

ẢNH HƯỞNG CỦA DẦU THẢO MỘC BIẾN TÍNH ĐỐI VỚI TÍNH CHẤT ĂN MÒN THÉP CẦN KHOAN VÀ ỐNG CHỐNG TRONG DUNG DỊCH KHOAN NỀN

Nguyễn Thị Phương Thoa - Đặng Thị Thanh Hòa

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Vũ Đình Huy

Xí nghiệp Liên doanh Vietsovetro

(Bài nhận ngày 27/03/2000)

TÓM TẮT: Quá trình ăn mòn thép cần khoan S135 và thép ống chống K55 trong dung dịch khoan nền có chứa dầu thảo mộc biến tính với các nồng độ: 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 g/l ở nhiệt độ 30°C, áp suất 1 atm đã được khảo sát bằng phương pháp phân cực thế động. Tốc độ ăn mòn thép được xác định theo phương pháp điện trở phân cực tuyến tính. Sự chuyển dịch điện thế ăn mòn E_{corr} về phía điện thế dương hơn, sự tăng đáng kể các giá trị hằng số Tafel của quá trình phân cực anốt và catốt b_a , b_c và điện trở phân cực R_p khi tăng hàm lượng dầu trong dung dịch chứng tỏ dầu thảo mộc biến tính đã hấp phụ trên bề mặt cả hai loại thép tạo thành lớp màng có tác dụng bảo vệ chống ăn mòn. Dầu ức chế nhẹ quá trình anốt và chuyển quá trình catốt sang vùng động học khuếch tán. Khả năng ức chế ăn mòn thép trong dung dịch khoan của dầu thảo mộc biến tính tăng theo hàm lượng dầu.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Thép cần khoan và ống chống trong thiết bị khoan thăm dò và khai thác dầu khí luôn chịu tác động ăn mòn của dung dịch khoan, nước biển, nước vỉa, nước giếng và nước lẫn trong dầu thô [1]. Các kết quả thông kê ở Liên Xô và một số nghiên cứu của các tác giả Trung Quốc cho thấy: khoảng 60% sự cố xảy ra trong quá trình khoan là do cần khoan và ống chống bị hư hỏng. Một trong những nguyên nhân chính phá hủy cần khoan và ống chống là sự ăn mòn cần khoan bằng thép dưới tác dụng của dung dịch khoan được bơm tuần hoàn trong cần khoan để làm mát, bôi trơn và khử bỏ mùn khoan [2,3]. Gần đây, một số tác giả đã chỉ ra rằng, trong thành phần của hệ dung dịch khoan đang được Xí nghiệp Liên doanh Dầu khí Vietsovetro sử dụng, có một số hóa phẩm gây ra sự ăn mòn mạnh thép cần khoan S135 và thép ống chống K55 [4]. Về nguyên tắc, có thể giảm tốc độ ăn mòn thép của dung dịch khoan bằng hai cách: một là thay thế các chất phụ gia có hoạt tính ăn mòn mạnh bằng những hóa phẩm khác không gây ăn mòn; hai là thêm vào dung dịch khoan một chất ức chế ăn mòn (CÚC) thích hợp. Việc thay thế các chất phụ gia trên là một vấn đề rất phức tạp. Vì vậy, chúng tôi chọn hướng nghiên cứu và tìm kiếm một loại CÚC ăn mòn thép mới cho dung dịch khoan.

Trong công trình này chúng tôi đã áp dụng phương pháp điện hóa để khảo sát quá trình ức chế tác động ăn mòn thép cần khoan và ống chống trong dung dịch khoan của sản phẩm sunfat hóa dầu thảo mộc. Nghiên cứu cung cấp số liệu khoa học làm cơ sở cho việc đề xuất khả năng sử dụng dầu thảo mộc - nguồn nguyên liệu rẻ tiền, sẵn có, không độc hại, làm chất ức chế sự ăn mòn thép cần khoan và ống chống trong dung dịch khoan.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp điện hóa nghiên cứu ăn mòn

Để khảo sát cơ chế quá trình ăn mòn thép trong dung dịch khoan và ảnh hưởng của dầu thảo mộc biến tính, chúng tôi đã tiến hành xác định thế ăn mòn E_{corr} ; mật độ dòng ăn mòn i_{corr} và một số thông số điện hóa quan trọng khác như các hằng số Tafel b_a, b_c , điện trở phân cực R_p bằng hai phương pháp phân cực thế động: phương pháp ngoại suy Tafel và phương pháp điện trở phân cực tuyến tính Stern-Geary [5, 6].

Nguyên tắc chung của các phương pháp phân cực thế động là đưa hệ khảo sát ra khỏi trạng thái ổn định bằng cách phân cực thép trong giới hạn nào đó và đo mật độ dòng điện i tương ứng tại mỗi giá trị thế điện cực. Từ các đường cong phân cực $E - i$ hay $E - \log i$ thu được, xác định các thông số điện hóa đặc trưng cho quá trình khảo sát.

Dựa vào giá trị mật độ dòng ăn mòn i_{corr} tính tốc độ ăn mòn theo định luật Faraday:

$$V_{corr} (mm / nam) = \frac{3,23i_{corr} (EW)}{D}$$

Trong đó: i_{corr} : mật độ dòng ăn mòn (mA/cm²)

EW : đương lượng điện hóa của kim loại (g)

D : tỉ trọng kim loại (g/cm³)

Mật độ dòng tổng cộng i là tổng của dòng i_a và i_c :

$$i = i_a + i_c = i_{corr} \left[\exp\left(\frac{\alpha ZF\eta}{RT}\right) - \exp\left(\frac{-\beta ZF\eta}{RT}\right) \right]$$

Ở đây: α, β lần lượt là hệ số chuyển điện tích của quá trình anot và catốt

$\eta = E - E_{corr}$ là quá thế

a) Phương pháp ngoại suy Tafel

Trong trường hợp phân cực lớn so với thế ăn mòn E_{corr} ($|\eta| \gg 25$ mV) chỉ có một phản ứng điện cực quyết định phần lớn mật độ dòng tổng cộng i và quá thế η là hàm tuyến tính bậc nhất theo $\log |i|$. Cụ thể, khi phân cực anot lớn ta có :

$$i = i_a = i_{corr} \exp\left(\frac{\alpha ZF\eta}{RT}\right) \rightarrow \eta = a_a + b_a \log i$$

với $b_a = \frac{2,303RT}{\alpha ZF}$ và $a_a = -b_a \log i_{corr}$

Tương tự khi phân cực catốt lớn, ta có:

$$|i| = -i_c = i_{corr} \exp\left(\frac{\alpha ZF\eta}{RT}\right) \rightarrow \eta = a_c + b_c \log |i|$$

với $b_c = \frac{2,303RT}{\beta ZF}$ và $a_c = -b_c \log i_{corr}$

Trong phương pháp ngoại suy Tafel thực hiện phân cực anot thép (từ $E_1 = E_{corr}$ đến $E_2 = E_{corr} + 0,3V$) và phân cực catốt (từ $E_1 = E_{corr}$ đến $E_2 = E_{corr} - 0,3V$). Trên các đường cong $\eta - \log i$ xác định hệ số Tafel b_a và b_c . Có thể ngoại suy đoạn thẳng Tafel về

giá trị E_{corr} để xác định mật độ dòng ăn mòn i_{corr} . Tuy nhiên trong môi trường trung tính và kiềm theo nhiều tác giả [5,6], mật độ dòng ăn mòn tính theo phương pháp này kém chính xác do ảnh hưởng của động học khuếch tán và sự biến đổi tính chất bề mặt khi thực hiện phân cực lớn.

b) Phương pháp điện trở phân cực

Phương pháp này dựa trên việc xác định điện trở phân cực R_p của hệ ăn mòn, tức là độ dốc của đường cong phân cực $E - i$ tại vùng gần thế ăn mòn E_{corr} . R_p tỉ lệ nghịch với mật độ dòng ăn mòn i_{corr} . Trong vùng phân cực nhỏ, $|\eta| \ll 25$ mV, mật độ dòng tổng đo được bao gồm sự đóng góp của cả hai phản ứng điện cực:

$$i = i_a + i_c = i_{corr} \left[\exp\left(\frac{2,303\eta}{b_a}\right) - \exp\left(\frac{2,303\eta}{b_c}\right) \right]$$

$$\rightarrow \left(\frac{\partial \eta}{\partial i}\right)_{\eta=0} = R_p = 2,303 R_p i_{corr} \left(\frac{1}{b_a} + \frac{1}{b_c}\right)$$

Từ đó rút ra phương trình Stern-Geary:

$$i_{corr} = \frac{b_a b_c}{2,303 R_p (b_a + b_c)} \quad (*)$$

Tiến hành phân cực thép trong khoảng $E_{corr} \pm 30$ mV, xác định R_p – độ dốc đường cong $E - i$ trong vùng ± 5 mV xung quanh E_{corr} . Thay thế các giá trị b_a, b_c nhận được trong phương pháp ngoại suy Tafel vào biểu thức (*) để tính i_{corr} . Phương pháp này khắc phục được một số nhược điểm của phương pháp ngoại suy Tafel nên cho kết quả chính xác hơn.

2. Pha chế dung dịch và đo các đường cong phân cực

Dung dịch khoan nền chứa sét bột bentonit (60 g/l) và natri carbonat Na_2CO_3 (0,8 g/l) được pha bằng nước giếng lấy từ giàn khoan số 10 ngoài khơi biển Vũng Tàu ở độ sâu 200 m. Thành phần hóa học của nước giếng được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần hóa học và đặc tính của nước giếng (nước kĩ thuật)

Không màu, không mùi, không vị				Tỉ trọng				1,0005
Độ dẫn điện (ở 29°C)		4,1 mS/cm		pH (ở 29°C)				8,3
Ion	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ , Na ⁺	
Nồng độ (mg/l)	505,16	294,63	335,50	18,00	30,00	22,50	555,32	

Dầu thảo mộc biến tính (DTMBT) được thêm vào dung dịch nền với các nồng độ: 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 g/l. Tất cả các dung dịch nghiên cứu có pH 9 ÷ 9,5.

Điện cực làm việc: các mẫu thép hình trụ được cắt từ thép cần khoan S135 có $\Phi = 11,2$ mm và thép ống chống K55 có $\Phi = 8,0$ mm; xung quanh bọc nhựa epoxy-Specifit-20Kit dày 2 cm chỉ để hở bề mặt làm việc diện tích 1,00 cm² đối với thép S135 và 0,50 cm² đối với thép K55. Thành phần của hai loại thép được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Thành phần (%) của thép cần khoan S135 và thép ống chống K55

Nguyên tố	C	Mn	Si	P	S	Mo	Cr	Al
Thép S135	0,300	0,970	0,250	0,018	0,004	0,460	1,040	0,074
Thép K55	0,340	1,320	0,260	0,011	0,004			

Điện cực đối: Dây Platin có diện tích bề mặt 9 cm^2

Điện cực so sánh: Ag/AgCl bão hòa. Mọi giá trị thế điện cực trong nghiên cứu này đều được xác định tương đối so với thế điện cực Ag/AgCl bão hòa.

Tiến hành phân cực anốt và catốt các mẫu thép S135 và K55 trong dung dịch nền và trong dung dịch nền chứa các hàm lượng dầu khác nhau ở điều kiện bình thường ($T=30^\circ\text{C}$, $P = 1 \text{ atm}$) theo tiêu chuẩn ASTM G5-94 [7] trên thiết bị Potentio – galvanostat PGS-HH6. Tốc độ quét thế $0,5 \text{ mV/giây}$. Các đường cong phân cực được xử lý theo phương pháp ngoại suy Tafel và phương pháp điện trở phân cực tuyến tính Stern-Geary theo tiêu chuẩn ASTM G 59-91 [8] và ASTM G102-89 [9] để nhận được các thông số điện hóa: điện thế ăn mòn E_{corr} , các hằng số Tafel của quá trình anốt và catốt b_a , b_c , điện trở phân cực R_p , mật độ dòng ăn mòn i_{corr} .

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Tính chất của quá trình ăn mòn hai loại thép trong dung dịch khoan nền không chứa dầu thảo mộc biến tính

Kết quả đo các thông số phân cực thế động đối với thép S135 và K55 trong dung dịch khoan nền không chứa dầu thảo mộc biến tính được trình bày trong bảng 3.

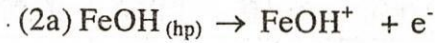
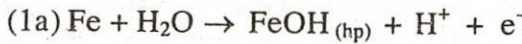
Theo một số tác giả [10] thế điện tích không của sắt vào khoảng $-0,700 \text{ V}$ và giá trị này ít phụ thuộc vào pH của môi trường. Điện thế ăn mòn của hai loại thép khảo sát trong dung dịch khoan nền không chứa dầu thảo mộc biến tính $E_{\text{corr}} = -0,650 \text{ V}$, dương hơn thế điện tích không của sắt. Điều này chứng tỏ bề mặt thép trong dung dịch nghiên cứu tích điện dương tuy rằng điện tích dương này không lớn lắm.

Bảng 3: Các thông số phân cực thế động của thép S135 và K55 trong dung dịch khoan nền (không chứa dầu thảo mộc biến tính) ở 30°C

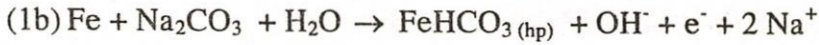
Các thông số PCTĐ	Thép S135	Thép K55
$-E_{\text{corr}}, \text{ V}$	0,650	0,650
$b_a, \text{ V}$	0,105	0,112
$-b_c, \text{ V}$	0,204	0,240
$R_p \times 10^{-3}, \Omega.\text{cm}^2$	1,530	1,500
$i_{\text{corr}} \times 10^2, \text{ mA/cm}^2$	1,97	2,21

Độ dốc Tafel của quá trình phân cực anốt b_a trong dung dịch khoan nền không chứa dầu thảo mộc biến tính đối với thép S135 và K55 có giá trị xấp xỉ nhau. Như vậy, tính chất của phản ứng anốt hòa tan sắt là như nhau đối với cả hai loại thép. Dựa trên các giả thiết của Netic và đồng sự [11] đề nghị cho cơ chế của quá trình anốt hòa tan thép mềm trong môi trường $\text{pH} > 5$ chứa CO_3^{2-} chúng tôi cho rằng, trong dung dịch

khoan nền phản ứng hòa tan anot có thể xảy ra theo các cơ chế sau:

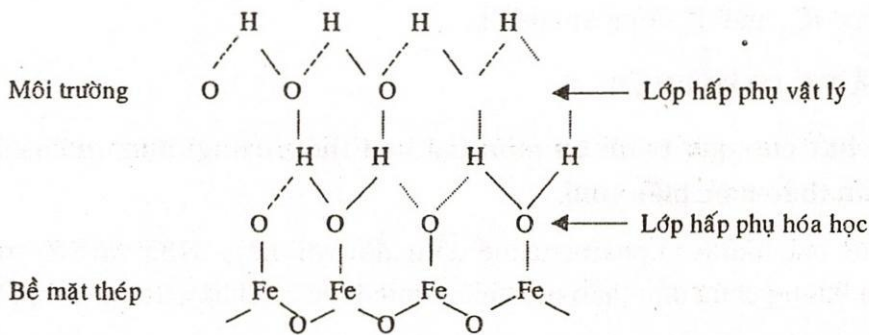


hoặc / và



Theo cơ chế này, hằng số Tafel của quá trình anot sẽ phải bằng 0,118 V ở 25°C. Trị số thực nghiệm 0,105 V (đối với thép S135) và 0,112 V (đối với thép K55) phù hợp khá tốt với giá trị lý thuyết.

Điện trở phân cực R_p như nhau đối với hai loại thép cho phép giả thiết màng hấp phụ gồm các lớp phức trung gian ferrohdroxyl, do sự tương tác giữa nước, oxy hòa tan, gốc OH^- và bề mặt thép tạo nên, có độ dày tương tự nhau đối với cả hai loại thép. Các tác giả [12] đã giả thiết lớp màng này có thể có cấu trúc như sau:



Giá trị độ dốc Tafel của quá trình phân cực catốt $|b_c|$ đối với cả hai loại thép lớn hơn 0,200 V thể hiện vai trò của động học khuếch tán trong phản ứng khử catốt của oxy hòa tan (hoặc của nước) trên bề mặt hai loại thép, nhất là đối với thép K55.

Mật độ dòng ăn mòn trong dung dịch khoan nền đối với thép S135 ($i_{corr} = 0,0197 \text{ mA/cm}^2$) thấp hơn so với thép K55 ($i_{corr} = 0,0221 \text{ mA/cm}^2$), chứng tỏ tốc độ ăn mòn thép S135 nhỏ hơn tốc độ ăn mòn thép K55. Kết quả này phù hợp với kết quả thu được từ phương pháp trọng lượng [13].

2. Ảnh hưởng của dầu thảo mộc biến tính tới cơ chế ăn mòn thép S135 và thép K55

Các thông số phân cực thế động đối với thép S135 và K55 trong dung dịch khoan nền có chứa dầu thảo mộc biến tính được trình bày trong Bảng 4 và 5.

Từ kết quả trong các Bảng 4 và 5 ta nhận thấy những biến đổi sau:

* E_{corr} . Dầu thảo mộc biến tính dịch chuyển đáng kể thế ăn mòn của cả hai loại thép về phía dương: E_{corr} của thép S135 trong dung dịch khoan nền dịch chuyển từ -650mV đến -427 mV khi hàm lượng dầu lên đến 3,0g/l; E_{corr} của thép K55 còn chuyển dịch mạnh hơn về phía dương từ -650 mV tới -412 mV khi nồng độ dầu tăng từ 0 đến 2g/l. Có thể giả thiết rằng đã có một màng dầu hấp phụ trên bề mặt hai loại thép và sự tương tác giữa dầu thảo mộc biến tính với các ion sắt trên bề mặt thép có thể dẫn tới sự tạo thành các phức chất trung gian mới làm tăng năng lượng hoạt hóa của quá trình hòa

tan sắt.

Bảng 4: Các thông số phân cực thể động của thép S135 trong dung dịch khoan nền có dầu thảo mộc biến tính ở 30°C

Nồng độ dầu(g/l)	0,0	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
- E _{corr} (V)	0,650	0,596	0,545	0,492	0,462	0,451	0,427
b _a , V	0,105	0,135	0,186	0,256	0,118	0,172	0,199
- b _c , V	0,204	1,130	1,200	0,830	1,418	1,411	1,735
R _p × 10 ⁻³ , Ω.cm ²	1,530	3,180	4,460	5,920	3,530	5,200	3,190
i _{corr} × 10 ² , mA/cm ²	1,97	1,65	1,57	1,44	1,34	1,28	2,43

Bảng 5: Các thông số phân cực thể động của thép K55 trong dung dịch khoan nền có dầu thảo mộc biến tính ở 30°C

Nồng độ dầu (g/l)	0,0	0,1	0,5	1,0	2,0
- E _{corr} , V	0,650	0,505	0,502	0,415	0,412
b _a , V	0,112	0,130	0,158	0,159	0,151
- b _c , V	0,240	2,700	5,000	10,000	10,000
R _p × 10 ⁻³ , Ω.cm ²	1,500	1,600	3,000	2,500	2,800
i _{corr} × 10 ² , mA/cm ²	2,21	3,36	2,21	2,76	2,34
- lgi _d , (mA/cm ²)		1,65	1,80	1,55	1,55

* **b_a**: Độ dốc Tafel của quá trình phân cực anốt b_a trong các dung dịch khoan nền + dầu tăng nhẹ so với giá trị b_a trong các dung dịch khoan nền không có dầu. Điều này cho thấy màng dầu hấp phụ trên bề mặt cả hai loại thép có khả năng kìm hãm yếu quá trình anốt hòa tan thép. Guo và Tomoe [14] cũng nhận được những kết quả tương tự khi nghiên cứu ảnh hưởng của diglicolamin lên quá trình hòa tan thép trong môi trường chứa CO₃²⁻. Áp dụng những lí giải của hai ông, chúng tôi cho rằng các anion (DTMBT) tạo thành từ dầu thảo mộc biến tính không những chỉ hấp phụ lên bề mặt thép mà còn có thể tham gia trực tiếp vào giai đoạn chuyển điện tích (2) ở trên:



Như vậy, với nồng độ dầu thảo mộc biến tính trong lớp kép trên ranh giới bề mặt thép – dung dịch khá lớn thì giai đoạn (2') xảy ra rất nhanh và giai đoạn tốc định của phản ứng anốt hòa tan thép sẽ là giai đoạn (1) hoặc/và giai đoạn hấp phụ. Trong trường hợp đó hằng số Tafel của quá trình anốt sẽ lớn hơn 0,118 V. Điều này được thấy rõ qua các số liệu trong Bảng 4 và 5.

* **b_c**: Khả năng ức chế các quá trình catốt xảy ra trên bề mặt hai loại thép của dầu thảo mộc biến tính thể hiện rõ ràng hơn qua sự tăng mạnh các giá trị độ dốc Tafel của nhánh phân cực catốt |b_c|. Đối với thép S135 |b_c| tăng từ 4 đến 7 lần so với giá trị |b_c| trong dung dịch khoan nền không có dầu khi tăng dần hàm lượng dầu đến 3,0 g/l.

Hệ số Tafel catod $|b_c|$ của thép K55 tăng mạnh khi tăng hàm lượng dầu thảo mộc biến tính trong dung dịch khoan và đạt giá trị lớn hơn rất nhiều lần so với $|b_c|$ của thép trong dung dịch khoan không chứa dầu. Có thể nói rằng, đối với thép K55 quá trình khử catốt bị khống chế hoàn toàn bởi cơ chế khuếch tán. Hàm lượng dầu càng tăng, vai trò của động học khuếch tán càng chiếm ưu thế. Qua giá trị tương đối ổn định của dòng khuếch tán cực đại ($\log i_d$) của quá trình khử catốt đối với thép K55 trong các dung dịch khoan với nồng độ dầu thảo mộc biến tính khác nhau (Bảng 5), ta thấy i_d không phụ thuộc vào nồng độ dầu; chứng tỏ quá trình khử catốt trên bề mặt thép chỉ là quá trình khử oxy hòa tan trong dung dịch khoan.

* R_p : Tốc độ ăn mòn thép tỉ lệ nghịch với điện trở phân cực R_p . So với dung dịch khoan nền không chứa dầu, R_p của các dung dịch khoan nền có dầu đều lớn hơn từ 1,5 đến 3,5 lần đối với thép S135 và khoảng 2 lần đối với thép K55. Điều này lại một lần nữa khẳng định giả thiết về sự hình thành màng hấp phụ khí chặt giữa các phức ferrohdroxyl hoặc các sản phẩm ăn mòn trên bề mặt thép với các anion sunfat, sunfonat của dầu thảo mộc biến tính.

KẾT LUẬN

Dầu thảo mộc biến tính ức chế sự ăn mòn cả hai loại thép cần khoan và ống chống theo cơ chế tạo màng hấp phụ. Trong dung dịch khoan có chứa dầu thảo mộc biến tính các thông số động học như E_{corr} , b_a , b_c , R_p , i_{corr} đều thay đổi theo hướng cho thấy quá trình hòa tan thép trở nên khó khăn hơn. Sự thay đổi của các đại lượng này phụ thuộc vào hàm lượng dầu thảo mộc biến tính với những mức độ khác nhau. Dầu ức chế nhẹ quá trình anot và chuyển quá trình catốt sang vùng động học khuếch tán.

EFFECT OF MODIFIED PLANT OIL ON CORROSION BEHAVIOR OF CASING AND DRILL PIPE STEELS IN DRILLING FLUID

Nguyen Thi Phuong Thoa - Vu Dinh Huy - Dang Thi Thanh Hoa

ABSTRACT : *The inhibition effect of a modified plant oil (MPO) on corrosion behavior of drill pipe steel S135 and casing steel K55 in the basic drilling fluid has been investigated by potentiodynamic polarization method. The experiments were carried out at 30°C, 1 atm and at different MPO concentrations from 0.0 to 3.0 g/l.*

The fact that E_{corr} was shifted to positive values, Tafel slopes and polarization resistant increase with MPO concentrations, was explained by formation of protective adsorption membrane of MPO on the steel surface in the drilling fluid. It was showed that the modified plant oil has been a good cathodic corrosion inhibitor for both of the steels in the studied medium. The effect of the modified plant oil on the anodic reaction was minor. In general, the corrosion inhibition efficiency of the modified plant oil increases with increasing its concentration.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Vũ Đình Huy, Nguyễn Thị Phương Thoa, Trần Mai Hân. *Nghiên cứu sự ăn mòn cần khoan, ống chống trong dung dịch khoan, trong nước biển, nước giếng, nước vỉa và nước tách từ dầu thô*. Tuyển tập “ Hội thảo môi trường nhiệt đới Việt nam với vấn đề ăn mòn và bảo vệ kim loại”. Tp Hồ Chí Minh, tháng 03/1997, tr.83-90.

[2] Saakian L. X., Ephrimov A. P.. *Bảo vệ thiết bị ngành dầu khí khỏi ăn mòn*. Nhà xuất bản “Nhedra”, Mátxcơva, 232 trang, 1982 (tiếng nga).

[3] Ji Chenglou, Lu Jinkuan, Han Qiuling. *CO₂ corrosion of carbon steel in polymer drilling fluid*. In: “Proceedings of the 8th Asian-pacific Corrosion Control Conference”, 6-11 December 1993, Bangkok, Thailan, pp 81-83.

[4] Vũ Đình Huy, Trần Thị Ngọc Lan, Nguyễn Thị Phương Thoa, Lê Thị Thanh. *Ảnh hưởng một số hóa phẩm trong dung dịch khoan đến tốc độ ăn mòn cần khoan và ống chống*. “ Tuyển tập báo cáo hội nghị hóa học toàn quốc lần III”, 10/1998, Hà Nội, Tập 2, trang 595-598.

[5] W. A. Schultze, Phan Lương Cẩm. *An mòn và bảo vệ kim loại*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1985.

[6] Florian Mansfeld. *The Polarization resistance technique for measuring corrosion currents*. Advances in corrosion science and technology, Vol. 6, Plenum Press, 1976.

[7] G5-94 (ASTM): *Standard reference test method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization measurements*.

[8] G59-91 (ASTM): *Standard practice for conducting potentiodynamic anodic polarization potentiodynamic polarization resistance measurements*.

[9] G102-89 (ASTM): *Standard practice for calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements*.

[10] H. Luo, Y. C. Guan, K. N. Han. *Inhibition of mild steel corrosion by Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate and Sodium Oleate in acidic solutions*. Corrosion, Vol. 54, No 8, pp. 619 – 627, 1998.

[11] O. S. Nestic, N. Thevenot, J. L. Crolet, D. M. Dvazic. *Electrochemical properties of Iron dissolution in the presence of CO₂-Basic Revisited*. Corrosion/96, Paper N^o 3, Houston, NACE, 1996.

[12] I. S. Lee, R. W. Staehle. *Adsorption of Water on Copper, Nickel and Iron*. Corrosion, Vol. 53, No 1, pp. 33 – 42, 1997.

[13] Vũ Đình Huy, Nguyễn Thị Phương Thoa, Đặng Thị Thanh Hòa. *Modified plant oil – a corrosion inhibitor for steels in drilling fluid*. In: “Proceedings of the 11th Asian-pacific Corrosion Control Conference”, Vol. 2, pp. 911 – 920, November 1999, HoChiMinh City.

[14] X. P. Guo, Y. Tomoe. *Electrochemical behavior of Carbon Steel in Carbon Dioxide – Saturated Diglycoamine Solutions*. Corrosion, Vol. 54, No 11, pp. 931 – 939, 1998.