

# ỨNG DỤNG KỸ THUẬT ĐIỆN HOÁ NGHIÊN CỨU ĂN MÒN THÉP CT3 TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT HOÀI ĐỨC, HÀ TÂY

NGUYỄN VĂN CHIÊN, LÊ VĂN CƯỜNG, LÊ ĐỨC BẢO

## I. MỞ ĐẦU

Cơ sở kỹ thuật hạ tầng (đường ống dẫn khí, đường ống nước, công trình giao thông ngầm...) luôn luôn đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế và văn hoá của mỗi quốc gia trên thế giới. Theo quy luật chung, chúng bị phá hủy dần bởi ăn mòn dẫn đến thiệt hại to lớn về kinh tế, xã hội và môi trường [4 - 6]. Để đánh giá mức độ thiệt hại do ăn mòn và quan trọng hơn là xây dựng các phương pháp bảo vệ hữu hiệu, người ta phải tiến hành thử nghiệm ăn mòn và bảo vệ kim loại trong môi trường đất tự nhiên và mô phỏng trong phòng thí nghiệm. Nghiên cứu ăn mòn đất càng trở nên khó khăn bởi đây là quá trình ăn mòn điện hoá xảy ra trên giao diện kim loại/đất và chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố môi trường, trong đó có các muối và khí hòa tan, độ ẩm, nhiệt độ, vi sinh vật, độ thông khí... Một thí dụ nhỏ, nếu không sắp đặt mẫu thử nghiệm một cách khoa học, chỉ cần sau đợt lấy mẫu đầu tiên, cấu trúc đất tự nhiên đã bị xáo trộn, các thông số như độ thông khí, độ ẩm, thành phần hoá học đều bị thay đổi đột ngột dẫn đến những kết quả thu được từ thử nghiệm đã bị sai lệch cơ bản.

Trong bài báo này, các tác giả đưa ra kết quả nghiên cứu sử dụng kỹ thuật điện hoá trong nghiên cứu ăn mòn thép CT3 trong môi trường đất Hà Nội bằng các phương pháp thử nghiệm mô phỏng.

## II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

### 1. Đối tượng nghiên cứu

#### a. Mẫu, thiết bị thử nghiệm

- Mẫu nghiên cứu là mẫu thép CT3 trần được cắt từ tấm lớn có thành phần hoá học (% khối lượng) như sau:

Bảng 1. Thành phần hoá học thép CT3 ( % khối lượng )

| Thành phần, % khối lượng | C    | Mn   | P    | S    | Si    | Fe     |
|--------------------------|------|------|------|------|-------|--------|
| Nguyên tố                | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | < 0,3 | 99,406 |

Mẫu đo điện hoá có kích thước 50 × 50 mm, phần bề mặt còn lại được phủ sơn epoxy. Chuẩn bị mẫu được tiến hành theo trình tự sau : sử lý bề mặt bằng giấy mài đến cỡ 400, tẩy sạch dầu mỡ, tẩy gỉ, lau cồn, sấy khô và bảo quản trong bình ôn ẩm trong 24 giờ trước khi xác định khối lượng ban đầu rồi đưa vào thử nghiệm. Trong quá trình thử nghiệm, tiến hành theo dõi các thông số điện hoá. Sau thử nghiệm, mẫu được tẩy sạch sản phẩm ăn mòn, rửa sạch sấy khô bảo quản trong bình ôn ẩm trong 24 giờ trước khi xác định khối lượng mẫu sau thử nghiệm.

- Mẫu đất thử nghiệm: mẫu đất lấy tại Trạm Khí tượng Nông nghiệp Hoài Đức, Hà Tây ở độ sâu 1,0 m theo TCVN 5297 - 1995.

### b. Thiết bị thử nghiệm

Thiết bị thử nghiệm ăn mòn đất được chế tạo theo [6, 7] là một hộp nhựa kích thước  $400 \times 400 \times 1000$  mm, chứa đầy đất thử nghiệm. Hai đầu có hai tấm điện cực đồng kích thước  $400 \times 400$  mm. Mẫu thử nghiệm được đặt theo chiều thẳng đứng. Một hộp chứa đất bằng thép không gỉ 136 kích thước  $20 \times 15 \times 15$  cm đặt trong bình ôn ẩm.

## 2. Phương pháp, thiết bị đo điện hoá

Mẫu được đo tổng trở và phân cực điện hoá tại các thời điểm trên thiết bị Autolab PGSTAT 300 của Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam theo phương pháp ba điện cực. Đo tổng trở được tiến hành tại thế cân bằng ở khoảng tần số từ 15 kHz đến 0,1 Hz. Đường cong phân cực được đo với khoảng quét thế  $\pm 50$  mV qua thế cân bằng, tốc độ quét thế 1 mV/s.

Mẫu thép CT3 có diện tích  $25 \text{ cm}^2$ , điện cực đối là hộp thép không gỉ 316, khoảng cách giữa anốt và catốt 10cm, điện cực so sánh Calomel bão hòa.

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

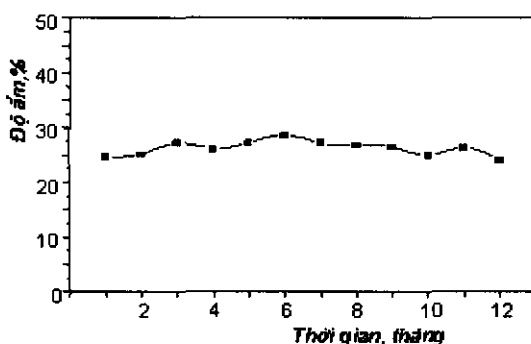
### 1. Một số tính chất chính của môi trường đất Hoài Đức, Hà Tây

Đất Hoài Đức được các nhà địa chất, thổ nhưỡng nghiên cứu là thuộc loại đất  $P^h$  chiếm tỉ lệ 50% trong hệ đất của thủ đô, bao gồm chủ yếu hai loại đất  $P^h$ : đất phù sa không được bồi phủ nhiều không gây hoặc gây yếu hệ thống sông Hồng và  $P^h_g$ , đất phù sa không được bồi phủ nhiều gây trung bình hoặc mạnh hệ thống sông Hồng [3].

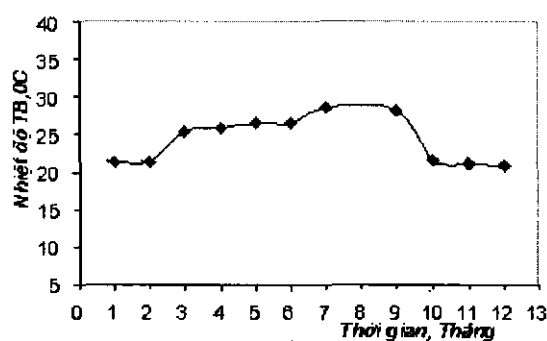
Thông số môi trường đất được xác định bằng thiết bị của hãng HANNA.

Bảng 2. Một số thông số môi trường đất thử nghiệm

| Loại đất | Độ sâu lấy mẫu, m | pH  | Độ cứng nước chiết, mgd/l | [NaCl], mg/l | Độ dẫn nước chiết, mS | Độ ẩm trung bình, % | Độ ẩm cực đại, % |
|----------|-------------------|-----|---------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Sét thịt | 01                | 6,9 | 2,94                      | 0,15         | 0,29                  | 26,25               | 36 - 40          |



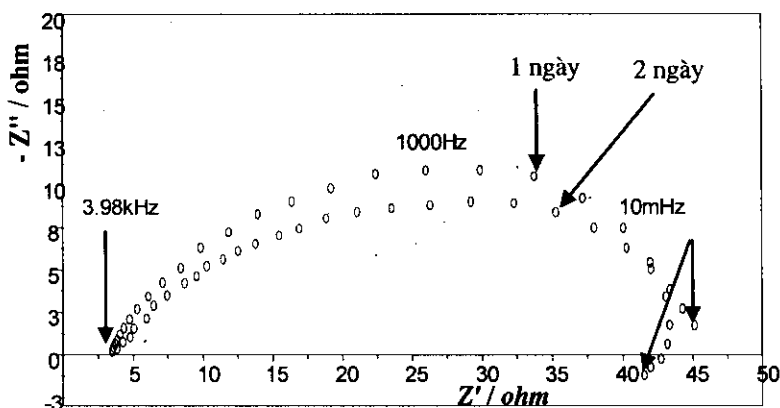
Hình 1. Độ ẩm đất Hoài Đức ở độ sâu 1 m



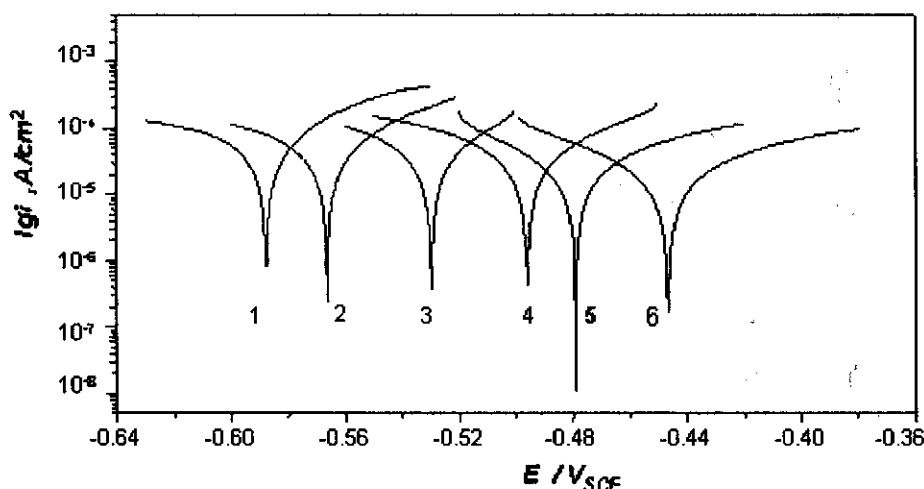
Hình 2. Nhiệt độ trung bình đất Hoài Đức ở độ sâu 1 m

Theo số liệu của Trạm Khí tượng Nông nghiệp Hoài Đức thì nhiệt độ trung bình trong đất tại độ sâu 1,0 m là 24,58°C và khá ổn định. Độ ẩm của đất Hoài Đức ở độ sâu 1,0 m theo thời gian trong năm cũng ổn định, trung bình 26,25%, biên độ giao động tối đa nhỏ (15%), có giá trị tối đa vào tháng ba (36,26 %) và tối thiểu vào tháng một (21,81%). Theo phương pháp đánh giá nhanh dựa vào mật độ trung bình dòng phân cực, hàm lượng S, Cl<sup>-</sup>, pH môi trường... thì độ xâm thực của đất Hoài Đức ở mức thấp [2, 3].

## 2. Nghiên cứu động học quá trình ăn mòn thép CT3 trong môi trường đất bằng phương pháp điện hoá



Hình 3. Phổ tổng trở thép CT3 trong hộp đất sau 1 ngày và 2 ngày



Hình 4. Đường cong phân cực thép CT3 trong hộp đất theo thời gian  
Đường 1 - 1 ngày, đường 2 - 7 ngày, đường 3 - 13 ngày, đường 4 - 22 ngày,  
đường 5 - 38 ngày và đường 6 - 90 ngày

Phổ tổng trở đo sau 1 và 2 ngày (hình 3) cho thấy: trong ngày đầu phổ có cung hấp phụ (cung thứ hai), nhưng sang ngày thứ hai cung này không còn xuất hiện. Điều này thể hiện sự tồn tại và tham gia vào quá trình ăn mòn thép CT3 của các hợp chất hữu cơ cũng như vi sinh vật

trong đất ngay giai đoạn đầu (1 - 2 ngày). Tuy nhiên, chúng ta cũng nhận thấy là ảnh hưởng này không lớn, không ảnh hưởng quyết định đến quá trình ăn mòn thép CT3. Sau ba tháng, tốc độ ăn mòn thép CT3 trong đất theo phương pháp tổn hao khối lượng cũng như điện hoá xấp xỉ nhau và bằng 0,16 – 0,18 mm/năm.

Trong phép đo tổng trở điện hoá thì đối với hệ mà chất điện li là môi trường đất cần phải chú ý: tại tần số cao (cỡ MHz) xuất hiện hiện tượng phi tuyến (cung âm ở tần số cao) mà đặc tính này do quá trình hai giai đoạn; giai đoạn đầu (cung âm tần số cao) chính là giai đoạn hấp phụ hơi nước trong các kênh dẫn của đất lên bề mặt kim loại. Khi lượng hơi nước đủ lớn thì giai đoạn tiếp theo là quá trình ăn mòn điện hoá xảy ra với nhiều phản ứng phức tạp ( $V_1 \gg V_2$ ). Tại trạng thái độ ẩm đất ban đầu cao, ngay khi bề mặt kim loại tiếp xúc với đất thì giai đoạn ăn mòn chiếm ưu thế ( $V_2 \gg V_1$ ) nên không xuất hiện cung âm hay chỉ có một vài điểm ở cung âm tại tần số cao [8].

Trên hình 4, các tác giả đưa ra đường cong phân cực thép CT3 trong hộp thử nghiệm ăn mòn đất theo thời gian. Có thể thấy sự thay đổi cả về thế và mật độ dòng ăn mòn thép CT3 trong điều kiện khảo sát đã nêu ở trên. Cụ thể, điện thế ăn mòn (E) chuyển dần về phía dương hơn, tương ứng với điều này, mật độ dòng ăn mòn giảm dần.

Có thể thấy sự tương thích thú vị về động học quá trình ăn mòn khi so sánh biến thiên tốc độ ăn mòn theo tổn hao khối lượng từ thử nghiệm tự nhiên [1, 2] và tốc độ ăn mòn biểu kiến theo phương pháp mô phỏng đưa ra ở bảng 3. Sản phẩm ăn mòn hình thành trên bề mặt cản trở tốc độ ăn mòn thể hiện ở mật độ dòng ăn mòn giảm tương ứng với độ dốc đường tổn hao khối lượng giảm rõ rệt (hình 5).

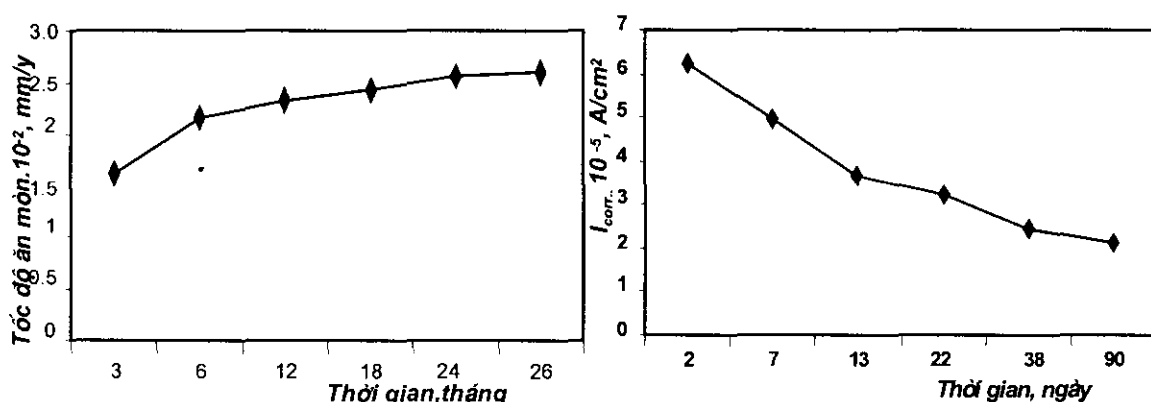
Điều này là rất bổ ích và cần được kiểm chứng thêm với những kết quả thử nghiệm mô phỏng mới kết hợp với những thử nghiệm tự nhiên đã làm trước đây để xác định độ lặp lại của các phép đo. Nếu chứng minh được sự tương đồng này, chúng ta có thể tiến hành thử nghiệm mô phỏng với các loại đất khác nhau để xác định chính xác tối đa tốc độ ăn mòn thực (theo tổn hao khối lượng) cho các vùng đất khác nhau mà không phải thực hiện các thử nghiệm tự nhiên tốn công sức và tiền của. Trong [1 - 3] các tác giả đã áp dụng Tiêu chuẩn Liên Xô cũ ГОСТ 9.015-74 để đánh giá mức độ xâm thực của đất theo tổn thất khối lượng mẫu thép ống và mật độ dòng trung bình phân cực. Các phương pháp trên thuận tiện để phân loại đất theo mức độ xâm thực ăn mòn, nhưng không thể dùng để khảo sát động học cũng như những quy luật hay các biến đổi quá trình ăn mòn theo thời gian.

Cho đến gần đây, nghiên cứu động học quá trình ăn mòn thực tiễn vẫn phải sử dụng phương pháp thử nghiệm tự nhiên với tất cả những khó khăn, nhược điểm mà chúng tôi đã trình bày ở phần mở đầu [1, 2, 4, 5].

*Bảng 3. Thông số điện hoá thép CT3 trong hộp đất theo thời gian*

| Thời gian, ngày                          | 2       | 7       | 13      | 22      | 38      | 90      |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $E_{\text{corr}}, V(\text{SCE})$         | - 0,588 | - 0,567 | - 0,530 | - 0,496 | - 0,479 | - 0,447 |
| $i_{\text{corr}} \times 10^{-5}, A/cm^2$ | 6,23    | 4,92    | 3,69    | 3,18    | 2,46    | 2,15    |

Các kết quả đưa ra ở bảng 3, hình 4 - 5 thấy khả năng thay thế thử nghiệm ăn mòn đất tự nhiên bằng thử nghiệm mô phỏng kết hợp với đo phân cực và đo tổng trở trong nghiên cứu ăn mòn trong môi trường đất.



Hình 5. Biến thiên tốc độ ăn mòn thép CT3 trong môi trường đất Hoài Đức

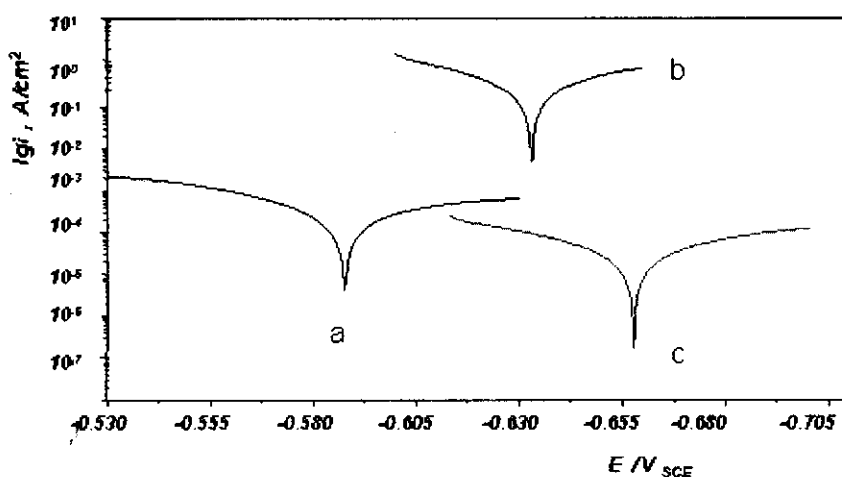
Bảng 4. Thông số động học ăn mòn của thép CT3 trong dung dịch và trong đất

| Thông số điện hoá              | Môi trường nghiên cứu |                       |                      |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|                                | Trong hộp đất         | Trong dd 3,5% NaCl    | Trong nước chiết     |
| $I_{corr}$ , A/cm <sup>2</sup> | $6,23 \cdot 10^{-5}$  | $1,656 \cdot 10^{-3}$ | $6,93 \cdot 10^{-6}$ |
| $E_{corr}$ , V                 | - 0,588               | - 0,628               | - 0,663              |
| $b_a$ , V/dec                  | 0,110                 | 0,196                 | 0,064                |
| $b_c$ , V/dec                  | - 0,568               | 0,096                 | 0,085                |

Các tác giả đã thử nghiệm tìm sự tương quan giữa mật độ dòng ăn mòn *biểu kiến* thép CT3 xác định bằng đường cong phân cực đo trong hộp thử nghiệm ăn mòn và trong nước chiết từ đất với tốc độ quét thế 1 mV/s. Từ bảng 4 chúng ta nhận thấy: mật độ dòng ăn mòn *biểu kiến* trong đất lớn hơn trong nước chiết khoảng 9 lần ( $6,23 \cdot 10^{-5}$  và  $6,93 \cdot 10^{-6}$ /cm<sup>2</sup>), trong khi mật độ dòng ăn mòn *biểu kiến* trong NaCl 3,5% cao gấp 10 -100 lần so với hai môi trường kể trên. Giá trị hệ số Tafel  $b_c$  thu được từ đường cong phân cực (thử nghiệm trong hộp đất) là - 0,568 V/dec cho thấy quá trình phân cực xảy ra là phân cực anốt. Nói cách khác, quá trình anốt (hòa tan kim loại) giữ vai trò quyết định.

Giá trị  $b_c$  - 0,568 V/dec thu được gần với giá trị - 0,530 V/dec [3, 6] của môi trường đất thông thường tự nhiên và thông khí. Như vậy, kết quả thử nghiệm trong hộp đất cho các kết quả tương đồng với kết quả thử nghiệm trong môi trường đất tự nhiên.

Theo dõi biến thiên các thông số điện hoá quá trình ăn mòn theo thời gian đến 3 tháng cho thấy: tốc độ ăn mòn thép bị khống chế do sản phẩm ăn mòn hình thành được giữ lại ngay trên bề mặt mẫu làm giảm mật độ dòng anốt, phân cực điện hoá về nhánh anốt. Cụ thể,  $E_{corr}$  từ - 0,588 V chuyển đến - 0,447 V. Mật độ dòng ăn mòn cũng giảm dần, ban đầu từ  $6,23 \cdot 10^{-5}$  giảm xuống còn  $2,1 \cdot 10^{-5}$  A/cm<sup>2</sup> sau 3 tháng.



Hình 6. Đường cong phân cực của thép CT3 thử nghiệm trong: hộp thử nghiệm (a), trong NaCl (b) và trong nước cất (c)

So sánh những kết quả thử nghiệm, đo lường theo các phương pháp khác nhau, chúng tôi thấy có thể sử dụng phương pháp thử nghiệm mô phỏng ăn mòn đất trong phòng thí nghiệm do các tác giả [6, 7] đưa ra kết hợp đánh giá mẫu theo thời gian bằng đo lường tổng trở và phân cực điện hoá để thay thế hoàn toàn thử nghiệm tự nhiên kim loại trong môi trường đất trong nghiên cứu động học, cơ chế quá trình này. Việc làm cần thiết hiện nay là tiếp tục kiểm chứng thêm khả năng áp dụng cũng như xây dựng những quy trình, tiêu chuẩn cho phương pháp thử nghiệm, đánh giá kết hợp mới này.

#### IV. KẾT LUẬN

Từ kết quả thử nghiệm mô phỏng có so sánh với kết quả thử nghiệm tự nhiên và trong phòng thí nghiệm mà Phòng Bảo vệ kim loại, Viện Kỹ thuật Nhiệt đới đã tiến hành từ năm 1996 cho đến nay, các tác giả đi đến những kết luận dưới đây:

- Kỹ thuật đo điện hoá các mẫu thử nghiệm mô phỏng trong hộp thử nghiệm ăn mòn đất có thể đánh giá nhanh khả năng mức độ xâm thực ăn mòn kim loại, hợp kim trong điều kiện ngầm dưới đất.

- Có cơ sở thực tiễn để áp dụng các phương pháp, kỹ thuật thử nghiệm và đánh giá kết hợp nêu ở trên cho nghiên cứu quy luật, động học quá trình ăn mòn cũng như thử nghiệm các giải pháp kỹ thuật bảo vệ chống ăn mòn kim loại trong môi trường đất.

- Cần tiếp tục tiến hành các thử nghiệm theo phương pháp mới đề xuất và so sánh với kết quả thử nghiệm tự nhiên (đã có) để kiểm chứng thêm độ tin cậy.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Quốc Long, Lê Văn Cường, Lê Đức Bảo, Đông Văn Thu, Lê Bá Thắng - Nghiên cứu quá trình ăn mòn thép cacbon và lớp phủ kim loại trong môi trường đất Việt Nam - kết quả thử nghiệm hiện trường, Hội nghị Ăn mòn Châu Á - Thái bình dương, Việt Nam 1999, Tp. Hồ Chí Minh, Tập 2, tr. 639-642.

2. Ngô Quốc Long, Lê Văn Cường, Lê Đức Bảo, Nguyễn Văn Chiến, Đông Văn Thu và Nguyễn Huy Dũng - Nghiên cứu ăn mòn thép tấm CT3, thép ống trần và có lớp phủ Zn, phủ hợp kim Zn-Ni trong đất Việt Nam, Hội nghị Hoá học toàn quốc tháng 10/2003, Hà Nội, 2003.
3. Ngô Quốc Long, Lê Văn Cường - Xây dựng hệ thử nghiệm ăn mòn đất trong phòng thí nghiệm, Báo cáo đề tài cơ sở Viện Kỹ thuật Nhiệt đới năm 1997.
4. J. Kvarekval - Eurocorr.'97, Trondheim, Norway, Vol.1, 1997, pp. 27-32.
5. N.De Cristofaro - Eurocorr.'97, Trondheim, Norway, Vol. 2, 1997, pp. 35-140.
6. C. Calin, I.Baldea, I.Lingvay, Eleonora Maria Rus - Corrosion behaviour of olt-35 steel in neutral soil, Georeta Rus, September 2002, 155.
7. Jongrark Lee, Young Do Jo, Atsushi Nishikata, Tooru Tsuru - AC Impedance behaviour of Carbon steel in Simulated Soil environment, 13<sup>th</sup> Asian- Pacific Corrosion Conference Osaka University, Japan, 16 - 21 November, 2003.
8. Э. Б. Стойнов, Б. М. Графов, Б.Савово – Стойнова, В .В. Елкин - Электро – химический импеданс, Наука, Москва, 1991.

## SUMMARY

In recent years, the new trends of using modern technical equipment in imitative experimental methods for researching kinetic and mechanism and estimating rapidly process of metallic corrosion instead of natural field experiments have a promising future. This paper represents initial results applying electrochemical polarization and impedance techniques on imitative experiments for researching corrosion of CT3 steel in Hoai Duc soil samples at 1 m depth. The electrochemical parameters obtained from imitative experiments are compared with results of mass loss of field experiments. This comparison shows similarity on changes of corrosion process. Thus, application of electrochemical polarization and impedance techniques on experiments in soil box and in extractive water permits researching kinetic and mechanism of steel corrosion in particular, of metallic corrosion in general and substituting for natural field experiments in soil.

*Địa chỉ:*

*Nhận bài ngày 25 tháng 4 năm 2006*

Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.