

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP DÒNG ĐIỆN XOÁY KIỂM TRA ÓNG TRAO ĐỔI NHIỆT PHI TỬ TÍNH TẠI NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

NGUYỄN VĂN ĐỨC

Trung tâm Đánh giá không phá hủy

Số 140, đường Nguyễn Tuân, quận Thanh Xuân, Hà Nội

Email: ducneutrino@gmail.com

Tóm tắt: Hư hỏng ống trao đổi nhiệt là một trong những nguyên nhân chủ yếu gây ra sự cố ngưng trệ vận hành các nhà máy nhiệt điện. Để có thể kiểm tra, phát hiện những sai hỏng đó mà không làm ảnh hưởng đến sự hoạt động chung nhà máy thì việc sử dụng phương pháp kiểm tra không phá hủy (NDT) - dòng điện xoáy (ECT) là hữu hiệu nhất bởi việc sử dụng đầu dò với các dây cáp dài có thể đi vào sâu trong các ống để kiểm tra. Báo cáo trình bày kết quả thực nghiệm áp dụng phương pháp kiểm tra dòng điện xoáy sử dụng thiết bị dòng điện xoáy EddyMax cho kiểm tra phát hiện các khuyết tật nhân tạo trên ống trao đổi nhiệt làm từ vật liệu phi tử tính gồm thép không gỉ 304 và đồng 90%. Nghiên cứu cho thấy các sai hỏng, khuyết tật đều được phát hiện tin cậy, đáp ứng các tiêu chuẩn của ASME V, chương 8 và cho hình ảnh trực quan, phát hiện được khuyết tật nhỏ.

Từ khóa: kiểm tra dòng điện xoáy, hư hỏng ống trao đổi nhiệt, phi tử tính, EddyMax.

I. MỞ ĐẦU

Phương pháp dòng điện xoáy (Eddy Current Testing – ECT) là phương pháp kiểm tra không phá hủy dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ và cơ sở lý thuyết trường điện từ của Maxwell. Sử dụng phương pháp dòng điện xoáy có thể kiểm tra phát hiện được một cách nhanh chóng các bất liên tục xuất hiện trên các ống trao đổi nhiệt trong hệ thống nhà máy nhiệt điện. Trên thế giới, từ những năm 1970 phương pháp đã được phát triển để kiểm tra các ống trao đổi nhiệt trong các bình sinh hơi và đến ngày nay đã phát triển bởi những kỹ thuật cao nhưng kiểm tra dòng điện xoáy mảng (Eddy Current Array – ECA). Còn tại Việt Nam, phương pháp lần đầu tiên được triển khai nghiên cứu tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy năm 2011 và dựa trên các nghiên cứu đó đã triển khai cho việc kiểm tra hệ thống ống trao đổi nhiệt tại một số nhà máy nhiệt điện như Mông Dương II, Formosa.

Hiện nay, Việt Nam với tiềm năng hàng trăm nhà máy nhiệt điện, vì vậy nhu cầu kiểm tra là vô cùng lớn. Tuy nhiên, trong nước chưa có nhiều đơn vị có thiết bị và nhân lực cho việc đáp ứng nhu cầu này. Vì vậy, đề tài nghiên cứu được thực hiện nhằm phát triển hơn nữa ứng dụng phương pháp cho kiểm tra các ống trao đổi nhiệt thông qua sử dụng hệ thiết bị dòng điện xoáy EddyMax TMT. Đề tài nghiên cứu trình bày kết quả thực nghiệm áp dụng phương pháp dòng điện xoáy, sử dụng thiết bị dòng điện xoáy EddyMax TMT cho kiểm tra phát hiện các khuyết tật nhân tạo trên ống trao đổi nhiệt làm từ vật liệu phi tử tính gồm thép không gỉ 304 và đồng 90%.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

II. 1. Đối tượng nghiên cứu và phương pháp

a. Nguyên lý kiểm tra dòng điện xoáy

Khi cấp một dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn dây đặt trong đầu dò kiểm tra, một từ trường biến thiên sẽ được hình thành xung quanh cuộn dây đó, khi đặt cuộn dây gần vật liệu kiểm tra, từ trường của cuộn dây sẽ gây ra một dòng điện chạy trong vật liệu, dòng điện này

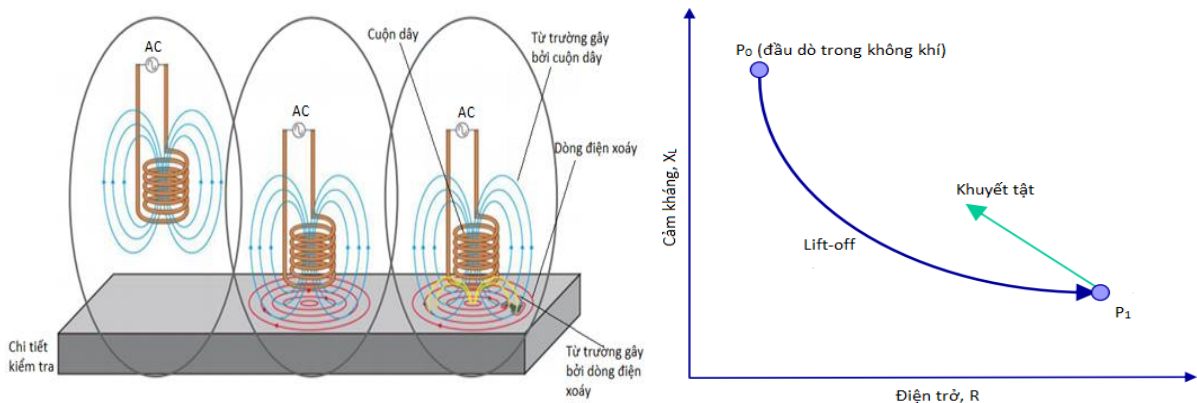
được gọi là dòng điện xoáy (Hình 1). Khi dòng điện xoáy chạy trong vật liệu kiểm tra, bản thân dòng điện xoáy tạo ra một từ trường thứ cấp làm ảnh hưởng đến trở kháng của cuộn dây, từ trường gây bởi dòng điện xoáy luôn có xu hướng chống lại từ trường của cuộn dây. Khi trên bề mặt của vật liệu kiểm tra có khuyết tật thì sẽ làm thay đổi từ trường thứ cấp do đó làm thay đổi trở kháng của cuộn dây. Thay đổi trở kháng của cuộn dây được đo ở chế độ pha và biên độ cho phép phân tích, đánh giá các thông tin có giá trị liên quan đến các khuyết tật xuất hiện trong vật liệu kiểm tra [1].

Trong cuộn dây kiểm tra, trở kháng (Z) là sự kết hợp của hai thành phần điện trở (R) và cảm kháng (X_L) tạo nên mặt phẳng trở kháng [2]:

+ Cảm kháng $X = 2\pi fL$, trong đó f là tần số của từ trường dòng điện xoáy chiều (Hz) và L là độ tự cảm của cuộn dây.

+ Điện trở thuần R và tổng trở Z có giá trị $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

Trên mặt phẳng trở kháng, cảm kháng X_L được biểu diễn ở trục tung và điện trở thuần R được biểu diễn ở trục hoành, khi đó trở kháng Z của cuộn dây được biểu diễn bằng điểm P . Khi chưa tiếp xúc vật kiểm tra, trở kháng của nó được đặc trưng bởi hai thành phần X_{L0} và R_0 , biểu diễn điểm P_0 (cuộn dây ở trong không khí). Khi tiếp xúc với vật kiểm tra trong từ trường của cuộn dây, trở kháng của cuộn dây thay đổi, điểm P_0 sẽ dịch chuyển đến điểm P_1 tương ứng với giá trị cảm kháng X_{L1} và điện trở mới R_1 do sự ảnh hưởng của vật kiểm tra [3][4].

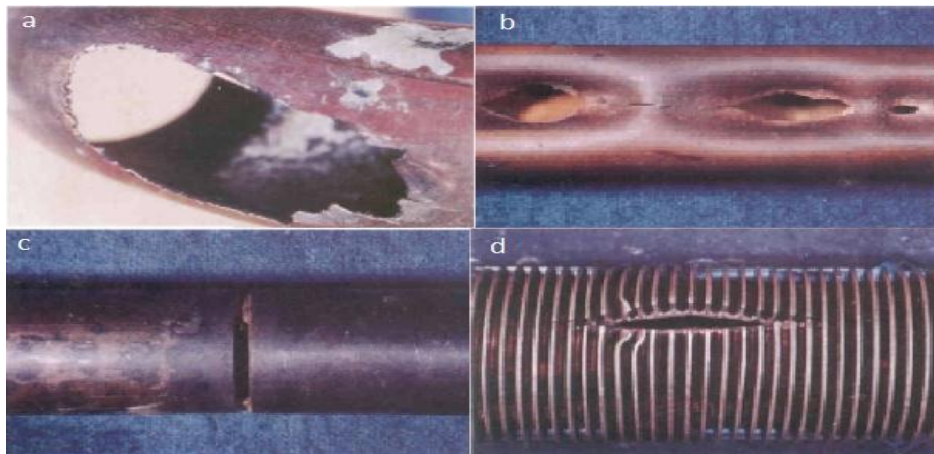


Hình 1: Nguyên lý của phương pháp dòng điện xoáy

b. Đối tượng nghiên cứu

Ống trao đổi nhiệt là thành phần cơ bản của thiết bị trao đổi nhiệt, bề mặt của ống trao đổi nhiệt chính là bề mặt truyền nhiệt giữa lưu chất chảy bên trong và bên ngoài ống. Ống trao đổi nhiệt thường được làm bằng đồng hoặc thép hợp kim, trong một số ứng dụng, đặt biệt ống trao đổi nhiệt có thể được chế tạo từ hợp kim Nicken, Titanium hoặc hợp kim nhôm. Trong quá trình hoạt động, các ống trao đổi nhiệt bị đóng cặn, xâm thực, ăn mòn gây ra các hư hỏng trên ống. Có hai loại hư hỏng thường gặp trong ống trao đổi nhiệt đó là hư hỏng cơ học và hư hỏng do ăn mòn hóa học [5].

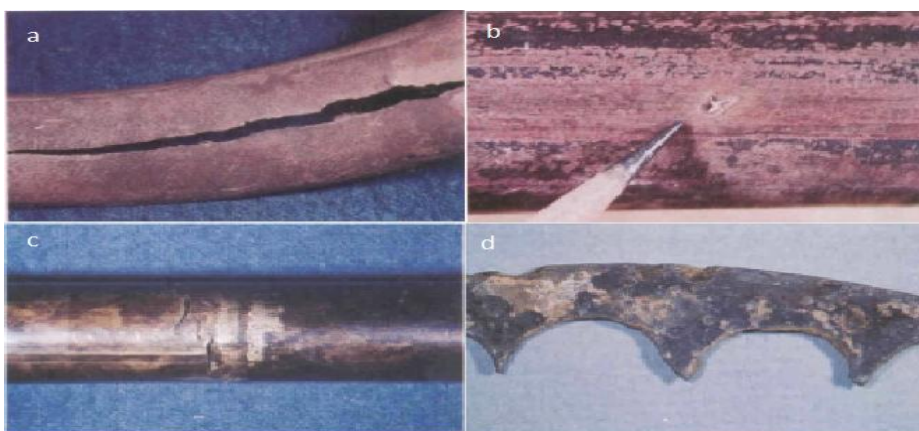
- Hư hỏng cơ học (Hình 2): xuất hiện do xói mòn kim loại, hơi nước và hammer, rung, mỏi vì nhiệt, freeze-up, giãn nở nhiệt hoặc mất nước làm mát.



Hình 2: Hư hỏng cơ học

a) Ăn mòn kim loại, b) Hơi nước hoặc Hammer, c) Rung, d) Freeze-up

- Hư hỏng do ăn mòn hóa học (Hình 3): xuất hiện do các phản ứng giữa vật liệu ống với các lưu chất chuyển động trong ống, thường gặp đó là: ăn mòn cục bộ, ăn mòn rỗ, ăn mòn ứng suất, ăn mòn điện hóa, rãnh ngưng tụ.



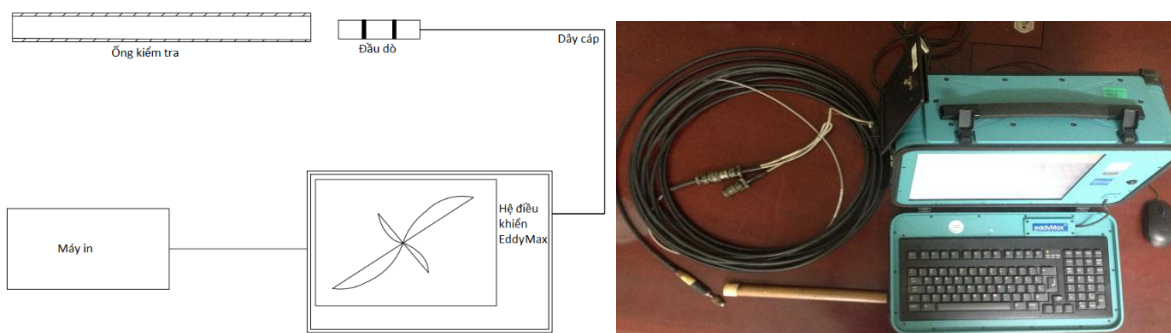
Hình 3: Hư hỏng do ăn mòn hóa học

a) ăn mòn cục bộ, b) ăn mòn rỗ, c) ăn mòn ứng suất, d) ăn mòn điện hóa

c. Thực nghiệm kiểm tra

c.1. Hệ thống thực nghiệm

Hệ thực nghiệm sử dụng là hệ thiết bị dòng điện xoáy EddyMax TMT sử dụng công nghệ đa tần số, được thiết kế cho việc kiểm tra ống nhanh, là một hệ thống xách tay với nhiều tính năng cao (Hình 4).



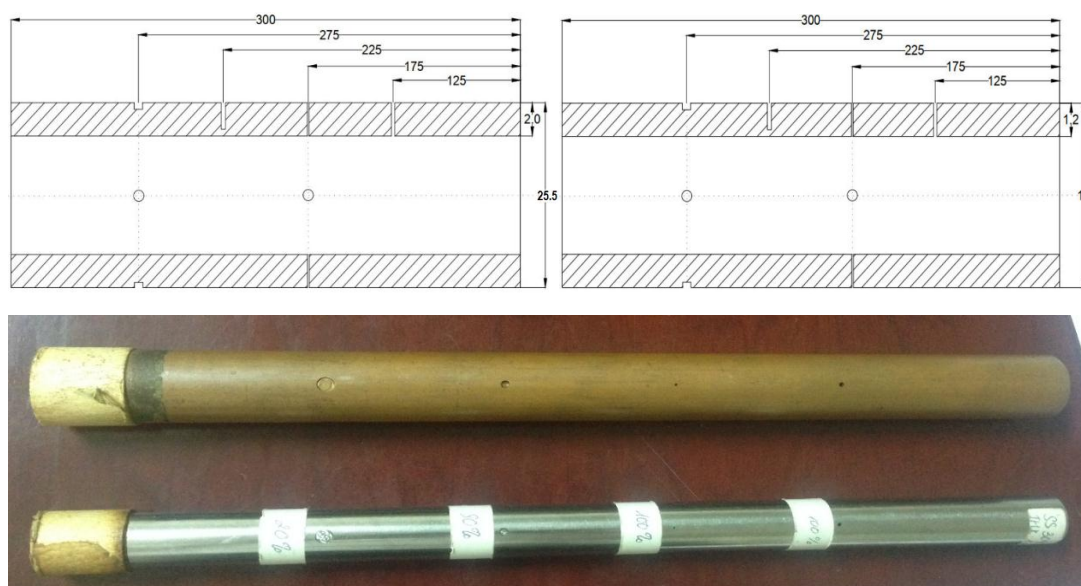
Hình 4: Sơ đồ bố trí thực nghiệm kiểm tra

Để kiểm tra các ống trao đổi nhiệt phi từ tính, bộ đầu dò đi kèm thiết bị gồm các đầu dò Bobbin hoạt động ở chế độ vi sai (gồm hai cuộn dây mắc đối xứng nhau). Các đầu dò hoạt động trong các dải tần số khác nhau, phụ thuộc vào vật liệu, đường kính của từng ống. Trên mỗi đầu dò có gắn các dải màu để phân biệt từng dải tần số đó như dải màu đỏ dùng kiểm tra tần số từ 1 kHz đến 30 kHz, dải màu vàng dùng kiểm tra tần số từ 10 kHz đến 200 kHz [6].

Bảng 1: Hai mẫu ống và đầu dò sử dụng kiểm tra

Tên ống	Đường kính ngoài (mm)	Bề dày thành ống (mm)	Hệ số điền đầy	Đầu dò sử dụng (số series)
Thép không gỉ 304	19.0	1.2	0.90	10/206
Đồng 90%	25.5	2.0	0.88	10/209

Hai mẫu chuẩn sử dụng kiểm tra là thép không gỉ 304 và đồng 90% được tạo các khuyết tật nhân tạo gồm lỗ phẳng đáy, lỗ xuyên thấu (Hình 5):



Hình 5: Hai mẫu ống kiểm tra

c.2. Thiết lập tham số kiểm tra

- Tần số kiểm tra:

Tần số kiểm tra được thiết lập trong công thức:

$$f = \frac{530}{t^2 \times \sigma} \text{ (kHz)}$$

Trong đó, σ là độ dẫn điện (%IACS), t là bề dày thành ống (mm), f là tần số (kHz).

Bảng 2: Kết quả tính tần số của hai mẫu ống kiểm tra

Mẫu chuẩn	Độ dẫn điện (%IACS)	Bề dày thành ống (mm)	Đường kính ngoài ống (mm)	Tần số (kHz)
Đồng 90%	9.0	2.0	25.5	14.2
Thép không gỉ 304	2.39	1.2	19.0	150

- Chế độ hiển thị: Thiết lập hiển thị gồm một kênh chính (CH1), một kênh phụ (CH2) và

một kênh hỗn hợp (MIX) và một kênh hiển thị biên độ tín hiệu.

- Thiết lập các thông số kiểm tra trên máy: Các thông số cần thiết lập cho máy EddyMax TMT để kiểm tra ống bao gồm các thông số chính như: PreGain, Gain, Phase, Low Pass Filter (lọc thông thấp), High Pass Filter (lọc thông cao) [6].

c.3. Tiêu chuẩn áp dụng

Áp dụng tiêu chuẩn ASME V, Mục 8, phụ lục II (Eddy Current Examination of Nonferromagnetic Heat Exchanger Tube): Tiêu chuẩn cho kiểm tra dòng điện xoáy các ống trao đổi nhiệt phi từ tính. Đánh giá độ sâu khuyết tật lớn nhất của khuyết tật dựa trên cơ sở so sánh với bề dày của thành ống. Chỉ tiến hành xem xét, đánh giá các khuyết tật có độ sâu từ 20% bề dày thành ống trở lên. Mức đánh giá chấp nhận/loại bỏ phụ thuộc vào kinh nghiệm của cán bộ kiểm tra và thực tế của từng cơ sở cần kiểm tra [7].

II. 2. Kết quả

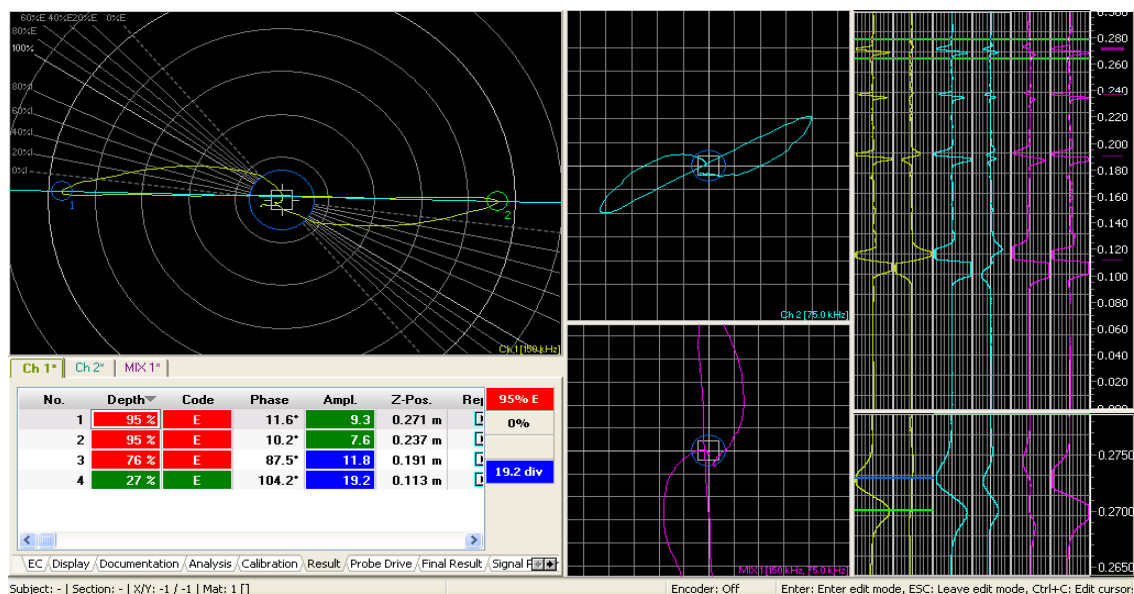
a. Kết quả kiểm tra ống thép không gỉ 304

Kết quả thu được từ kiểm tra ống thép không gỉ gồm 4 khuyết tật (Hình 6):

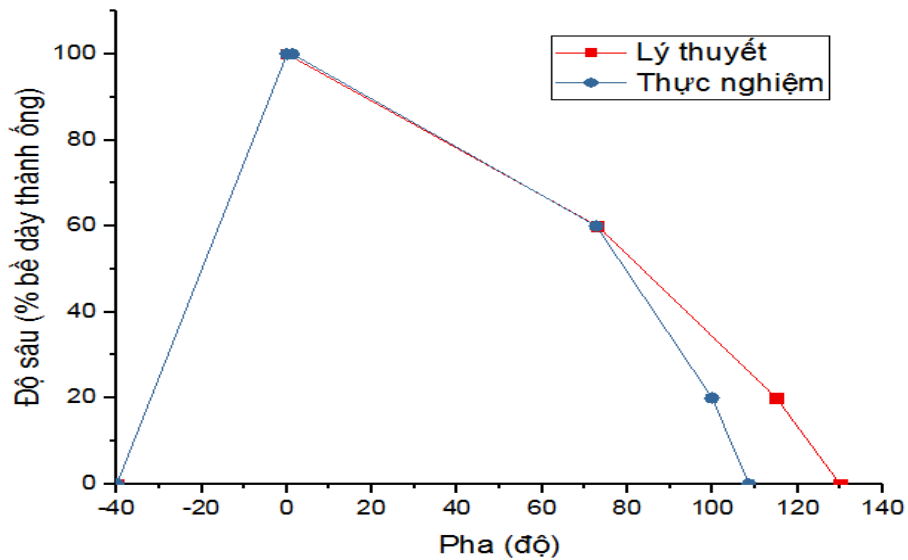
- Tín hiệu của hai lỗ xuyên thấu và hai lỗ phẳng đáy.
- Từ hình ảnh hiển thị có thể thấy được dạng tín hiệu của lỗ xuyên thấu, lỗ phẳng đáy với góc pha, vị trí trên chiều dài ống và biên độ khuyết tật.

Bảng 3: Kết quả kiểm tra ống thép không gỉ 304

Độ sâu	Sai số độ sâu	Dạng khuyết tật	Pha	Biên độ	Vị trí	Sai số vị trí
95 %	5 %	E	11.6 ⁰	9.3 V	0.271 m	1.45 %
95 %	5 %	E	10.2 ⁰	7.6 V	0.237 m	5.33 %
76 %	4 %	E	87.5 ⁰	11.8 V	0.191 m	9.14 %
27 %	7 %	E	104.2 ⁰	19.2 V	0.113 m	9.60 %



Hình 6: Tín hiệu thu được từ ống thép không gỉ 304



Hình 7: Đường cong hiệu chỉnh tín hiệu của ống thép không gỉ 304

b. Kết quả kiểm tra ống đồng 90%

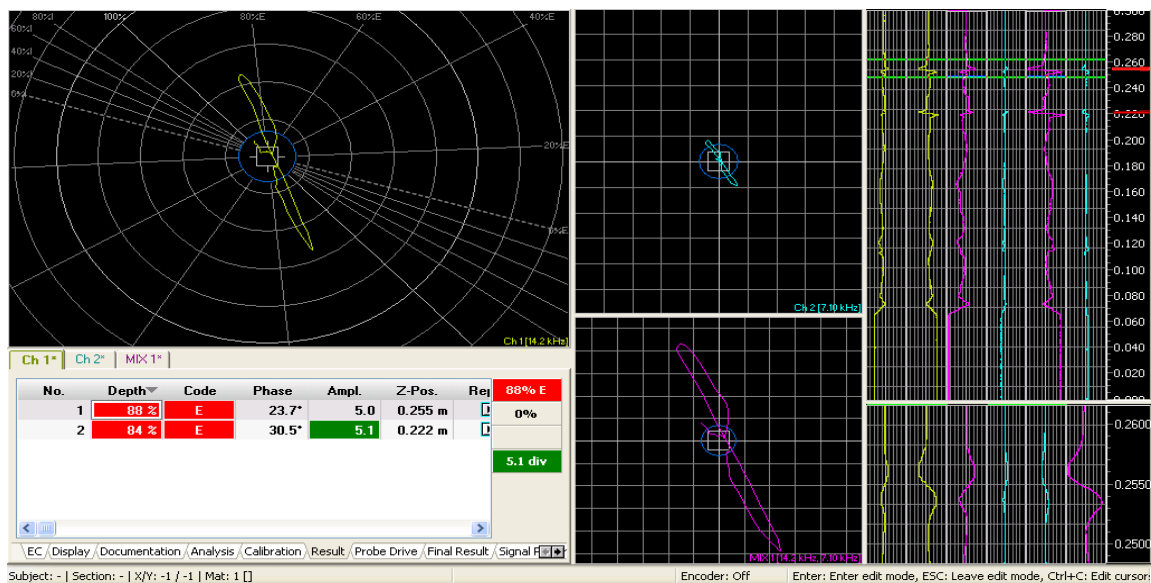
Kết quả thu được từ kiểm tra ống thép không gỉ gồm 2 khuyết tật (Hình 6):

- Tín hiệu của hai lỗ xuyên thấu.

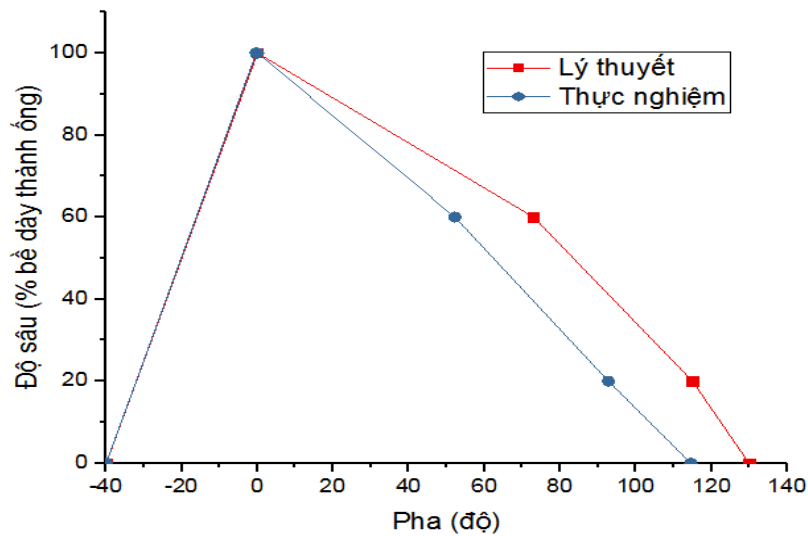
- Từ hình ảnh hiển thị cũng có thể thấy được dạng tín hiệu của lỗ xuyên thấu, lỗ phẳng đáy với góc pha, vị trí trên chiều dài ống và biên độ khuyết tật.

Bảng 4: Kết quả kiểm tra ống đồng 90%

Độ sâu	Sai số độ sâu	Dạng khuyết tật	Pha	Biên độ	Vị trí	Sai số vị trí
88 %	12 %	E	23.7 ⁰	5.0	0.255 m	7.27 %
84 %	16 %	E	30.5 ⁰	5.1	0.222 m	1.33 %



Hình 8: Tín hiệu thu được từ ống thép đồng 90%



Hình 9: Đường cong hiệu chỉnh tín hiệu của ống đồng 90%

II. 3. Bàn luận

- Mẫu chuẩn được thiết kế với bốn lỗ lệch nhau 90^0 đối với các khuyết tật lỗ phẳng đáy 20% và lỗ xuyên thấu nhỏ để giúp đảm bảo khuyết tật đủ lớn để phát hiện. Tuy nhiên, khi kiểm tra lỗ quá nhỏ sẽ khó có thể phát hiện được mà tín hiệu chỉ là một dải biến đổi nhỏ. Nếu muốn nhận biết những lỗ xuyên thấu nhỏ này phụ thuộc nhiều vào khả năng của người kiểm tra.

- Kết quả kiểm tra cho thông tin về pha và biên độ cho biết loại khuyết tật, phân biệt được khuyết tật mặt trong hay mặt ngoài ống. Đánh giá kích thước của các khuyết tật chính xác, sai số nhỏ hơn 10%.

- Vị trí phát hiện các khuyết tật kiểm tra thực nghiệm so với mẫu thực tế có kết quả chính xác cao, sai số nhỏ hơn 10%. Kéo ống càng xa thì sai số vị trí càng lớn do sự rung lắc đầu dò làm ảnh hưởng tới kết quả kiểm tra.

- Kết quả kiểm tra ống thép không gỉ cho kết quả chính xác phát hiện đầy đủ cả bốn khuyết tật như mẫu thực tế, còn mẫu đồng 90% chỉ phát hiện được hai khuyết tật và sai số khá lớn, tuy nhiên phát hiện vị trí vẫn đảm bảo nguyên nhân do: đồng có độ dẫn điện lớn làm cho dòng xoáy chạy trong ống bị thay đổi lớn dẫn đến tín hiệu của khuyết tật giảm, làm giảm độ chính xác phép đo.

- Áp dụng theo tiêu chuẩn tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy, loại bỏ các khuyết tật lớn hơn 40% bề dày thành ống, vì vậy việc phát hiện ra khuyết tật với phần trăm lớn có thể đủ cơ sở để loại bỏ hay chấp nhận khi thực tế kiểm tra.

- Nguyên nhân dẫn đến sai số của phép đo hai mẫu ống: tốc độ kéo đầu dò chưa đảm bảo, dẫn đến sự rung lắc đầu dò làm sai lệch kết quả đo.

- Để có thể hoàn thiện về phương pháp cũng như ứng dụng rộng hơn thì đề tài sẽ phát triển cho kiểm tra các vật liệu từ tính và kết hợp phần mềm WINDEVOS kèm theo hệ EddyMax TMT để cho hình ảnh tổng quan của hệ trao đổi nhiệt.

III. KẾT LUẬN

Báo cáo đã trình bày khái niệm tổng quan về phương pháp dòng điện xoáy và hệ thiết bị dòng điện xoáy EddyMax TMT. Sử dụng hệ thiết bị EddyMax TMT để kiểm tra hai mẫu ống chuẩn là thép không gỉ 304 và đồng 90%. Kết quả thu được cho thông tin tương đối chính

xác vị trí, kích thước của hai mẫu này, từ đó có thể áp dụng tiêu chuẩn để loại bỏ hay chấp nhận. Từ kết quả nghiên cứu này, hệ thiết bị EddyMax TMT tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy có thể hoàn toàn sử dụng được để kiểm tra các ống trao đổi nhiệt cho các nhà máy nhiệt điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lương Duyên Bình, “Giáo trình Vật lý đại cương (tập hai)”, NXB Giáo dục, 256-274, 2007.
- [2]. Nguyễn Trọng My, Nguyễn Trọng Quốc Khánh, “Các phương pháp kiểm tra không phá hủy: Kiểm tra dòng xoáy”, NXB Giáo dục, 20-25, 2015.
- [3]. Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, “Tạp chí Thông tin và Khoa học Hạt nhân”, số 53, 21-28, 2017.
- [4]. IAEA, “Eddy Current Testing at Level 2, Manual for the syllabi Contained in IAEA-TECDOC-628.Rev.2 “ Training Guidelines for Nondestructive Testing Techniques”, 2011.
- [5]. J.P.Holman, “Heat Transfer”, Tenth Edition, 2010
- [6]. Test Maschinen Technik GmbH, “Instruction Manual TMT eddyMax[®] Documentation”, 2009
- [7]. ASME, “Boiler and Pressure Vessel Code, Section V and Section VIII”, 2017

APPLICATION OF EDDY CURRENT TESTING FOR EXAMINATION OF NONMAGNETIC HEAT EXCHANGER TUBE IN THERMAL POWER PLANT

Abstract: The damaged heat exchanger tubes are one of the main reasons causing the problem in ceasing operation of thermal power plants. In order to be able to detect such defects without affecting the overall operation of the plant, the use of Nondestructive Testing (NDT) - Eddy Current Testing (ECT) is the most effective method that can be used to test these heat exchangers by using probes with long cables that can go deep into the tubes for inspection. The report presents the results of empirical research using EddyMax eddy current instruments for the detection of artificial defects on the heat exchanger made of nonmagnetic: stainless steel 304 and copper 90%. Research shows that defects, defects are found to be reliable, meeting the standards of ASME V, Chapter 8. The research shows that faults and defects have been found to be reliable, meeting the requirements of ASME V, Chapter 8 and results test are visual imaging, without missing out on minor defects.

Keywords: Eddy Current Testing (ECT), The damaged heat exchanger tubes, nonmagnetic, EddyMax.