

NGHIÊN CỨU CHẤT LƯỢNG CỦA LIÊN KẾT HÀN KHE HỖ HẸP THÉP CÁC-BON THẤP BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC

STUDY ON THE QUALITY OF NARROW GAP WELDING JOINTS BETWEEN LOW-CARBON STEELS USING SUBMERGED ARC WELDING METHOD

Nguyễn Văn Nhất*, Nguyễn Minh Tân, Bùi Khắc Khánh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Thép tấm có chiều dày lớn được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp như đóng tàu, xây dựng, bình áp lực cao... Thông thường, các tấm thép có chiều dày lớn sẽ được liên kết lại với nhau bằng các phương pháp hàn khác nhau như hàn hồ quang tay, hàn trong môi trường khí bảo vệ hàn MAG, hàn MIG. Tuy nhiên, các phương pháp hàn này khi hàn cho các chi tiết có chiều dày lớn vẫn gặp nhiều khó khăn. Phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc với nguồn nhiệt tập trung, tốc độ hàn lớn đã trở thành một phương pháp hàn hợp lý nhất cho việc hàn dạng liên kết này. Phương pháp hàn này giảm được ứng suất và biến dạng xảy ra trong quá trình hàn, bên cạnh đó còn nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm. Vì vậy, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc để hàn khe hở hẹp cho thép SS400 có chiều dày 20 mm. Tổ chức tế vi và tính chất cơ học của liên kết hàn đã được khảo sát. Kết quả cho thấy rằng liên kết hàn đạt chất lượng cao, không tồn tại khuyết tật giữa các lớp hàn. Độ bền kéo và độ dai va đập cao hơn so với kim loại cơ bản. Độ cứng thô đại của kim loại mối hàn cũng lớn hơn độ cứng của kim loại cơ bản.

Từ khóa: Hàn tự động dưới lớp thuốc; Thép các-bon thấp; Độ bền kéo; Độ cứng.

ABSTRACT

The paper proposes a hydraulic drive system that can be used on a crankshaft press to create a high-pressure vessels. Normally, steel plates with large thicknesses will be bonded together using many different welding methods such as Shielded Metal Arc Welding, welding in MIG and MAG protective gas environments. However, these welding methods still face many difficulties when welding parts with large thickness. The submerged Arc welding method with a concentrated heat source and fast welding speed has become the most reasonable welding method for this connection. This welding method reduces the stress and deformation that occurs during the welding process and is highly productive. Therefore, this study used the submerged arc welding method to weld narrow gaps for SS400 steel with a thickness of 20mm. The microstructure and mechanical properties of the welded joint were investigated. The results show that the weld joint achieves high quality without any defects between the weld layers. Tensile strength and impact toughness are higher than the base metal. The rough hardness of the weld metal is also greater than the hardness of the base metal.

Keywords: Resistance spot welding; Aluminum alloys; Hardness.



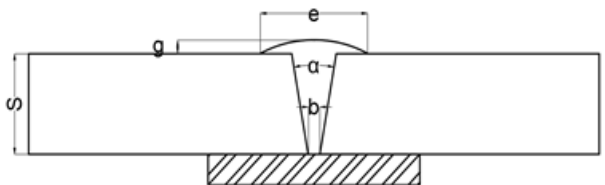
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

So với các công nghệ hàn truyền thống thì hàn khe hở hẹp có nhiều ưu điểm hơn như: Giảm tiết diện đường hàn nên tiết kiệm được rất nhiều vật liệu hàn và năng lượng. Ứng suất, biến dạng dạng giảm và đạt độ đồng đều xuyên suốt chiều dày vật hàn. Khe hở sâu và hẹp có lợi cho quá trình luyện kim ở vùng hàn. Tốc độ tản nhiệt cao hơn và lượng nhiệt đầu vào mỗi hàn thấp hơn dẫn đến các tổ chức tế vi nhỏ hơn nhiều. Ngoài ra, độ bền và độ dẻo của vùng ảnh hưởng nhiệt được cải thiện đáng kể và độ dai va đập cũng tăng lên. Tuy nhiên, việc hàn khe hở hẹp cũng gặp phải những khó khăn đó là khó làm nguội chảy phần thành chi tiết cơ bản, lượng kim loại bắn tóe cũng sẽ ảnh hưởng tới chất lượng của liên kết hàn. Để giải quyết những vấn đề này thì các nhà nghiên cứu trên thế giới đã áp dụng rất nhiều phương pháp hàn khác nhau vào hàn khe hở hẹp, cụ thể: Zhao và các đồng nghiệp [1] đã ứng dụng phương pháp hàn laser để hàn liên kết giáp mối khe hở hẹp thép Q345D; Nhóm tác giả Li và các đồng nghiệp của mình [2] đã nghiên cứu sử dụng kết hợp giữa hàn laser, hàn laser có dây bù và phương pháp hàn kết hợp giữa laser và GMAW để hàn cho liên kết hàn chữ Y nhiều đường, nhiều lớp; Phương pháp hàn GMAW đã được nhóm Ni và các đồng nghiệp [3] sử dụng để hàn cho thép có độ bền cao. Nhóm đã tiến hành kiểm tra về tổ chức tế vi và tính chất cơ học của liên kết hàn. Kết quả chỉ ra rằng, nhiệt đầu vào ảnh hưởng đến tổ chức tế vi và tính chất cơ học của mối hàn; Nhóm Jian và các đồng nghiệp [4] đã nghiên cứu ảnh hưởng của từ trường dọc đến sự hình thành hạt trong hàn TIG khe hở hẹp. Kết quả cho thấy dưới tác dụng của từ trường dọc, toàn bộ hồ quang hàn bị lệch và dao động giữa hai thành bên. Mặc dù đã có khá nhiều các công bố về hàn khe hở hẹp với những phương pháp hàn khác nhau, tuy nhiên các nghiên cứu

về hàn khe hở hẹp bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc vẫn còn hạn chế. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đã tiến hành nghiên cứu chất lượng của liên kết hàn khe hở hẹp giữa các tấm thép các-bon thấp bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc. Trong công bố này, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu về sự hình thành liên kết hàn, độ bền kéo tối thiểu, độ cứng và độ dai va đập của liên kết hàn.

2. QUÁ TRÌNH HÀN

Việc chọn vật liệu cơ bản làm mẫu hàn phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật, tính công nghệ và tính ứng dụng trong thực tế sản xuất. Trong hầu hết các kết cấu được chế tạo bằng phương pháp hàn thì thường sử dụng thép các-bon thấp với nhiều loại chiều dày khác nhau. Các thông số và kích thước liên hàn thép SS400 như hình 1, với góc vát $\alpha = 6^\circ$, khe hở $b = 10$ mm, chiều rộng mối hàn $e = 20$ mm, chiều dày vật liệu $S = 20$ mm, chiều cao mối hàn $g = 2$ mm. Thành phần hóa học của kim loại cơ bản được chỉ ra như trên bảng 1. Để hình thành liên kết hàn và giữ cho thuốc hàn không chảy qua khe hở hàn, ta dùng tấm lót đáy có kích thước $12 \times 120 \times 400$ mm.



Hình 1. Liên kết hàn thực nghiệm

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép SS400 (Wt%) [5]

Tên vật liệu	Fe	C	Si	Mn	P	S
SS400	Bal.	0.16	0.16	0.67	0.014	0.006

Để thu được một liên kết hàn có chất lượng tốt, dây hàn cần được lựa chọn phù hợp với thành phần hóa học với kim loại cơ bản, do đó nghiên cứu này đã dùng dây hàn AWS.17.EL12 với đường kính dây hàn $d = 3.2$ mm. Thành phần hóa học của dây hàn được chỉ ra trong bảng 2. HJ431-GB/T5293-1999 là loại thuốc hàn sử dụng trong quá trình hàn và thành phần hóa học của nó được chỉ ra trong bảng số 3. Quá trình hàn được thực hiện bằng máy hàn

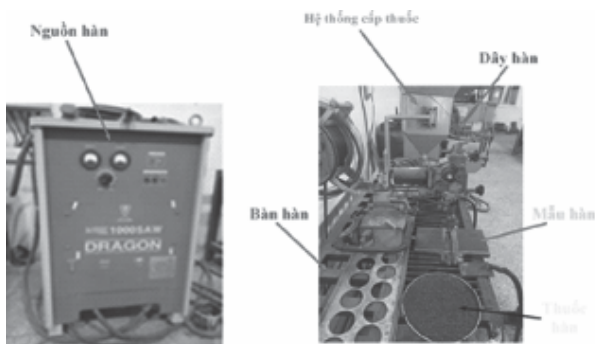
tự động dưới lớp thuốc DC Dragon 1000SAW với bộ thông số hàn là $I_h = 500$ (A), $V_h = 16$ (m/h) và $U_h = 34$ (V). Việc hàn thí nghiệm được thực hiện lặp lại ba lần và dùng ba mẫu đó để tiến hành kiểm tra. Bộ thông số hàn ở trên có được thông qua tính toán bằng công thức thực nghiệm, dựa trên các nghiên cứu đã được công bố trước đó và dựa trên quá trình hàn thực nghiệm mà có. Thiết bị và quá trình hàn được chỉ ra như trong hình 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học của dây hàn AWS.17.EL12 (Wt%) [6]

Tên vật liệu	C	Si	Mn	Cu	P	S
AWS.17.EL12	0,04-0,14	< 0,1	0,25-0,06	< 0,35	< 0,03	< 0,03

Bảng 3. Thành phần hóa học của thuốc hàn HJ431 (Wt%) [7]

Tên vật liệu	SiO ₂	FeO + MnO	CaO + MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂
HJ431	40-50	30-40	5-15	3-10	< 1,8



Hình 2. Thiết bị và quá trình hàn tự động dưới lớp thuốc

Liên kết hàn cũng được chuẩn bị đúng yêu cầu kỹ thuật, các tấm kim loại cơ bản được ghim chặt xuống mặt bàn gá phối để tránh sai lệch vị trí trong quá trình hàn và cũng nhằm mục đích làm giảm biến dạng sinh ra khi hàn. Để đánh giá chất lượng của liên kết hàn thì tổ chức tế vi và tính chất cơ học gồm có độ bền

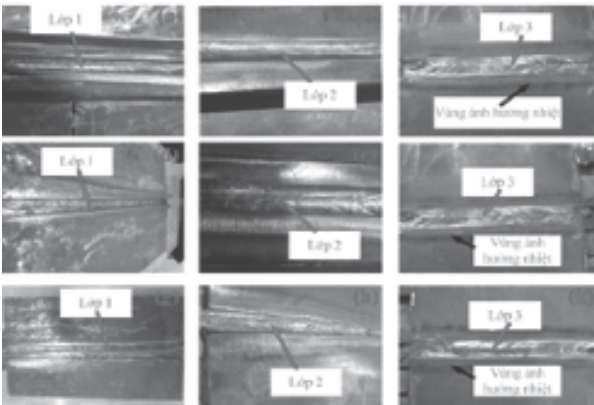
kéo, độ dai va đập và độ cứng đã được lựa chọn để khảo sát. Các mẫu kiểm tra tổ chức tế vi được cắt vuông góc với đường hàn. Các mẫu kiểm tra độ bền kéo và độ dai va đập cũng đã được chuẩn bị theo mẫu tiêu chuẩn.

3. KẾT QUẢ KIỂM TRA VÀ THẢO LUẬN

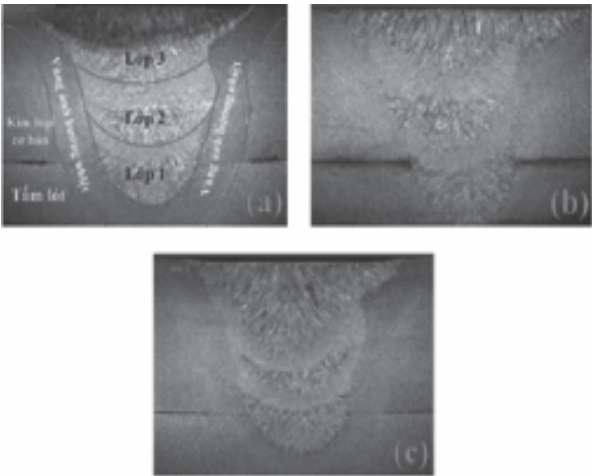
3.1. Sự hình thành đường hàn

Quá trình hàn được thực hiện lặp lại ba lần và mỗi mẫu sẽ được hàn ba lớp. Hình ảnh của các lớp hàn được chỉ ra trong hình 3. Hình 3a, 3b, 3c chỉ ra hình ảnh ba lớp hàn của mẫu thứ nhất; hình 3d, 3e, 3f là hình ảnh của ba lớp hàn trong mẫu hàn 2; hình 3g, 3h, 3k là hình ảnh của các lớp hàn cho mẫu hàn thứ ba. Thông qua hình ảnh ở trên có thể thấy rằng lớp 1 và lớp 2 của tất cả ba mẫu đều đạt được độ ngấu,

không tồn tại các khuyết tật như cháy cạnh, rỗ xỉ hay rỗ khí. Với lớp 3 thì kim loại mối hàn đã phủ được toàn bộ phần cạnh hai bên của liên kết hàn. Bề mặt của các mẫu hàn cũng không tồn tại các khuyết tật, điều này có thể khẳng định rằng chế độ hàn sử dụng cho nghiên cứu này đã được lựa chọn chính xác. Với một chế độ hàn hợp lý sẽ cho một liên kết hàn có chất lượng cao. Vùng ảnh hưởng nhiệt đã được chỉ rõ trên các hình 3c, 3f, 3k, vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ nên các mẫu hàn có sự co ngang không nhiều dẫn đến mẫu không bị cong vênh lớn. Hình ảnh của các lớp hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt được chỉ rõ hơn qua ảnh macro mặt cắt ngang mối hàn trên hình 4. Qua ảnh macro, ta thấy độ ngẫu tốt giữa kim loại mối hàn với kim loại cơ bản cũng như kim loại mối hàn với kim loại lót đáy. Các lớp hàn được phân biệt rõ qua các viền chảy, tất cả các mẫu không có xuất hiện các khuyết tật như nứt, cháy cạnh hoặc không ngẫu mép, rỗ khí, lẫn xỉ.



Hình 3. Hình ảnh các lớp hàn



Hình 4. Tổ chức tế vi mặt cắt ngang mối hàn

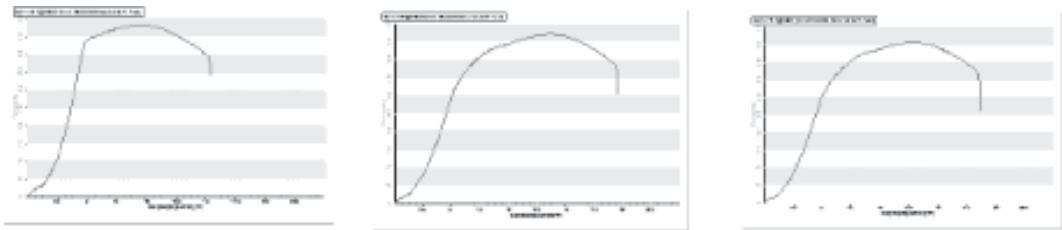
3.2. Phân tích về cơ tính của liên kết hàn

3.2.1. Độ bền kéo của kim loại mối hàn

Độ bền kéo của kim loại mối hàn được kiểm tra trên thiết bị UNITEST-E-20, theo tiêu chuẩn TCVN 8311:2020. Kết quả của độ bền kéo được chỉ ra trong bảng 4 và đồ thị thể hiện kết quả độ bền kéo cũng được chỉ ra trên hình 5. Từ kết quả cho thấy cả ba mẫu hàn có độ bền kéo xấp xỉ nhau. Độ dẫn dài cũng như độ thắt tỷ đối của các mẫu hàn có sự chênh lệch nhau không lớn. Độ bền kéo đạt được của các mẫu là lớn hơn so với độ bền kéo tối thiểu của vật liệu cơ bản SS400. Điều này cho thấy rằng chất lượng của liên kết hàn đạt được là rất tốt và phù hợp với các khảo sát về tổ chức macro, sự hình thành các lớp hàn trong các mẫu. Trong khảo sát tổ chức macro không cho tìm thấy các khuyết tật của liên kết hàn.

Bảng 4. Kết quả kiểm tra độ bền kéo

STT	I_h (A)	V_h (m/h)	U_h (V)	σ_b (Mpa)	Độ dẫn dài	Độ thắt tỷ đối
1	500	16	34	558	12.6	60
2	500	16	34	555	12.5	60
3	500	16	34	550	12.0	55



Hình 5. Đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra độ bền kéo

3.2.2. Độ dai và đập

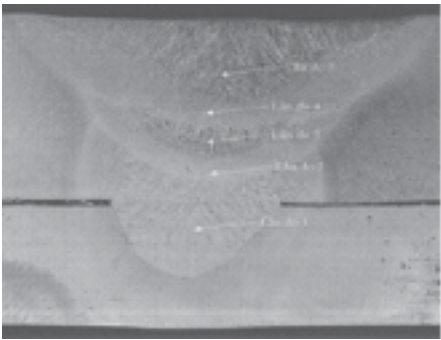
Độ dai và đập mỗi hàn các mẫu thực nghiệm được kiểm tra đánh giá tại Trung tâm Đánh giá hư hỏng Vật liệu (COMFA) thuộc Viện Khoa học Vật liệu, theo phương pháp ASTM 123-02 bằng thiết bị RKP 450/Zwich. Độ dai và đập của ba mẫu hàn cũng có kết quả xấp xỉ nhau và kết quả của độ dai và đập được chỉ ra như trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả kiểm tra độ dai và đập

STT	Tên mẫu	Nhiệt độ thử nghiệm	Năng lượng hấp thụ	Độ dai va đập	Ghi chú
		°C	J	J/Cm ²	
1	M01	0	95	111.1	Các mẫu đều đứt
2	M02	0	103	110.4	
3	M03	0	100	116.6	

3.2.3. Độ cứng của kim loại mỗi hàn

Độ cứng mỗi hàn các mẫu thực nghiệm được đánh giá tại Trung tâm Đánh giá hư hỏng Vật liệu (COMFA), theo phương pháp TCVN 258-1: 2007, bằng thiết bị AVK-C0/ Mitutoyo. Các mẫu kiểm tra độ cứng được cắt vuông góc với đường hàn, trên mỗi mẫu sẽ có 5 vị trí đo như hình 6. Kết quả đo độ cứng của mẫu hàn được chỉ ra trong bảng 6.



Hình 6. Vị trí đo độ cứng

Bảng 6. Bảng kết quả kiểm tra độ cứng của mẫu hàn

STT	Tên mẫu	Kết quả đo độ cứng, HV10					Độ cứng trung bình HV10
		Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	
1	M01	159	150	151	148	158	153.2
2	M02	173	151	147	145	165	156.2
3	M03	151	154	162	145	163	155.0



4. KẾT LUẬN

Từ quá trình phân tích về sự hình thành mối hàn và đặc tính cơ học của liên kết hàn khe hở hẹp của thép SS400 bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc, bài báo này có thể chỉ ra một số kết luận chính như sau:

Chế độ hàn lựa chọn để thực hiện quá trình hàn là phù hợp với dạng liên kết, các mẫu hàn đảm bảo độ ngấu chân và vách của mối hàn. Mẫu hàn không có sự tồn tại của các khuyết tật như không ngấu, cháy cạnh, nứt, rỗ khí và lẫn xỉ.

Độ bền kéo của kim loại mối hàn lớn hơn so với độ bền kéo của kim loại cơ bản phù hợp với những khảo sát từ sự hình thành mối hàn và tổ chức macro.

Lời cảm ơn:

Bài báo này không nhận được sự hỗ trợ về tài chính của một đề tài nghiên cứu nào. ❖

Ngày nhận bài: **08/4/2024**

Ngày phản biện: **25/5/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Zhao, Yong, et al. "Narrow-gap laser welding using filler wire of thick steel plates". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 93 (2017): 2955-2962.
- [2]. Li, Ruoyang, et al. "A study of narrow gap laser welding for thick plates using the multi-layer and multi-pass method". Optics & Laser Technology 64 (2014): 172-183.
- [3]. Ni, Zhida, et al. "Microstructure and mechanical properties of the ternary gas shielded narrow-gap GMA welded joint of high-strength steel". Crystals 12.11 (2022): 1566.
- [4]. Jian, Xiaoxia, and Hebao Wu. "Influence of the longitudinal magnetic field on the formation of the bead in narrow gap gas tungsten arc welding". Metals 10.10 (2020): 1351.
- [5]. Nguyen, Van Nhat, et al. "An investigated of butt joint between aluminum alloy A5052 and stainless steel SS400 by using MIG welding method". 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI). IEEE, 2017.
- [6]. Van Thoai Le, Van Nhat Nguyen B. "Optimizing technological parameters of submerged Arc welding method with additional metal powder for the weld size". Proceedings of the International Conference on Advanced Mechanical Engineering, Automation, and Sustainable Development 2021 (AMAS2021). Springer Nature, 2022.
- [7]. Y. Han, C. Jia, C. He, M. Zhang, S. Maksymov, and C. J. M. Wu, "Investigation on the Metal Transfer and Cavity Evolution during Submerged Arc Welding with X-ray Imaging Technology". Vol. 13, no. 11, p. 1865, 2023.