

Ứng dụng các phương pháp kiểm tra không phá hủy thông dụng trong lĩnh vực cơ khí ở Việt Nam

Application of Non-Destructive Testing, Common Methods, in Mechanical Engineering in Viet Nam

Vũ Tiến Hà^{1,*}, Vũ Quang Chất², Dương Ngọc Đức², Lê Ngọc Hiếu²

¹Hội thử nghiệm không phá hủy Việt Nam-VANDT

²Trung tâm đánh giá không phá hủy-NDE

*Email: vutienha.nde@gmail.com

Tel: +84- 435577881; Mobile: 0985916299

Tóm tắt

Từ khóa:

Cơ khí; Kiểm soát chất lượng; NDT; Phương pháp kiểm tra

Kiểm tra không phá hủy (NDT) đang trở thành một công nghệ thiết yếu trong các ngành công nghiệp. Trong chuỗi công đoạn liên quan đến kiểm soát chất lượng sản phẩm không thể thiếu các phương pháp NDT. Báo cáo này trình bày về sáu phương pháp NDT phổ biến tại Việt Nam, bao gồm kiểm tra trực quan (Visual Testing VT) kiểm tra bột từ (Magnetic Particle Testing MT) chụp ảnh phóng xạ (Radiography Testing RT), siêu âm (Ultrasonic Testing UT), kiểm tra thâm thấu lỏng (Liquid Penetrant Testing PT), kiểm tra dòng điện xoáy (Eddy Current Testing ECT) trong đó đề cập đến khái niệm, ưu nhược điểm và ứng dụng của phương pháp đối với từng chuyên ngành cơ khí cụ thể. Từ đó cho ta thấy vai trò, tầm quan trọng cũng như sự đóng góp của NDT trong lĩnh vực cơ khí nói chung.

Abstract

Keywords:

Mechanical; NDT; Quality control; Testing method

Non-destructive testing (NDT) is becoming an essential technology in the industry. In the chain of quality control related products, there is no lack of NDT methods. This report covers six popular NDT methods in Vietnam, including Visual Testing VT, Magnetic Particle Testing MT, Ultrasound (Radiography Testing RT) Ultrasonic Testing UT, Liquid Penetrant Testing PT, Eddy Current Testing ECT, it describes the concepts, advantages and disadvantages and the application of these methods to each specialized in mechanical engineering. This shows the role, importance and contribution of NDT in mechanical engineering

Ngày nhận bài: 03/8/2018

Ngày nhận bài sửa: 14/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Kiểm tra không phá hủy - NDT

Kiểm tra không phá hủy (NDT) là phương pháp kiểm tra vật liệu, sản phẩm, hệ thống của các công trình công nghiệp, xây dựng, giao thông, dầu khí và dân dụng... bằng các phương pháp

không làm thay đổi hay mất tính sử dụng của chúng. NDT được dùng để kiểm tra tính đồng nhất của các đối tượng phát hiện và đánh giá các bất liên tục nhằm:

- Đảm bảo tính nguyên vẹn & độ tin cậy của sản phẩm, công trình
- Phòng ngừa tai nạn, bảo vệ cuộc sống
- Thoả mãn khách hàng
- Hỗ trợ thiết kế
- Kiểm soát quá trình chế tạo, sản xuất
- Giảm giá thành
- Duy trì sự nhất quán của chất lượng

Vai trò và ý nghĩa của kiểm tra NDT

- Đảm bảo sự nguyên vẹn, đồng nhất và tin cậy của sản phẩm
- Phòng ngừa sự cố, bảo đảm an toàn sinh mạng, tài sản và môi trường
- Duy trì và nâng cao chất lượng, thoả mãn khách hàng
- NDT có vai trò cốt yếu trong bất kỳ một chương trình QA/QC

Ngày nay, NDT là một yêu cầu không thể thiếu trong việc kiểm soát chất lượng sản phẩm của các công trình.

1.2. Nguyên lý chung

Các phương pháp NDT nói chung đều phải tuân thủ nguyên lý:

- Truyền một dạng năng lượng vào đối tượng kiểm tra.
- Sự tồn tại của bất liên tục tạo ra những “bất thường” (chỉ thị)
- Kỹ thuật viên NDT quan sát, phân tích, giải đoán và đánh giá dựa trên các chỉ thị được tạo ra

1.2.1. Đặc điểm

NDT được ứng dụng trong hầu hết mọi giai đoạn của quá trình sản xuất hoặc vòng đời của một bộ phận:

- Để hỗ trợ phát triển sản phẩm
- Để sàng lọc hoặc sắp xếp vật tư đến
- Theo dõi, cải thiện hoặc kiểm soát quá trình sản xuất
- Để xác minh xử lý phù hợp (ví dụ như xử lý nhiệt...)
- Để xác minh lắp ráp phù hợp
- Để kiểm tra hư hỏng khi vận hành.

1.2.2. Bản chất gián tiếp

- Cần đối chứng (UT)
- Định tính nhiều
- Độ tin cậy thấp hơn phương pháp Phá hủy

1.2.3. Yếu tố con người

- Trình độ
- Đạo đức
- Môi trường

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP NDT PHỔ BIẾN TẠI VIỆT NAM

Lý do xuất hiện nhiều phương pháp:

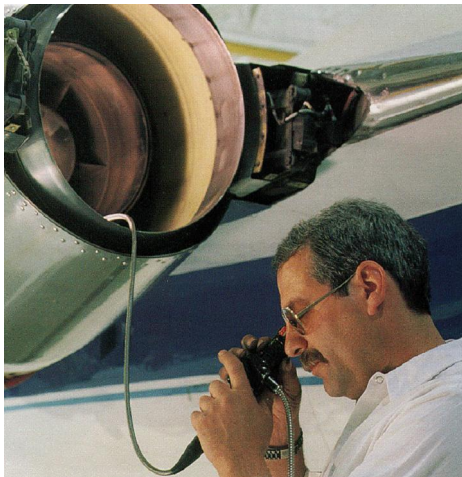
- Sự đa dạng đối tượng:
 - Vật liệu, cấu hình
 - Quá trình chế tạo
 - Môi trường sử dụng
- Sự đa dạng bất liên tục
 - Vị trí: ngoài/trong
 - Định hướng: ngang / dọc
 - Loại hình: mặt/khôi

Trong đó có 6 phương pháp được sử dụng phổ biến trong thực tế là: VT, PT, MT, UT, RT và ECT.

2.1. Phương pháp kiểm tra trực quan - Visual Testing (VT)

Kiểm tra trực quan (VT) là phương pháp xác định các khuyết tật và khiếm khuyết bề mặt bằng quan sát trực tiếp hoặc có sự trợ giúp của các thiết bị, dụng cụ. Là phương pháp phổ biến nhất trong rất nhiều phương pháp NDT, được sử dụng đầu tiên để kiểm tra bất kỳ đối tượng nào. Nói chung, VT luôn là giai đoạn đầu tiên của các phương pháp kiểm tra khác.

- Lâu đời, phổ biến, hiệu quả nhất
- Kiểm tra điều kiện bề mặt, hình dạng, trùng khít, rò rỉ, bất liên tục bề mặt
- Cần điều kiện chiếu sáng tốt bề mặt
- Yêu cầu thị lực, kỹ năng và kinh nghiệm
- Thiết bị và kỹ thuật từ rất đơn giản đến phức tạp và đắt tiền



Hình 2. Công cụ gồm: ống soi, ống nội soi, kính phóng đại và gương.



Hình 1. Hệ thống nội soi vô tuyến xách tay với chức năng zoom cho phép kiểm tra các bồn bể bình lớn, toa xe bồn, các chi tiết máy móc động cơ khó tiếp cận



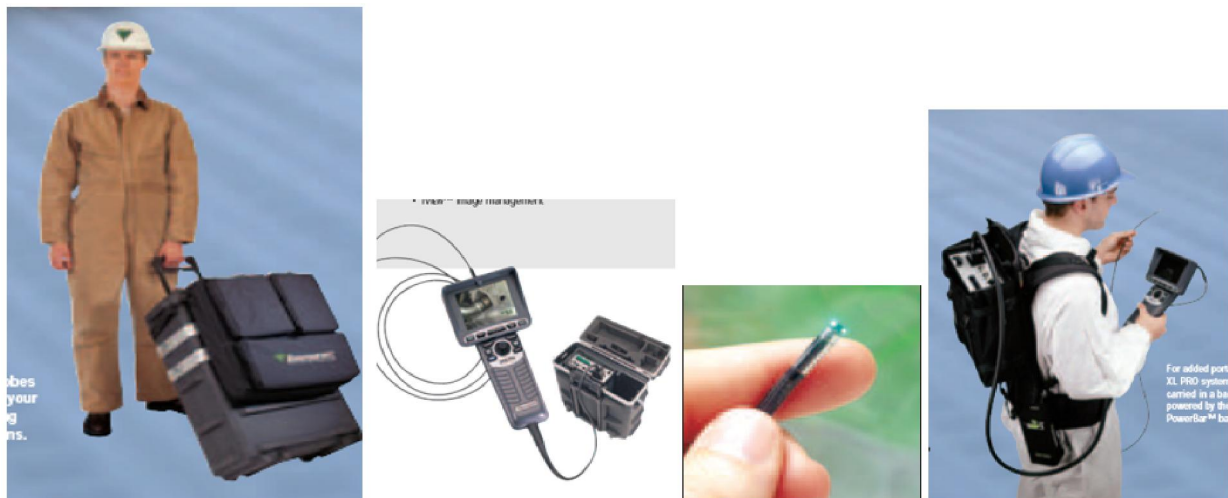
Hình 3. Người máy tự hành cho phép quan sát các khu vực nguy hiểm hoặc kín bí như lò phản ứng hạt nhân, các tuyến đường

VT từ xa - video probe

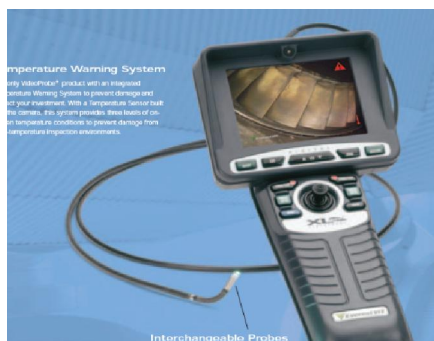
- Remote VT phát triển mạnh cùng với sự phát triển của công nghệ xem- nhìn (video)
- Khởi đầu từ việc kiểm tra trực tiếp bằng mắt sử dụng các ống nội soi quang học-(cứng, mềm) để nhìn các bất liên tục trong máy móc, nội soi video đã ra đời cùng với việc gắn camera vào đầu ống nội soi để quan sát đối tượng kiểm tra trên màn hình TV.
- Do các camera ngày càng nhỏ nhờ các chip thu-phát gắn liền (charge-coupled-discharge device/CCD), VT nội soi vô tuyến ngày nay trở nên rất phổ biến để kiểm tra bên trong đối tượng.

Các chip CCD ngày càng nhỏ hơn đang thay thế các thiết bị quang học nội soi hoặc các ống dẫn quang mềm - video probe VT.

- Một ống “chui” nội soi video mềm với một đầu xoay chứa một thiết bị thu-phát (CCD) nhỏ.
- Một hệ thống VT xách tay hoàn chỉnh có thể xếp gọn trong hộp-vali kéo thông dụng: đầu soi - scope, bộ điều khiển camera, bộ xử lý-máy tính, nguồn sáng và màn hình video hiển thị tất cả được kết nối với nhau theo dây thuận tiện cho việc sử dụng ngay.



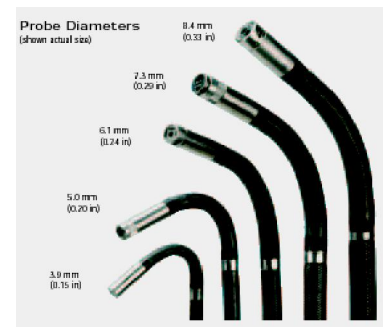
Hình 4. Thiết bị VT điện hình



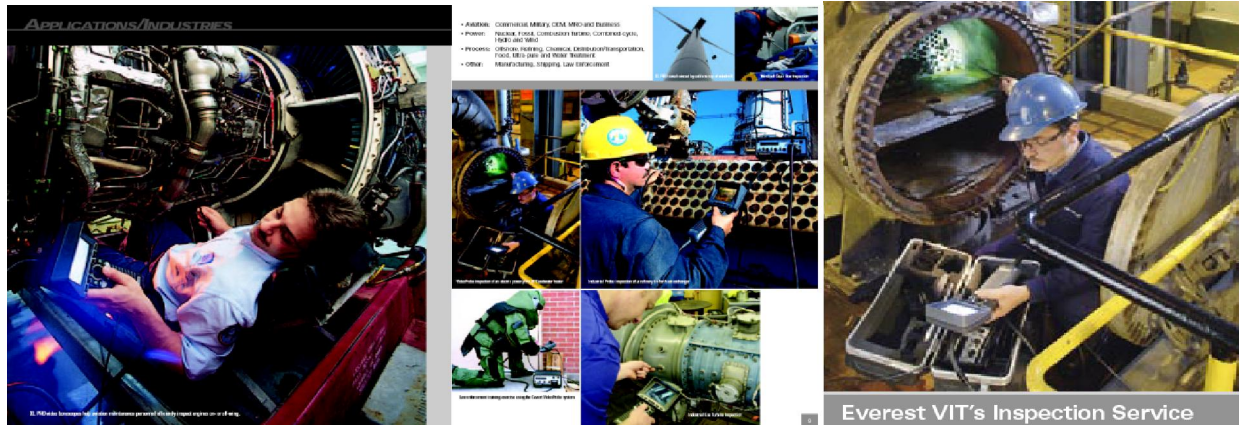
Hình 5. Màn hình cầm tay



Hình 6. Các loại đầu dò



Hình 7. Khớp đầu dò có thể điều chỉnh được



Hình 8. Một số ứng dụng kiểm tra VT

2.2. Phương pháp kiểm tra thẩm thấu - Penetration Testing (PT)

Dung dịch chất thẩm được áp dụng cho bề mặt của một thành phần được làm sạch trước. Chất lỏng được kéo vào các khuyết tật mở ra trên bề mặt bằng nguyên lý mao dẫn. Chất thẩm dư được làm sạch cẩn thận khỏi bề mặt. Một chất hiện được áp dụng để kéo chất thẩm bị mắc kẹt trở lại bề mặt nơi nó được loang ra và tạo thành một chỉ thị. Chỉ thị này dễ nhìn hơn nhiều so với khuyết tật thực tế.

Được sử dụng để xác định vị trí các vết nứt, độ xốp và các khuyết tật khác phá vỡ bề mặt của vật liệu và có đủ thể tích để bẫy và giữ vật liệu thẩm. Thử nghiệm thẩm thấu chất lỏng được sử dụng để kiểm tra các khu vực rộng lớn rất hiệu quả và sẽ hoạt động trên hầu hết các vật liệu không xốp.



Hình 9. Một số hình ảnh minh họa phương pháp kiểm tra thẩm thấu PT

Ưu điểm của phương pháp PT:

- Diện tích bề mặt lớn hoặc khối lượng lớn các bộ phận / vật liệu có thể được kiểm tra nhanh chóng và với chi phí thấp.
- Các bộ phận có hình dạng phức tạp thường xuyên được kiểm tra.
- Các chỉ thị được tạo ra trực tiếp trên bề mặt của chi tiết cung cấp hình ảnh trực quan về các bất liên tục.
- Đầu tư thiết bị tối thiểu.

Nhược điểm của phương pháp PT:

- Chỉ phát hiện khuyết tật mở ra trên bề mặt.
- Chuẩn bị bề mặt là rất quan trọng vì tạp chất có thể che khuyết điểm.
- Yêu cầu một bề mặt tương đối trơn tru và không xốp.
- Làm sạch là cần thiết để loại bỏ hóa chất.
- Yêu cầu nhiều thao tác trong điều kiện được kiểm soát. Cần lưu ý xử lý hóa chất (độc tính, cháy, chất thải).



Hình 10. Chi thị màu nhìn thấy khi kiểm tra PT

2.3. Phương pháp kiểm tra bằng hạt từ - Magnetic Particle Testing (MT)

Một từ trường được tạo ra trong một chi tiết được làm từ vật liệu sắt từ. Các dòng điện từ đi qua vật liệu, và thoát ra và nhập lại vật liệu ở các cực. Các khiếm khuyết như vết nứt hoặc khoảng trống không thể hỗ trợ nhiều thông lượng và đẩy một phần thông lượng ra bên ngoài chi tiết. Các hạt từ tính phân bố trên chi tiết sẽ bị thu hút bởi các vùng rò rỉ và tạo ra một dấu hiệu nhìn thấy được.

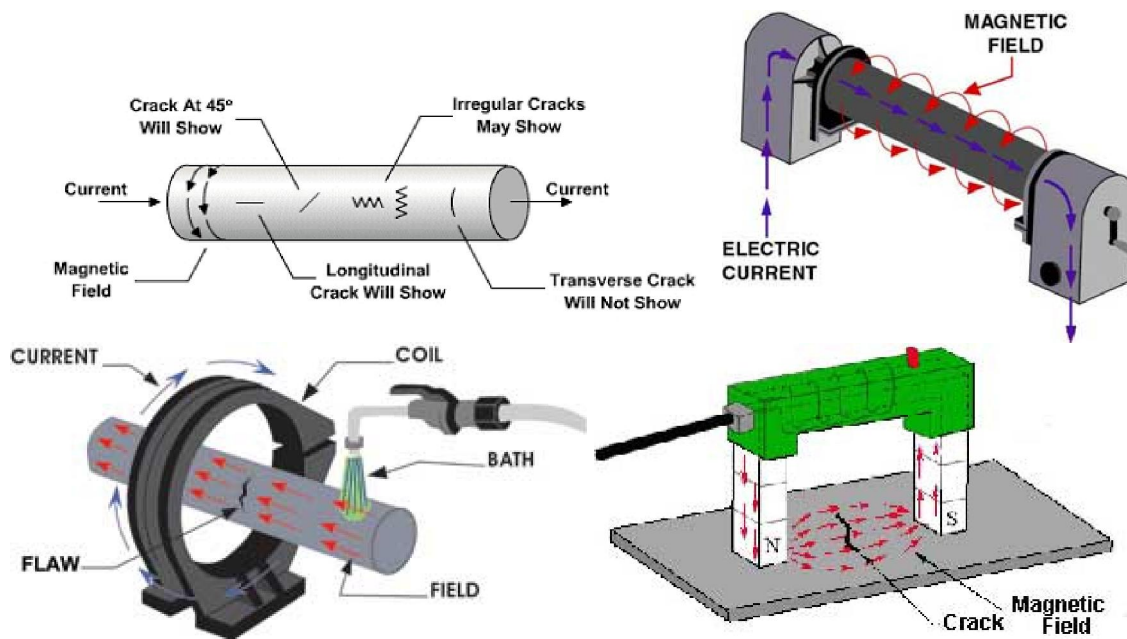
Được sử dụng để kiểm tra vật liệu sắt từ (những vật liệu có thể bị từ hóa) cho các khuyết tật tạo ra bởi sự chuyển đổi tính thấm từ của vật liệu. Kiểm tra hạt từ có thể phát hiện các khuyết tật bề mặt và gần bề mặt.

Ưu điểm của phương pháp MT:

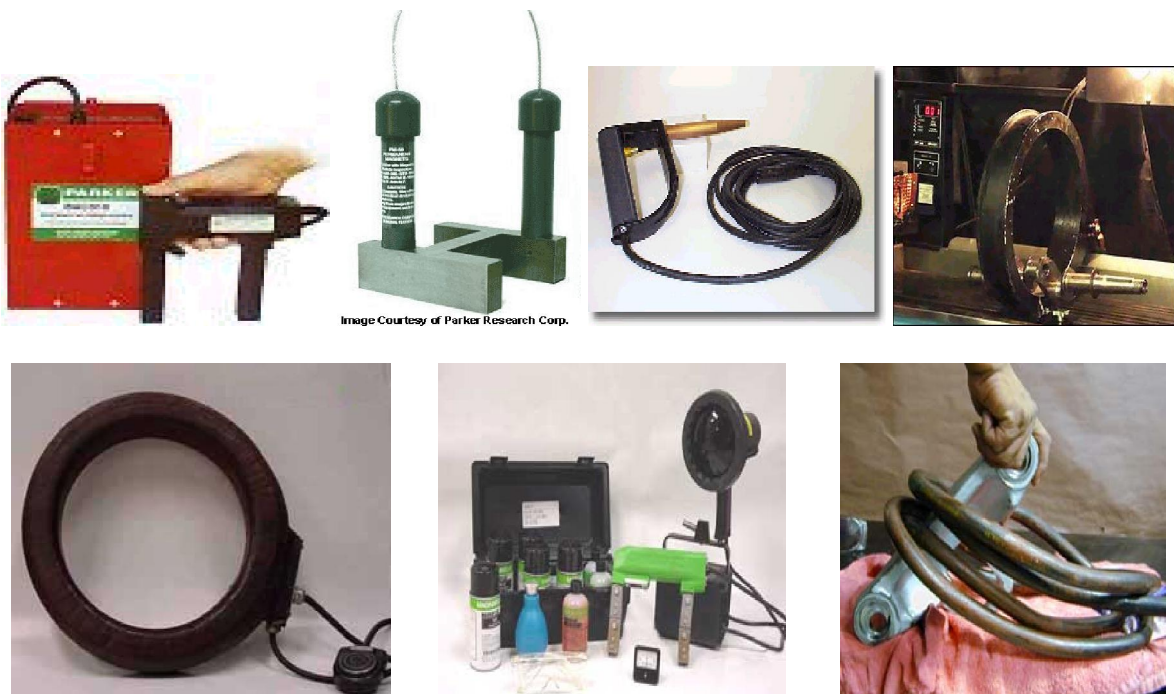
- Diện tích bề mặt lớn của các bộ phận phức tạp có thể được kiểm tra nhanh chóng.
- Có thể phát hiện các lỗ hổng bề mặt và dưới bề mặt.
- Chuẩn bị bề mặt là ít quan trọng hơn là trong kiểm tra thẩm thấu.
- Chi thị hạt từ được sản xuất trực tiếp trên bề mặt của phần và tạo thành một hình ảnh của sự gián đoạn.
- Chi phí thiết bị tương đối thấp.

Nhược điểm của phương pháp MT:

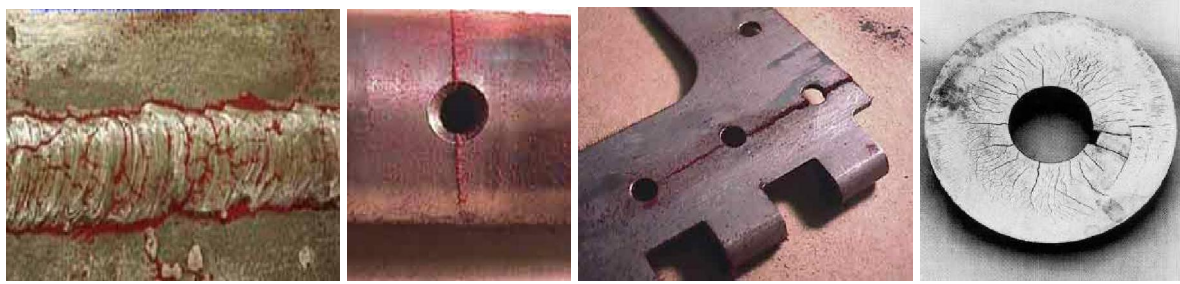
- Chỉ có thể kiểm tra vật liệu sắt từ.
- Việc căn chỉnh hướng từ trường và khuyết tật là rất quan trọng.
- Dòng điện lớn là cần thiết cho các bộ phận rất lớn.
- Yêu cầu bề mặt tương đối trơn tru.
- Sơn hoặc các lớp phủ không từ tính khác ảnh hưởng xấu đến độ nhạy.
- Việc khử từ và làm sạch sau kiểm tra thường là cần thiết.



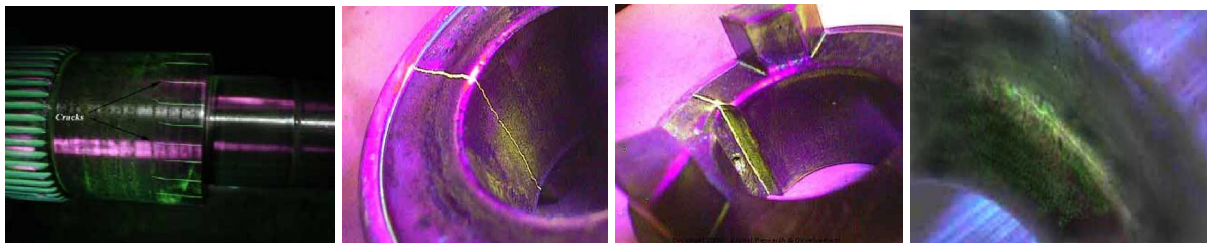
Hình 11. Các phương pháp từ hóa



Hình 12. Thiết bị và phương tiện kiểm tra MT



Hình 13. Chi thị màu thường khi kiểm tra MT



Hình 14. Chi thị màu huỳnh quang khi kiểm tra MT

2.4. Phương pháp kiểm tra siêu âm - Ultrasonic Testing (UT)

Sóng âm tần số cao được truyền vào vật liệu bằng cách sử dụng các biến tử. Sóng âm truyền qua vật liệu và được nhận bởi cùng biến tử hoặc biến tử thứ hai. Lượng năng lượng được truyền hoặc nhận và thời gian nhận năng lượng được phân tích để xác định sự hiện diện của các khuyết tật. Có thể đo được các thay đổi về độ dày vật liệu và các thay đổi về tính chất vật liệu.

Được sử dụng để xác định khuyết tật bề mặt và dưới bề mặt trong nhiều vật liệu bao gồm kim loại, nhựa và gỗ. Kiểm tra siêu âm cũng được sử dụng để đo độ dày của vật liệu và cũng có thể mô tả đặc tính của vật liệu dựa trên vận tốc âm thanh và các phép đo suy giảm sóng âm.

Ưu điểm của phương pháp UT:

- Độ sâu thâm nhập để phát hiện hoặc đo khuyết tật vượt trội so với các phương pháp khác.
- Chỉ cần tiếp cận một mặt.
- Cung cấp thông tin khoảng cách.
- Yêu cầu chuẩn bị bề mặt chi tiết là tối thiểu.
- Phương pháp có thể được sử dụng nhiều hơn là ứng dụng phát hiện khuyết tật.

Nhược điểm của phương pháp UT:

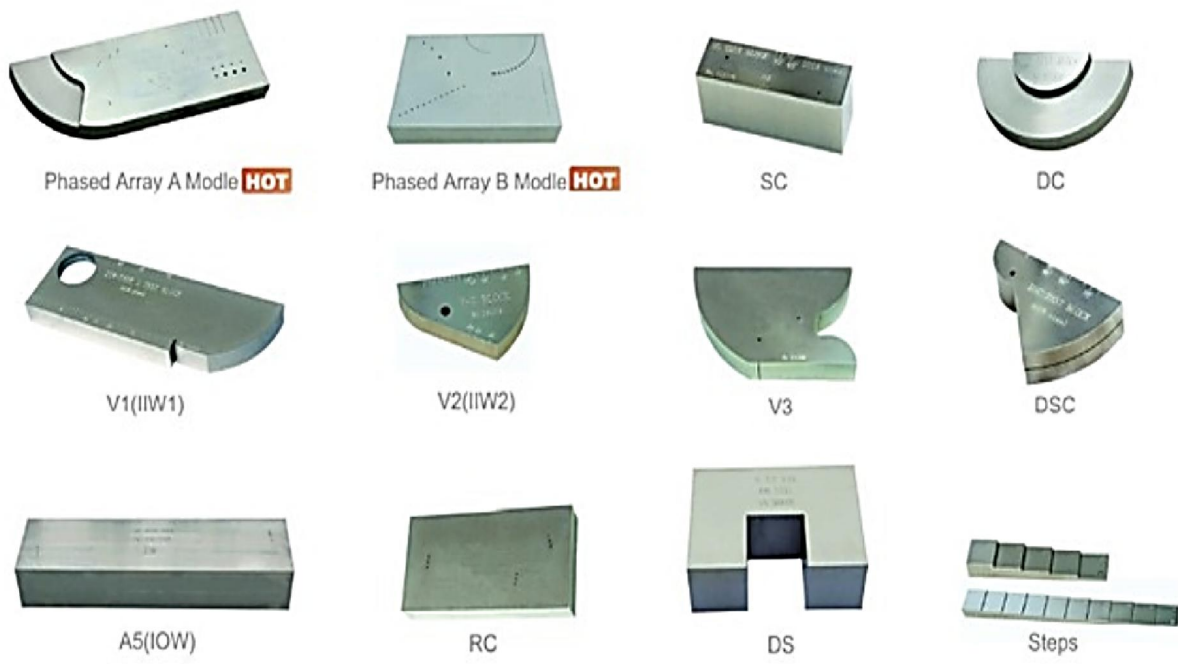
- Bề mặt phải có thể tiếp cận được đầu dò và chất tiếp âm.
- Yêu cầu kỹ năng và đào tạo là rộng hơn so với kỹ thuật khác.
- Bề mặt hoàn thiện và độ nhám có thể gây trở ngại cho việc kiểm tra.
- Các chi tiết mỏng có thể khó kiểm tra.
- Khuyết tật tuyến tính được định hướng song song với chùm âm thanh có thể không phát hiện được.
- Tiêu chuẩn tham khảo là thường xuyên cần thiết.



Hình 15. Thiết bị kiểm tra UT



Hình 16. Các loại đầu dò



Hình 17. Khối chuẩn

2.5. Phương pháp chụp ảnh phóng xạ - Radiographic Testing (RT)

Tia X được sử dụng để tạo ra hình ảnh của vật thể bằng cách sử dụng phim hoặc đầu ghi khác nhạy cảm với bức xạ. Đối tượng thử nghiệm được đặt giữa nguồn bức xạ và đầu ghi. Độ dày và mật độ của vật liệu mà tia X phải xuyên qua ảnh hưởng đến lượng phóng xạ đạt tới đầu ghi. Sự thay đổi này trong bức xạ tạo ra một hình ảnh trên đầu ghi thường cho thấy các đặc điểm bên trong của đối tượng thử nghiệm.

Được sử dụng để kiểm tra gần như bất kỳ vật liệu nào cho các khuyết tật bề mặt và dưới bề mặt. Tia X cũng có thể được sử dụng để xác định vị trí và đo lường các đặc điểm bên trong, xác nhận vị trí của các bộ phận ẩn trong một bộ phận lắp ráp và để đo độ dày của vật liệu.

Ưu điểm của phương pháp RT:

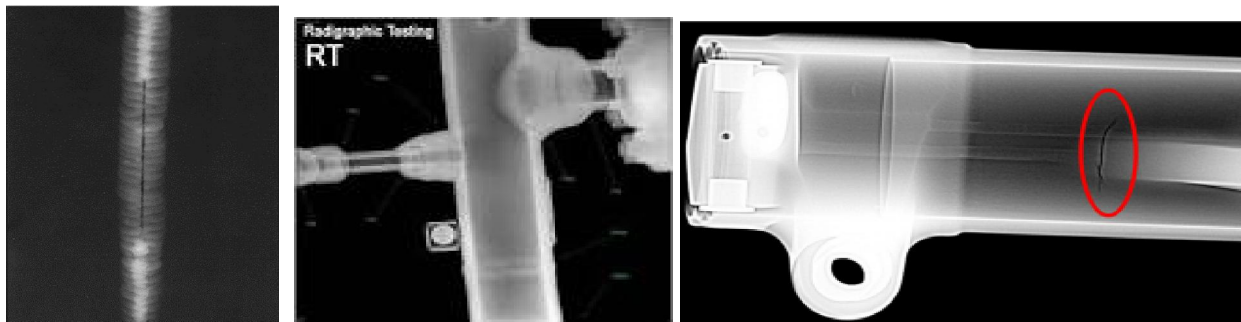
- Có thể được sử dụng để kiểm tra hầu như tất cả các vật liệu.
- Phát hiện khuyết tật bề mặt và dưới bề mặt.
- Khả năng kiểm tra các hình dạng phức tạp và cấu trúc nhiều lớp mà không cần tháo gỡ.
- Chuẩn bị phần tối thiểu là bắt buộc.

Nhược điểm của phương pháp RT:

- Đào tạo vận hành và kỹ năng yêu cầu cao.
- Truy cập vào cả hai mặt của cấu trúc thường được yêu cầu.
- Việc định hướng chùm tia bức xạ tới các khuyết tật không phải là thể tích là rất quan trọng.
- Vùng kiểm tra cho các mặt cắt dày có thể tốn thời gian.
- Đầu tư thiết bị tương đối đắt tiền.
- Nguy cơ bức xạ có thể xảy ra đối với nhân viên.



Hình 18. Thiết bị chụp ảnh phóng xạ

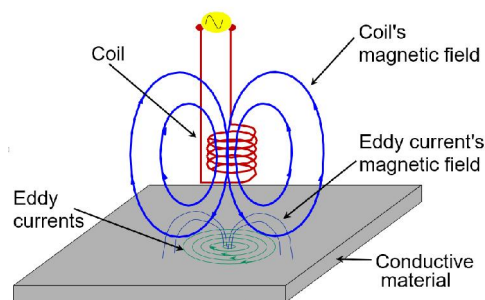


Hình 19. Một số ảnh chụp phóng xạ

2.6. Phương pháp kiểm tra dòng điện xoáy - Eddy Current Testing (ECT)

Dòng điện xoáy chiều được truyền qua một cuộn dây tạo ra từ trường. Khi cuộn dây được đặt gần vật liệu dẫn điện, từ trường biến thiên sẽ gây ra dòng điện trong vật liệu. Các dòng điện này di chuyển trong các vòng khép kín và được gọi là dòng xoáy. Dòng điện xoáy tạo ra từ trường riêng của chúng có thể đo được và được sử dụng để tìm các khuyết tật và mô tả tính dẫn điện, tính thấm và các đặc điểm về kích thước.

Được sử dụng để phát hiện các khuyết tật bề mặt và gần bề mặt trong vật liệu dẫn điện, chẳng hạn như kim loại. Kiểm tra dòng xoáy cũng được sử dụng để phân loại các vật liệu dựa trên độ dẫn điện và tính thấm từ, và đo độ dày của các tấm kim loại mỏng và lớp phủ không dẫn điện như sơn.



Hình 20. Sơ đồ nguyên lý kiểm tra dòng điện xoáy

Ưu điểm của phương pháp ECT:

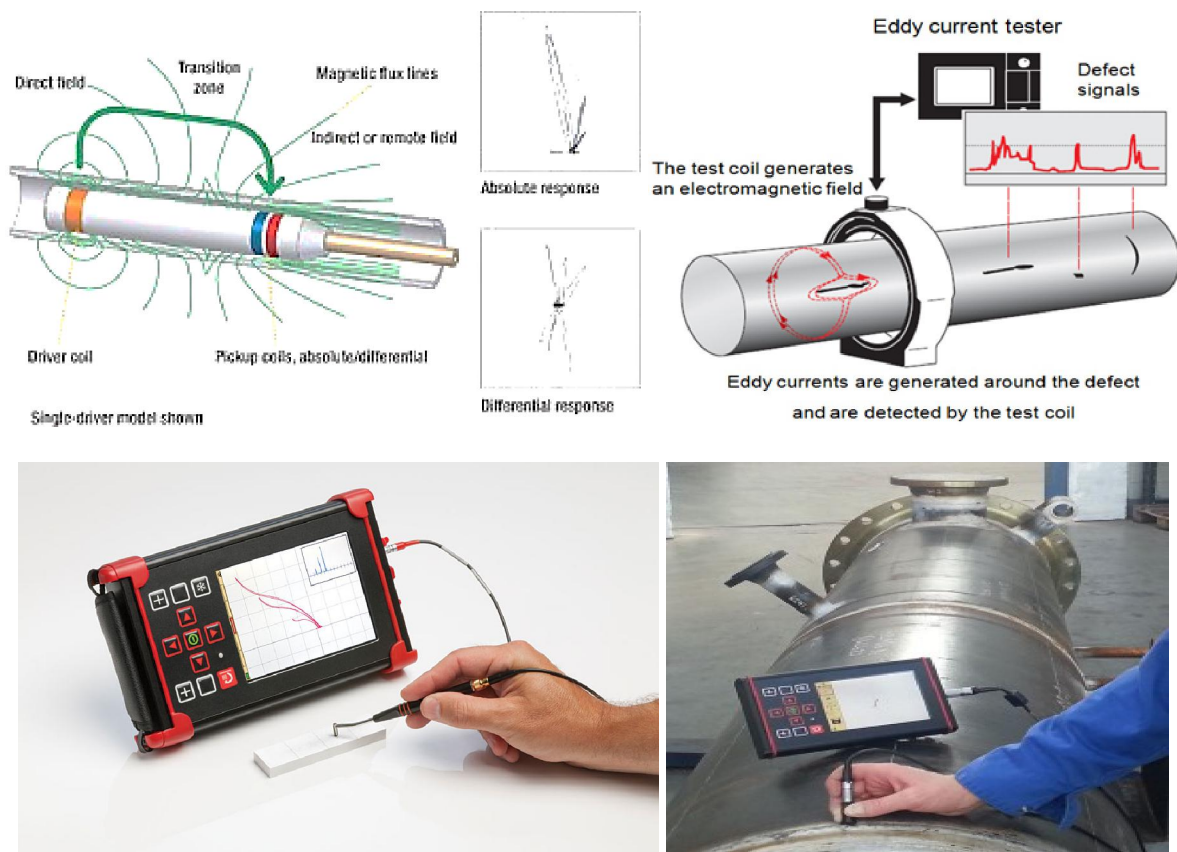
- Phát hiện các khuyết tật bề mặt và gần bề mặt.
- Đầu dò kiểm tra không cần phải tiếp xúc với chi tiết kiểm tra.
- Phương pháp không chỉ được sử dụng để phát hiện khuyết tật mà còn nhiều ứng dụng khác.
- Yêu cầu chuẩn bị bề mặt được tối giản.

Nhược điểm của phương pháp ECT:

- Chỉ có thể kiểm tra vật liệu dẫn điện.
- Vật liệu sắt từ yêu cầu xử lý đặc biệt để giải quyết tính thấm từ.
- Độ sâu thâm nhập bị giới hạn.
- Các khuyết tật nằm song song với cuộn dây đầu dò kiểm tra có thể không bị phát hiện.
- Kỹ năng và đào tạo yêu cầu rộng hơn các kỹ thuật khác.
- Bề mặt hoàn thiện và độ nhám có thể gây nhiễu.
- Tiêu chuẩn tham khảo là cần thiết để thiết lập.



Hình 21. Thiết bị kiểm tra dòng xoáy



Hình 22. Các loại đầu dò

3. ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP NDT TRONG LĨNH VỰC CƠ KHÍ

3.1. Kỹ thuật cơ khí

Kỹ thuật cơ khí là một ngành Khoa học kỹ thuật, ứng dụng các nguyên lý vật lý, kỹ thuật và khoa học vật liệu để thiết kế, phân tích, chế tạo và bảo dưỡng các loại máy móc và hệ thống cơ khí. Nó là một lĩnh vực kỹ thuật liên quan đến Thiết kế, Chế tạo và Vận hành máy móc. Kỹ thuật Cơ khí là ngành lâu đời nhất, rộng lớn nhất của Kỹ thuật.

Các phương pháp NDT được sử dụng trong lĩnh vực này trong khâu phân tích, quá trình chế tạo (các công đoạn trong quá trình) và bảo dưỡng các loại máy móc và hệ thống cơ khí, hay còn gọi là các sản phẩm cơ khí nói chung. Đóng góp của NDT là kiểm soát và nâng cao chất lượng sản phẩm cơ khí với từng khâu, công đoạn, quá trình của sản phẩm cơ khí.

3.2. Cơ khí động lực

Ngành cơ khí động lực nghiên cứu về các loại máy động lực, hệ thống truyền động, hệ thống điều khiển và kết cấu cơ khí. Các sản phẩm cụ thể được kiểm tra phổ biến bằng phương pháp NDT có thể kể đến các chi tiết tiêu biểu nhất như bánh răng truyền động, trục khuỷu, hệ thống đường ống dẫn nhiên liệu cho động cơ, các kết cấu khung, vỏ động cơ... Các chi tiêu kiểm tra như nứt vỡ, độ cứng, độ dày,...

3.3. Cơ khí nông lâm, xây dựng, giao thông, dệt may

Trong lĩnh vực nông lâm xây dựng, giao thông, dệt may thì các phương pháp NDT nằm trong mục tiêu mục đích và ứng dụng của các sản phẩm cơ khí với đối tượng là các loại nông lâm thổ hải sản, các công trình xây dựng giao thông, các dây chuyền dệt may. Cụ thể như với các sản phẩm nông lâm sản có thể kể đến ứng dụng như thiết bị khử trùng diệt khuẩn bằng phương pháp hạt nhân, thiết bị ghi đo mật độ, hàm lượng dẫn xuất trong sản phẩm; với các công trình xây dựng, giao thông là các thiết bị ghi đo mật độ, lưu lượng, đo mức, kiểm tra chất lượng công trình; với ngành dệt may, là ứng dụng khử trùng diệt khuẩn bảo quản hàng hóa, hay chiếu xạ tăng độ bền sản phẩm. Ở đây chủ yếu là tính kết hợp các phương pháp kỹ thuật kết hợp với nhau tạo ra chất lượng sản phẩm cuối cùng.

3.4. Tự động hóa, cơ điện tử, robot

Đặc trưng của các ngành này là tính tự động hóa rất cao. Đóng góp của NDT ở đây nằm ở góc độ công nghệ. Ta có thể đưa ví dụ điển hình là các bo mạch điện tử trong thiết bị tự động hóa được chế tạo sản xuất dưới sự kiểm soát chất lượng bằng các phương pháp NDT. Chi tiết sản phẩm này từ các nguyên vật liệu đầu vào đến sản phẩm cuối cùng đầu ra đều có sự hiện hữu mang tính tất yếu. Đó là các chỉ tiêu sản phẩm như thành phần vật liệu, độ đồng nhất vật liệu, độ dày vật liệu nền và lớp phủ,... Tỷ trọng đóng góp của công đoạn kiểm tra NDT chiếm phần lớn về giá trị sản phẩm.

3.5. Vật liệu cơ khí

Có thể kể đến sự đóng góp các phương pháp NDT tham gia sâu vào các công đoạn đúc, gia công, hàn, xử lý bề mặt vật liệu,..., không còn là giải pháp kỹ thuật mà là giải pháp công nghệ, thể hiện qua các thuật ngữ chuyên môn ngành cơ khí như siêu âm chụp ảnh mỗi hàn, vật đúc, thẩm thấu từ xác định khuyết tật,...

3.6. Công nghệ nhiệt lạnh, máy năng lượng

Các hệ thống trao đổi nhiệt, đường ống truyền dẫn chất lỏng, khí, ga trong các công trình nhiệt điện, thủy điện, hóa dầu là những ví dụ điển hình mà phương pháp NDT luôn thường trực xuất hiện trong suốt quá trình xây dựng, chế tạo, lắp ráp, vận hành bảo trì bảo dưỡng.

4. KẾT LUẬN

Kỹ thuật cơ khí là ngành rộng nhất và đa dạng nhất về kỹ thuật. Kỹ sư cơ khí đóng một vai trò trung tâm trong các ngành công nghiệp như ô tô (từ khung gầm xe đến mọi hệ thống con của nó - động cơ, truyền dẫn, cảm biến); hàng không vũ trụ (máy bay, động cơ máy bay, hệ thống điều khiển cho máy bay và tàu vũ trụ); công nghệ sinh học (cấy ghép, thiết bị giả, hệ thống chất lỏng cho ngành công nghiệp dược phẩm); máy tính và thiết bị điện tử (ổ đĩa, máy in, hệ thống làm mát, công cụ bán dẫn); hệ thống vi cơ điện, hoặc MEMS (cảm biến, thiết bị truyền động, phát điện); chuyển đổi năng lượng (tuabin khí, tuabin gió, năng lượng mặt trời, pin nhiên liệu); kiểm soát môi trường (HVAC, điều hòa không khí, điện lạnh, máy nén); tự động hóa (robot, dữ liệu và thu nhận hình ảnh, nhận dạng, kiểm soát); sản xuất (gia công, máy công cụ, tạo mẫu, vi chế).

Gắn liền với kỹ thuật cơ khí, các phương pháp NDT góp phần tạo nên những sản phẩm cơ khí chất lượng luôn có mặt song hành từ quá trình sản xuất, chế tạo, gia công, lắp đặt đến vận

hành bảo trì bảo dưỡng. Sáu phương pháp NDT phổ biến (VT, MT, RT, UT, PT, ECT) đóng góp vào tỷ trọng giá trị sản phẩm khoảng 2 - 3% và sẽ còn tăng lên, chất lượng sản phẩm ngày càng cao thỏa mãn thị hiếu của khách hàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Guidelines in Nondestructive Testing Techniques: IAEA-TECDOC-628/Rev.1, IAEA, Vienna, 2002.
- [2]. ALLGAIER, M.W., NESS, S., MCINTIRE, P., Eds, Nondestructive Testing Handbook, Volume 8, second edition, Visual and Optical Testing. ASNT, Columbus, Ohio, 1993.
- [3]. BIRKS, A.S., GREEN, R.E., JR., MCINTIRE, P., EDS, Nondestructive Testing Handbook, Volume 7: second edition, Ultrasonic Testing. ASNT, Columbus, Ohio, 1991.
- [4]. BRYANT, L.E., MCINTIRE, P., Eds, Nondestructive Testing Handbook, Volume 3, second edition, Radiography and Radiation Testing. ASNT, Columbus, Ohio, 1985.
- [5]. CECCO V.S., VAN DRUNEN, G., SHARP, F.L., Eddy Current Testing, Columbia, MD: GP Courseware, 1987.
- [6]. SCHMIDT, J.T., SKEIE, K., MCINTIRE, P., Eds, Nondestructive Testing Handbook, Volume 6: second edition, Magnetic Particle Testing. ASNT, Columbus, Ohio, 1989.
- [7]. MESTER, M.L., MCINTIRE, P., Eds, Nondestructive Testing Handbook, Volume 4: second edition, Electromagnetic Testing, ASNT, Columbus, Ohio, 1986.
- [8]. <http://khoahocphattrien.vn/chinh-sach/ky-thuat-hat-nhan-chan-benh-cac-nha-may-loc-dau/2016072809564296p1c785.htm>
- [9]. <http://congthuong.vn/ky-thuat-hat-nhan-trong-cong-nghiep-ung-dung-da-dang-hieu-qua-77970.html>
- [10]. <http://ndttraining.vn/kiem-tra-khong-pha-huy-ndt-gia-tri-24-ty-usd/>