

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP SIÊU ÂM TRONG KIỂM TRA KHUYẾT TẬT VẬT LIỆU KIM LOẠI

NGUYỄN VĂN HÙNG*

TÓM TẮT

Hiện nay, có nhiều phương pháp không phá hủy (NDT) để kiểm tra các khuyết tật bên trong vật liệu kim loại ứng dụng trong công nghiệp. Bài báo này, trình bày ứng dụng của phương pháp siêu âm (UT) với việc sử dụng máy Tokimec để xác định các khuyết tật trong vật liệu kim loại nhôm và thép. Kết quả thực nghiệm với mẫu nhôm TC4 (xác định được 5 khuyết tật) và mẫu thép SA4 (xác định được 8 khuyết tật, có so sánh với kết quả xác định bằng phương pháp chụp ảnh phóng xạ tia-X, RT) cho thấy phương pháp siêu âm rất tiện lợi và có ích trong việc kiểm tra khuyết tật vật liệu. Nghiên cứu này rất có ích cho việc đào tạo kỹ thuật viên về lĩnh vực kiểm tra khuyết tật trong vật liệu kim loại bằng phương pháp siêu âm.

Từ khóa: kiểm tra không phá hủy (NDT), kiểm tra bằng siêu âm (UT), kiểm tra bằng chụp ảnh phóng xạ (RT).

ABSTRACT

Applied research in ultrasonic method for examination of defects in metallic materials

There are many methods on non-destructive testing (NDT) for examination of defects in metallic material applied in industry today. This paper presents the application of ultrasonic method (UT) with using Tokimec device for determination of defects in metallic materials of aluminum and steel. The experimental results with aluminum sample of TC4 (5 defects were determined) and steel sample of SA4 (8 defects were determined, in comparison with the result determined by method of X-ray radiographic testing, RT) show that the ultrasonic method is very convenient and useful for examination of defects in materials. This research is very useful to train technicians in the field of examining defects in metallic materials.

Keywords: non-destructive testing (NDT), ultrasonic testing (UT), radiographic testing (RT).

1. Mở đầu

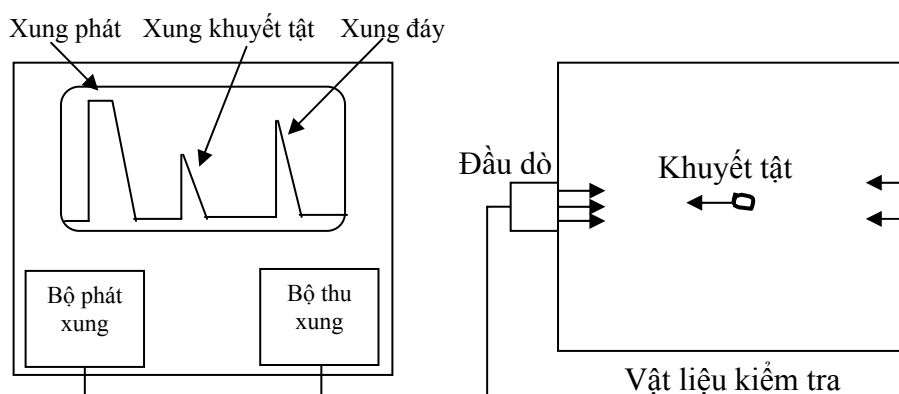
Hiện nay ở trên thế giới cũng như trong nước, phương pháp kiểm tra không phá hủy (NDT) đóng một vai trò quan trọng trong kiểm tra chất lượng sản phẩm công nghiệp (ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp cơ khí, xây dựng, tàu

thủy, hàng không, lò phản ứng và nhà máy điện hạt nhân,...), trong đó phương pháp siêu âm (UT) có nhiều ưu việt và phổ biến. Ưu điểm của phương pháp này là có thể phát hiện các khuyết tật nhỏ, cho phép kiểm tra các chi tiết dày, có độ chính xác cao trong việc xác định vị trí và kích thước khuyết tật cũng như chiều dày vật liệu, và chỉ cần tiếp xúc từ một phía của vật liệu.

* TS, Trung tâm Hạt nhân TPHCM

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này là sử dụng sóng siêu âm (là một dạng dao động cơ học) có dải tần số từ 0,5 MHz đến 10 MHz. Sóng siêu âm được phát ra từ đầu dò, khi đến mặt phân giới giữa hai môi trường thì chủ yếu sẽ phản xạ ngược trở lại và một phần sẽ khúc xạ

(phần khúc xạ rất nhỏ, nhất là mặt phân giới giữa vật liệu và không khí, nơi có khuyết tật hoặc mặt phân cách). Một nguyên lý cơ bản của phương pháp UT để kiểm tra vật liệu được trình bày trên hình 1 [1, 2].



Hình 1. Một nguyên lý của phương pháp UT kiểm tra khuyết tật vật liệu

Tùy theo dạng, hướng và vị trí khuyết tật mà người ta sử dụng loại đầu dò thẳng (Normal probe) hay đầu dò góc (Angle probe) để phát sóng siêu âm. Trong phương pháp UT có một số kỹ thuật thực nghiệm để xác định kích thước của khuyết tật, như sử dụng đường cong DAC (Distance Amplitude Correction), biểu đồ DGS (Distance Gain Size), giảm 20 dB hay 6 dB [1, 3].

dùng để hiển thị các xung phản xạ từ đáy và từ khuyết tật, từ đó ta có thể tính được vị trí và kích thước của khuyết tật [5].

2. Thực nghiệm

2.1. Thiết bị, dụng cụ thực nghiệm

Máy siêu âm và các đầu dò (đầu dò thẳng và đầu dò góc), mẫu chuẩn và mẫu cần kiểm tra có tại Trung tâm đào tạo (Viện Nghiên cứu hạt nhân) được sử dụng trong thực nghiệm này.

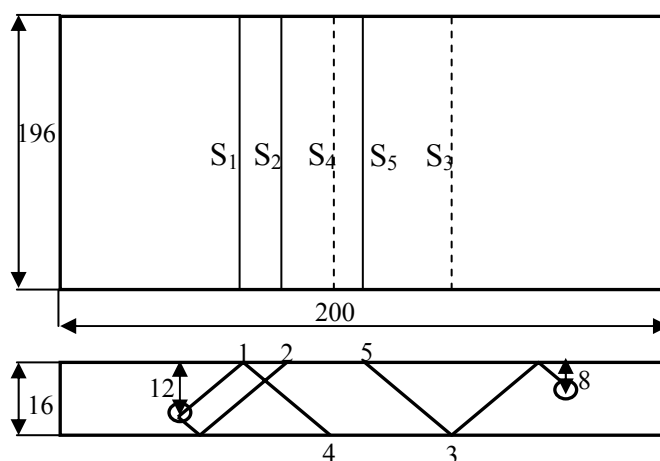
a) Máy phát siêu âm dạng Analog TOKIMEC, Series SM-101 và các đầu dò do Nhật Bản sản xuất (hình 2). Màn hình CRT (Cathode Ray Tube) của máy được



Hình 2. Các loại đầu dò và máy siêu âm khuyết tật TOKIMEC

b) Mẫu chuẩn nhôm TC3 và mẫu kiểm tra nhôm TC4: Chúng dạng hình khối chữ nhật, có mối hàn dạng chữ V với cùng kích thước ($16 \times 196 \times 200 \text{ mm}^3$) như chỉ ra trên hình 3. Mẫu chuẩn TC3 có các

khuyết tật nhân tạo (có 2 lỗ cách 12 và 8 mm so với bề mặt phía trên), dùng để xây dựng đường cong DAC. Đường cong này được sử dụng để kiểm tra khuyết tật trong mẫu TC4 [5].



Hình 3. Kích thước, khuyết tật nhân tạo, vị trí đặt đầu dò (tương ứng với các vị trí đánh số) đối với mẫu chuẩn TC3 (Hình trên là mặt nhìn từ trên xuống, hình dưới là mặt nhìn phía bên)

c) Mẫu kiểm tra thép SA4: Dạng hình khối chữ nhật, kích thước $18 \times 180 \times 200 \text{ mm}^3$ có các khuyết tật nhân tạo nằm ở bên trong khối mẫu [5]. Mẫu này được kiểm tra khuyết tật và được so sánh với phương pháp chụp ảnh phóng xạ tia-X (RT) với việc sử dụng máy Radioflex-200EGM có tại Trung tâm đào tạo.

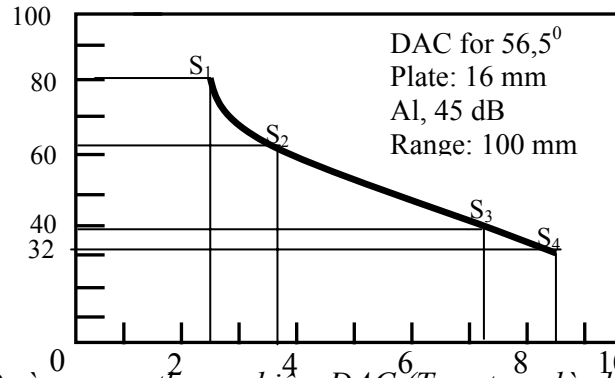
2.2. Kết quả thực nghiệm

Trong thực nghiệm đã sử dụng hai phương pháp để xác định khuyết tật: phương pháp đường cong DAC và phương pháp giảm 6 dB.

Phương pháp đường cong DAC

Trên hình 4, vị trí đánh số 1, 2, 3 và 4 tương ứng với độ sâu $3T/4$, $5T/4$, $7T/4$

và $10T/4$ (T là bề dày mẫu kiểm tra). Đặt miếng plastic mỏng lên màn hình, đặt và quét đầu dò góc tại S_1 , điều chỉnh núm độ lợi sao cho biên độ xung có độ cao 80% màn hình (Full Scale Height - FSH). Đánh dấu lên màn hình vị trí của đỉnh xung. Thực hiện lại việc đánh dấu vị trí đỉnh xung trên màn hình với các đường S_2 , S_3 , S_4 , S_5 . Nối các điểm trên lại với nhau ta xây dựng được đường cong DAC (Hình 4). Đường cong này biểu diễn biên độ của các xung phản xạ từ những khuyết tật có cùng kích thước nhưng nằm ở các độ sâu khác nhau. Mức độ cao xung (chọn là 80% độ cao màn hình) được gọi là mức so sánh cơ bản (Primary Reference Level - PRE) [3, 4].

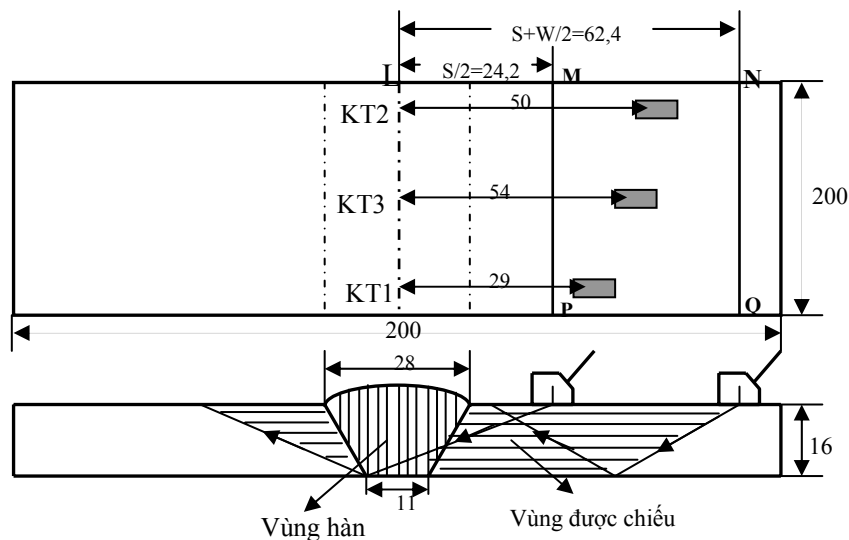


Hình 4. Đường cong thực nghiệm DAC (Trục tung là chiều cao màn hình, lấy bằng 100%; trục hoành là chiều dài, tính bằng cm)

Kiểm tra mẫu nhôm TC4

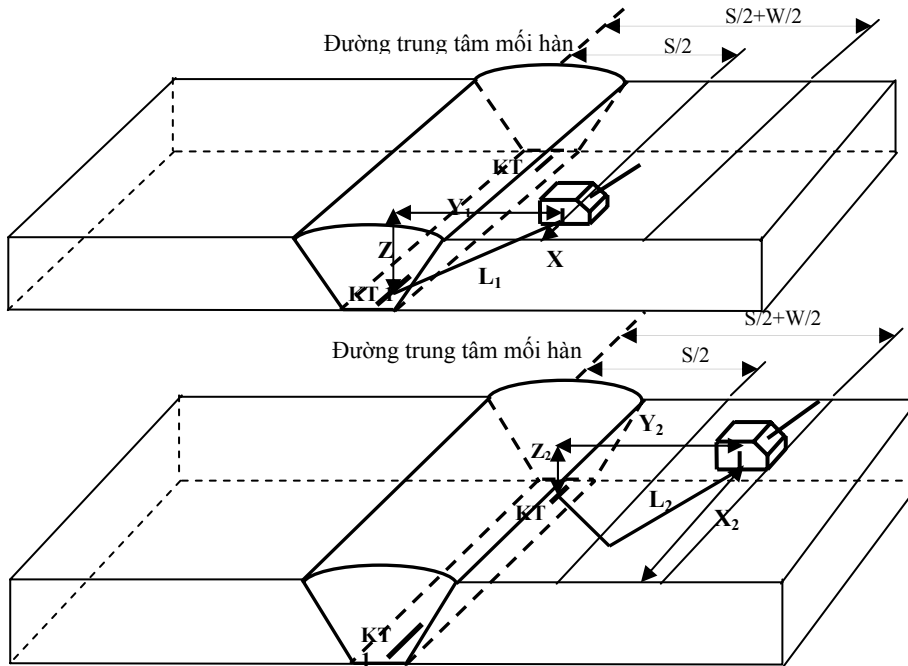
Sử dụng đầu dò góc $56,5^{\circ}$, tần số 2 MHz để quét kiểm tra mẫu TC4. Để đảm bảo chùm tia sóng âm chiếu vào một vùng thể tích tối đa của vật nhằm không bỏ sót khuyết tật cần phải tính toán quá trình dịch chuyển của đầu dò. Với mẫu TC4 thì cần xác định đường trung tâm L của mỗi hàn, bề rộng mũ gia cường của mỗi hàn ($W = 28$ mm), khoảng cách một bước quét ($S = 48,4$ mm). Do đó, vùng dò quét của đầu dò trên mẫu là từ $S/2$ (24,2 mm) đến $S+W/2$ (62,4 mm).

Kết quả dò quét: Để phát hiện mọi khuyết tật, ta đặt độ nhạy của máy cao hơn mức độ nhạy đánh giá PRE, bằng cách tăng nùm độ lợi (Gain) của máy lên 6 dB (tăng độ khuếch đại của máy lên gấp đôi). Quá trình dò quét phát hiện 3 khuyết tật ứng với 3 vị trí của đầu dò, có khoảng cách từ 3 vị trí của đầu dò đến đường trung tâm đã được đo như trên hình 5 (3 khuyết tật đó cho 3 xung trên màn hình CRT có biên độ vượt quá đường cong DAC).

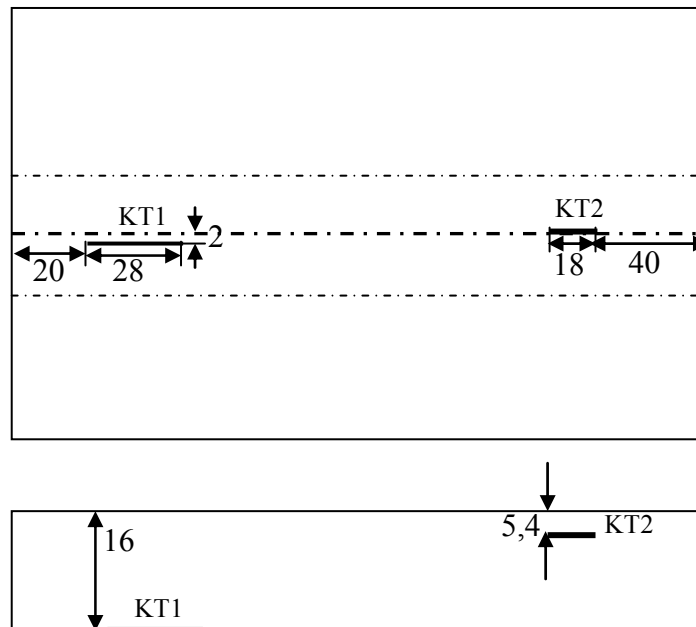


Hình 5. Vùng quét của đầu dò và vị trí đầu dò ứng với các khuyết tật A, B và C (Hình trên là mặt nhìn từ trên xuống, hình dưới là mặt nhìn phía bên)

Giảm nóm độ lợi của máy đi 6 dB để quay về mức độ nhạy đánh giá thì thấy có 2 khuyết tật có biên độ xung vẫn còn vượt quá đường cong DAC, chứng tỏ 2 khuyết tật đó có kích thước lớn hơn khuyết tật nhân tạo trong mẫu chuẩn nên 2 khuyết tật này phải bị loại bỏ. Vị trí và sơ đồ các khuyết tật này được xác định như trên hình 6 và hình 7.



Hình 6. Vị trí các khuyết tật KT1 (hình trên) và KT2 (hình dưới)

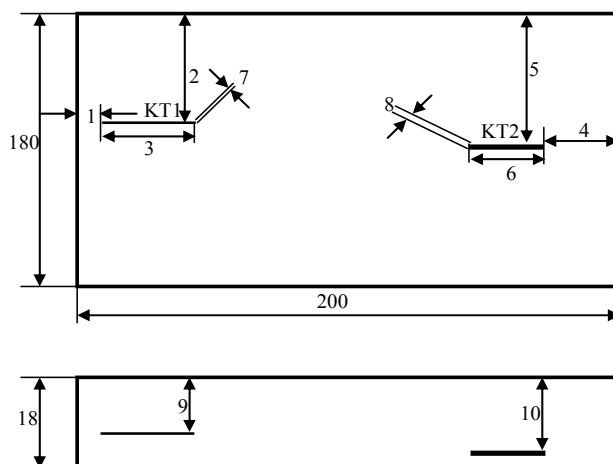


Hình 7. Vị trí và kích thước các khuyết tật trong mẫu kiểm tra nhôm TC4 (Hình trên là mặt nhìn từ trên xuống, hình dưới là mặt nhìn phía bên)

Kiểm tra mẫu thép SA4

Sử dụng đầu dò thẳng và phương pháp giảm 6 dB để xác định kích thước khuyết tật như sau: Xác định vị trí đầu dò sao cho thu được biên độ xung cực đại từ khuyết tật; điều chỉnh biên độ xung khuyết tật đến một độ cao thích hợp (chẳng hạn bằng 80% FSH); dịch chuyển đầu dò sang một phía sao cho biên độ của xung khuyết tật giảm xuống còn một nửa, tức là biên độ xung chỉ còn bằng 40% FSH. Ghi lại vị trí của tâm đầu dò trên bề mặt của mẫu kiểm tra; dịch chuyển đầu

dò theo chiều ngược lại, khi đó biên độ xung khuyết tật lại tăng dần lên, đạt giá trị cực đại rồi lại giảm xuống, cho đến khi biên độ xung còn bằng 40% FSH thì dừng lại. Ghi lại vị trí mới của đầu dò ở trên mẫu. Khoảng cách giữa 2 điểm đánh dấu ở trên chính là kích thước của khuyết tật theo phương đó. Từ đó xác định được vị trí và kích thước các khuyết tật trong mẫu kiểm tra SA4 (hình 8). Kết quả đo được so sánh với kết quả sử dụng phương pháp RT, được nêu trong bảng 1 [4].



Hình 8. Vị trí và kích thước các khuyết tật trong mẫu kiểm tra SA4 (Hình trên là mặt nhìn từ trên xuống, hình dưới là mặt nhìn phía bên).

Bảng 1. So sánh kết quả dùng phương pháp siêu âm (UT) với chụp ảnh phóng xạ tia-X (RT).

Điểm đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UT (mm)	20,0	72,0	31,0	30,0	81,0	26,4	-	-	11,0	15,0
RT (mm)	19,0	70,0	34,0	32,0	80,0	26,0	1,0	2,0	12,0	15,0
Sai số (%)	5,0	2,8	8,8	6,3	1,2	1,5	-	-	8,3	0,0

3. Kết luận

Như vậy, sử dụng phương pháp UT có thể xác định được các khuyết tật trong các vật liệu: đối với mẫu nhôm TC4 xác định được 5 khuyết tật (trong đó có 2

khuyết tật quá to và bị loại bỏ theo tiêu chuẩn chất lượng về khuyết tật) và mẫu thép SA4 xác định được 8 khuyết tật (riêng điểm đo 7 và 8 thì chỉ phát hiện được khuyết tật nhưng không xác định

được kích thước của chúng do điều kiện $\lambda/2 = 2 \text{ mm}$, với λ là bước sóng siêu âm của đầu dò phát). Trên cơ sở đó dựa theo các tiêu chuẩn đánh giá chất lượng sản phẩm để đưa ra kết luận sản phẩm đó có được chấp nhận không hay phải bị loại bỏ hoặc phải gia công lại. Về kết quả của hai phương pháp khá giống nhau với sai số trong phạm vi cho phép (nhỏ hơn 9%). Phương pháp RT có ưu điểm là có thể xác định được đường kính của các lỗ

khuyết tật, còn phương pháp UT lại có thể xác định chính xác vị trí khuyết tật cũng như chiều dày vật liệu. Tóm lại, trên thực tế nhiều trường hợp cần có sự bổ sung của các phương pháp khác nhau để đạt kết quả kiểm tra cao hơn. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu này có thể giúp ích cho công tác đào tạo kỹ thuật viên về kiểm tra khuyết tật vật liệu kim loại ứng dụng trong công nghiệp [1, 3, 4].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Công ty Ứng dụng và phát triển công nghệ “NEAD” (2002), *Phương pháp siêu âm kiểm tra vật liệu – cấp II (Bản dịch từ nguyên bản IAEA)*, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.
2. Trương Quang Nghĩa (1997), *Giáo trình kỹ thuật kiểm tra không hủy thử bằng phương pháp siêu âm*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TP.HCM.
3. IAEA (1988), *Ultrasonic testing of materials at level 2*, IAEA-TECDOC-462, Vienna, Austria.
4. I.I.W (1977), *Handbook on the ultrasonic examination of Welds*, The Welding Institute, England.
5. Tokimec Inc. (2006), *Portable ultrasonic flaw detector – Operation manual, Series SM101*, Japan.

(Ngày Tòa soạn nhận được bài: 27-12-2011; ngày chấp nhận đăng: 24-4-2012)