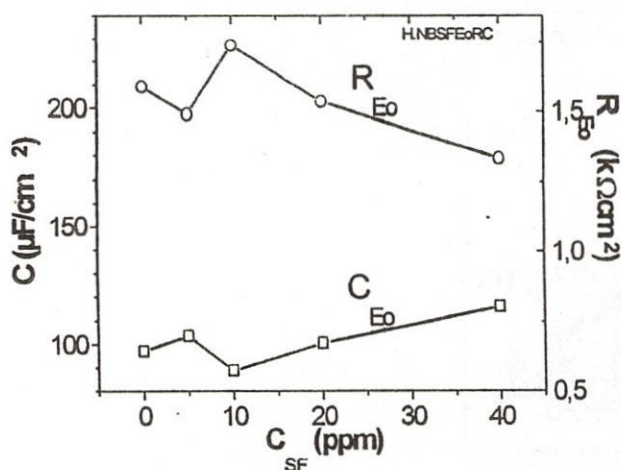
**Hình 7:** Phổ tổng trở điện hóa của thép N80 trong nước biển chứa  $Fe_2(SO_4)_3$  ở các nồng độ: 0 (-O-); 5 (-□-); 10 (-◇-); 20 (-Δ-); 40 ppm (-▽-).

Từ hình 8 nhận thấy sự biến đổi của  $R_t$  và  $C_{dl}$  theo nồng độ  $Fe_2(SO_4)_3$  có liên quan với nhau. Trong vùng nồng độ  $Fe_2(SO_4)_3$  khảo sát thì điện trở cao nhất và điện dung thấp nhất được quan sát thấy ở nồng độ 10ppm. Tại vùng nồng độ  $Fe_2(SO_4)_3$  20ppm giá trị điện trở và điện dung gần bằng với dung dịch nước biển không chứa  $Fe_2(SO_4)_3$ . Tại 40ppm, điện trở có giá trị thấp nhất trong khi điện dung đạt giá trị cao nhất.

**Bảng 1:** Ảnh hưởng của nồng độ  $Fe_2(SO_4)_3$  lên  $R_t$ ,  $C_{dl}$

Hàm lượng $Fe_2(SO_4)_3$ , ppm	0	5	10	20	40
$R_t$ ( $\Omega/cm^2$ )	1590	1500	1750	1520	1340
$C_{dl}$ ( $\mu F/cm^2$ )	97	105	90	100	115





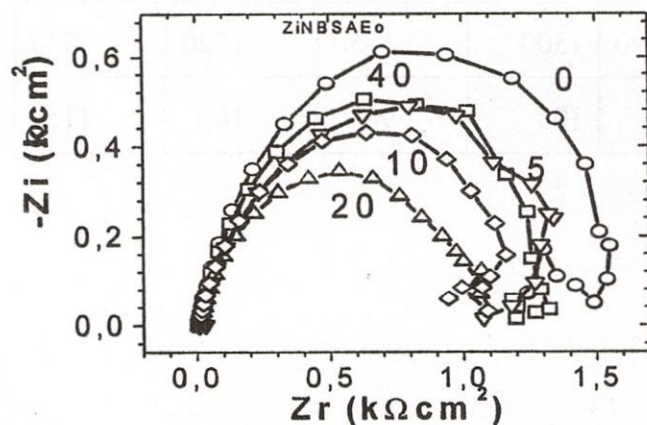
Hình 8: Sự phụ thuộc của điện dung  $C_{dl}$  và điện trở  $R_t$  của thép N80 trong nước biển nhân tạo ở thế  $E_0$  vào nồng độ  $Fe_2(SO_4)_3$

### 4.3. Tổng trở điện hoá trong nước biển chứa sunphát nhôm

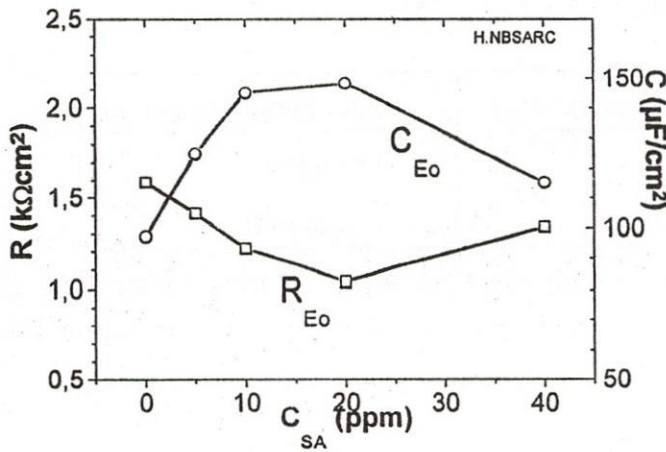
Tổng trở điện hoá đo cho hệ thép N80 trong nước biển nhân tạo chứa sunphát nhôm được nghiên cứu tương tự như đối với sunphát sắt (III). Phổ tổng trở điện hoá, dạng Nyquist, của thép N80 trong nước biển nhân tạo có chứa  $Al_2(SO_4)_3$  với hàm lượng từ 0 đến 40 ppm đo tại thế  $E_0$  ổn định được giới thiệu trong hình 9. Các giá trị điện trở và điện dung xác định được từ đồ thị hình 9 được trình bày trong bảng 2 và hình 10.

Bảng 2: Sự phụ thuộc  $R_t$ ,  $C_{dl}$  vào nồng độ sunphát nhôm

Hàm lượng $Al_2(SO_4)_3$ , ppm	0	5	10	20	40
$R_t$ ( $\Omega/cm^2$ )	1590	1440	1220	1042	1340
$C_{dl}$ ( $\mu F/cm^2$ )	97	125	145	148	115



Hình 9: Tổng trở điện hóa của thép N80 tại thế  $E_0$  trong nước biển chứa  $Al_2(SO_4)_3$  với hàm lượng 0 (-O-); 5 (-□-); 10 (-◇-); 20 (-△-); 40 ppm (-▽-).



Hình 10: Sự phụ thuộc R và C vào nồng độ  $Al_2(SO_4)_3$ , đo tại thế  $E_0$  ổn định

Từ hình 9 và 10 nhận thấy, trong vùng nồng độ 5 - 20 ppm,  $Al_2(SO_4)_3$  làm giảm giá trị điện trở và làm tăng giá trị điện dung của hệ thép N80 - nước biển nhân tạo. Tuy nhiên, ở vùng nồng độ  $Al_2(SO_4)_3$  20 - 40 ppm lại quan sát thấy hiện tượng ngược lại: tại nồng độ 40ppm điện trở cao hơn tại 20 ppm, còn điện dung lại nhỏ hơn.

Tốc độ ăn mòn thép N80 trong nước biển nhân tạo tính trên cơ sở phương trình Stern-Geary có sử dụng điện trở chuyển điện tích ở một số nồng độ sunphat sắt được trình bày trong bảng 3. Khi tính những giá trị trong bảng, chúng tôi sử dụng hệ số Tafel trung bình xác định bằng phương pháp phân cực thế động trong những điều kiện tương tự ( $b_a = 60mV$ ,  $b_c = -600mV$  cho thép N80 trong nước biển).

Bảng3: Ảnh hưởng của hàm lượng  $Fe_2(SO_4)_3$  lên tốc độ ăn mòn thép N80 trong nước biển

$Fe_2(SO_4)_3$ (ppm)	$R_t(\Omega /cm^2)$	$I_{corr} * 10^2$ mA/cm <sup>2</sup>	$V_{corr}$ ,mm/năm
0	1590	1.51	0.180
10	1750	1.37	0.164
20	1520	1.58	0.185
40	1340	1.79	0.189

Để đánh giá mức độ chính xác của phép đo tổng trở đối với việc xác định tốc độ ăn mòn chúng tôi so sánh với giá trị ăn mòn thép trong nước biển do các tác giả khác [8] thu được bằng phương pháp khối lượng (bảng 4)

Bảng 4: Tốc độ ăn mòn của một số loại thép trong nước biển, xác định bằng phương

**Bảng 4: Tốc độ ăn mòn của một số loại thép trong nước biển, xác định bằng phương pháp khối lượng [8]**

Vật liệu	$V_{corr tb}$ (mm/năm)	Thời gian thử nghiệm
Thép carbon thấp	0.15	193 ngày
Thép carbon kết cấu	0.12	1 năm rưỡi

Rõ ràng giá trị tốc độ ăn mòn xác định bằng phương pháp tổng trở sử dụng điện trở chuyển điện tích có cùng bậc với giá trị tốc độ ăn mòn xác định bằng phương pháp hao hụt khối lượng.

### 5. KẾT LUẬN

Bằng kỹ thuật đo tổng trở vùng tần số thấp phương pháp tổng trở đã phân tích được hiện tượng trễ trong hệ điện hóa ăn mòn từ đó xác định điện trở chuyển điện tích thay thế cho điện trở phân cực trong phương trình Stern – Geary để tính mật độ dòng ăn mòn của kim loại. Các kết quả tốc độ ăn mòn của thép ống chống N80 trong nước biển nhận được theo phương pháp này tương đối phù hợp với kết quả của phương pháp khối lượng.

### ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE MEASUREMENTS ON CASING STEEL IN SEA WATER : EFFECT OF ALUMINIUM AND FERRIC SULFATES ON THE CORROSION BEHAVIOR

Nguyen Thi Phuong Thoa - Nguyen Thai Hoang - Le Xuan Que

**ABSTRACT :** The use of impedance measurements, particularly for corrosion studies, is increasing. This paper describes the basic mathematics involved in the modeling and gives some results for the case of steel corrosion in the seawater consisting of 0; 5; 10; 20 and 40 ppm  $Fe_2(SO_4)_3$  or  $Al_2(SO_4)_3$ . The data showed that there was an agreement between the corrosion rates calculated by Stern - Geary equation using charge transfer resistance determined from electrochemical impedance spectra and those obtained by weightloss measurements.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Macdonald, D.D et al., Electrochemical impedance techniques in corrosion science, Electrochemical Corrosion Testing, ASTMSTP 727, 1981, p.110-130
2. Hakiki, E, Luận án tiến sĩ, Đại học Rouen, 1994.
3. Epelboin, I, et al. Alternating –current impedance measurements applied to corrosion studies and corrosion- rate determination, Electrochemical Corrosion Testing, ASTMSTP 727 ,1981, p. 150-166.
4. Mansfeld, F., Corrosion, Vol. 36, 1981, p. 301 và Vol. 38, 1982, p. 57.
5. Scully, J.R. et al. Electrochemical impedance: analysis and interpretation, ASTM, Philadelphia, 1993, p. 37-54.

6. S. Huruyama et al, A corrosion monitor based on impedance method Electrochemical Corrosion Testing, ASTMSTP 727 ,1981 p. 167-171.6. 6

7. ASTM G102-89: Standrd Practice Calculation of Corrosion of Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.

8. Melton D.G., Tipton D.G., Corrosion Behavior of Steel in Marine Environments LaQue Center for Corrosion Technology Inc. Wrightsville Beach, NC, 1983.