

# ỨC CHẾ ẪN MÒN THÉP ĐƯỜNG ỐNG TRONG DUNG DỊCH NƯỚC TRUNG TÍNH VÀ KIỀM TẠI CÁC NHIỆT ĐỘ KHÁC NHAU BỞI NÁTRI MÔLÍPĐÁT

## INHIBITION OF PIPELINE STEEL CORROSION IN ALKALI AND NEUTRAL WATER SOLUTIONS AT DIFFERENT TEMPERATURES BY SODIUM MOLYBDATE

Vũ Đình Huy và Trần Thị Lan Anh

Khoa Công nghệ Vật liệu, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam.

### TÓM TẮT

Ảnh hưởng của natri molybđat đến việc ức chế ăn mòn đường ống thép trong các dung dịch kiềm (pH 11) có sục khí và trung tính (pH 7) ở nhiệt độ từ 30°C đến 140°C đã được khảo sát bằng các phương pháp tổn thất khối lượng, phân cực thể điện động và phổ tổng trở điện hóa.

Natri molybđat được sử dụng ở các nồng độ: 200 ppm, 350 ppm và 500 ppm (% khối lượng).

Các mẫu thép được đánh giá theo phương pháp tổn thất khối lượng sau 4, 8, 12, 24, 48, 72 và 96 giờ nhúng trong dung dịch ở 30°C; sau 4 giờ trong dung dịch ở 60°C, 100°C và 140°C. Kết quả thực nghiệm cho thấy natri molybđat ức chế ăn mòn thép hữu hiệu nhờ tạo thành lớp màng MoO<sub>2</sub> trong dung dịch trung tính chứa oxy hòa tan ở các nhiệt độ khác nhau. Ngược lại, trong dung dịch kiềm ở các nhiệt độ khác nhau, natri molybđat tỏ ra không hiệu quả ức chế ăn mòn thép.

### ABSTRACT

Effect of sodium molybdate on the pipeline steel corrosion inhibition in the aerated alkali (pH 11) and neutral (pH 7) water solutions at temperatures from 30°C to 140°C has been investigated by mass loss, potentiodynamic polarization and electrochemical impedance spectroscopy methods.

Sodium molybdate was added in concentrations: 200 ppm, 350 ppm and 500 ppm by mass.

The steel samples were evaluated mass loss measurements after 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 hours of immersion at 30°C; after 4 hours at 60°C, 100°C and 140°C. The experimental results showed that, sodium molybdate is effective for inhibition against steel corrosion by the formation of MoO<sub>2</sub> film in neutral solutions-containing oxygen at the different temperatures. On the contrary, sodium molybdate is unprofitable for steel corrosion inhibition in the alkali solutions at the different temperatures.

## 1. MỞ ĐẦU

Nátri molybđat Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> đã được sử dụng để ức chế sự ăn mòn thép trên tàu chiến của Hải quân Canada [1-3]; dùng làm phụ gia pha chế sơn chống ăn mòn trong ngành hàng không Mỹ [4]; bảo vệ thép khỏi ăn mòn trong dung dịch nước có độ pH gần trung tính (pH từ 5,5 đến 8,5) [5] trong hệ thống nước tuần hoàn trao đổi nhiệt [6] và trong nước của tháp làm mát [7].

Hầu hết các công trình nghiên cứu đã công bố về sự ức chế ăn mòn thép bởi nátri molybđat đều chỉ thực hiện trong khoảng pH trung tính ở nhiệt độ phòng [5,8,9,10,11]. Chúng tôi chưa tìm thấy công trình nghiên cứu nào khảo sát khả năng ức chế ăn mòn thép bởi nátri molybđat trong môi trường kiềm đặc và ở các nhiệt độ cao.

Vì vậy, để góp phần bổ sung vào khoảng trống này, chúng tôi đã khảo sát khả năng ức chế ăn

mòn thép của nátri molybđat trong dung dịch nước trung tính (pH 7) và kiềm đặc (pH 11) trên khoảng rộng của nhiệt độ, từ 30°C đến 140°C; nhằm mục đích sử dụng natri molybđat làm chất ức chế ăn mòn trong chất lỏng “packer fluid”, để bảo vệ vùng không gian vành xuyên của các giếng khoan dầu khí khỏi bị ăn mòn điện hóa học [12].

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Đối tượng nghiên cứu

Thép cacbon P110 cắt từ ống khai thác dầu khí dày 6,88 mm. Thành phần hóa học định danh của thép P110 (% khối lượng) là: C – 0,24; Mn – 1,32; Si – 0,16; P – 0,022 và S – 0,013. Giới hạn chảy của thép P110: Min = 110.000 psi; Max = 140.000 psi. Độ bền kéo căng: Min = 125.000 psi.

## 2.2 Chuẩn bị dung dịch thí nghiệm

Dung môi là nước ngọt (nước máy). Thành phần hóa học của nước ngọt ghi trong bảng 2.2.1.

Bảng 2.2.1: Thành phần hóa học của nước ngọt

|                                  |                         |                |               |
|----------------------------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Phèn sắt                         | Không có                |                |               |
| Độ pH                            | 6,95 tại 23,9°C         |                |               |
| Khối lượng riêng                 | 0,998 g/cm <sup>3</sup> |                |               |
| Nồng độ các ion                  | mg/l                    | ml đương lượng | % đương lượng |
| Cl <sup>-</sup>                  | 145                     | 4,08           | 35,86         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | 22                      | 0,47           | 4,11          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 70                      | 1,14           | 10,03         |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | 0                       | 0              | 0             |
| OH <sup>-</sup>                  | 0                       | 0              | 0             |
| Ca <sup>2+</sup>                 | 13                      | 0,65           | 5,72          |
| Mg <sup>2+</sup>                 | 11                      | 0,94           | 8,27          |
| Sắt tổng                         | 0,2                     | 0,007          | 0,06          |
| Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> | 98                      | 4,09           | 35,95         |
| Độ hóa khoáng chung              | 0,359 g/l               |                |               |

Dung dịch nước pH 11 pha chế theo Tiêu chuẩn Việt Nam [13]. Dung dịch thí nghiệm được pha chế từ các loại hóa chất tinh khiết.

Các thí nghiệm thực hiện trong dung dịch nước pH 7 và pH 11 với nồng độ chất ức chế ăn mòn natri molybdat là: 200, 350 và 500 ppm (theo khối lượng).

## 2.3 Xác định tốc độ ăn mòn thép theo phương pháp khối lượng

Mỗi thí nghiệm sử dụng 2 mẫu thép, kích thước mẫu: 50 x 20 x 3 mm được khoan 2 lỗ, đường kính lỗ 2 mm.

Xử lý mẫu thép trước và sau thí nghiệm theo tiêu chuẩn Mỹ ASTM G1-90 [14].

Các mẫu thép được nhúng ngập vào dung dịch thí nghiệm tĩnh, thông khí theo tiêu chuẩn ASTM G31-72, G111-92 [15,16], trong khoảng thời gian là : 4, 8, 12, 24, 48, 72 và 96 giờ ở nhiệt độ phòng (30°C); và trong 4 giờ ở các nhiệt độ cao (60°C, 100°C và 140°C).

Độ sâu ăn mòn thép trung bình (V) tính theo công thức:

$$V_{corr} = \frac{8.76 \times 10^{-4} \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

Trong đó: W - Tổng thất khối lượng mẫu (g); A - Diện tích mẫu (cm<sup>2</sup>); T - Thời gian ngâm mẫu(h); D- Khối lượng riêng của mẫu (g/cm<sup>3</sup>).

## 2.4 Đo điện hóa

Sử dụng thiết bị Solatron 1280Z chế tạo tại Pháp để đo các đường cong phân cực thế động và đo tổng trở điện hóa theo các tiêu chuẩn ASTM G5-94, G102-89 và G106-89 [17-19]. Điện cực làm việc là thép P110 đúc trong nhựa epôxy chỉ để hở diện tích bề mặt là 1cm<sup>2</sup>. Điện cực đối là lưới platin; điện cực so sánh là điện cực calomen bão hòa (SCE). Giá trị điện thế ăn mòn thép (E<sub>corr</sub>) tính theo điện cực hydro tiêu chuẩn (SHE). Đo các đường cong phân cực catốt và anốt với tốc độ quét thế là 0,5mV/sec, bắt đầu từ giá trị (E<sub>corr</sub>-200 mV) đến (E<sub>corr</sub>+200 mV); đo điện trở phân cực từ (E<sub>corr</sub>-20 mV) đến (E<sub>corr</sub>+20 mV).

Mật độ dòng ăn mòn thép (i<sub>corr</sub>) đo bằng các phương pháp ngoại suy Tafel và điện trở phân cực tuyến tính. Phổ tổng trở điện hóa được đo tại giá trị (E<sub>corr</sub> ±5mV) trên dải tần số từ 20.000 Hz đến 1 mHz.

Số liệu thực nghiệm nhận được từ phương pháp này sẽ qua xử lý bằng chương trình “Fit and Simulation” có sẵn trong phần mềm FRA, để xác định giá trị điện trở phân cực (R), điện dung lớp điện tích kép (C) và tốc độ ăn mòn thép (V).

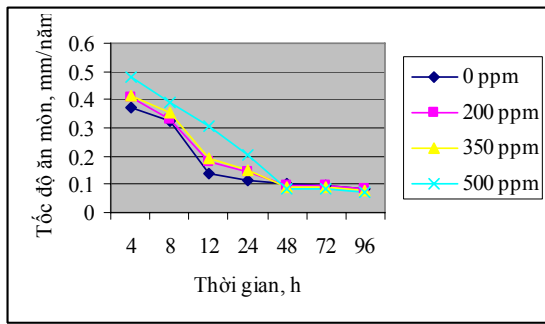
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Trong dung dịch nước trung tính (pH 7) ở nhiệt độ phòng (30°C)

Bảng 3.1.1 : Tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat và thời gian ngâm mẫu trong dung dịch trung tính ở nhiệt độ phòng

| Thời gian | Tốc độ ăn mòn thép (mm/năm)                    |        |        |        |
|-----------|--|--------|--------|--------|
|           | Nồng độ Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> (ppm) |        |        |        |
|           | 0  | 200    | 350    | 500    |
| 4 giờ     | 0,3734   | 0,4074 | 0,4146 | 0,4801 |
| 8 giờ     | 0,3249   | 0,3273 | 0,3546 | 0,3928 |
| 12 giờ    | 0,1390   | 0,1794 | 0,1940 | 0,3637 |
| 24 giờ    | 0,1131   | 0,1431 | 0,1503 | 0,2013 |
| 48 giờ    | 0,1026   | 0,0982 | 0,0928 | 0,0861 |
| 72 giờ    | 0,0962   | 0,0930 | 0,0889 | 0,0855 |
| 96 giờ    | 0,0870   | 0,0855 | 0,0806 | 0,0727 |

Hình 3.1.1 Tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat và thời gian ngâm mẫu trong dung dịch trung tính ở nhiệt độ phòng.



Bảng 3.1.1 và hình 3.1.1 cho thấy, trong dung dịch nước trung tính ở nhiệt độ phòng, tốc độ ăn mòn thép giảm dần theo thời gian ngâm mẫu. Trong 48 giờ đầu tiên ngâm mẫu, tốc độ ăn mòn thép tăng theo chiều tăng của nồng độ natri molybdat. Sau 48 giờ ngâm mẫu, ngược lại, tốc độ ăn mòn thép giảm không nhiều khi tăng nồng độ của natri molybdat từ 200 ppm lên 500 ppm.

Kết quả đo các đường cong phân cực anốt và catốt trong dung dịch nước trung tính ở nhiệt độ phòng, được trình bày trong bảng 3.1.2. Các số liệu trong bảng 3.1.2 chỉ ra rằng, theo chiều tăng nồng độ natri molybdat, điện thế ăn mòn thép ( $E_{corr}$ ) dịch chuyển về phía giá trị dương hơn, độ dốc của đường cong phân cực anốt ( $b_a$ ) tăng lên, dẫn đến sự giảm tốc độ ăn mòn thép ( $V_{corr}$ ). Nhưng độ dốc của đường cong phân cực catốt ( $b_c$ ) bị giảm khi tăng nồng độ natri molybdat. Nói một cách khác, natri molybdat có tác dụng hai mặt: một mặt gia tốc quá trình catốt; mặt khác lại kìm hãm quá trình anốt của sự ăn mòn điện hóa kim loại.

Bảng 3.1.2 Sự phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat trong dung dịch nước trung tính ở nhiệt độ phòng của độ dốc các đường cong phân cực anốt ( $b_a$ ) và catốt ( $b_c$ ), điện thế ăn mòn ( $E_{corr}$ ) và tốc độ ăn mòn điện hóa thép xác định theo phương pháp ngoại suy Tafel ( $V_{corr}$ )

| Nồng độ $Na_2MoO_4$ (ppm)      | 0       | 200     | 500     |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| $b_a$ (V)                      | 161     | 177     | 312     |
| $b_c$ (V)                      | -178    | -158    | -129    |
| $E_{corr}$ (V)/SHE             | -0,3857 | -0,0930 | -0,0667 |
| $V_{corr} \cdot 10^3$ (mm/năm) | 22,96   | 14,36   | 0,02    |

Bảng 3.1.3. Sự phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat trong dung dịch trung tính của điện thế ăn mòn thép ( $E_{corr}$ ), điện trở phân cực (R), điện dung lớp điện tích kép (C) và tốc độ ăn mòn thép xác định theo phương pháp đo tổng trở điện hóa ( $V_{corr}$ ).

| Nồng độ $Na_2MoO_4$ (ppm)              | 0       | 200     | 500     |
|--|---------|---------|---------|
| $E_{corr}$ (V)/SHE                     | -0,3857 | -0,2828 | -0,2548 |
| $R \cdot 10^{-4}$ (W.cm <sup>2</sup> ) | 0,57    | 0,91    | 1,27    |
| $C \cdot 10^5$ (F/cm <sup>2</sup> )    | 77,87   | 14,4    | 3,6     |
| $V_{corr} \cdot 10^3$ (mm/năm)         | 22,83   | 58,3    | 29,68   |

Số liệu đo phổ tổng trở điện hóa trong bảng 3.1.3 cho thấy, tăng nồng độ natri molybdat trong dung dịch trung tính, sẽ kéo theo sự dịch chuyển điện thế ăn mòn thép ( $E_{corr}$ ) về phía giá trị dương hơn, làm tăng điện trở phân cực (R), làm giảm đáng kể điện dung của lớp điện tích kép (C). Những sự thay đổi đó chứng tỏ natri molybdat đã góp phần tạo thành trên bề mặt thép một lớp màng có tính chất bảo vệ, ngăn cản sự ăn mòn điện hóa thép.

Các thí nghiệm theo 3 phương pháp: trọng lượng, đo phổ tổng trở điện hóa, đo đường cong phân cực anốt và catốt đều cho thấy natri molybdat là chất ức chế anốt đối với sự ăn mòn điện hóa thép.

Trong giai đoạn đầu của quá trình ăn mòn (đến 48 giờ), sự gia tốc quá trình catốt bởi natri molybdat chiếm ưu thế nên tốc độ ăn mòn thép tăng theo chiều tăng nồng độ natri molybdat; nhưng sau 48 giờ ngâm mẫu, sự kìm hãm quá trình anốt bởi natri molybdat vượt trội hơn, do đó tốc độ ăn mòn thép sau 48 giờ lại giảm đi khi nồng độ natri molybdat tăng lên.

Cơ chế ức chế quá trình ăn mòn thép bởi natri molybdat được giải thích như sau: Anion molybdat  $MoO_4^{2-}$  có tính oxy hóa mạnh hơn phân tử oxy hòa tan trong nước, nó đóng vai trò là tác nhân oxy hóa chính, làm giảm mạnh độ phân cực catốt của sự ăn mòn điện hóa thép. Nhưng khi anion molybdat  $MoO_4^{2-}$  nhận được điện tử giải phóng ra từ phản ứng anốt oxy hóa nguyên tử sắt, nó bị khử thành màng molybden oxýt ( $MoO_2$ ) che phủ bề mặt thép, làm giảm đáng kể tốc độ ăn mòn thép [5,10].

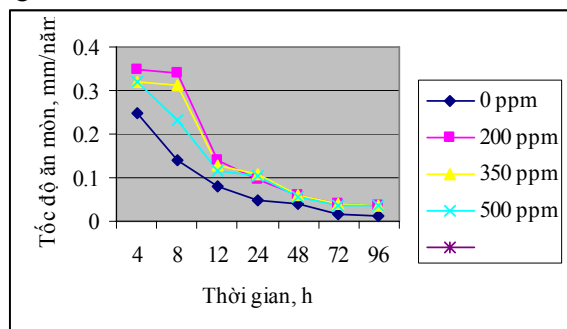
### 3.2 Trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) ở nhiệt độ phòng (30°C)

Bảng 3.2.1 : Tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat và thời gian ngâm mẫu trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) ở nhiệt độ phòng

| Thời gian | Tốc độ ăn mòn thép (mm/năm) |        |        |        |
|-----------|-----------------------------|--------|--------|--------|
|           | Nồng độ $Na_2MoO_4$ (ppm)   |        |        |        |
|           | 0                           | 200    | 350    | 500    |
| 4 giờ     | 0,2473                      | 0,3492 | 0,3201 | 0,3183 |
| 8 giờ     | 0,1418                      | 0,3419 | 0,3137 | 0,2328 |
| 12 giờ    | 0,0812                      | 0,1406 | 0,1261 | 0,1164 |

|        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 giờ | 0,0461 | 0,0970 | 0,1067 | 0,1043 |
| 48 giờ | 0,0394 | 0,0582 | 0,0594 | 0,0570 |
| 72 giờ | 0,0156 | 0,0412 | 0,0410 | 0,0372 |
| 96 giờ | 0,0132 | 0,0376 | 0,0374 | 0,0370 |

Hình 3.2.1. Tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) ở nhiệt độ phòng phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat và thời gian ngâm mẫu.



Bảng 3.2.1 và hình 3.2.1 cho thấy, trong khoảng nồng độ 200 -500 ppm, natri molybdat gia tốc sự ăn mòn điện hóa thép trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) ở nhiệt độ phòng; mặc dù khi tăng dần nồng độ natri molybdat từ 200 ppm lên 500 ppm, tốc độ ăn mòn thép giảm dần.

Nguyên nhân có thể như sau : Trong dung dịch kiềm đặc có mặt oxy hòa tan, trên bề mặt thép nhanh chóng tạo thành lớp oxyt thụ động với thành phần hóa học chủ yếu là  $Fe_3O_4$ . Khi thêm natri molybdat vào dung dịch này, anion molybdat  $MoO_4^{2-}$  có tính oxy hóa mạnh hơn phân tử oxy hòa tan, nó không những gia tốc quá trình catốt như đã nói ở trên, mà còn oxy hóa cả lớp oxyt thụ động  $Fe_3O_4$  đã có sẵn, chuyển  $Fe_3O_4$  thành  $Fe_2O_3$  không còn tính thụ động nữa. Vì thế, natri molybdat là chất gia tốc sự ăn mòn điện hóa thép trong dung dịch kiềm đặc ở nhiệt độ phòng.

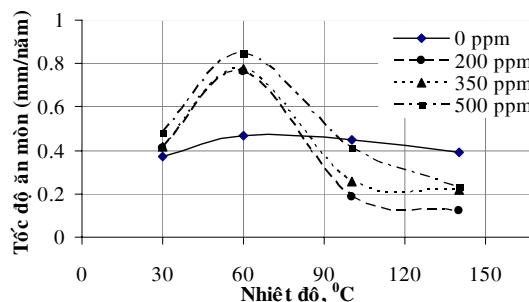
### 3.3 Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ natri molybdat đến tốc độ ăn mòn thép trong các dung dịch trung tính (pH 7) và kiềm đặc (pH 11). Thời gian thí nghiệm : 4 giờ

Bảng 3.3.1 Tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch trung tính phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ natri molybdat

| Tốc độ ăn mòn thép (mm/năm) |                           |        |        |        |
|-----------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| Nhiệt độ                    | Nồng độ $Na_2MoO_4$ (ppm) |        |        |        |
|                             | 0                         | 200    | 350    | 500    |
| 30°C                        | 0,3734                    | 0,4074 | 0,4146 | 0,4801 |

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 60°C  | 0,4680 | 0,7638 | 0,7784 | 0,8438 |
| 100°C | 0,4510 | 0,1891 | 0,2546 | 0,4074 |
| 140°C | 0,3880 | 0,1237 | 0,2182 | 0,2328 |

Hình 3.3.1 Tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch trung tính phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ natri molybdat.



Bảng 3.3.1 và hình 3.3.1 chỉ ra rằng, các đường cong biểu thị tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nhiệt độ trong các dung dịch trung tính có hoặc không có natri molybdat, đều đi qua điểm cực đại tại 60°C. So với trong dung dịch trung tính không có natri molybdat, thì trong các dung dịch có mặt natri molybdat, nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt hơn nhiều đến tốc độ ăn mòn thép: Tốc độ ăn mòn thép tăng nhanh theo sự tăng nhiệt độ từ 30°C lên 60°C; nhưng lại giảm nhanh theo sự tăng nhiệt độ từ 60°C lên 100°C, sau đó tốc độ ăn mòn thép giảm dần khi tăng nhiệt độ dung dịch từ 100°C lên 140°C.

Khi thí nghiệm trong thời gian 4 giờ, ta nhận thấy tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch trung tính tăng dần theo sự tăng nồng độ natri molybdat ở các nhiệt độ dưới 100°C. Nhưng tại các nhiệt độ cao hơn (100°C và 140°C), đường cong tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nồng độ natri molybdat đi qua điểm cực tiểu trong dung dịch có nồng độ natri molybdat thấp nhất (200 ppm).

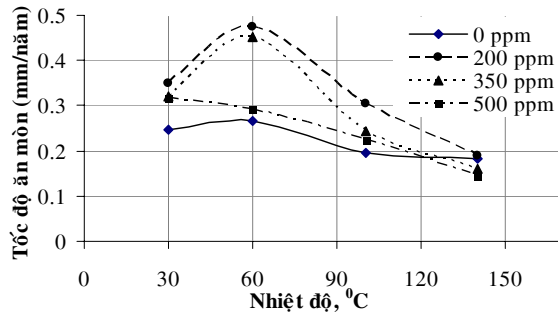
Qua các thí nghiệm đã trình bày ở trên (bảng 3.1.1 và bảng 3.3.1), ta rút ra một nhận xét có ý nghĩa thực tiễn là: Chỉ cần sử dụng natri molybdat nồng độ 200 ppm là đủ để bảo vệ thép khỏi bị ăn mòn trong dung dịch nước trung tính ở mọi nhiệt độ khảo sát, từ 30°C đến 140°C.

Bảng 3.3.2 Tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ natri molybdat

| Tốc độ ăn mòn thép (mm/năm) |                           |        |        |        |
|-----------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| Thời gian                   | Nồng độ $Na_2MoO_4$ (ppm) |        |        |        |
|                             | 0                         | 200    | 350    | 500    |
| 30°C                        | 0,2473                    | 0,3492 | 0,3201 | 0,3183 |

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 60°C  | 0,2655 | 0,4728 | 0,4510 | 0,2910 |
| 100°C | 0,1964 | 0,3055 | 0,2437 | 0,2255 |
| 140°C | 0,1819 | 0,1891 | 0,1600 | 0,1455 |

Hình 3.3.2 Tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch kiềm đặc (pH 11) phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ natri mômipđát



Giống như trong dung dịch trung tính, tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc vào nhiệt độ trong dung dịch kiềm đặc không có hoặc có natri mômipđát ở các nồng độ thấp (200 ppm và 350 ppm) đạt giá trị cực đại tại 60°C. Nhưng khi tăng nồng độ natri mômipđát lên đến 500 ppm trong dung dịch kiềm đặc, thì tốc độ ăn mòn thép giảm dần theo chiều tăng nhiệt độ từ 30°C lên 140°C.

Nói chung, khi thử nghiệm trong thời gian ngắn (4 giờ), natri mômipđát gia tốc sự ăn mòn thép trong dung dịch kiềm đặc ở mọi nhiệt độ khảo sát.

Trái ngược với trong dung dịch trung tính, đường cong tốc độ ăn mòn thép phụ thuộc nồng độ natri mômipđát trong dung dịch kiềm đặc đi qua điểm cực đại tại dung dịch có nồng độ natri mômipđát thấp nhất (200 ppm).

#### 4. KẾT LUẬN

+ Nồng độ natri mômipđát 200 ppm là đủ để bảo vệ thép khỏi bị ăn mòn trong dung dịch nước trung tính có nhiệt độ từ 30°C đến 140°C.

+ Trong dung dịch kiềm đặc (pH 11), natri mômipđát là chất gia tốc sự ăn mòn thép ở mọi nhiệt độ khảo sát.

+ Natri mômipđát một mặt là chất ôxy hóa mạnh đóng vai trò chất khử phân cực catốt, mặt khác là chất tạo màng oxýt MoO<sub>2</sub>, ức chế quá trình anot của sự ăn mòn điện hóa thép trong dung dịch nước trung tính.

#### MỤC LỤC THAM KHẢO

1. K.L. Vasanth. Corrosion Inhibition in Naval Vessels. In NACE (1996), Paper 233, pp.4-6.
2. C.M. Hanham, R.M. Veinot, R.M. Armstrong, C.A.Shaw. Defense Research

- Establishment Atlantic, Canada, (1986), TM 86/221.
3. Philip E.Zapp, John W.Van Zee. Corrosion (1999), Paper No. 471, NACE International.
4. L.J.Bailin,V.S.Agarwala. Development of Microencapsulated DNBM Quaternary Ammonium Inhibitors for Paints. In: "Proc. 1987 Trice Vice Conference on Corrosion, Air Force Wright Aeronautical Labs", (1987), AFWAL-TR-87-4139, Vol. II,III.
5. M. Raghavan. Corrosion Prevention and Development of Corrosion Inhibitors. In: "A Proceedings of the 12<sup>th</sup> Asia Pacific Corrosion Control Conference", (2001), Vol.2, pp. 857-869.
6. Suzuki Fumiko. Anti-corrosion Composition for Use in Aqueous systems. Patent Number: US 4176059. Publication date: 1979-11-27.
7. Jefferies Jesse H. Method and Composition for Inhibiting General and Pitting Corrosion in Cooling Tower Water. Patent Number: US 5376331.Publication date; 1994-12-27.
8. A.M.Shams El Din, Liufu Wang. Mechanism of Corrosion Inhibition by Sodium Molybdate. Abu Dhabi, 1996, pp. 42-43.
9. G.F. Yuzwa. Proprietary Scale and Corrosion Inhibitors Presented at Alberta Infrastructure Property Management Water Treatment Coordinators' Meeting 31 Sam Livingston Fish Hatchery Calgary, Alberta, 2000, pp.3-5.
10. Jamal n Alhajji. Electrochemical Characterization of Corrosion Inhibitor (Molybdate)- Biocide (Glutaraldehyde) Compatibility in Neutral Environments. In: "The 10<sup>th</sup> Asia Pacific Corrosion Control Conference Proceedings Book", 1997, pp. Á.1-Á.14/14.
- 11.M.S. Vukasovich, D.R. Robitaille. Corrosion Inhibition by Sodium Molybdate, Michigan USA,1976, page 1.
- 12.Vũ Đình Huy, Trần Thị Phi Uyên. Tạp chí dầu khí số 8 – 2004, tr. 31-37.
- 13.Tuyển tập tiêu chuẩn Nhà nước về hóa chất, cao su, thủy tinh; tập 1, Hà Nội, (1974), trang 32/34 TCVN 1057-71.
- 14.ASTM G 1 -90: Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens.
- 15.ASTM G 31-72: Standard practice for laboratory immersion corrosion testing of metals.
- 16.ASTM G 111-92: Standard guide for corrosion test in high temperature or high pressure environment, or both.

17.ASTM G 5-94: Standard reference test method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization.

18.ASTM G 102 – 89: Standard practice calculation of corrosion of rates and related information from Electrochemical measurements.

19.ASTM G106-89: Standard practice for verification of algorithm and equipment for electrochemical impedance measurements.