

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP SIÊU ÂM ĐỂ KIỂM TRA VÀ CHẨN ĐOÁN KHUYẾT TẬT MỐI HÀN KIM LOẠI

Phạm Ngọc Tuấn^{1*}, Vũ Thị Tâm²

Tóm tắt: Hàn là phương pháp công nghệ được ứng dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp, tạo ra các mối nối chịu lực, đảm bảo độ kín, độ bền và tính kinh tế cho sản phẩm. Tuy nhiên, phương pháp này tiềm ẩn nhiều dạng khuyết tật bên trong mà bằng mắt thường không thể quan sát được. Hiện nay, ở nước ta đã có khá nhiều cơ sở đào tạo và tài liệu về lĩnh vực kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn. Trong số các phương pháp kiểm tra khuyết tật mối hàn, phương pháp siêu âm có ưu thế nổi bật bởi khả năng phát hiện khuyết tật bên trong với độ chính xác cao, an toàn, nhanh chóng và chi phí hợp lý. Bài báo dựa trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước đây, tổng hợp từ các nguồn tài liệu trong và ngoài nước để trình bày một cách tóm tắt, cơ bản nhất về phương pháp kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn bằng siêu âm. Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu hữu ích phục vụ cho công tác đào tạo về lĩnh vực kiểm tra khuyết tật mối hàn bằng siêu âm.

Từ khóa: Kiểm tra bằng siêu âm, kiểm tra không phá hủy, kiểm tra siêu âm mối hàn, khuyết tật mối hàn, thiết bị kiểm tra siêu âm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàn là quá trình công nghệ nhằm tạo ra mối liên kết không tháo rời được của các vật thể rắn bằng cách tạo ra sự xích lại gần nhau giữa các nguyên tử (hay phân tử) tại vùng mối ghép một khoảng cách bằng hay gần bằng thông số mạng (khoảng cách giữa các phân tử) trong vật thể đó.

Ưu điểm của công nghệ hàn: tiết kiệm kim loại (giảm đến 20% khối lượng kim loại so với dùng mối ghép đinh tán, giảm đến 50% kim loại so với phương pháp đúc), giảm thời gian và giá thành chế tạo, độ bền mối hàn cao, độ kín đảm bảo, thiết bị tương đối đơn giản và dễ chế tạo, năng suất cao, hàn có thể nối được các kim loại có tính chất khác nhau.

Như vậy, hàn là một phương pháp công nghệ được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp, tạo ra các mối nối chịu lực, đảm bảo độ kín, độ bền và tính kinh tế cho sản phẩm. Tuy nhiên, cũng có nhiều dạng khuyết tật xảy ra đối với mối hàn, và rất khó để kiểm tra, xác định được các khuyết tật này, điều này ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và sự an toàn cho người sử dụng.

Khuyết tật xảy ra bên trong mối hàn gây nguy hiểm vì nó nằm kín trong mối hàn, làm giảm tiết diện làm việc và gây tập trung ứng suất. Các dạng khuyết tật bên trong gồm: hàn không ngấu, rỗ khí, ngâm xỉ, nứt, ...



a) Ngâm xỉ



b) Nứt



c) Hàn không ngấu

Hình 1. Một số khuyết tật bên trong mối hàn

Để kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn, có một số phương pháp như: chụp ảnh phóng xạ (RT), siêu âm (UT), dòng điện xoáy (ET), từ tính (MT), thăm thấu lỗng (PT), ... Trên thế giới đã có nghiên cứu về các phương pháp kiểm tra trên, cụ thể: Sổ tay phương pháp kiểm tra không phá hủy (Birks et al, 1991); Hướng dẫn đào tạo phương pháp kiểm tra không phá hủy (IAEA, 2002), ... và đã sản xuất thương mại các thiết bị phục vụ

kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn. Tại nước ta, cũng đã có một số nghiên cứu về các phương pháp kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn, cụ thể: Kiểm tra chất lượng mối hàn của các chi tiết thành mỏng từ hợp kim nhôm bằng phương pháp siêu âm (Vương Bình Dương, 2005); Nghiên cứu ứng dụng phương pháp siêu âm để kiểm tra khuyết tật bên trong vật liệu kim loại (Nguyễn Văn Hùng, 2012); Một số kinh nghiệm đọc màn hình siêu âm để kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn (Nguyễn Bích Ngọc, 2015); Ứng dụng nguyên lý kiểm tra không phá hủy trong lĩnh vực cơ khí tại Việt Nam (Vũ Tiên Hà và nnk, 2018); Giới thiệu hệ thống kiểm tra tự động khuyết tật mối hàn với bản đồ 3D (Vũ Dương

¹Khoa Cơ bản-Kỹ thuật cơ sở, Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1

²Phòng Hậu cần-Kỹ thuật, Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1

* Tác giả liên hệ

và nnk, 2019), ... Ủy ban Khoa học và Kỹ thuật Nhà nước đã ban hành bộ tiêu chuẩn về Kiểm tra không phá hủy mỗi hàn-Phương pháp siêu âm (TCVN 1548-87).

So với các phương pháp kiểm tra khuyết tật mỗi hàn, phương pháp siêu âm có ưu điểm như:

- Độ nhạy cao: Phát hiện được các khuyết tật nhỏ bên trong vật liệu (nứt, rỗ khí, xỉ, ...) mà nhiều phương pháp khác khó phát hiện.

- Kiểm tra được khuyết tật bên trong.

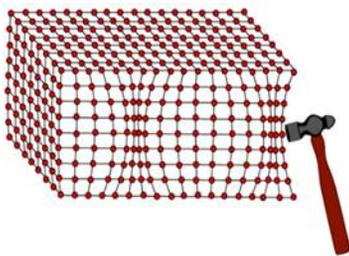
- Xác định được vị trí và kích thước khuyết tật: Có thể xác định vị trí, độ sâu, kích thước tương đối của khuyết tật.

- Không gây hại cho con người và môi trường.

- Tiện lợi và nhanh chóng: Có thể kiểm tra trực tiếp tại vị trí và có kết quả ngay.

- Tính kinh tế: Thiết bị có giá thành vừa phải, chi phí vận hành thấp hơn.

Phương pháp siêu âm có tính ưu việt hơn so với những phương pháp khác nên trong phạm vi bài báo này, tác giả giới thiệu kết quả nghiên cứu dựa trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước đây, tổng hợp từ các nguồn tài liệu trong và ngoài nước để trình bày một

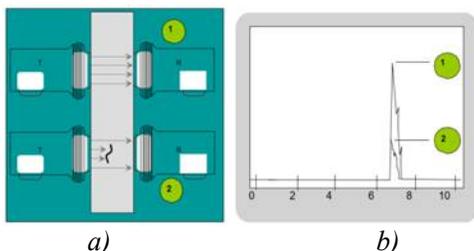


Hình 2. Hình ảnh minh họa bản chất của sóng âm

2.2. Các phương pháp kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật mỗi hàn bằng siêu âm

Sóng âm khi lan truyền trong vật liệu hoặc đến bề mặt phân cách có biểu đồ đường truyền sóng khác nhau (Hình 3). Dựa vào loại năng lượng sóng siêu âm sử dụng, người ta đưa ra một số phương pháp kiểm tra như: truyền qua, xung đối, cộng hưởng âm, nhiễu xạ, ...

2.2.1. Phương pháp truyền qua



Hình 4. Phương pháp truyền qua
a) Vị trí đầu dò khi kiểm tra;
b) Màn hình hiển thị kết quả

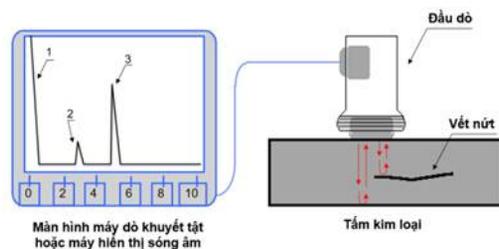
cách tóm tắt, cơ bản nhất về phương pháp kiểm tra khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm. Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu hữu ích phục vụ cho công tác đào tạo về lĩnh vực kiểm tra khuyết tật mỗi hàn bằng siêu âm.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết về sóng siêu âm

Sóng siêu âm là một loại sóng âm có tần số cao hơn giới hạn nghe thấy của con người, được truyền vào vị trí mỗi hàn cần kiểm tra và thu lại phản xạ từ bề mặt hoặc các khuyết tật. Năng lượng âm phản xạ được hiển thị tương ứng với thời gian lan truyền cho biết sự tồn tại, vị trí và kích thước khuyết tật.

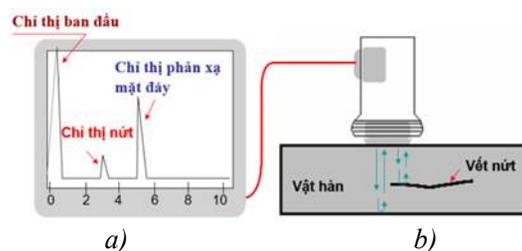
Bản chất của sóng âm là sự lan truyền của các dao động cơ học trong môi trường vật chất. Dao động cơ học là sự dịch chuyển của phần tử môi trường xung quanh một vị trí cân bằng (Hình 2). Điều kiện để dao động cơ học lan truyền đi được là phải có một trường vật chất, trong đó các phần tử liên kết với nhau bởi các lực đàn hồi, dao động của bất kỳ một phần tử nào sẽ kéo theo dao động của các phần tử khác, do đó mà dao động được truyền đi, gọi là sóng âm.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý phương pháp siêu âm khuyết tật bên trong mỗi hàn

1. Xung ban đầu;
2. Âm vang tại vị trí bị nứt;
3. Âm vang mặt sau

Khi đầu dò thu và phát đặt trên hai phía đối diện của đối tượng kiểm tra, sự tồn tại bất liên tục thể hiện sự suy giảm hoặc mất chỉ thị tín hiệu thu trên màn hình. Phương pháp này cho phép kiểm tra vật liệu có kích thước chiều dày lớn, mức độ suy giảm âm cao (suy giảm năng lượng của sóng). Tuy nhiên, không xác định được vị trí bất liên tục và phụ thuộc vào vị trí tương đối của hai đầu dò (yêu cầu hai đầu dò phải thẳng hàng) (Hình 4).

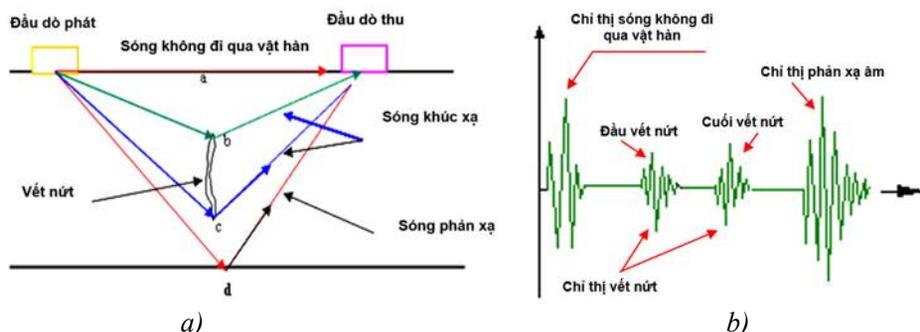


Hình 5. Phương pháp xung đối
a) Màn hình hiển thị kết quả;
b) Vị trí đầu dò khi kiểm tra

2.2.2. Phương pháp xung dội

Phương pháp này đặt cả đầu dò và đầu thu trên một phía của đối tượng cần kiểm tra. Tại vị trí không có bất liên tục, chùm sóng âm không đập vào bất liên tục nên chỉ thị phản xạ bề mặt cách xa nhau so với bề mặt đáy. Khi có bất liên tục, chùm sóng âm đập vào bất liên tục, chỉ thị phản xạ bất liên tục xuất hiện trước chỉ thị phản xạ bề mặt đáy (Hình 5).

Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất hiện nay, chỉ cần tiếp cận một phía của vật hàn, sau khi kiểm tra cho biết vị trí, kích thước, loại bất liên tục. Tuy nhiên, khi sử dụng không tránh khỏi tình trạng suy



Hình 6. Hình ảnh mô tả phương pháp kiểm tra bằng nhiễu xạ
a) Vị trí đầu dò khi kiểm tra; b) Màn hình hiển thị kết quả

Khi cho hai đầu dò hợp với nhau một góc 45° , bố trí như một đầu thu và một đầu phát, khoảng cách giữa chúng được tính tùy theo chiều dày vật hàn cần kiểm tra. Sóng dọc được phát vào vật hàn cần kiểm tra, chùm tia được mở rộng để phạm vi dò quét thu được là lớn nhất. Màn hình A-scan thể hiện sóng truyền thẳng trên bề mặt vật hàn, xung phản hồi từ mặt đáy vật hàn và giữa tín

hiệu từ hai đầu mút của bất liên tục (Hình 6).

2.2.3. Phương pháp cộng hưởng âm

Khi sóng âm lan truyền trong vật liệu có chiều dày bằng bội số lần của một nửa chiều dài sóng thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng âm. Phương pháp này ít được sử dụng, chủ yếu được áp dụng để kiểm tra chiều dày kim loại, ...

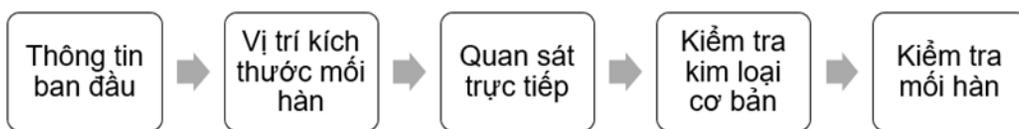
2.2.4. Phương pháp nhiễu xạ

Phương pháp này sử dụng phần năng lượng nhiễu xạ của sóng âm tại các điểm đầu mút (gờ) của bất liên tục, phù hợp cho việc xác định kích thước xuyên thành của bất liên tục trong vật hàn.

hiệu từ hai đầu mút của bất liên tục (Hình 6).

2.3. Quy trình thực hiện kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật mỗi hàn bằng siêu âm

Dựa trên cơ sở lý thuyết, tác giả xây dựng quy trình thực hiện phương pháp kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm được thể hiện theo sơ đồ hình 7.



Hình 7. Sơ đồ quy trình thực hiện phương pháp kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm

2.3.1. Thông tin ban đầu

Các thông tin ban đầu cần thu thập gồm: thông số của vật liệu cơ bản (vật liệu của vật hàn), thông số quá trình hàn, quá trình chuẩn bị mép hàn, kích thước chiều dày kim loại cơ bản, các vấn đề khó khăn trong khi hàn, vị trí mỗi hàn, tiêu chuẩn kiểm tra khuyết tật bên trong mỗi hàn.

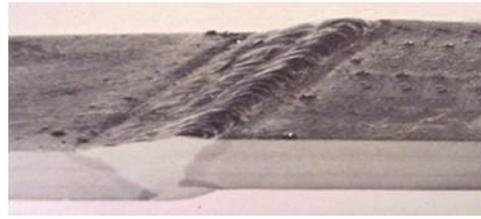
2.3.2. Vị trí, kích thước mỗi hàn

Thông số vị trí đường trung tâm, chân góc của mỗi

hàn có ý nghĩa quan trọng trong việc xác định bất liên tục. Thông thường, các vị trí này được xác định và đánh dấu trước khi hàn.

2.3.3. Quan sát trực tiếp

Tiến hành quan sát trực tiếp trước khi siêu âm nhằm đảm bảo bề mặt mỗi hàn phù hợp cho việc dò quét; giúp phát hiện các bất liên tục có thể gây nhiễu việc giải đoán kết quả kiểm tra như bị nứt bề mặt, sai khác chiều dày, ... (Hình 8).



Hình 8. Một số bất liên tục được phát hiện bằng quan sát trực tiếp trước khi siêu âm

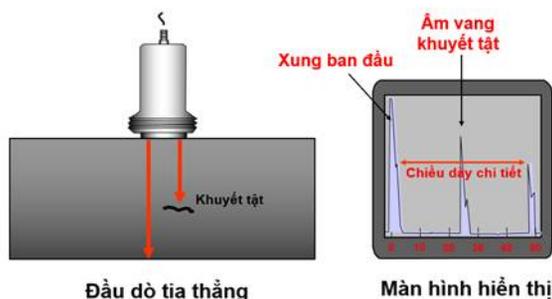
2.3.4. Kiểm tra kim loại cơ bản

Kiểm tra kim loại cơ bản nhằm phát hiện các bất liên tục nằm song song với bề mặt dò quét (tách lớp), gây nhiễu hoặc cản trở việc kiểm tra mối hàn (bằng phương pháp chiếu xuyên). Để kiểm tra kim loại cơ bản, sử dụng đầu dò tia thẳng, kiểm tra phạm vi ít nhất (W) không nhỏ hơn phạm vi dò quét của đầu dò tia xuyên (Hình 9). Phạm vi ít nhất (W) được xác định theo công thức:

$$W = 5,5T.1,25 \quad (1)$$

Với T là chiều dày kim loại cơ bản.

Giá trị phạm vi màn hình hiển thị chuẩn phải ít nhất bằng chiều dày kim loại cơ bản. Độ nhạy của thiết bị dò quét theo tiêu chuẩn áp dụng. Sự xuất hiện của bất liên tục tách lớp thể hiện bằng chỉ thị phản xạ xuất hiện



Hình 9. Biểu hiện chỉ thị xung khi gặp bất liên tục

2.4. Các thao tác thực hiện khi kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật mối hàn bằng siêu âm

2.4.1. Lựa chọn đầu dò

Đầu dò được lựa chọn phải đảm bảo các yêu cầu:

- Tần số: từ 2 ÷ 5 MHz tùy theo độ suy giảm âm;
- Kích thước: từ 10 ÷ 25 mm, tùy theo khả năng tiếp cận, tiếp âm-tiếp xúc, ...;
- Góc khúc xạ: các góc 45°, 60°, 70° tùy theo hướng bất liên tục, khả năng tiếp cận, góc chuẩn bị mép mối hàn, ... (Hình 11).

Bảng 1. Hướng dẫn lựa chọn góc khúc xạ

Chiều dày kim loại cơ bản	Góc khúc xạ
10 ÷ 15 mm	70°
15 ÷ 20 mm	70°, 60°
> 20 mm	70°, 60°, 45°

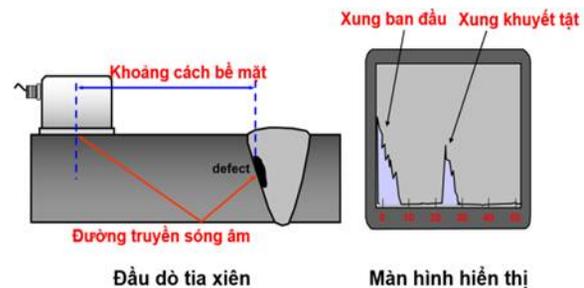
trước chỉ thị phản xạ đáy. Vị trí và kích thước của tách lớp cần được xác định rõ ràng, chính xác.

2.3.5. Kiểm tra mối hàn

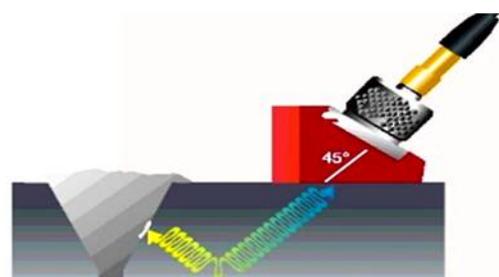
Tiến hành kiểm tra mối hàn gồm: chân và mép mối hàn, thân mối hàn, bất liên tục dọc, bất liên tục ngang.

- Kiểm tra chân và mép mối hàn: Đòi hỏi kiểm tra riêng biệt, kỹ lưỡng và thận trọng vì bất liên tục ở vị trí này là loại nguy hiểm nhất; chỉ thị phản xạ từ chân không có khuyết tật và chân có khuyết tật rất gần nhau dễ gây nhầm lẫn cho việc chẩn đoán.

- Kiểm tra thân mối hàn: Sử dụng đầu dò tia xuyên dò quét bất liên tục dọc và ngang, hướng và phạm vi dò quét được mô tả chi tiết, cụ thể cho từng loại mối hàn. Độ nhạy dò quét được xác định theo tiêu chuẩn kiểm tra áp dụng (Hình 10).



Hình 10. Hàn không ngẫu vách nóng chảy



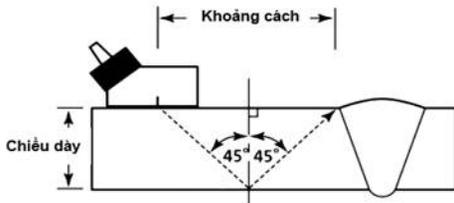
Hình 11. Góc khúc xạ của đầu dò

2.4.2. Tính toán khoảng cách

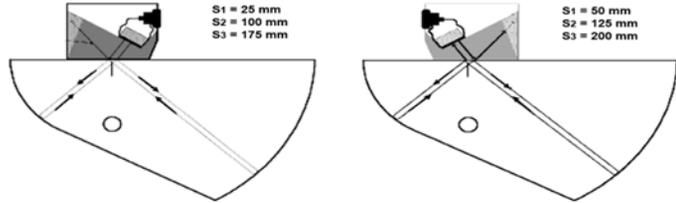
Khoảng cách giữa các vị trí đặt đầu dò được xác định bằng công thức (2) và mô tả trên hình 12.

$$\text{Khoảng cách} = 2.T.\tan\beta \quad (2)$$

Trong đó: β là góc khúc xạ; T là chiều dày kim loại cơ bản.



Hình 12. Sơ đồ xác định khoảng cách



Hình 13. Hình ảnh mô tả xác định chuẩn phạm vi màn hình chính

2.4.3. Xác định các chuẩn

Chuẩn phạm vi màn hình là giá trị của phạm vi màn hình cần chuẩn ít nhất phải bằng Vee-path (Hình 13). Vee-path là đường truyền sóng siêu âm theo dạng chữ V trong vật liệu, được tạo ra khi sóng phản xạ tại bề mặt đối diện, giúp kiểm tra tốt hơn vùng chân và bên trong mối hàn. Kiểm tra chuẩn phạm vi màn hình bằng mẫu chuẩn. Mẫu chuẩn được sử dụng là mẫu VI (International Institute of Welding block-IIW block) được chế tạo từ thép cacbon có cạnh vát, cho phép tạo ra các đường truyền sóng chuẩn. Mẫu có dạng khối thép hình chữ nhật hoặc chữ L, có mặt phẳng phản xạ và một cạnh vát nghiêng 90^0 hoặc 70^0 .

2.4.4. Kiểm tra độ nhạy của máy

Độ nhạy (Sensitivity) là khả năng của máy và đầu dò phát hiện các khuyết tật có kích thước nhỏ ở những độ sâu khác nhau trong vật liệu. Đây là yếu tố rất quan trọng trong việc xác định khả năng hiện diện của khuyết tật. Trước khi kiểm tra thực tế, cần kiểm tra độ nhạy của máy.

Sử dụng các mẫu thử để kiểm tra độ nhạy của máy trước khi tiến hành siêu âm. So sánh kết quả kiểm tra mẫu thử để đánh giá độ nhạy của máy (Hình 14). Quy trình thực hiện như sau:

- Bước 1: Chuẩn bị máy
 - + Bật máy, chọn chế độ hoạt động phù hợp (thẳng hoặc xiên).
 - + Điều chỉnh tần số, biên độ, tốc độ âm theo vật liệu.
- Bước 2: Đặt đầu dò lên mẫu chuẩn
 - + Dùng gel hoặc dầu để tạo liên kết âm tốt giữa đầu dò và mẫu.
 - + Quét trên bề mặt khối chuẩn để thu tín hiệu phản xạ.
- Bước 3: Điều chỉnh hiển thị
 - + Căn chỉnh sao cho tín hiệu phản xạ từ các lỗ khoan hoặc cạnh chuẩn hiển thị đúng trên thang đo màn hình.
 - + Điều chỉnh tăng/giảm khuếch đại sao cho xung phản xạ đạt biên độ chuẩn.

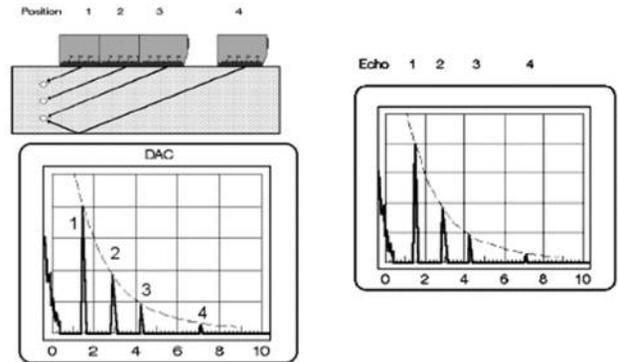
- Bước 4: Xác lập đường cong tham chiếu (Distance Amplitude Correction-DAC)

Ghi lại tín hiệu từ các lỗ khoan chuẩn ở các độ sâu khác nhau, nối các điểm biên độ này thành đường cong tham chiếu, đây là tiêu chuẩn so sánh khi kiểm tra thực tế (Hình 15).

- Bước 5: Kiểm tra và xác nhận độ nhạy

Quét lại toàn bộ khối chuẩn, đảm bảo các xung phản xạ đều nằm trên đường cong tham chiếu. Nếu đúng, máy đã được hiệu chuẩn độ nhạy. Khi kiểm tra thực tế, tín hiệu khuyết tật nào nằm trên đường

cong DAC được coi là khuyết tật đáng chú ý, tín hiệu nằm dưới DAC được coi là khuyết tật nhỏ, có thể chấp nhận.



Hình 14. Hình ảnh kiểm tra độ nhạy của máy

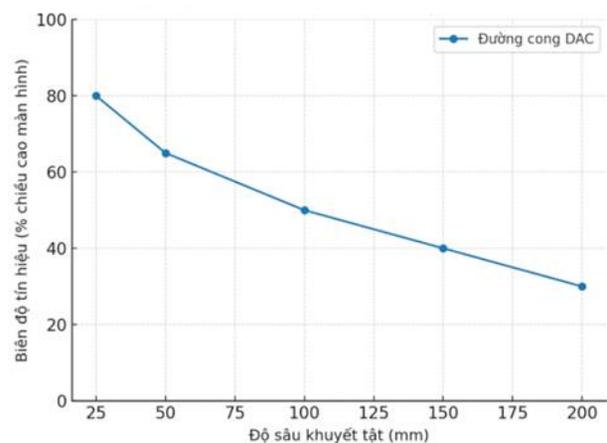
2.4.5. Dò quét

Phạm vi dò quét cách mép mỗi hàn $1,25\text{skip}$, skip là khoảng cách truyền sóng siêu âm từ đầu dò đến điểm sóng phản xạ lại trên bề mặt đối diện và quay trở lại bề mặt quét, tính theo công thức:

$$1,25\text{skip} = 2,5T.\tan\beta \quad (3)$$

Với: T là chiều dày kim loại cơ bản; β là góc khúc xạ.

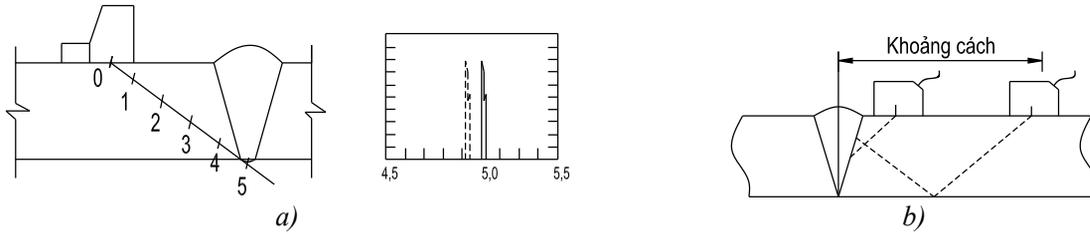
- Kiểm tra chân mối hàn: Đầu dò đặt cách đường chân góc $0,5\text{skip}$, dò quét song song với trục đường hàn. Khi chân mối hàn tốt sẽ không có chỉ thị, hoặc chỉ thị xuất hiện lớn hơn $0,5\text{Vee-path}$.



Hình 15. Hình ảnh minh họa đường cong tham chiếu (DAC)

Khi chỉ thị xuất hiện tại vị trí bằng hoặc nhỏ hơn 0,5Vee-path tức là có bất liên tục ở chân mối

hàn (có thể là hàn không thấu chân, nứt chân, ...) (Hình 16a).



Hình 16. Kiểm tra chân mối hàn (a) và thân mối hàn (b)

- Kiểm tra thân mối hàn: Dò quét theo mẫu ở phần trước trong phạm vi 1,25skip tính từ mép mối hàn, cả hai phía. Chọn góc sao cho tia siêu âm vuông góc với khuyết tật không ngẫu cạnh (Hình 16b).

- Chỉ thị liên quan do các phản xạ bên trong mối hàn tạo ra bất liên tục.

- Chỉ thị không liên quan do các điều kiện hình học đa dạng gây ra như: lỗi đáy mối hàn, ...

2.4.6. Chẩn đoán

Phải phân biệt được hai loại chỉ thị: chỉ thị liên quan và chỉ thị không liên quan.

Bảng 2 trình bày kết quả phân tích, chẩn đoán chỉ thị với từng quỹ đạo di chuyển của đầu dò, phân tích và xác định dạng bất liên tục.

Bảng 2. Một số dạng khuyết tật, phương pháp đo kiểm và hình ảnh hiển thị trên màn hình

Dạng khuyết tật đối với mối hàn	Quỹ đạo di chuyển của đầu dò và hình ảnh hiển thị
Khuyết tật dạng tròn: Rỗ, xỉ	
Khuyết tật dạng trụ: Xi dài	
Khuyết tật dạng phẳng: Nứt, không ngẫu, không thấu	
Khuyết tật dạng phẳng: Nứt, không ngẫu, không thấu	

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá mức độ xác định, kiểm tra được khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm theo quy trình và phương pháp đã chỉ ra, tiến hành thực hiện trên thiết bị siêu âm mỗi hàn OMNI SCAN X3 bằng hai phương pháp truyền qua và xung dội đối với vật

mẫu là thép tấm hình trụ có kích thước 300x200x100mm, được khoan một lỗ nhỏ có đường kính 5mm theo quy trình thực hiện ở trên. Kết quả cho thấy màn hình chỉ thị xác định được vị trí, kích thước bất liên tục theo đúng như cơ sở lý thuyết đã chỉ ra (Hình 17, 18).



a) Không có bất liên tục, chỉ thị đạt mức 100% FSH

b) Có bất liên tục, chỉ thị sụt giảm, chỉ đạt mức 60% FSH

Hình 17. Hình ảnh quá trình kiểm tra vật mẫu bằng phương pháp truyền qua



a) Không có bất liên tục

b) Có bất liên tục

Hình 18. Hình ảnh quá trình kiểm tra vật mẫu bằng phương pháp xung dội

Như vậy, với quá trình tiến hành kiểm tra thực nghiệm khuyết tật bên trong vật mẫu đã mang lại kết quả đúng như lý thuyết xây dựng ban đầu. Kết quả thực nghiệm đã chỉ ra phương pháp thực hiện kiểm tra khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm hoàn toàn phù hợp, có khả năng áp dụng cao vào điều kiện thực tiễn, có nhiều ưu điểm so với những phương pháp khác.

4. KẾT LUẬN

Kiểm tra và chẩn đoán khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm là phương pháp mang lại kết quả chính xác và độ tin cậy cao, góp phần kiểm tra chất lượng sản phẩm sau hàn, từ đó dự báo các khả năng sai hỏng có thể xảy ra đối với sản phẩm khi đưa vào sử dụng.

Thực nghiệm được tiến hành để đánh giá hiệu quả, khả năng áp dụng của phương pháp siêu âm. Kết quả

cho thấy khi áp dụng quy trình kiểm tra trên thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm có thể kiểm tra và chẩn đoán đúng khuyết tật bên trong mỗi hàn. Đây là phương pháp có tính ưu việt hơn cả so với những phương pháp khác.

Bài báo dựa trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước đây, tổng hợp từ các nguồn tài liệu trong và ngoài nước để trình bày một cách tóm tắt, cơ bản nhất về phương pháp kiểm tra khuyết tật bên trong mỗi hàn bằng siêu âm. Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu hữu ích phục vụ cho công tác đào tạo về lĩnh vực kiểm tra khuyết tật mỗi hàn bằng siêu âm.

Trong thời gian tới, tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu và xây dựng biểu đồ chỉ thị đối với từng dạng khuyết tật trên từng loại kết cấu mỗi hàn, giúp người sử dụng thiết bị dễ dàng kiểm tra, so sánh và chẩn đoán khuyết tật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Vương Bình Dương, (2005), *Kiểm tra chất lượng mối hàn của các chi tiết thành mỏng từ hợp kim nhôm bằng phương pháp siêu âm*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, No.19, pp. 15-18.
- Vũ Dương và nnk, (2019), *Giới thiệu hệ thống kiểm tra tự động khuyết tật mối hàn với bản đồ 3D*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Duy Tân, pp. 80-87.
- Vũ Tiến Hà và nnk, (2018), *Ứng dụng nguyên lý kiểm tra không phá hủy trong lĩnh vực cơ khí tại Việt Nam*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ Cơ khí toàn quốc lần thứ 5, pp. 8-10.
- Nguyễn Văn Hùng, (2012), *Nghiên cứu ứng dụng phương pháp siêu âm để kiểm tra khuyết tật trong vật liệu kim loại*, Tạp chí Khoa học, Đại học sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, No. 36, pp. 80-86.
- Nguyễn Bích Ngọc, (2015), *Một số kinh nghiệm đọc màn hình siêu âm trong kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, No.2, pp. 26-33.

Ủy ban Khoa học và Kỹ thuật Nhà nước, (1987), *TCVN - Kiểm tra không phá hủy mối hàn - Phương pháp siêu âm*.
Birks, A.S., Green, R.E., JR., McIntire, P., Eds. (1991), *Nondestructive Testing Handbook*, Volume 7, second edition, Ultrasonic Testing, ASNT, Columbus, Ohio.
International Atomic Energy Agency (2002), *Training Guidelines in Nondestructive Testing Techniques: IAEA-Tecdod-628/Rev.1*, IAEA, Vienna.

Abstract:

**RESEARCH ON APPLYING ULTRASONIC METHOD TO INSPECT
AND DIAGNOSE DEFECTS IN METAL WELD JOINTS**

Welding is a technological method commonly used in industries, creating joints that can withstand force, ensuring tightness, durability and economy for the product. However, this method has many potential internal defects that cannot be observed with the naked eye. Currently, in Vietnam there are many training facilities and documents on the field of internal defect inspection of welds. Among the methods of weld defect inspection, the ultrasonic method has outstanding advantages due to its ability to detect internal defects with high accuracy, safety, speed and reasonable cost. The article is based on the inheritance of previous studies, synthesized from domestic and foreign sources to present a summary, the most basic method of checking defects inside the weld by ultrasonic. The research results are a useful source of documents serving the training work in the field of checking defects in welds by ultrasonic.

Keywords: Ultrasonic testing (UT), nondestructive testing (NDT), welding ultrasonic testing, weld defects, ultrasonic testing equipment.

Ngày nhận bài: 17/7/2025

Ngày chấp nhận đăng: 26/8/2025