

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BẢO VỆ CATHODE TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC NHIỄM MẶN

TS. Nguyễn Hồng Dư

Chi nhánh phía Nam – Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các phương pháp bảo vệ chống ăn mòn các kết cấu thép trong môi trường tự nhiên (lựa chọn vật liệu thích hợp, sử dụng sơn phủ, xử lý môi trường, các phương pháp điện hóa, v.v...), bảo vệ cathode được xem như là một trong các phương pháp hiệu quả nhất.

Hệ thống bảo vệ cathode được thiết kế, lắp đặt và sử dụng cho từng kết cấu thép cụ thể với chức năng tạo nên sự phân cực cathode cho thép trong môi trường nước (hoặc đất) ở mức độ phù hợp với mục đích chống ăn mòn kim loại, tăng tuổi thọ của kết cấu công trình.

Bảo vệ cathode được sử dụng rộng rãi để chống ăn mòn các kết cấu thép và bê tông cốt thép: đường ống và bồn bể ngầm, tàu thủy, các kết cấu thép ở biển, cầu cảng và các công trình thủy khác, hệ thống cáp ngầm, v.v... Đối với các kết cấu thép ngầm ở môi trường có độ xâm thực cao, đã bị ăn mòn hoặc các lớp sơn phủ không còn tác dụng thì bảo vệ cathode là giải pháp kỹ thuật khả thi và hiệu quả nhất để duy trì và tăng tuổi thọ của công trình.

Hiệu quả của bảo vệ cathode thể hiện ở chỗ : trong các điều kiện tự nhiên nó làm giảm tốc độ ăn mòn kim loại nhiều lần. Mức độ bảo vệ thực tế đạt 70-90% (trong những điều kiện cụ thể, có thể đạt mức độ bảo vệ 100%). Dự trữ tuổi thọ của công trình vì thế được tăng lên tương ứng (3-5 lần). Bảo vệ Cathode mang tính chọn lọc: dòng bảo vệ tác động tập trung nhất tại những khu vực bề mặt kim loại mà nguy cơ phá hủy cục bộ là lớn nhất (khu vực lớp sơn bị phá hủy hoặc nơi môi trường xâm thực mạnh). Bảo vệ cathode tác động liên tục và có tính lâu dài, hơn nữa trong quá trình sử dụng có thể điều chỉnh để có hiệu quả bảo vệ phù hợp với những thay đổi của môi trường. Khi triển khai bảo vệ cathode người ta không cần phải khảo sát hay xử lý bề mặt kim loại của toàn bộ kết cấu, vì vậy không làm ảnh hưởng tới các hoạt động công nghệ của công trình hiện hữu. Hiệu quả kinh tế kỹ thuật của giải pháp này đã được kiểm chứng bởi thực tế trên 50 năm sử dụng các hệ thống bảo vệ cathode cho hàng loạt công trình cầu, cầu cảng, giàn khoan, đường ống và các kết cấu thép khác trong môi trường nước hoặc đất ở nhiều khu vực khác nhau trên thế giới.

Bảo vệ cathode có thể được sử dụng một cách độc lập để chống ăn mòn các bề mặt thép không sơn hoặc kết hợp với việc bảo vệ bằng sơn phủ hay các loại vật liệu khác. Phương pháp này còn được dùng để chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông đối với các công trình quan trọng chịu tác động xâm thực của nước biển.

Chống ăn mòn bằng phân cực cathode về nguyên tắc có thể thực hiện theo hai cách: bảo vệ

bằng dòng điện ngoài (dòng điện cưỡng bức) và bảo vệ bằng anode hy sinh (còn gọi là bảo vệ protector). Khi lựa chọn, thiết kế và triển khai hệ thống bảo vệ cathode người ta xuất phát từ những đặc điểm cụ thể của kết cấu thép cần bảo vệ, đặc tính hóa lý của môi trường ăn mòn cũng như các điều kiện đảm bảo khác.

Thông thường, phương pháp bảo vệ protector được sử dụng cho những kết cấu thép ở môi trường ăn mòn trung tính, có độ dẫn điện cao và ít thay đổi, ở những nơi không có điện hoặc việc cung cấp điện năng rất tốn kém. Để chống ăn mòn kết cấu thép trong các môi trường mà tính chất hóa lý thay đổi nhiều, độ dẫn điện thấp, có điều kiện cung cấp điện năng người ta thường sử dụng phân cực cathode bằng dòng điện ngoài.

So với bảo vệ bằng dòng ngoài, phương pháp bảo vệ bằng protector có ưu điểm là đơn giản, không đòi hỏi thiết bị, không cần nguồn điện. Phương pháp này đặc biệt có lợi thế (so với bảo vệ bằng dòng ngoài) đối với các kết cấu thép đơn lẻ, diện tích bề mặt không lớn, phân bố rời rạc. Tuy nhiên, hiệu quả bảo vệ bằng protector phụ thuộc vào sự ổn định của điều kiện môi trường: khi độ dẫn điện và độ pH của môi trường thay đổi thì hoạt động của các protector cũng bị ảnh hưởng - hoặc không đảm bảo đủ dòng bảo vệ cần thiết hoặc tốc độ tan quá cao, dẫn đến tốn kém không cần thiết. Bán kính hiệu dụng của các protector không lớn nên phải phân bố các protector ở mọi khu vực của kết cấu thép cần bảo vệ, ngoài ra trong giai đoạn thiết kế phải tính tới việc thay thế chúng theo thời gian (khi đã tiêu hao 70 -80% khối lượng).

Phương pháp bảo vệ bằng dòng ngoài có ưu điểm là có thể sử dụng cho mọi đối tượng công trình ở điều kiện môi trường tự nhiên kể cả những vùng có các tính chất hóa lý thay đổi nhiều và liên tục. Hiệu quả chống ăn mòn bằng dòng ngoài cao hơn, dòng bảo vệ có thể được kiểm tra, theo dõi và điều khiển. Kỹ nghệ hiện đại cho phép chế tạo và sử dụng các anode trơ có giá thành hợp lý và tuổi thọ tùy theo yêu cầu đặt ra, thông thường các anode trơ được tính toán và lắp đặt cho cả giai đoạn thiết kế mà không cần phải thay thế. Bảo vệ bằng dòng ngoài rất thích hợp đối với các kết cấu thép tập trung có diện tích bề mặt lớn, chẳng hạn như các cọc thép cầu cảng, những tàu biển lớn, hệ thống đường ống... Đặc biệt, phương pháp này rất phù hợp đối với các kết cấu thép đã bị ăn mòn cần phải duy trì, kéo dài tuổi thọ: ngay cả những kết cấu thép lúc đầu được bảo vệ bằng protector và sơn phủ, đến giai đoạn các lớp sơn bị hư hỏng nhiều và yêu cầu về dòng bảo vệ tăng lên người ta cũng dùng phương pháp bảo vệ bằng dòng ngoài để thay thế hoặc kết hợp cùng với protector.

II. VẤN ĐỀ BẢO VỆ CATHODE TẠI VIỆT NAM

Ở Việt Nam vấn đề bảo vệ cathode còn tương đối mới, nhất là đối với các kỹ sư xây dựng, các nhà thiết kế công trình, mà đáng lẽ phải là những người hiểu và ứng dụng công nghệ bảo vệ cathode nhiều nhất.

Bảo vệ cathode đã từng là nội dung nghiên cứu của nhiều Viện, Trường Đại học chủ yếu ở Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. Tuy nhiên các ứng dụng của bảo vệ cathode trong thực tế còn rất hạn chế:

- Liên doanh dầu khí Việt - Xô sử dụng Protector nền nhôm để chống ăn mòn các kết cấu thép chân đế dàn khoan ở vùng biển thềm lục địa Việt Nam. Các kiểm tra kỹ thuật trong

2 năm gần đây cho thấy sau hơn 15 năm sử dụng các kết cấu thép vẫn được bảo vệ khá tốt [1].

- Một loạt nghiên cứu về chế tạo Protector nền nhôm tiến hành tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trong nhiều năm [2].
- Từ năm 1996 Học viện Kỹ thuật Quân sự (Hà Nội) bắt đầu nghiên cứu chế tạo protector nền Ma giê.
- Một số năm trước đây Viện Nghiên cứu Khoa học Giao thông Vận tải (Hà Nội) đã nghiên cứu chế tạo Trạm Cathode. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu không được triển khai trong thực tế.
- Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga trong các năm 1995-2001 đã thực hiện một số Hợp đồng về việc thiết kế, lắp đặt, cải tạo Hệ thống bảo vệ Cathode dòng điện ngoài để chống ăn mòn kết cấu thép cầu cảng tại TP. Hồ Chí Minh và các tỉnh phía Nam. Trung tâm là đơn vị tiên phong trong việc triển khai áp dụng bảo vệ cathode dòng điện ngoài ở quy mô công nghiệp tại Việt Nam.

Hiện nay có khoảng gần chục công trình công nghiệp có sử dụng bảo vệ cathode. Chủ yếu là những công trình của các doanh nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài.

Với sự phát triển của ngành dầu khí, xây dựng, các công trình quốc phòng, công nghiệp và cơ sở hạ tầng, ngày càng có nhiều các công trình kết cấu thép và bê tông cốt thép mà bảo vệ cathode được sử dụng như là một giải pháp kỹ thuật có hiệu quả và trong một số trường hợp là không thể thay thế. Định hướng theo sự phát triển của thị trường bảo vệ cathode tại Việt Nam, nhiều công ty nước ngoài đã có những bước đi quan trọng nhằm phát triển công việc kinh doanh. Trong số đó: Công ty JOTUN CP a.s. (Na Uy), Công ty IMPALLOY (Anh Quốc), các công ty WWI, HARCO (Mỹ).

Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng về bảo vệ cathode trong nhiều năm. Các nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ các đề tài thuộc kế hoạch khoa học - công nghệ được phê duyệt và các nhiệm vụ kỹ thuật độc lập trên cơ sở các hợp đồng. Sau đây xin trình bày một số kết quả nghiên cứu và ứng dụng bảo vệ cathode của nhóm cán bộ khoa học Chi nhánh phía Nam - TTNDVN.

III. TỐI ƯU HÓA BẢO VỆ CATHODE DÒNG ĐIỆN NGOÀI

Vấn đề thiết kế hệ thống bảo vệ cathode dòng điện ngoài có ý nghĩa quan trọng, bởi vì nó quyết định không những hiệu quả mà cả giá thành của việc bảo vệ. Nếu như trong khi thiết kế chỉ xuất phát từ những yêu cầu kỹ thuật đơn thuần thì hệ thống bảo vệ cathode nhận được có thể sẽ không phải là tối ưu, xét từ góc độ kinh tế-kỹ thuật. Tối ưu hóa bảo vệ cathode dòng điện ngoài cần phải thực hiện cho từng trường hợp cụ thể, phù hợp với điều kiện của từng công trình cần bảo vệ. Sau đây trình bày một số ý kiến đề xuất xung quanh việc giải quyết vấn đề nêu trên, mà cụ thể là giải một bài toán kinh tế-kỹ thuật nhằm xác định các thông số của hệ thống như số lượng các anode, kích thước cáp điện và yêu cầu về dòng ra của bộ nguồn sao cho hệ thống là tối ưu. Thông số của hệ thống bảo vệ cathode được xác định bằng tính toán trên cơ sở phương pháp giá trị hiện thời trong kinh tế, với việc xem xét sự hư hỏng của lớp phủ

bảo vệ như là hàm số thời gian và xác định điều kiện cực trị của tổng chi phí cho bảo vệ cathode trong suốt thời hạn thiết kế.

Một số tác giả đã từng quan tâm đến vấn đề tối ưu hóa bảo vệ cathode dòng điện ngoài [3,4]. Tuy nhiên trong các công bố này yếu tố thời gian đã không được xem xét khi tính toán các thông số của hệ thống. Ảnh hưởng của yếu tố thời gian thể hiện ở hai khía cạnh: giá trị theo thời gian (thời giá) của các chi phí tương lai cho bảo vệ cathode và sự thay đổi trạng thái bề mặt kết cấu (trạng thái lớp sơn phủ) theo thời gian. Các tính toán được thực hiện cho những điều kiện thực tế giản lược, với chế độ điều khiển là ổn dòng và ổn thế điện cực cho các kết cấu thép không sơn hoặc có sơn. Các tính chất hóa - lý của môi trường, đặc tính kỹ thuật của công trình và các hạn chế về điều kiện kinh tế là những vấn đề cần quan tâm nhất khi thiết kế hệ thống bảo vệ cathode.

Kết quả: đã tìm ra công thức cho phép tính toán số lượng anode tối ưu, kích thước dây dẫn tối ưu, tương ứng là yêu cầu về điện áp anode cho một hệ thống bảo vệ cathode cụ thể. Những số liệu tính toán có thể xem như cơ sở quan trọng để đề xuất và quyết định về một giải pháp kinh tế - kỹ thuật đúng đắn khi thiết kế hệ thống bảo vệ cathode cho các công trình ngầm. Số liệu tính toán trình bày trong công bố [5] cho thấy tính phù hợp của các công thức nhận được và vì thế có thể sử dụng chúng khi tính toán, thiết kế bảo vệ cathode cho các công trình thực tế.

IV. MỘT SỐ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG BẢO VỆ CATHODE DÒNG ĐIỆN NGOÀI

Dưới đây trình bày một số thông tin về các hệ thống bảo vệ cathode được lắp đặt để chống ăn mòn các cọc thép trụ đỡ một cầu cảng sông tại khu vực TP. Hồ Chí Minh và một Cầu cảng ở Vịnh Thái Lan (tỉnh Kiên Giang).

Theo thiết kế, các cọc thép được chống ăn mòn bằng sơn (sơn epoxy, 2 lớp, dày 0,5 mm, hệ 2) kết hợp với phân cực cathode bằng dòng điện ngoài.

- *Anodes:* Chung loại và vật liệu anode có ảnh hưởng rất lớn tới hiệu quả và tuổi thọ của hệ thống bảo vệ. Trong quá trình sử dụng, tùy theo mức độ tiêu hao mà các anode có thể được thay thế, tuy nhiên ở giai đoạn thiết kế các anode được tính toán cho thời gian sử dụng không dưới 15 năm. Để bảo vệ kết cấu thép trong môi trường nước có thể sử dụng các chủng loại anode khác nhau kể cả anode được chế tạo từ sắt thép phế thải. Công nghệ hiện đại cho phép chế tạo các anode để dùng trong hệ thống bảo vệ cathode có các đặc tính kỹ thuật rất tốt: các anode Ti/Pt hay Ti/hỗn hợp oxid kim loại là những loại anode hầu như không tiêu hao trong quá trình sử dụng, có mật độ dòng anode cho phép rất lớn (tới 1000 A/m²), tuổi thọ cao, bán kính hoạt động lớn, việc lắp đặt và kiểm tra dễ dàng. Những anodes loại này đã được lựa chọn để sử dụng.
- *Điện cực so sánh:* Để theo dõi và điều khiển dòng bảo vệ đã sử dụng điện cực so sánh loại Zn tinh khiết. Mỗi trạm cathode có 1-2 điện cực so sánh được gắn ở các vị trí đặc trưng trung bình cho toàn bộ hệ thống cọc. Các giá trị điện thế của bề mặt thép so với điện cực so sánh có thể đọc trên đồng hồ gắn trong tủ điều khiển. Mức độ bảo vệ được đánh giá theo điện thế của thép trong nước dưới tác động của dòng bảo vệ. Để kiểm tra

hiệu quả bảo vệ có thể sử dụng điện cực so sánh cầm tay loại khác: Ag/AgCl, Calomel... với độ chính xác cao hơn.

- **Trạm Cathode:** Do điều kiện môi trường thay đổi và sự hư hỏng của lớp sơn theo thời gian mà yêu cầu về dòng và điện áp bảo vệ cũng biến đổi, vì vậy bộ nguồn của hệ thống cần đảm bảo các chế độ dòng phù hợp và có thể điều khiển dễ dàng các giá trị điện áp và dòng một cách độc lập. Hệ thống bảo vệ được lắp đặt 2 trạm cathode là các biến thể chỉnh lưu có điều khiển Thyristor sử dụng dòng điện 3 pha, 380V có thể cung cấp dòng bảo vệ 150- 200 A , điện áp max. 24 V DC. Hệ thống điều khiển hoạt động theo chế độ ổn dòng, ổn áp và ổn thế so sánh.

Các thiết bị cơ bản của các hệ thống do các công ty Norway và USA cung cấp.

Kết quả kiểm tra hoạt động của các anode theo giá trị dòng anode và kết quả đo đặc điện thế các cọc thép cho thấy kết cấu thép được bảo vệ phù hợp với tiêu chuẩn về bảo vệ cathode.

Thực tế sử dụng các hệ thống bảo vệ cathode ở Việt Nam trong thời gian qua cho phép chỉ ra một số dạng phá hủy đặc trưng mà theo chúng tôi là cần phải có biện pháp ngăn ngừa hiệu quả. Đó là: sự hư hỏng của anodes Titan, đặc biệt nếu như không phải toàn bộ bề mặt anode được phủ bằng vật liệu làm việc như Pt hay MMO; sự hư hỏng của cáp điện nối anode trong nước; sự hư hỏng các chi tiết bắt chặt bằng thép không gỉ austenit; vấn đề cận Cathode; vv...

V. CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG ANODE BÁN TRỞ BẰNG GANG SILIC HÀM LƯỢNG CAO

Trong khuôn khổ các đề tài thực hiện tại Chi nhánh phía Nam – Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga đã chế tạo ~ 1000 kg anode từ hợp kim Fe - Si – Cr, về cơ bản đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật đối với sản phẩm, gần đạt so với các sản phẩm cùng loại của Liên Xô trước đây. Các anode tự chế tạo đang được sử dụng cho một công trình cảng sông ở TP. Hồ Chí Minh. Kết quả theo dõi, kiểm tra cho thấy chúng hoạt động tốt và hoàn toàn có thể thay thế các sản phẩm nhập ngoại. Giá thành Anodes Fe – Si – Cr chế tạo trong nước bằng khoảng 50% giá nhập.

KẾT LUẬN

Cùng với việc xây dựng ngày càng nhiều các công trình thủy và các công trình ngầm bằng kết cấu thép và bê tông cốt thép, triển vọng phương pháp bảo vệ cathode sẽ được sử dụng ngày càng rộng rãi. Việc thiết kế, lắp đặt các hệ thống trên cơ sở sử dụng các thiết bị và vật liệu nhập ngoại cho phép tiếp cận với công nghệ hiện đại trong lĩnh vực bảo vệ cathode, từng bước chế tạo, thay thế một số vật tư nhập ngoại nhằm phục vụ có hiệu quả hơn nữa các nhu cầu về chống ăn mòn các công trình dân dụng và quốc phòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dang The Phuong, A. R. Banks,... / Corrosion inspection for offshore Structures in White Tiger Oil Field / Proceeding of the 11-Asian- Pacific Corrosion Control Conference / Vol. 2 / Ho Chi Minh City. 1999, p. 947- 960.
2. Phan Luong Cam, Hoang Thi Bich Thuy / Cathodic Protection for Reinforced Concrete and Steel Structures / Conference: The Tropical Environment Related with Corrosion and Metal Protection in Vietnam / HCMC 1997 / p. 7- 16.
3. Zashita Metalicheskich Soorugienii ot Podzemnoj Corrozii / Moskva 1981.
4. Zashita Metallov / 1996, No. 1 / p. 83- 87.
5. Nguyen Hong Du, Tran Xuan Thu / Optimization of Impressed Current Cathodic Protection System / Proceeding of the 11-Asian- Pacific Corrosion Control Conference / Vol. 2 / Ho Chi Minh City. 1999, p. 663- 669.

⊕

⊕ ⊕