CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM HÀN HỒ QUANG CHO LIÊN KẾT ỐNG CHỮ T

QUALITY OF ARC WELDING FOR TUBE-TO-TUBE CONNECTIONS

Trần Minh Thế Uyên, Dương Thị Vân Anh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm hàn ống chữ T trên ống Ø60 và Ø50 với các độ dày khác nhau (2.5 mm, 3.2 mm, 4.0 mm và 5.2 mm) đã đưa ra những kết luận quan trọng. Ống dày hơn thể hiện ít biến dạng hơn do nhiệt và có độ cứng cao hơn. Ống mỏng hơn gây ra biến dạng nhiệt lớn hơn. Nhiệt độ ở cuối quá trình hàn thường cao hơn đối với ống mỏng, đạt tới 1427 °C cho độ dày 2.5 mm và 987 °C cho độ dày 5.2 mm. Ứng suất tập trung ở vị trí bắt đầu và kết thúc của đường hàn, với ứng suất dư giảm đi đối với ống dày hơn. Biến dạng dao động từ 3.54 mm đến 1.05 mm. Ống dày hơn có biến dạng tốt hơn nhờ độ cứng vững và dãn nở nhiệt. Ống mỏng hơn có xu hướng nghiêng và nhiệt độ cao hơn, gây ra biến dạng nhiệt lớn hơn.

Từ khóa: *Hàn hồ quang; Biến dạng; Ứng suất; Liên kết ống chữ T.*

ABSTRACT

The T-joint welding experiments on Ø60 and Ø50 pipes with varying thicknesses (2.5 mm, 3.2 mm, 4.0 mm, and 5.2 mm) yielded important conclusions. Thicker pipes showed less deformation due to heat and were more resistant. Thinner pipes experienced larger thermal deformations. Temperature at the end of welding was generally higher for thinner pipes, reaching 1427 °C for 2.5 mm thickness and 987 °C for 5.2 mm thickness. Stress concentrated at the start and end of the weld, with reduced residual stress for thicker pipes. Deformations ranged from 3.54 mm to 1.05 mm. Thicker pipes had better deformations due to increased stiffness and thermal expansion. Thinner pipes exhibited more tilting and higher temperatures, resulting in larger thermal deformations.

Keywords: *Welding; Deformation; Stress; T-joint welding.*

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, các liên kết không tháo được của kim loại dạng tấm được thực hiện chủ yếu bằng phương pháp hàn. Trong đó, với các tấm có chiều dày nhỏ hơn 5 mm, phương pháp hàn 1 lớp thường được sử dụng. Trong lĩnh vực hàn các kim loại dạng tấm, bên cạnh các yêu cầu về độ bền, các yêu cầu về biến dạng của kết cấu hàn ngày càng được tập trung nghiên cứu. Để giảm biến dạng của kết cấu hàn, ngoài các yêu cầu về vật liệu, quy trình hàn cũng là một trong các yếu tố quan trọng, có ảnh hưởng lớn đến hình dạng của kết cấu sau hàn. ☞

Hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ (GMAW: Gas Metal Arc Welding) là một phương pháp sử dụng hồ quang tạo ra giữa điện cực kim loại điền đầy được cấp liên tục vào vũng hàn. Phương pháp này được sử dụng với sự bảo vệ của khí được cấp bởi một nguồn bên ngoài và không có áp lực.

Khái niệm cơ bản về hàn hồ quang trong khí bảo vệ đã được giới thiệu từ năm 1920, nhưng đến tận năm 1948, nó mới được sử dụng rộng rãi trên thị trường. Đầu tiên, người ta xem nó là một phương pháp hàn với cường độ dòng điện cao, sử dụng điện cực làm kim loại trần với đường kính điện cực nhỏ và khí trơ là khí bảo vệ. Ứng dụng ban đầu của phương pháp là để hàn nhôm. Chính vì vậy, thuật ngữ MIG (Metal Inert Gas) hay hàn với điện cực kim loại trần có khí trơ bảo vệ đã được sử dụng và vẫn là sự ám chỉ phổ biến về phương pháp hàn này. Sự phát triển tuần tự điện một chiều mạch đập, ứng dụng được hàn một khoảng rộng hơn các vật liệu và sử dụng các loại khí có hoạt tính cao (đặt biệt là CO_2), tiếng Anh gọi là phương pháp hàn MAG (Metal Active Gas) và hỗn hợp khí làm môi trường bảo vệ. Sự phát triển sau này đã dẫn đến sự chấp nhận chính thức về thuật ngữ GMAW do sử dụng khí trơ và khí hoạt tính để bảo vệ mối hàn.

Một biến thể của phương pháp hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ là sử dụng một điện cực hình ống có lõi chứa đầy bột kim loại để tạo nên những thành phần cơ bản của kim loại mối hàn (điện cực kim loại lõi thuốc). Những điện cực như thế khi sử dụng bắt buộc phải có khí bảo vệ kim loại vũng hàn nóng chảy khỏi tác động của không khí.

Những điện cực có lõi bột kim loại này được Hiệp hội Hàn Hoa Kỳ coi là một nhánh của GMAW. Các hiệp hội hàn ở các nước khác có thể xếp điện cực này vào nhóm điện cực có lõi thuốc.

Phương pháp hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ có thể vận hành theo kiểu bán tự động hoặc tự động. Tất cả các kim loại quan trọng trong thương mại như là thép cácbon, thép hợp kim thấp độ bền cao, thép không rỉ, nhôm, đồng, titan và các hợp kim của niken có thể hàn ở mọi tư thế bằng phương pháp này, chỉ cần lựa chọn được khí bảo vệ, điện cực và các thông số hàn thích hợp.

❖ Phạm vi ứng dụng và ưu điểm

Phương pháp hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ có nhiều ưu điểm đáng chú ý. Đầu tiên, nó có thể hàn các loại kim loại và hợp kim. Thứ hai, với sự ứng dụng của GMAW, không gian làm việc không bị giới hạn như hàn hồ quang bằng que hàn có thuốc bọc. Thứ ba, phương pháp này cho phép hàn ở các tư thế đa dạng, một điểm mạnh so với hàn hồ quang truyền thống. Tốc độ điền đầy cũng nhanh hơn vì dây hàn được cấp liên tục, không cần dừng để gây lại hồ quang. Bên cạnh đó, sử dụng chất chuyển kim loại dạng bụi, mối hàn có thể thâm nhập sâu hơn và thực hiện được hàn góc với kích cỡ nhỏ. Cuối cùng, phương pháp này cũng giảm thiểu công việc làm sạch sau khi hàn do ít xảy ra tạo xỉ.

Những ưu điểm của phương pháp hàn này đặc biệt phù hợp với sản xuất lớn và các ứng dụng hàn tự động. Ưu điểm này bộc lỗ rõ nét hơn khi sử dụng rô bốt hàn, một lĩnh vực mà phương pháp hàn hồ quang trong khí bảo vệ chiếm ưu thế.

❖ Những hạn chế của phương pháp

Phương pháp hàn hồ quang điện cực

nóng chảy trong khí bảo vệ có những hạn chế cần xem xét. Đầu tiên, phương pháp này yêu cầu thiết bị hàn phức tạp, đắt tiền và cồng kềnh hơn so với phương pháp hàn hồ quang que hàn có thuốc bọc. Thứ hai, phương pháp hàn này khó áp dụng trong các vị trí khó tiếp cận vì súng hàn lớn hơn và yêu cầu khoảng cách liên kết đặc biệt để bảo vệ mối hàn. Thứ ba, cần bảo vệ hồ quang hàn khỏi tác động của không khí, điều này hạn chế sử dụng phương pháp này ngoài trời hoặc yêu cầu biện pháp bảo vệ khác. Cuối cùng, mức độ nhiệt và cường độ dòng điện cao có thể gây khó chịu cho người thợ vận hành.

Hiện nay, ngành hàn Việt Nam đã có nhiều thay đổi tích cực trong 15 năm qua. Cùng với tiến trình hội nhập WTO, ngành hàn đang đứng trước nhiều cơ hội và nhiều thử thách, các mối hàn không chỉ dừng lại ở việc liên kết các chi tiết lại với nhau mà còn phải đảm bảo được cơ tính thẩm mỹ và chính xác nữa.

Trong quá trình nghiên cứu về lĩnh vực hàn, có một vấn đề tồn tại rất lớn là các biến dạng do quá trình hàn gây ra bởi vì biến dạng nhiệt của quá trình hàn hồ quang điện rất khó dự đoán, và rất khó để tính toán chính xác được. Đây là một trong những hạn chế lớn nhất của phương pháp hàn, và cũng vì thế mà phương pháp hàn được đánh giá là có độ chính xác thấp. Nếu như chúng ta khống chế được các biến dạng và sai số về hình dáng hình học trong quá trình hàn, thì sẽ mở ra một cơ hội lớn hơn nữa đối với ngành hàn.

2. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

Sử dụng mô hình nguồn nhiệt Goldak's double ellipsoid, đây là mô hình chính dùng để mô phỏng hàn GMA-welding.

$$Front: q_f(x,y,z) = \frac{6.\sqrt{3}.f_f.Q}{b.d.a_f.\pi.\sqrt{\pi}} e^{\left(\frac{-3x^2}{a_f{}^2}\right)}.e^{\left(\frac{-3y^2}{b^2}\right)}.e^{\left(\frac{-3z^2}{d^2}\right)}$$

$$Front: q_r(x,y,z) = \frac{6.\sqrt{3}.f_r.Q}{b.d.a_r.\pi.\sqrt{\pi}} e^{\left(\frac{-3x^2}{a_r{}^2}\right)}.e^{\left(\frac{-3y^2}{b^2}\right)}.e^{\left(\frac{-3z^2}{d^2}\right)}$$

Với:

$$Q = \left(\frac{V.I.60}{S.1000}\right).Efficiency$$

$$f_f = \frac{2}{1+\left(\frac{a_r}{a_f}\right)}$$

$$f_r = \frac{2}{1+\left(\frac{a_f}{a_r}\right)}$$

Trong đó:

Q: Nhiệt cấp vào (kJ/mm);

V = Voltage (V);

I = Current (A);

S = Tốc độ hàn (mm/min);

Efficiency: Hiệu suất phụ thuộc vào loại phương pháp hàn, theo nghiên cứu của M. Seyyedian Choobi hiệu suất 60% sẽ đáp ứng được sự phù hợp giữa thực nghiệm và mô phỏng;

f_f: Hệ số nhiệt phía trước;

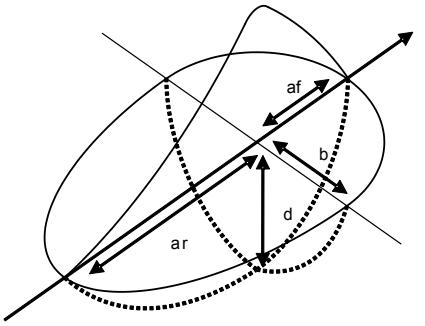
f_r: Hệ số nhiệt phía sau;

a_f: Giá trị này xác định chiều dài nguồn nhiệt phía trước;

a_r: Giá trị này xác định chiều dài nguồn nhiệt phía sau. Tổng chiều rộng của nguồn nhiệt được tính bằng (a_f+ a_r).

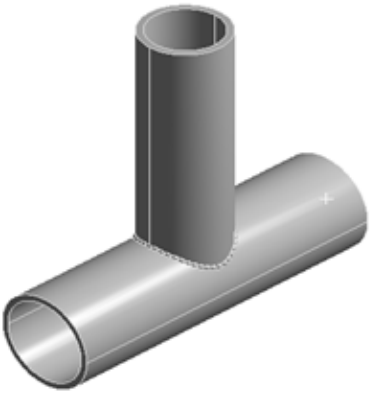
b: Chiều rộng một bên của nguồn nhiệt (tổng chiều rộng là 2b);

d: Độ sâu của nguồn nhiệt.

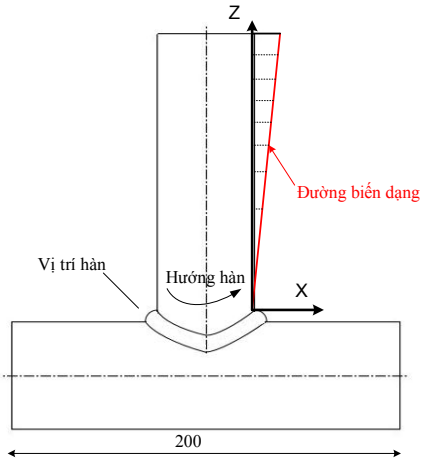


Hình 1. Mô hình nguồn nhiệt

3. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG



Hình 2. Mô hình hình học của bài toán



Hình 3. Tọa độ và vị trí đo biến dạng của liên kết hàn

Ta xét 04 trường hợp ống có đường kính 60 mm và 50 mm với 4 loại chiều dày.

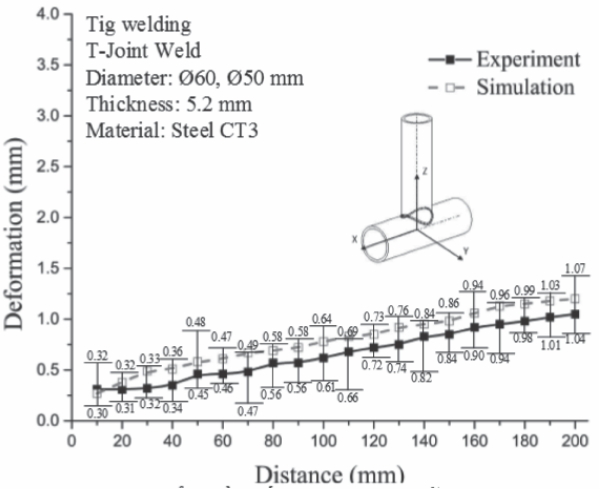
+ Đường kính ngoài: 60 mm;
+ Bề dày: 2.5 mm, 3.2 mm, 4 mm, 5.2 mm;
+ Chiều dài: 200 mm.

* Thông số hàn: lấy đúng với thực tế trong quá trình làm thực nghiệm.

+ Dòng: 90A;
+ Voltage: 80V.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

Sau khi mô phỏng và làm thí nghiệm hàn ống với trường hợp hàn chữ T, Ø60 và Ø50, chiều dày lần lượt là 2.5 mm, 3.2 mm, 4.0 mm, 5.2 mm, các kết luận sau được rút ra:



Hình 4. Biểu đồ biến dạng của mẫu dày 5.2 mm

- Các ống càng dày thì biến dạng do nhiệt gây ra càng nhỏ, càng khó biến dạng. Các ống có chiều dày nhỏ thì độ biến dạng nhiệt gây ra càng lớn khi hàn cùng một chế độ hàn (biến dạng 3,54 mm đối với ống dày 2.5 mm; và 1,05 mm đối với ống dày 5.2 mm);

- Nhìn chung, với ống có chiều dày nhỏ hơn, nhiệt độ tại cuối quá trình hàn sẽ cao hơn. Trong các mô phỏng này, với chiều dày 2.5 mm, nhiệt độ cao nhất tập trung tại vùng cuối của đường hàn với giá trị nhiệt độ 1427 ^{o}C. Trong khi đó, với chiều dày 5.2 mm, giá trị nhiệt độ cao nhất cũng tập trung tại vùng cuối của đường hàn, nhưng giá trị nhiệt độ chỉ ở mức 987 ^{o}C;

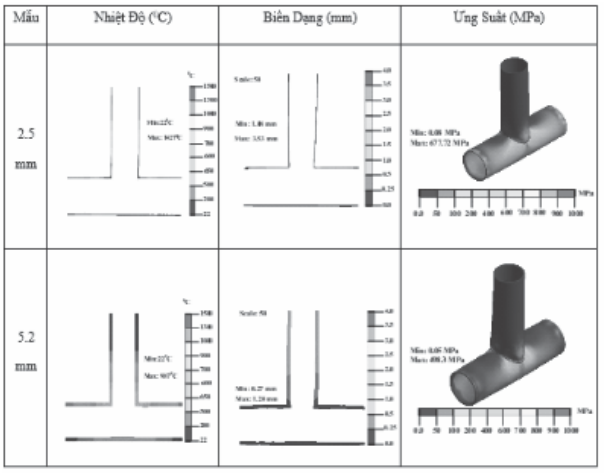
- Phương pháp mô phỏng cũng cho thấy phân bố ứng suất của kết cấu hàn như bảng 5.1.

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 306, tháng 8 năm 2023
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

Với phân bố này, ứng suất cao nhất sẽ tập trung tại vị trí bắt đầu và kết thúc của đường hàn. Ngoài ra, phương pháp số cũng cho thấy vùng lân cận đường hàn cũng tồn tại các giá trị ứng suất dư. Nhìn chung, với ống có chiều dày lớn hơn, ứng suất dư sẽ giảm đáng kể.

Kết quả này cho thấy biến dạng ứng với các chiều dày 2.5 mm, 3.2 mm, 4.0 mm và 5.2 mm lần lượt là 3.54 mm, 2.32 mm, 1.78 mm, và 1.05 mm. Với phương pháp đo biến dạng như Hình 3, biến dạng lớn nhất tồn tại ở vị trí cuối của ống đứng. Tương tự như kết quả về phân bố nhiệt và phân bố ứng suất dư, biến dạng của kết cấu hàn ứng với các chiều dày lớn hơn sẽ tốt hơn. Kết quả này có thể được giải thích bởi độ cứng vững của kết cấu và hiện tượng dãn nở và co rút nhiệt. Ứng với các trường hợp có chiều dày mỏng hơn, độ cứng vững của kết cấu sẽ giảm đáng kể, do đó, hiện tượng ống bị nghiêng sẽ xảy ra rõ ràng hơn. Ngoài ra, do cùng được hàn với một bộ thông số, do đó, các ống có chiều dày thành nhỏ hơn sẽ có nhiệt độ cao hơn như bảng 1. Đây cũng là lý do gây nên hiện tượng biến dạng nhiệt lớn hơn khi so sánh với các trường hợp chiều dày ống khác.

Bảng 1. Kết quả mô phỏng nhiệt độ, biến dạng và ứng suất



5. KẾT LUẬN

Qua quá trình mô phỏng biến dạng kiểu hàn chữ T cho 04 loại chiều dày khác nhau, kết quả cho thấy đối với ống có chiều dày nhỏ nhất là 2.5 mm có độ biến dạng là lớn nhất, kế đến là chiều dày 3.2 mm, 4.0 mm, và chiều dày 5.2 mm cho kết quả ít biến dạng nhất. Đối với kết quả thí nghiệm, ở hình 5.8 cho ta thấy độ biến dạng của mẫu dày 5 mm cũng là thấp nhất và mẫu 2 mm có độ biến dạng cao nhất.❖

Ngày nhận bài: **26/4/2023**
Ngày phản biện: **25/5/2023**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Hoàng Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Ngô Lê Thông. *Cẩm nang hàn,* NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2006.
[2]. TS. Ngô Lê Thông. *Công nghệ hàn điện nóng chảy (Tập 1: Cơ sở lý thuyết)*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
[3]. AWS D1.1/D1.1M, *Structural Welding Code – Steel*, 2006.
[4]. TCVN 1651-85, *Thép cốt bê tông cán nóng.*
[5]. TS. Nguyễn Thúc Hà, TS. Bùi Văn Hạnh, ThS. Võ Văn Phong. *Giáo trình công nghệ hàn*, NXB. Giáo dục, 2006.
[6]. M. Seyyedian Choobi, M. Haghpanahi and M. Sedighi. *Investigation of the Effect of Clamping on Residual Stresses and Distortions in Butt-Welded Plates,* (2010).
[7]. T. Böhme, C. Dornscheidt, T. Pretorius, J. Scharlack and F. Spelleken. *Modeling, Simulation and Experimental Studies of Distortions,* Residual Stresses and Hydrogen Diffusion During Laser Welding of As-Rolled Steels (2012).