

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN ĐỘ DAI VÀ ĐẬP MỎI HÀN CỦA THÉP HỢP KIM THẤP ĐỘ BỀN CAO

THE EFFECT OF WELDING PARAMETER ON THE CHARPY IMPACT PROPERTIES OF LOW-ALLOY STEEL

^{1*}Nguyễn Tuấn Hải, ²Vũ Hoàng Nghiên, ²Trần Duy Nam

Khoa Công nghệ, Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

^{1*}nguyentuanghai@dntu.edu.vn, ²vuhoangnghienv@dntu.edu.vn, ³tranduynam@dntu.edu.vn

Tóm tắt: Thép hợp kim thấp có độ bền kéo cao được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp như chế tạo kết cấu, ống dẫn dầu, tháp gió... trong đó hàn là phương pháp được sử dụng chủ yếu để gia công. Các kỹ sư luôn phải đối mặt với việc lựa chọn chế độ hàn sao cho mối hàn đạt cơ tính tốt nhất. Độ dai và đập mối hàn là một trong những cơ tính quan trọng cần được nghiên cứu khảo sát. Công nghệ hàn tự động dưới thuốc (SAW) được sử dụng để khảo sát sự ảnh hưởng của dòng điện hàn và tốc độ hàn đến độ dai và đập mối hàn của thép hợp kim thấp ASTM A709 cấp độ 50 và ASTM A572 cấp độ 50 được nghiên cứu trong bài báo này. Ba chế độ hàn (500, 600, 650A) và bốn tốc độ hàn (5, 7, 9, 11 mm/s) được sử dụng trong việc chế tạo các mẫu thử. Kết quả cho thấy độ dai và đập của cả hai vật liệu thử nghiệm đều cao khi tăng tốc độ hàn và dòng điện hàn.

Từ khóa: Chế độ hàn, độ dai và đập, hàn tự động dưới thuốc SAW

Mã phân loại: 10.1

Abstract: Low-alloy steel with high strength is widely used in industries such as structural fabrication, oil pipes, wind towers ... in which welding is the primary fabrication method to process this steel. Engineers are always faced with selecting a welding parameter that achieves the best mechanical properties. Charpy impact test is one of the important mechanical properties that need to be studied. In this study, the effect of SAW current and travel speed on the Charpy impact properties of ASTM A709 Grade 50 and ASTM A572 Grade 50 were investigated. Three welding currents (500 A, 600 A and 650 A) and four travel speeds (5, 7, 9 and 11 mm/s) were used to weld sample plates. The results show that the Charpy impact test of both test materials increases with increasing welding travel speed and welding current.

Keywords: Welding parameter, charpy impact test, submerged arc welding (SAW)

Classification code: 10.1

1. Giới thiệu

Thép hợp kim thấp có độ bền cao với hàm lượng cacbon thấp và một lượng nhỏ các nguyên tố hợp kim chẳng hạn như: Nhôm, vanadi, titan, molipden, đồng,... Do sở hữu các đặc điểm ấy nên chúng có những tính chất như: độ bền và độ dai va đập cao, có tính hàn tốt. Thép hợp kim thấp độ bền kéo cao được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chẳng hạn như: Bồn áp lực, tuabin gió, tàu thuyền, tàu ngầm, hệ thống vận chuyển khí và dầu, dầm cầu, kết cấu ngoài khơi... Trong hầu hết các ứng dụng nêu trên thì hàn là một phương pháp chính dùng để gia công các thép hàn trong công nghiệp.

Đặc tính cơ của kim loại mối hàn thay đổi theo các chế độ hàn khác nhau, ví như: Nhiệt lượng hồ quang, loại và kích cỡ vật liệu dây hàn, hóa chất thuốc hàn, nhiệt độ gia

hiệt và xử lý nhiệt sau khi hàn... Các khuyết tật hầu hết đều tồn tại trong mối hàn ảnh hưởng đáng kể đến đặc tính cơ của liên kết hàn. Các kỹ sư trong công nghiệp chế tạo, các nhà nghiên cứu thường xuyên phải đối mặt với việc lựa chọn và tối ưu chế độ hàn nhằm đạt được các yêu cầu cũng như chất lượng mối hàn, giảm thiểu khuyết tật mối hàn. Trong thực tế đã có một số công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của chế độ hàn đến độ bền mối hàn như tài liệu [10], [11], [12], [13], [14] tuy nhiên các nghiên cứu chủ yếu tập trung độ bền mối hàn ở khía cạnh độ bền kéo, độ bền uốn... do vậy việc khảo sát tập trung vào độ dai và đập cần quan tâm nghiên cứu đặc biệt khi các chi tiết và kết cấu làm việc với tải trọng va đập và có sự thay đổi nhiệt độ.

2. Vật liệu và phương pháp thử nghiệm

2.1. Vật liệu

Hai loại vật liệu được sử dụng chính trong nghiên cứu này: Thép phân loại theo Hiệp hội Vật liệu Hoa Kỳ (ASTM) A572 và ASTM A709. Cả hai vật liệu đều có chứng chỉ về lý lịch vật liệu được cung cấp bởi nhà sản xuất nhằm đảm bảo chất lượng cơ tính vật liệu. Phôi hàn được chế tạo trên hai loại vật liệu này với kích thước 200 x 150 x 12 mm. Bảng 1 cho thấy thành phần hóa học của cả hai loại vật liệu dựa trên bộ tiêu chuẩn ASTM; bảng 2 và bảng 3 là thành phần các

nguyên tố trong dây hàn và thuốc hàn dùng trong thử nghiệm.

2.2. Quy trình hàn và chế độ hàn

Kỹ thuật hàn SAW [3] được sử dụng để chế tạo tất cả các mẫu thử nghiệm của nghiên cứu này. Mỗi hàn trong thử nghiệm là mỗi hàn giáp mối trên tôn tấm vát mép như hình 1, hàn hai phía, mỗi phía một đường với chế độ hàn được sử dụng như bảng 5. Máy hàn được sử dụng cho chế tạo mẫu thử nghiệm là Lincoln DC600 với thông số kỹ thuật như bảng 4.

Bảng 1. Thành phần các nguyên tố trong thép [8].

Vật liệu	% Các nguyên tố											
	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti
A572	0.22	1.14	0.24	0.008	0.019	0.02	0.01	0.01	0.002	-	-	0.004
A709	0.04	1.3	0.06	0.007	0.01	0.31	0.31	0.14	0.04	0.045	0.003	0.01

Bảng 2. Thành phần % các nguyên tố trong dây hàn [1].

C	Mn	Si	S	P
0.06 ~ 0.12	0.80 ~ 1.25	0.10 max	0.025 max	0.025 max.

Bảng 3. Thành phần % các nguyên tố trong thuốc hàn.

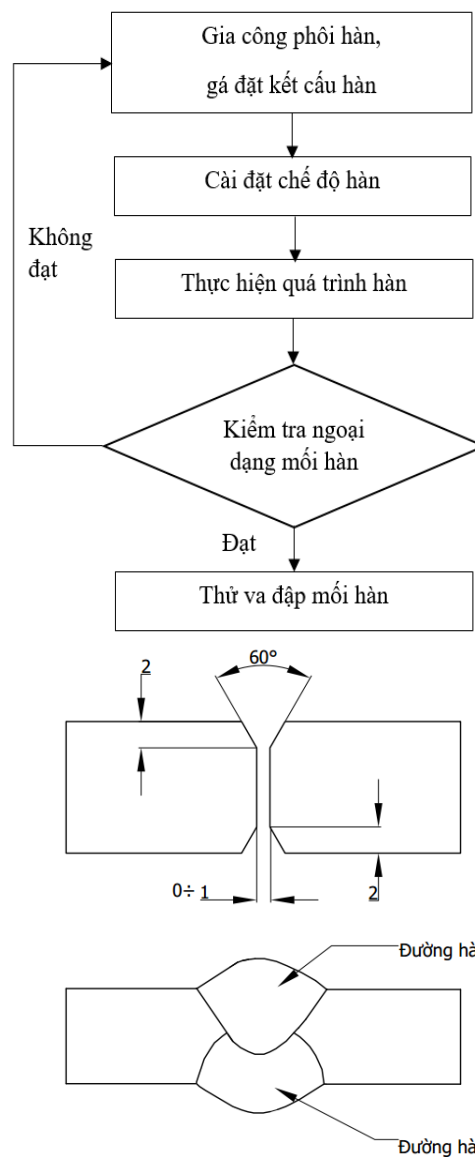
STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	SiO ₂	%	36.1
2	TiO ₂	%	0.7
3	CaO	%	10.6
4	MgO	%	18.4
5	Al ₂ O ₃	%	12.6
6	MnO	%	4.2
7	CaF ₂	%	14.8
8	Na ₂ O	%	2.6

Nguồn. Phân tích tại Viện Công nghệ hóa học thuộc Viện Khoa học kỹ thuật miền Nam.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật máy hàn Lincoln DC600.

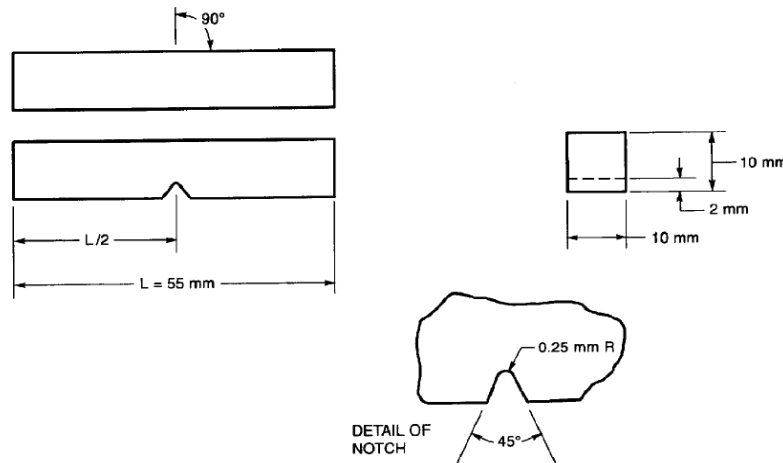
Đặc tính	Đơn vị	Thông số kỹ thuật
Điện áp nguồn	V	380/440/3Pha
Tần số	Hz	50/60
Dòng hàn		600A/44V/100%; 680A/44V/60%
Dòng vào ở chu kỳ tải 100%		67/58A
Dài dòng hàn	A	CV: 70 – 780; CC: 90A - 780
Kích thước	mm	781 x 567 x 988
Trọng lượng	Kg	237

Nguồn. <https://www.lincolnelectric.com/>

**Hình 1.** Quy trình hàn – sơ đồ liên kết hàn.

Bảng 5. Chế độ hàn sử dụng cho thử nghiệm.

STT	Dòng điện (A)	Điện áp (V)	Tốc độ hàn (mm/s)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)
1	500	30	5	Nhiệt độ phòng
2	500	30	7	Nhiệt độ phòng
3	500	30	9	Nhiệt độ phòng
4	500	30	11	Nhiệt độ phòng
5	600	30	5	Nhiệt độ phòng
6	600	30	7	Nhiệt độ phòng
7	600	30	9	Nhiệt độ phòng
8	600	30	11	Nhiệt độ phòng
9	650	30	5	Nhiệt độ phòng
10	650	30	7	Nhiệt độ phòng
11	650	30	9	Nhiệt độ phòng
12	650	30	11	Nhiệt độ phòng



Hình 2. Kích thước mẫu thử và đập [7].

2.3. Phương pháp thử nghiệm va đập

Mẫu thử được gia công theo tiêu chuẩn Hiệp hội Hàn Mỹ (AWS) phiên bản D1.1. Kích thước chi tiết mẫu thể hiện trên hình 2, quá trình hàn, gia công mẫu thử và đập thể hiện hình 3. Độ dai va đập được tính theo công thức [7] :

$$a_k = \frac{A_{ph}}{F} \quad (1)$$

Trong đó :

a_k : Độ dai va đập ;

A_{ph} : Công phá hủy – năng lượng hấp thụ ;

F : Tiết diện mặt cắt ngang mẫu.

Các mẫu kiểm tra va đập tại vùng ảnh hưởng nhiệt mối hàn (HAZ) được khắc rãnh V tại vùng HAZ sao cho đường rãnh V đi qua vùng HAZ càng nhiều càng tốt nhằm đảm bảo rằng đỉnh của rãnh V nằm trong vùng HAZ (hình 2). Nhằm thiết lập nhiệt độ chuyển tiếp giữa độ dẻo và độ giòn hay nhiệt độ chuyển tiếp va đập cho mỗi mối hàn, các mẫu được thử nghiệm ở phạm vi nhiệt độ từ -60 °C đến nhiệt độ phòng (hình 5). Nhiệt độ thực tế được sử dụng là -60°C, -45°C, -30°C, -15°C, 0°C, nhiệt độ phòng. Các thông tin thu được từ các mẫu thử nghiệm này là năng lượng hấp thụ. Năng lượng hấp thụ của mỗi mối hàn được so sánh với năng lượng hấp thụ

của kim loại cơ bản. Các kết quả này được sử dụng để xem xét việc mối hàn A572 và A709 có được sử dụng trong các ứng dụng chịu nhiệt độ thấp.

3. Kết quả và thảo luận

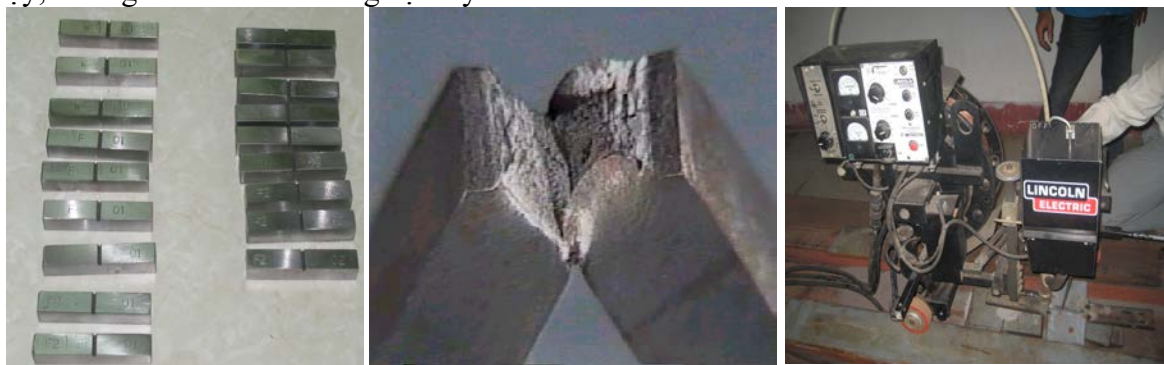
3.1. Độ dai và đập của mối hàn A572

Hình 6(a) và 6(b) biểu diễn đường cong nhiệt độ chuyển tiếp của vùng kim loại nền (PM), vùng kim loại mối hàn (WM), HAZ của A572 khi sử dụng chế độ hàn khác nhau. Hình 6(a) cho thấy độ dai và đập thấp nhất tại WM mà sử dụng chế độ hàn 500A và 5 mm/s, trong khi đó độ dai và đập của HAZ là cao nhất. Từ hình 6(b) ta cũng có thể thấy rằng kim loại mối hàn mà sử dụng chế độ hàn 600 A có độ dai và đập thấp hơn PM. Điều này được giải thích rằng là do tổ chức tế vi khác nhau của kim loại mối hàn và kim loại cơ bản. Trong [4], tổ chức tế vi của kim loại cơ bản bao gồm ferit và peclit.

Kim loại mối hàn có tổ chức tế vi hạt thô (hình 7) bao gồm ferit dạng kim và ferit biên hạt đa giác (PGBF). Từ các hình trên có thể thấy rằng kích thước hạt của kim loại mối hàn lớn hơn nhiều so với kim loại cơ bản. Vì vậy, hướng của vết nứt không bị thay đổi khi

vết nứt lan truyền trong kim loại mối hàn và kể cả thử va đập mối hàn. Ngược lại, sự lan truyền của vết nứt trong kim loại cơ bản là không dễ dàng bởi vì quá nhiều biên hạt chứa trong đó có thể ngăn chặn hiệu quả sự lan truyền của vết nứt. Để bề gãy mẫu thử va đập, phải có một năng lượng cần thiết được dùng khi vết nứt được lan truyền trong kim loại cơ bản cao hơn so với kim loại mối hàn.

Hình 6(b) cho thấy độ dai và đập của WM tăng khi tăng tốc độ hàn với một dòng điện hàn được đưa ra. Mặc dù kim loại mối hàn bao gồm chủ yếu ferit dạng kim và PGBF nhưng kích thước hạt khác nhau vì tốc độ nguội khác nhau của mỗi mẫu. Hình 8 cho thấy tổ chức tế vi của kim loại mối hàn A572 được hàn với tốc độ hàn 5 mm/s, 7 mm/s, 11 mm/s. So sánh kết quả từ các hình, ta thấy mối hàn được chế tạo với tốc độ hàn thấp nhất là có kích thước hạt lớn hình 8(a), trong khi đó kim loại mối hàn có kích thước hạt nhỏ đạt được khi sử dụng tốc độ hàn cao nhất. Kích thước hạt nhỏ thì độ dai và đập tốt. Vì vậy, độ dai và đập của WM tăng khi tăng tốc độ hàn.



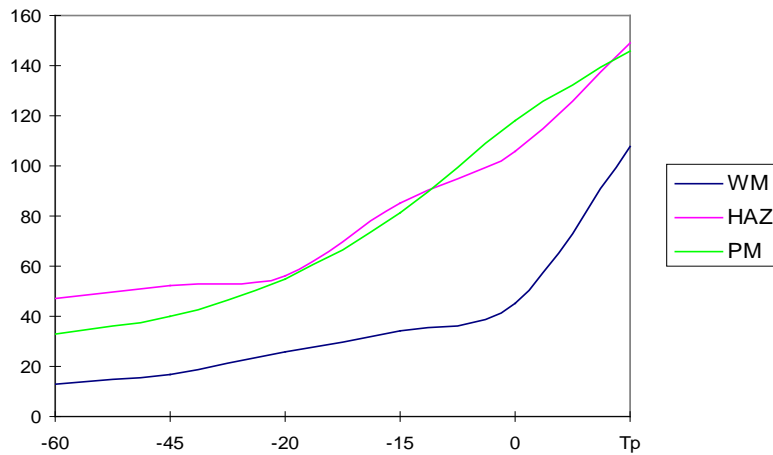
Hình 3. Hình ảnh thực nghiệm quá trình hàn và mẫu thử va đập.



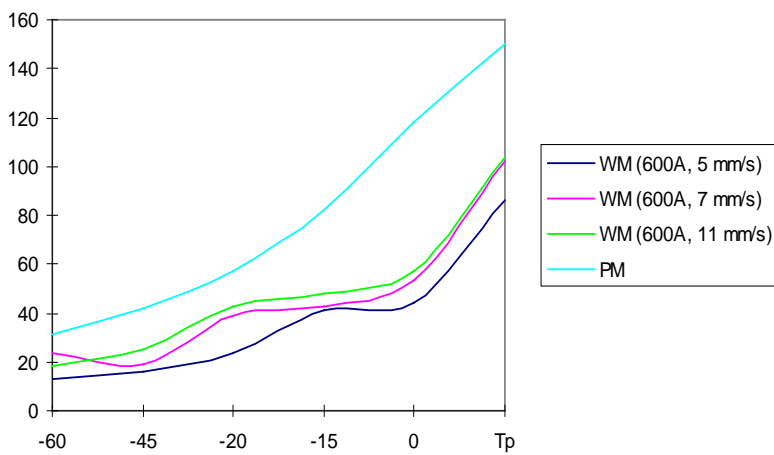
Hình 4. Máy thử va đập.



Hình 5. Thiết bị làm lạnh mối hàn cho thử va đập.

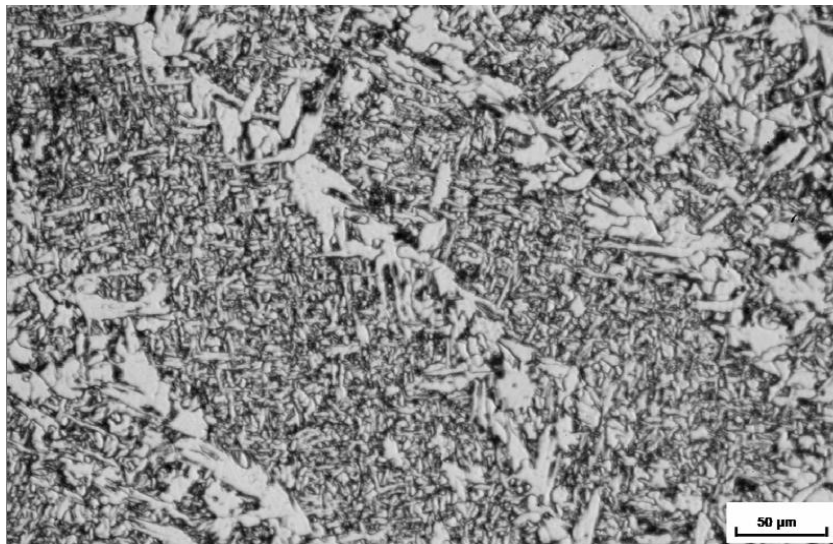


(a) Đường cong nhiệt độ chuyển tiếp của PM, WM, HAZ mối hàn A572 với 500A và 5 mm/s.



(b) Đường cong nhiệt độ chuyển tiếp của PM, WM mối hàn A572.

Hình 6. Đồ thị độ dai và đập của PM, WM, HAZ mối hàn A572.



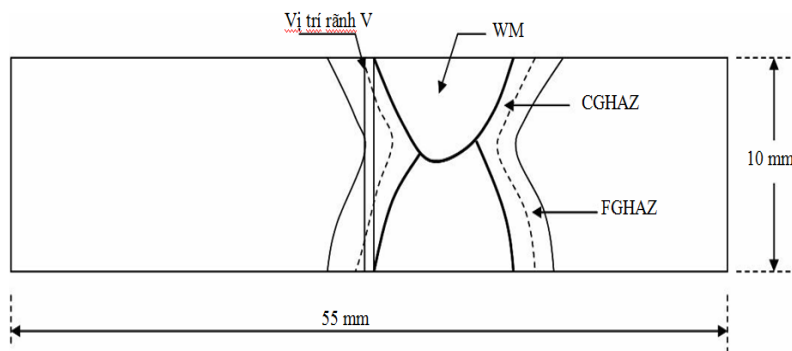
Hình 7. Tổ chức tế vi vùng WM mối hàn A572 với dòng điện hàn 600A và tốc độ hàn 5 mm/s.



(a) Tổ chức tế vi kim loại mối hàn A572 với 600A và 5 mm/s.



(b) Tổ chức tế vi kim loại mối hàn A572 với 600A và 7 mm/s.



(c) Vị trí rãnh V trên HAZ.



(d) Tổ chức tế vi kim loại mối hàn A572 với 600A và 11 mm/s.

Hình 8. Tổ chức tế vi kim loại mối hàn.

3.2. Độ dai và đập của mối hàn A709

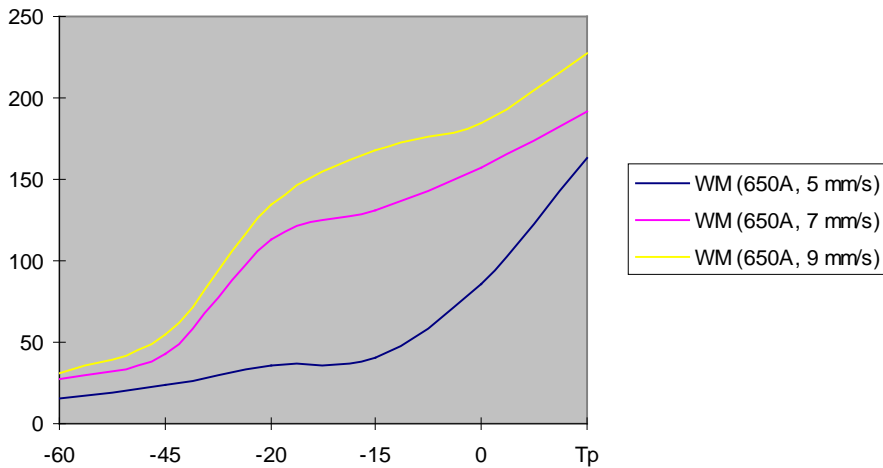
Hình 9 biểu diễn độ dai và đập của WM với mối hàn A709 sử dụng dòng điện hàn 650 A và tốc độ hàn khác nhau. Có thể thấy rằng độ dai và đập của kim loại mối hàn sử dụng tốc độ 5 mm/s là nhỏ nhất trong các tốc độ hàn khác được nghiên cứu. Và độ dai và đập của WM tăng khi tăng tốc độ hàn. Tốc độ hàn cao dẫn đến tổ chức tế vi hạt mịn trong kim loại mối hàn bởi vì tốc độ nguội nhanh. Kích thước hạt mịn sẽ làm cho tăng độ dai và đập của kim loại mối hàn.

Hình 10 (a), (b), (c), (d) cho thấy tổ chức tế vi của kim loại mối hàn sử dụng dòng điện hàn 650 A với các tốc độ hàn khác nhau. Những hình trên cho thấy kích thước hạt của ferit giảm khi tăng tốc độ hàn. Kết quả thử va đập cho thấy vùng HAZ và PM của mối hàn A709 có độ dai và đập cao. Độ dai và đập cao của vùng PM là kết quả từ hàm lượng

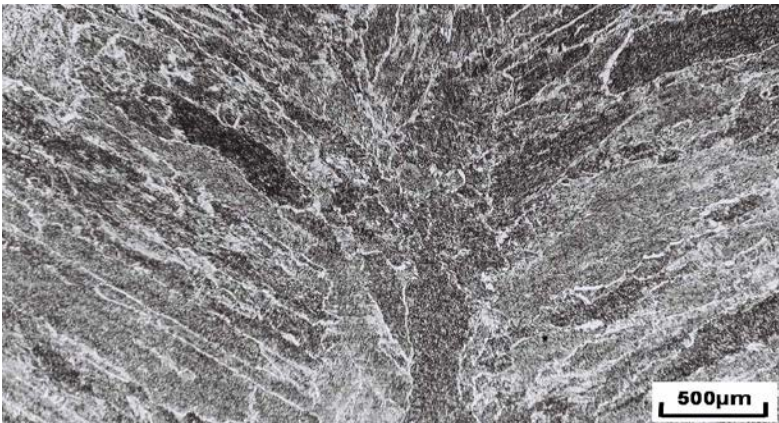
carbon rất thấp và các chất hợp kim thứ yếu như Nb, V và Ti. Các chất này cải thiện đáng kể độ dai và đập nhiệt độ thấp của hợp kim. Tổ chức tế vi hạt mịn trong vùng ảnh hưởng nhiệt của A709 làm cho độ dai và đập của HAZ tốt hơn của PM.

4. Kết luận

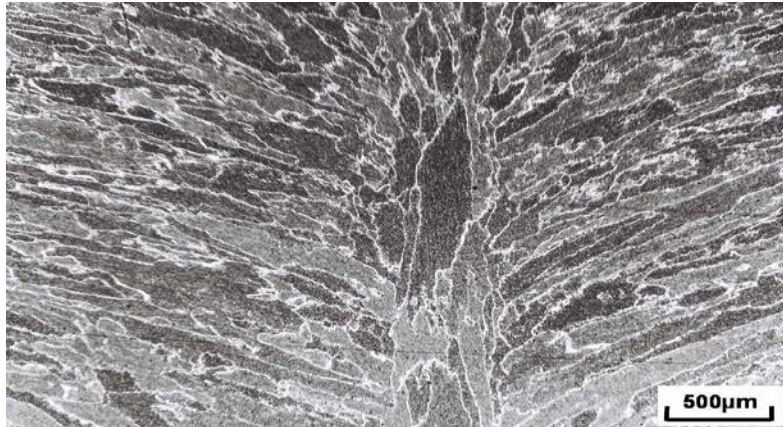
Kết quả của kiểm tra va đập cho thấy rằng WM của cả hai loại thép có độ dai và đập thấp nhất, trong khi đó độ dai và đập tại HAZ là cao nhất. Nghiên cứu cho thấy độ dai và đập của WM tăng khi tăng tốc độ hàn, trong khi đó tốc độ hàn lại ảnh hưởng không đáng kể đến độ dai và đập của HAZ. Tất cả các mối hàn sử dụng tốc độ hàn 5 mm/s có độ dai và đập thấp và không đạt yêu cầu về tiêu chuẩn chất lượng mối hàn xét về độ dai và đập của Hiệp hội kỹ sư cơ khí Hoa Kỳ ASME □



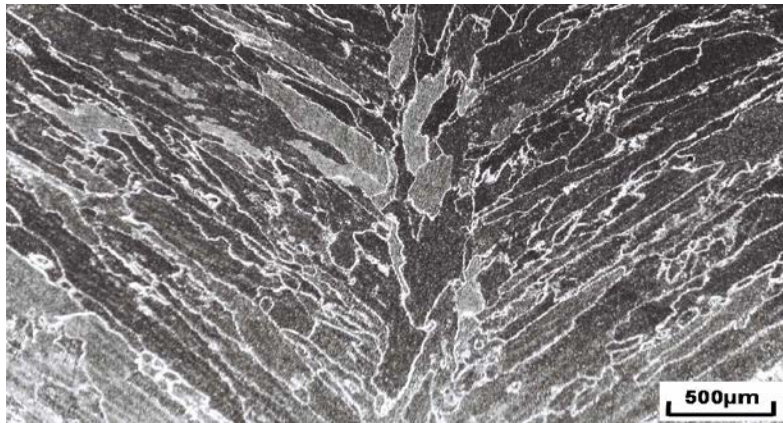
Hình 9. Đường cong nhiệt độ chuyển tiếp của WM mối hàn A709.



(a) Tổ chức tế vi WM của A709 với 650 A và 5 mm/s



(b) Tổ chức tế vi WM của A709
với 650 A và 7 mm/s



(c) Tổ chức tế vi WM của A709
với 650 A và 9 mm/s



(d) Tổ chức tế vi WM của A709
với 650 A và 11 mm/s

Hình 10. Tổ chức tế vi kim loại mối hàn A709.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vũ Huy Lân (2011), *Vật liệu hàn*, NXB Bách Khoa Hà Nội;
- [2] Nguyễn Đức Thắng (2009), *Đảm bảo chất lượng hàn*, NXB Khoa học kỹ thuật;
- [3] Nguyễn Văn Siêm (1983), *Kỹ thuật hàn*, NXB Khoa học kỹ thuật;
- [4] Ngô Lê Thông (2007), *Công nghệ hàn điện nóng chảy - Tập 1*, NXB Khoa học kỹ thuật;
- [5] Ngô Lê Thông (2007), *Công nghệ hàn điện nóng chảy - Tập 2*, NXB Khoa học kỹ thuật;
- [6] Hoàng Tùng, Huỳnh Thúc Hà (2007), *Sổ tay hàn*, NXB Khoa học kỹ thuật;
- [7] American Welding Society (AWS. D1.1) (2005), *Structural welding code steel*, 20th edition, Approved by American National Standards Institute, November, 29, 2005;
- [8] *ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2007 edition*, Section – IX welding and Brazing, published by The American Society of Mechanical Engineers, in July 2007;
- [9] Nghiêm Hùng (1997), *Sách tra cứu thép gang thông dụng*, trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG Hà Nội;

- [10] K.Y. Benyounis, et al. (2005), *Effect of welding parameters on heat input and weld bead profile*, 15 May 2005;
- [11] K.Y. Benyounis, et al. (2005), *Optimizing the laser-welded butt joints of medium carbon steel using RSM*, 15 May 2005;
- [12] S.C Juang., et al. (2002), *Process parameter selection for optimizing the weld pool geometry in the tungsten inert gas welding of stainless steel*, 5 March 2002;
- [13] Nguyễn Hữu Hoàng (2016), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn tự động dưới thuốc để hàn thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam;
- [14] Ngô Hùng, *Nghiên cứu ảnh hưởng chế độ hàn đến độ bền mối hàn giáp mối của kết cấu tấm vỏ tàu thép bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc*, Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật cơ khí động lực.

Ngày nhận bài: 06/04/2021

Ngày chuyển phản biện: 09/04/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 01/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/05/2021