

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ TẠO PLASMA ĐẾN NHIỆT ĐỘ CỦA HỒ QUANG PLASMA LỖ KHÓA KHI HÀN THÉP TẮM DÀY BẰNG CÔNG NGHỆ HÀN LAI GHÉP PLASMA - MAG

STUDY ON THE INFLUENCE OF PLASMA GAS ON THE ARC TEMPERATURE OF THE KEYHOLE PLASMA ARC WELDING TO FULL PENETRATION WELDING OF THICK MILD STEEL BY HYBRID PLASMA-MAG PROCESSES

Trần Lâm

Khoa Cơ khí Chế tạo máy, Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

Email: lam.tran@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Hầu hết tất cả các quá trình hàn phụ thuộc vào việc làm nóng chảy các bề mặt kim loại nên công suất đầu vào trên một đơn vị diện tích luôn là một thông số quan trọng và thường được gọi là “mật độ công suất”. Bằng cách sử dụng tham số này có thể chia các quá trình hàn nóng chảy thành hai nhóm: quá trình thông thường và quá trình hàn có mật độ năng lượng cao. Các quá trình hàn có mật độ năng lượng cao với mật độ năng lượng trên khoảng 10^9W/m^2 , như hàn hồ quang Plasma lỗ khóa (PAW), hàn chùm tia laser và hàn chùm tia điện tử. Quá trình hàn Plasma lỗ khóa được tạo ra bằng cách tăng cường độ dòng điện hàn và thay đổi khí tạo Plasma và điều này tạo ra một hồ quang plasma rất mạnh, tương tự như chùm tia laser. Trong bài báo này, ảnh hưởng của khí tạo Plasma đến nhiệt độ hồ quang của Plasma lỗ khóa khi hàn thép tấm dày bằng công nghệ hàn lai ghép Plasma – MAG (HPAW) đã được nghiên cứu. Kết quả tính toán cho thấy nhiệt độ trung bình của cột hồ quang Plasma có thể tăng 20% khi thay khí tạo Plasma từ khí Ar tinh khiết sang hỗn hợp khí $\text{Ar} + 10\%\text{H}_2$. Nhờ kết quả này, có thể thành công hàn ngấu hoàn toàn tấm thép Cacbon thường dày 12 mm không cần vát mép với 1 lượt hàn bằng công nghệ hàn lai ghép HPAW và các đặc trưng cơ học của mối hàn cũng sẽ được nghiên cứu.

Từ khóa: Hàn Plasma; Nhiệt độ cột hồ quang; Khí tạo plasma; Enthalpy; Hàn lai ghép HPAW.

ABSTRACT

Since all welding processes depend on fusing the metal surfaces, the power input per unit area is always a critical parameter. This is usually referred to as “power density”, and can be expressed in units of watts per square meter (W/m^2). High power density welding processes with energy densities above around 10^9W/m^2 , such as keyhole plasma arc welding (PAW), laser beam welding and electron beam welding. Keyhole plasma is carried out by increasing the current level and the plasma gas flow. In this paper, the influence of Plasma gas on the arc temperature of the keyhole plasma arc welding to full penetration welding of thick mild steel using Plasma-MAG hybrid welding (HPAW) was investigated. The experimental results indicate that the average temperature of the arc column Plasma increased by 20% by changing the Plasma gas from pure Ar gas to $\text{Ar} + 10\%\text{H}_2$ gas mixture. As a result, single pass full penetration welding of 12-mm thick mild steel with no groove was produced successfully by HPAW and their mechanical properties were investigated.

Keywords: Keyhole plasma arc welding; Arc temperature; Plasma gas; Enthalpy Flow; HPAW. 

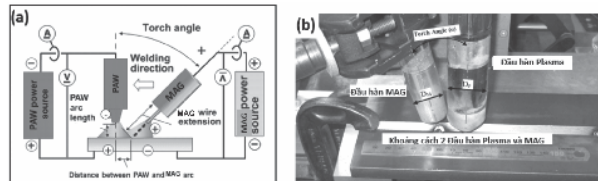
1. TỔNG QUAN

Công nghệ hàn là một quy trình công nghệ cần thiết trong tất cả các lĩnh vực sản xuất công nghiệp hiện nay. Một trong những hướng phát triển chính của ngành hàn là phát triển các quy trình hàn lai ghép khi kết hợp các quá trình hàn truyền thống nhằm nâng cao ưu điểm và hạn chế nhược điểm của từng quá trình hàn riêng lẻ trong đó. Các mối hàn giáp mối thép tấm được thực hiện nhằm mục đích nghiên cứu phát triển một hệ thống hàn lai ghép mới để hàn ngẫu toàn phần một lần đối với tấm thép dày không cần vát mép. Hiện nay, có nhiều phương pháp ghép nối các tấm thép dày này, ví dụ như các công nghệ hàn truyền thống là Hàn điện cực kim loại nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (MAG) và Hàn tự động dưới lớp thuốc (SAW) đã được sử dụng rộng rãi. Trong các phương pháp hàn này, một rãnh hình chữ V, chữ U hoặc chữ X được tạo ra trong tấm kim loại cơ bản và cần que hàn phụ bổ sung. Độ dày của tấm vật liệu quyết định số lớp hàn, do đó, với các tấm dày hơn, số lớp hàn cần thiết để lấp đầy rãnh hàn tăng lên đáng kể, dẫn đến giảm hiệu quả kinh tế và vấn đề chất lượng do ứng suất nhiệt gây ra bởi nhiệt lượng hàn từ nhiều mối hàn [1].

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, việc hàn bằng chùm tia điện tử, hàn laser và các kỹ thuật khác có mật độ năng lượng cao mà không cần chế tạo mép hàn đã được đưa vào sử dụng. Tuy nhiên, các công nghệ hàn trên đều yêu cầu thiết bị rất đắt tiền, và các bề mặt đầu của tấm thép cần hàn phải được gia công phẳng với độ chính xác cao để chúng có thể được đặt cạnh nhau mà không có khe hở. Với quá trình hàn Plasma lỗ khóa, do có mật độ năng lượng cao, có khả năng hàn một lần mà không cần chế tạo phôi hàn với độ chính xác cao. Tuy nhiên, đối với thép Cacbon thường, độ dày tấm lớn nhất mà hàn Plasma thông thường hiện nay trên thị trường có thể hàn được là 6÷7 mm vì việc hàn lỗ khóa plasma chỉ khả thi nếu lỗ khóa được duy trì thông qua sự cân bằng giữa trọng lực và sức căng bề mặt tác

động lên kim loại nóng chảy, và theo đó, diện tích mặt cắt ngang của kim loại nóng chảy tăng lên khi tấm dày hơn, dẫn tới khó duy trì sự cân bằng giữa trọng lực và sức căng bề mặt [2]. Khi hàn các tấm thép có chiều dày lớn hơn 8mm, dải điều chỉnh các thông số hàn bị thu hẹp đáng kể, nhất là lưu lượng khí tạo Plasma (nếu tăng quá giá trị tới hạn, quá trình hàn sẽ chuyển quá trình cắt kim loại) và cần chuẩn bị phôi hàn phức tạp hơn để hàn nhiều lượt. Mặt khác, với quá trình hàn MAG truyền thống cho phép hàn thép có chiều dày khác nhau thông qua các chế độ dịch chuyển kim loại điện cực vào vũng hàn. Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN-1:2018 (ISO 9692-1:2013), khi hàn giáp mối tấm thép Cacbon bằng quá trình hàn MAG cho thấy chỉ có khả năng hàn giáp mối một lượt tấm thép có chiều dày nhỏ hơn 6mm mà không cần vát mép phôi hàn. Để hàn giáp mối tấm chiều dày lớn hơn 6mm, với quá trình hàn MAG sẽ yêu cầu phải vát mép phôi hàn và phải hàn nhiều lượt để đảm bảo ngẫu toàn bộ mối hàn.

Trong số các quy trình hàn mới được phát triển, hàn lai ghép kết hợp hồ quang Plasma và MAG – HPAW (Hình 1) được khuyến nghị là một trong những quy trình hàn đầy triển vọng trong hàn tốc độ cao các tấm dày, bởi vì nó có nhiều ưu điểm như hiệu suất năng lượng cao, hình thành mối hàn xuyên sâu, dung sai khe hở rộng, kiểm soát thành phần nguyên tố của vùng nóng chảy, giảm thiểu biến dạng nhiệt, chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) hẹp,... [3, 4]. Tuy nhiên, các nghiên cứu và ứng dụng công nghệ hàn lai ghép HPAW vẫn chưa rõ ràng và ít được đầu tư, cũng như chủ yếu có từ những năm 1970 và 1980 do hạn chế về công nghệ và trang thiết bị. Do đó, cần phải phát triển các công nghệ và kiến thức mới cho quá trình hàn này. Mục tiêu của nghiên cứu này là có thể hàn một lớp trên các tấm thép Cacbon thường dày 9÷12 mm không vát mép bằng quá trình hàn lai ghép HPAW, thông qua nghiên cứu ảnh hưởng của khí tạo Plasma đến nhiệt độ của hồ quang plasma lỗ khóa, nhằm nâng cao nhiệt độ cột hồ quang để đạt được chiều sâu ngẫu lớn hơn.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý quá trình hàn lai ghép Plasma-MAG (HPAW): (a) Sơ đồ nguyên lý quá trình hàn lai ghép HPAW có 2 mỏ hàn độc lập, đồng tốc; (b) Sơ đồ lắp đặt mỏ hàn lai ghép thực tế [5].

2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ NGHIÊN CỨU VÀ QUÁ TRÌNH THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu, thiết bị nghiên cứu

Các tấm phôi thép Cacbon thường nhập về kích thước đã được bảo đảm đúng với kích thước yêu cầu, cụ thể là kích thước $300 \times 50 \times 9;12$ mm, không vát mép. Sau khi kiểm tra phôi đạt yêu cầu về kích thước, tiến hành làm

sạch và loại bỏ các vết bẩn trên bề mặt tấm thép bằng bàn chải sợi thép không gỉ và cuối cùng sử dụng giấy ráp để làm nhẵn bề mặt tấm thép. Các phôi thép tấm phải đảm bảo đúng mức JIS SS400, đảm bảo đúng thành phần hóa học các nguyên tố và cơ tính theo tiêu chuẩn như Bảng 1 và Bảng 2. Dây hàn được chọn đúng loại JIS Z3312-YGW12; $\varnothing 1,2$ mm như Bảng 3 được nhập từ hãng Kobe Steel, Nhật Bản.

Bảng 1. Thành phần hóa học và quy cách khử ô xi của thép Cacbon JIS-SS400

Mác thép			JIS-SS400									
Quy cách khử ô xi			Lặng và xử lý hạt mịn									
Thành phần hóa học max (%)												
C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Al	Nb	V	Ti
0.18	0.10 ÷ 0.50	1.2 ÷ 1.6	0.035	0.035	0.35	0.20	0.40	0.08	0.015 ÷ 0.08	0.02 ÷ 0.05	0.05 ÷ 0.10	0.02

Bảng 2. Cơ tính của thép JIS-SS400

Số hiệu thép	Giới hạn chảy nhỏ nhất (N/mm ²)	Độ bền kéo (N/mm ²)	Độ giãn dài nhỏ nhất (%)	Năng lượng va đập trung bình (J)	
				t ≤ 50	
				Theo thước dọc	Theo thước ngang
JIS-SS400	≥ 225	400 ÷ 510	21	34	24

Bảng 3. Các tính chất của dây hàn JIS-Z3312 YGW12

Mác dây	JIS Z3312 YGW12			
Thành phần hóa học (%)				
C	Si	Mn	P	S
≤ 0.08	≤ 0.80	≤ 1.53	≤ 0.014	≤ 0.013
Cơ tính của kim loại mối hàn				
Giới hạn chảy (N/mm²)		Giới hạn bền (N/mm²)	Độ giãn dài tương đối (%)	Năng lượng va đập -29°C (J)
≥ 450		≥ 550	≥ 28	≥ 70

2.2. Quá trình thực nghiệm

Để có thể tiến hành thành công liên kết hàn giáp mỗi một lượt tấm thép Cacbon có chiều dày tới 12mm, cần tiến hành theo trình tự khảo sát khả năng hàn của quá trình hàn lai ghép đối với phôi hàn không vát mép + có khe hở hàn với các chiều dày khác nhau. Theo các kết quả đã nghiên cứu cho thấy quá trình hàn thành công khi phần mối hàn phía dưới được hình thành trong vùng hồ quang Plasma lỗ khóa do kim loại cơ bản nóng chảy. Có hai nguyên nhân cơ bản khi liên kết hàn không thành công đó là do nguồn nhiệt hồ quang Plasma lỗ khóa

không đủ dẫn đến không ngấu, không thấu hoặc do nguồn nhiệt quá thừa dẫn đến phôi hàn bị cháy thủng. Như vậy, khi thí nghiệm bên cạnh các thông số đã được tính toán cố định, các thông số ảnh hưởng chính đến năng lượng hồ quang Plasma sẽ được khảo sát để tìm ra chế độ hàn phù hợp để hình thành được liên kết hàn ở dưới, sau đó thông số quá trình hàn GMAW được tính toán để điền đầy phần mối hàn trống phía trên do hồ quang Plasma lỗ khóa tạo ra (Bảng 4). Trong phạm vi bài báo này chỉ đề cập nghiên cứu ảnh hưởng khí tạo Plasma bao gồm 2 yếu tố là loại khí và lưu lượng khí đến nguồn nhiệt hồ quang Plasma lỗ khóa.

Bảng 4. Các chế độ thí nghiệm hàn HPAW liên kết giáp mỗi một lượt thép tấm dày.

Các thông số hàn	Giá trị	Đơn vị
Kim loại cơ bản	Tấm thép Cacbon thấp JIS SS400; Kích thước: 300 × 50 × 9;12 (mm)	
Dây hàn MAG	JIS Z3312-YGW12; Ø1,2 mm	
I_{hp} - Dòng hàn Plasma lỗ khóa*	180	A
Q_{MAG} - Nhiệt đầu vào của quá trình hàn MAG*	~	W
Khoảng cách mở hàn MAG đến bề mặt KLCB	20	mm
Chiều dài hồ quang Plasma	5	mm
V_h - Tốc độ hàn*	2;3	mm/s
W_r - Tốc độ cấp dây*	Được tính toán dựa vào diện tích lớp đắp phía trên	m/min
F_{ilk} - Lưu lượng khí Plasma (Ar hoặc Ar+H ₂)*	~1,5÷3	l/min
Lưu lượng khí bảo vệ cho MAG (CO ₂) và PAW (Ar)	7,5	l/min
Lưu lượng khí lót đáy bảo vệ (Ar)	7,5	l/min
Khoảng cách giữa hai trục mở hàn	19,5	mm
Góc nghiêng giữa hai trục mở hàn	20	Độ
* Các thông số hàn được thay đổi để khảo sát thực nghiệm nhằm tìm ra chế độ hàn thành công		

3. CƠ SỞ TÍNH TOÁN ẢNH HƯỞNG KHÍ TẠO PLASMA BAO GỒM LOẠI KHÍ VÀ LƯU LƯỢNG KHÍ ĐẾN NGUỒN NHIỆT HỒ QUANG PLASMA LỖ KHÓA

Trước tiên thay đổi khí tạo plasma từ khí Ar nguyên chất thành hỗn hợp khí Ar + H₂, điều này được giải thích là hỗn hợp khí tạo Plasma mới làm tăng điện áp hồ quang Plasma lỗ khóa, tăng chiều rộng cột hồ quang và làm tăng tốc độ hàn. Chính vì lý do này, nếu ta vẫn giữ nguyên tốc độ hàn ở mức thấp nhất 2mm/s (để đảm bảo năng lượng đường cao nhất) thì năng lượng nguồn nhiệt của hồ quang Plasma sẽ được tăng thêm khoảng 15÷20%. Đây chính là điều mới và căn bản để có thể hàn được tấm dày 12mm với giới hạn thiết bị hàn sẵn có. Điều này được chứng minh như sau:

Theo tài liệu [6] cho biết cách tính nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma lỗ khóa thông qua tính toán Enthalpy của khí tạo Plasma. Mặt khác, theo tài liệu [7] hoàn toàn có thể tra bảng ra được nhiệt độ tức thời của chất khí bất kỳ khi biết được Enthalpy của nó. Do vậy, vấn đề xác định nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma được giải quyết khi tính được Enthalpy của chất khí tạo Plasma trong cột hồ quang đó. Công thức xác định Enthalpy của chất khí tạo Plasma ([6]) như sau:

$$m'.H = U_{hp}.I_{hp}.\eta \quad (1)$$

Trong đó:

m': Khối lượng khí Plasma chuyển qua đầu hàn Plasma trong 1 giây, [g/s];

$m' = \rho.F_{ilk}$ với ρ là khối lượng riêng khí tạo Plasma; F_{ilk} : Lưu lượng khí tạo Plasma;

H: Enthalpy của chất khí tạo Plasma [J/kg];

U_{hp} : Điện áp hàn Plasma;

I_{hp} : Cường độ dòng Plasma;

$\eta = 0,8$: Hiệu suất hồ quang Plasma ([6]);

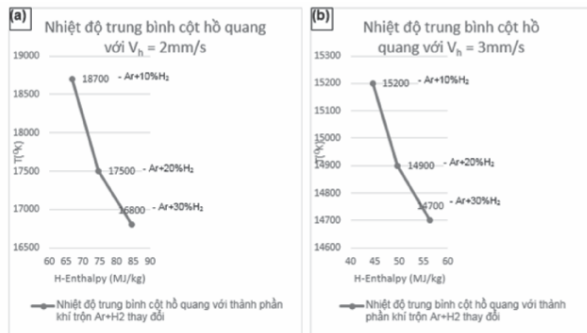
$\rho_{Ar} = 1,786 \text{ g/dm}^3$; $\rho_{H_2} = 0,09 \text{ g/dm}^3$.

Như vậy, với quá trình hàn ở bước 5 cho mẫu số 5, có thể tính được Enthalpy của khí Ar trong cột hồ quang Plasma khi có $U_{hp} = 25V$ (giá trị này được đặt trong suốt quá trình thí nghiệm); $I_{hp} = 180A$; $F_{ilk} = 3,0 \text{ l/min}$. Thay vào công thức (1) thu được $H_{Ar} = 40,3 \text{ MJ/kg}$, tra bảng trong Phụ lục A1 ([7]) có được nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma là 15600 °K.

Mặt khác, nếu thay khí tạo plasma thành hỗn hợp khí Ar + H₂ vẫn với thông số nguồn hàn Plasma như Bảng 4, hoàn tính được ảnh hưởng của khí H₂ trong hỗn hợp khí trộn tạo Plasma Ar + H₂ đến nhiệt độ trung bình của cột hồ quang Plasma ứng với từng tỷ lệ hòa trộn khí H₂ khác nhau (Hình 3). Một ví dụ cụ thể; với tỷ lệ hòa trộn khí Ar + 10%H₂, thay vào công thức (1) thu được $H_{Ar+10\%H_2} = 66,9 \text{ MJ/kg}$ nếu $F_{ilk} = 2,0 \text{ l/min}$ (Hình 2), tra bảng trong Phụ lục A1 ([7]) có được nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma là 18700 °K, như vậy nhiệt độ trung bình của cột hồ quang Plasma đã tăng thêm 20%, điều này có ý nghĩa rất quan trọng để tăng chiều sâu ngấu cho quá trình hàn lai ghép HPAW. Tuy nhiên, phương pháp tính toán nhiệt độ trung bình của cột hồ quang Plasma qua dòng khí Plasma có giới hạn nhất định là không tính toán được nhiệt độ cột hồ quang theo từng vị trí cụ thể (gần, xa bề mặt lỗ vòi phun khí Plasma) và sẽ không thể tính được nhiệt độ trung bình hồ quang Plasma nếu không có dữ liệu đầy đủ về giá trị nhiệt độ phụ thuộc theo Enthalpy của chất khí tạo Plasma [8].



Hình 2. H- Enthalpy của chất khí trộn Ar + H₂ tạo Plasma [MJ/kg] ứng với tốc độ hàn 2mm/s và 3mm/s.

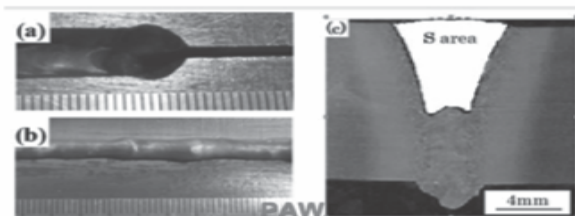


Hình 3. Nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma với tốc độ hàn (V_h) thay đổi:
(a) Tốc độ hàn $V_h = 2\text{mm/s}$
(b) Tốc độ hàn $V_h = 3\text{mm/s}$.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

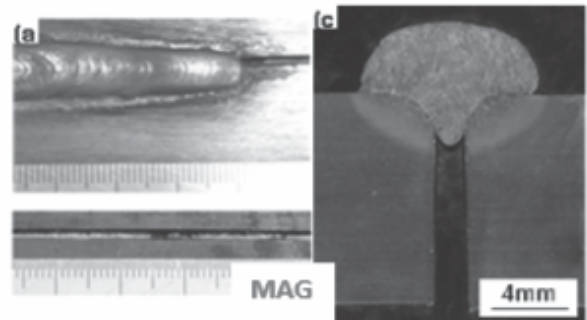
4.1. Cấu trúc thô đại của liên kết hàn

Qua tính toán nghiên cứu thay khí tạo Plasma từ khí Ar nguyên chất thành hỗn hợp khí Ar + 10%H₂ thì theo lý thuyết có thể tăng được nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma thêm 20% tức là từ 15600 °K của Ar nguyên chất lên 18700 °K của khí trộn Ar + 10%H₂, và nhiệt độ của cột hồ quang sẽ giảm khi tăng tỷ lệ trộn khí H₂ vào trong hỗn hợp khí (Hình 3). Như vậy, khi có thể tăng nhiệt độ trung bình của cột hồ quang Plasma thì có ý nghĩa rất quan trọng để tăng chiều sâu ngấu cho quá trình hàn lai ghép HPAW và đây là điều kiện quyết định khả năng hàn ngấu hoàn toàn mối hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ không vát mép bằng quá trình hàn HPAW với 1 lượt hàn.

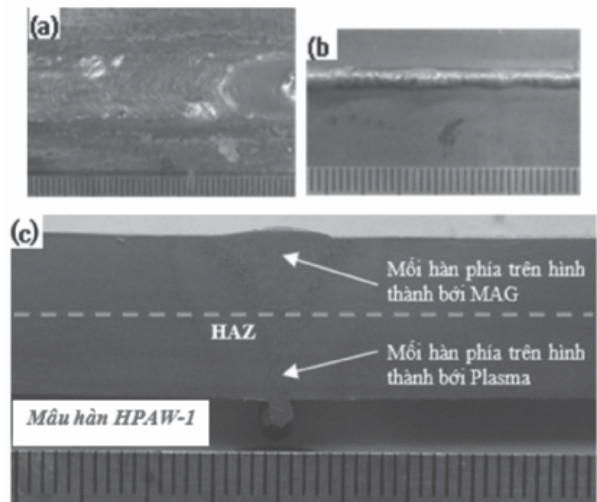


Hình 4. Hình dạng đường hàn và mặt cắt ngang mối hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ bằng quá trình hàn PAW với 1 lượt hàn:

(a) Đường hàn phía trên; (b) Chân đáy bên dưới mối hàn; (c) Mặt cắt ngang mối hàn.



Hình 5. Hình dạng đường hàn và mặt cắt ngang mối hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ bằng quá trình hàn MAG với 1 lượt hàn:
(a) Đường hàn phía trên; (b) Chân đáy bên dưới mối hàn; (c) Mặt cắt ngang mối hàn.



Hình 6. Mẫu hàn HPAW-1 với hàn giáp mối tấm dày 12mm không vát mép với 1 lượt hàn bằng quá trình hàn lai ghép HPAW với thông số hàn cơ bản $I_{hp} = 180\text{A}$; $F_{lk} = 2,0\text{ l/phút}$ (khí Ar+10%H₂); $Q_{MAG} = 2360\text{W}$; $V_h = 2\text{mm/s}$. (a) Đường hàn phía trên; (b) Chân đáy bên dưới mối hàn; (c) Mặt cắt ngang mối hàn [5].

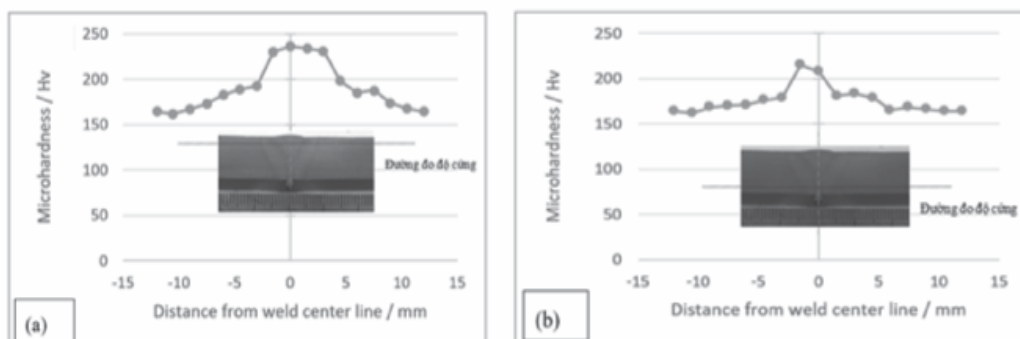
Kết quả mẫu hàn trên Hình 4 cho thấy khí hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ không vát mép bằng quá trình hàn riêng lẻ PAW thì không thể hàn được do không có

kim loại bổ sung vào phần lõm phía trên đường hàn (S_{area}). Kết quả mẫu hàn trên Hình 5 cho thấy khí hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ không vát mép bằng quá trình hàn riêng lẻ MAG thì không thể hàn được do không đủ nhiệt lượng (GMAW). Kết quả mẫu hàn HPAW-1 trên Hình 6 cho thấy mỗi hàn thành công khi hàn giáp mối tấm thép có chiều dày $S = 12\text{mm}$ không vát mép bằng quá trình hàn lai ghép HPAW với 1 lượt hàn qua việc tối ưu hóa thông số quá trình hàn PAW và MAG, đồng thời lựa chọn khí tạo Plasma là hỗn khí $\text{Ar} + 10\%\text{H}_2$ là hoàn toàn hợp lý.

4.2. Cơ tính trong liên kết hàn giáp mối một lượt tấm dày 12mm, không vát mép

4.2.1. Độ cứng tế vi bề mặt cắt ngang mỗi hàn

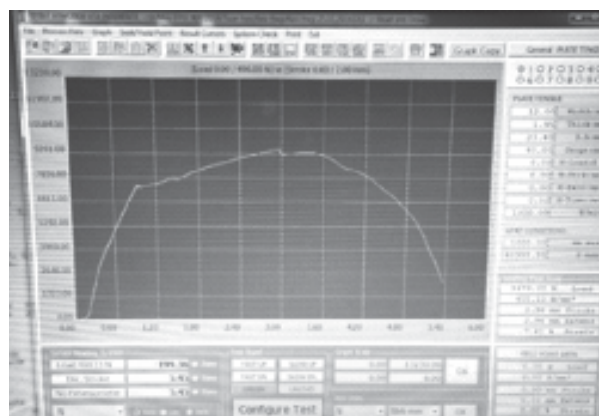
Theo tiêu chuẩn ISO 9015-1 về mẫu thử độ cứng tế vi bề mặt cắt ngang mỗi hàn, ta tiến hành các vị trí thử đo độ cứng tế vi trên mẫu hàn HPAW-1 trên Hình 6 và có biểu đồ phân bố độ cứng như Hình 7. Qua biểu đồ phân bố độ cứng cho thấy độ cứng trung bình của các vùng trong Hình 7 (a), (b) được sắp xếp theo thứ tự như sau: Độ cứng Vùng kim loại mối hàn tạo bởi MAG ($Hv_{0,2} = 237$) > Độ cứng vùng kim loại mối hàn tạo bởi Plasma ($Hv_{0,2} = 204$) > Độ cứng vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) ($Hv_{0,2} = 185$) > Độ cứng vùng kim loại cơ bản ($Hv_{0,2} = 170$).



Hình 7. Sự phân bố độ cứng trên mẫu hàn HPAW-1: (a) Phía trên đường hàn; (b) Phía dưới đường hàn [5].

4.2.2. Độ bền kéo mỗi hàn

Theo tiêu chuẩn kiểm tra độ bền kéo và Hình dạng mẫu thử giá trị độ bền kéo mẫu hàn HPAW-1 là ($405,1\text{N/mm}^2$) tương tự như kim loại cơ bản SS400 ($400\sim 510\text{N/mm}^2$) và vị trí vết kéo đứt trong vùng kim loại cơ bản. Điều này chứng tỏ mỗi hàn đảm bảo được yêu cầu về cơ tính độ bền kéo.



Hình 8. Biểu đồ đo độ bền kéo mẫu hàn HPAW-1 [5]

5. KẾT LUẬN

1) Bài báo đã đưa ra được giải pháp kỹ thuật có thể nâng cao công suất nguồn nhiệt Plasma khi thay đổi khí tạo Plasma. Cụ thể, khi thay đổi khí tạo Plasma là Ar nguyên chất thay bằng hỗn hợp khí Ar + 10%H₂ có thể làm cho nhiệt độ trung bình cột hồ quang Plasma tăng lên 20% (Từ 15500°K lên 18700°K). Nhờ kết quả này, có thể thành công hàn ngẫu hoàn toàn tấm thép Cacbon thường dày 12 mm không cần vát mép bằng quá trình hàn lai ghép HPAW với 1 lượt hàn mà nếu dùng các phương pháp hàn riêng lẻ PAW và MAG chỉ hàn được chiều sâu ngẫu 7÷8 mm.

2) Quá trình hàn lai ghép HPAW với 2 mở hàn độc lập đồng tốc có một số ưu điểm nổi trội so với quá trình hàn MAG truyền thống cần nhiều lượt hàn khi hàn giáp mỗi tấm thép dày 12mm. Đó là: Tiết kiệm kim loại và công sức khi không cần vát mép phôi hàn; Chiều rộng trung bình vùng HAZ nhỏ hơn; Diện tích đắp nhỏ hơn; Năng suất hàn cao hơn; Biến dạng hàn có giá trị nhỏ hơn. Do vậy, kết quả này có ý nghĩa thực tiễn cao và ứng dụng hiệu quả nâng cao năng suất trong sản xuất hàn tấm có độ dày lớn.

3) Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng phạm vi khảo sát với số lượng các loại khí tạo Plasma và khí trộn với tỷ lệ thay đổi khác nhau để phù hợp hàn các loại vật liệu kim loại và hợp kim khác nhau. Ngoài ra, việc cũng cần xây dựng bảng thông số về thay đổi của nhiệt độ của khí tạo Plasma theo Enthalpy của nó. ❖

Ngày nhận bài: 05/6/2026

Ngày phản biện: 15/6/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Toshiyuki Hasegawa, “Development of advanced plasma welding technology: outline of the project”. Journal of Light Metal Welding and Construction 48(4) 115-118 (2010).
- [2]. Koichi Ito, Hyouta Tamura, Tomoyuki Ueyama & Tetsuo Era, “Development of advanced plasma arc welding system”. Journal of Light Metal Welding and Construction, 48(4) 125-130 (2010).
- [3]. Zhongjie Liu, Kohei Ono, Tomoyuki Ueyama, Tetsuo Era and Manabu Tanaka (2009), “Development of Plasma GMA welding system”. 溶接学会論文集 第 27 卷 第 2 号 (2009) p. 45s-49s.
- [4]. “Hybrid Plasma/MIG Welding Reduces Welding Time”, Plasma Laser Technologies, Power Engineering, ProQuest Central, 112(8), 75-77 (2008).
- [5]. Trần Lâm (2019), “Nghiên cứu công nghệ hàn lai ghép PLASMA – GMAW cho liên kết tấm dày không vát mép”. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2019.
- [6]. J.C. METCALFE and M.B.C. QUIGLEY (1975), “Heat Transfer in Plasma-Arc Welding”. Welding Research Supplement (1975), 99-104.
- [7]. Maher I. Boulos, Pierre Fauchais and Emil Pfender (1975), “Thermal plasmas: fundamentals and applications”. Springer Science + Business Media New York, Vol.1 (1994).
- [8]. Dongsheng Wu, Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Xueming Hua, Manabu Tanaka (2019), “Elucidation of the weld pool convection and keyhole formation mechanism in the keyhole plasma arc welding”. International Journal of Heat and Mass Transfer 131 (2019), 920-931.