

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC ĐẦU ĐIỆN CỰC TỚI TÍNH CHẤT CỦA HỒ QUANG KHI HÀN LIÊN KẾT GIÁP MỐI SUS 304-Ti BẰNG CÔNG NGHỆ GTAW

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF ELECTRODE TIP ANGLE ON ARC PROPERTIES WHEN WELDING SUS 304-Ti BUTT JOINTS USING GTAW TECHNOLOGY

Phạm Nhất Phương¹, Đặng Văn Hải^{2*}, Đinh Lê Cao Kỳ², Võ Tuyền², Trịnh Tiến Thọ²

¹Công ty TNHH Sản xuất Thương mại và Dịch vụ Việt Phong, TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công Thương TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hàn hồ quang vonfram khí (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) là một quá trình rất linh hoạt, quá trình này có thể được sử dụng để hàn kim loại và nhiều loại kim loại khác nhau. Đây là một quá trình hàn ở mọi vị trí. Trong bài báo này, các mối hàn giáp mối SUS 304 và titan (Ti) bằng công nghệ hàn GTAW được đề cập. Phương pháp mô phỏng được thực hiện nhằm mục đích xác định sự ảnh hưởng của góc côn đầu điện cực vonfram không tiêu hao tới các tính chất của hồ quang hàn là nhiệt độ cực đại, T_{max} (°C); vận tốc dọc trục cực đại, u_{max} (m/s); chênh lệch điện thế, $\Delta\phi$ (V); và chênh lệch áp suất cực dương, ΔPa (Pa). Kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng: (1) Nhiệt độ hồ quang cao nhất xảy ra đối với các góc đầu điện cực trong khoảng từ 30° đến 60° và đạt giá trị cực đại ở góc 60°; (2) Vận tốc dọc trục lớn nhất khi góc đầu điện cực trong khoảng 20° đến 60°. Khi chiều dài hồ quang tăng, vận tốc dọc trục giảm; (3) Chênh lệch điện thế tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60°. Chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm; (4) Chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9° đến 20° và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20° đến 30°. Khi tăng chiều dài hồ quang, chênh lệch áp suất cực dương giảm.

Từ khóa: Mô phỏng; GTAW/TIG; Hàn giáp mối; Chiều dài hồ quang; Dòng điện hàn; Góc đầu điện cực.

ABSTRACT

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) is a very versatile process that can be used to weld metals and many different types of metals. This is an all-position welding process. In this article, butt welds of SUS 304 and titanium (Ti) using GTAW welding technology are mentioned. The simulation method was performed to determine the influence of the non-consumable tungsten electrode tip taper angle on the properties of the welding arc, which is the maximum temperature, T_{max} (°C); maximum axial velocity, u_{max} (m/s); potential difference, $\Delta\phi$ (V) and anode pressure difference, ΔPa (Pa)... Simulation results have shown that: (1) The highest arc temperature occurs for electrode

tip angles in the range from 30° to 60° and reaches the maximum value at the 60° angle; (2) Axial velocity is greatest when the electrode tip angle is between 20° and 60°. As the arc length increases, the axial velocity decreases; (3) The potential difference increases rapidly as the electrode tip angle increases between 9° and 60° and reaches its maximum at the 60° angle. The largest potential difference occurs when the arc length is 10 mm; (4) The anode pressure difference increases rapidly when the electrode tip angle is between 9° and 20° and reaches a maximum value between 20° and 30°. As the arc length increases, the anode pressure difference decreases.

Keywords: *Simulation; GTAW/TIG; Butt welding; Arc length; Welding current; Electrode tip angle.*

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, xu hướng làm giảm trọng lượng của các thiết bị được sử dụng trong các ngành công nghiệp nhưng vẫn đảm bảo độ bền, an toàn và tính thẩm mỹ trở nên rất cấp bách nhằm các mục đích hỗ trợ khả năng vận hành và sử dụng, giảm thiểu chi phí chế tạo và tăng độ bền của thiết bị, v.v. Trong đó, việc nghiên cứu chế tạo khung, vỏ, chi tiết máy, với sự liên kết giữa hai hay nhiều vật liệu khác nhau ngày càng được mở rộng [1]. Đồng hành cùng với những thay đổi về nhu cầu sử dụng, các vật liệu nhẹ như nhôm và magie, công nghệ chế tạo cũng đòi hỏi phải có những nghiên cứu phát triển thỏa đáng để đáp ứng được các yêu cầu mới của quá trình sản xuất. Trong đó, công nghệ hàn cũng phải cần được đầu tư nghiên cứu để có thể chế tạo được các kết cấu nhẹ từ các vật liệu kể trên nhằm đáp ứng nhu cầu của các ngành công nghiệp. Tuy nhiên, việc thay thế kết cấu hoàn toàn bằng vật liệu nhẹ đôi khi lại không đáp ứng các yêu cầu sử dụng do độ bền chịu tải của vật liệu nhẹ thường không cao. Do vậy mà người ta chỉ tập trung thay thế vật liệu nhẹ cho những kết cấu hay bộ phận không chịu lực hoặc chịu lực nhỏ, còn với các kết cấu chịu lực lớn, chịu lực chủ yếu thì vẫn phải sử dụng thép hoặc hợp kim có độ bền cao [1, 2].

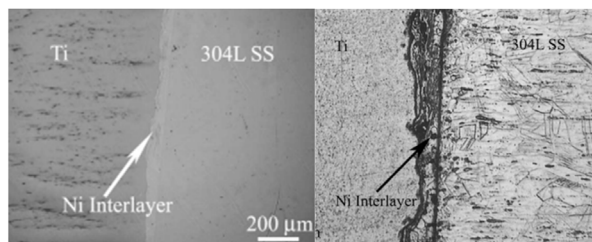
Từ đây, một yêu cầu mới được đặt ra là

phải nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật để có thể hàn hai loại vật liệu khác nhau với nhau. Cụ thể là thay thế mối nối hoàn toàn từ vật liệu titan (Ti) bằng việc hàn liên kết Ti với thép không gỉ 304 (SUS 304) ở dạng mối hàn giáp mối và hàn chữ T bằng công nghệ hàn GTAW là một vấn đề mới được đặt ra, cần được nghiên cứu và giải quyết.

Trong lĩnh vực chế tạo, có những tài liệu đề cập về công nghệ hàn GTAW, trong đó chủ yếu giới thiệu về công nghệ hàn, chế độ hàn, phạm vi ứng dụng và vật liệu liên kết hàn. Tuy nhiên, việc liên kết hàn GTAW hầu như chỉ đề cập ở những vật liệu giống nhau [2, 3]. Việc nghiên cứu phương pháp hàn hai vật liệu khác chủng loại [4] cho thấy, nghiên cứu đã tiến hành hàn nhôm với thép bằng năng lượng nổ ở quy mô phòng thí nghiệm và đã được những tiến bộ về chất lượng mối ghép, phương pháp hàn nổ. Gần đây, hãng Honda (Việt Nam) cũng đã nghiên cứu thành công công nghệ hàn nhôm với thép [5] ứng dụng trong ngành chế tạo xe ô tô bằng một biến thể của hàn ma sát khuấy là một dạng của hàn trạng thái rắn, chứ không phải bằng năng lượng của hồ quang điện.

Vấn đề hàn SUS 304 với Ti, nghiên cứu [6] đã đề xuất dùng lớp niken (Ni) tạo lớp phủ cho SUS 304 (công nghệ mạ kim loại) trong quá trình hàn SUS 304-Ti bằng phương pháp

hàn ma sát và kết quả mối ghép thực hiện thành công với phương pháp này (Hình 1).



Hình 1. Hình ảnh phóng to liên kết hàn SUS304-Ti với lớp phủ niken [6].

Trong nghiên cứu đánh giá về phương pháp hàn thép với titan bằng công nghệ hàn GTAW với vật liệu trung gian là lớp vanadi [7] đã thu được kết quả mong đợi, mối ghép thành công và vượt qua các thử nghiệm cơ học vật liệu. Các mối nối giáp mối Ni-Ti trên các tấm dày 1,5 mm được chế tạo bằng phương pháp hàn GTAW [8], kết quả các mối hàn đã đạt được thành công mà không có khuyết tật vĩ mô, chẳng hạn như lỗ hơi và biến dạng. Để tìm các thông số tối ưu của quá trình hàn GTAW như dòng điện, tốc độ hàn và tốc độ dòng khí để cải thiện chất lượng mối hàn, việc sử dụng phương pháp Taguchi đã được đề cập [9]. Kết quả cho thấy rằng, dòng điện đầu vào và tốc độ hàn là những thông số quan trọng nhất.

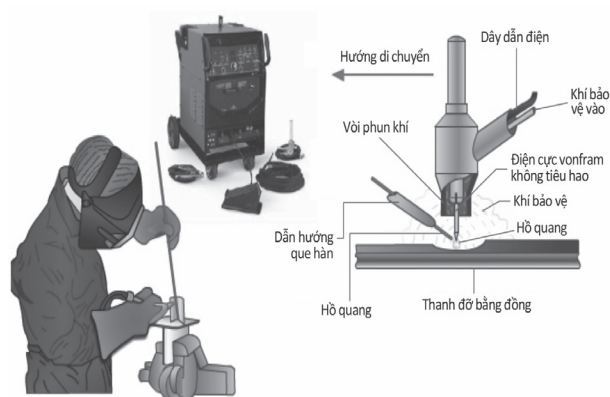
Qua một số nghiên cứu trong thời gian gần đây cho thấy, các tác giả đã nghiên cứu liên kết hai vật liệu khác chủng loại bằng phương pháp hàn nổ, hoặc hàn ma sát, hoặc công nghệ mạ kim loại, hoặc bằng công nghệ hàn GTAW đối với vật liệu trung gian là lớp vanadi (Va). Tuy nhiên, việc liên kết hàn vật liệu thép không gỉ SUS 304 với Ti bằng công nghệ hàn GTAW chưa thấy nghiên cứu nào đề cập. Do đó, nhu cầu về các kỹ thuật hàn để nối các kim loại này mà không ảnh hưởng đến tính chất của chúng trở nên vô cùng quan trọng để mở rộng tính

phức tạp của các ứng dụng. Vì vậy, việc nghiên cứu, thực nghiệm xác định thông số của quá trình hàn liên kết giáp mối và chữ T giữa SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW là một đề tài tương đối rộng. Trong bài báo này, những nghiên cứu ban đầu về mô phỏng ảnh hưởng của góc côn đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW sẽ được trình bày.

2. MÔ TẢ QUÁ TRÌNH GTAW

2.1. Công nghệ GTAW

Hàn hồ quang vonfram khí (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) hay hàn khí trơ vonfram (Tungsten Inert Gas – TIG) là một quá trình hàn hồ quang sử dụng điện cực vonfram không tiêu hao và khí trơ để bảo vệ hồ quang [10]. GTAW có thể được thực hiện có hoặc không có kim loại phụ. Hình 2 minh họa trường hợp có kim loại phụ. Khi sử dụng kim loại phụ, kim loại này được thêm vào bể hàn từ một thanh hoặc dây riêng biệt, bị nóng chảy bởi sức nóng của hồ quang chứ không được truyền qua hồ quang như trong quá trình hàn hồ quang điện cực tiêu hao. Vonfram là vật liệu điện cực tốt do có điểm nóng chảy cao 3410°C. Các loại khí bảo vệ điển hình bao gồm argon, heli hoặc hỗn hợp của các nguyên tố khí này [10, 11].



Hình 2. Hàn hồ quang vonfram khí (GTAW) [12].

Quá trình hàn GTAW rất linh hoạt. Quá trình này có thể được sử dụng để hàn kim loại và nhiều loại kim loại khác nhau. Đây là một quá trình hàn ở mọi vị trí. Quá trình này được phát triển cho các kim loại “khó hàn” và có thể được sử dụng để hàn nhiều loại kim loại khác nhau hơn bất kỳ quá trình hàn hồ quang nào khác. Các ứng dụng phổ biến nhất là hàn nhôm và thép không gỉ. Trong các ứng dụng hàn thép, GTAW thường chậm hơn và tốn kém hơn so với quá trình hàn hồ quang dùng điện cực tiêu hao, ngoại trừ khi các tiết diện mỏng và yêu cầu mối hàn chất lượng rất cao. Khi các tấm mỏng được hàn GTAW với dung sai gần, kim loại phụ thường không được thêm vào. Quá trình này có thể được thực hiện thủ công hoặc bằng máy và phương pháp tự động cho tất cả các loại mối nối. Ưu điểm của GTAW trong các ứng dụng mà nó phù hợp bao gồm các mối hàn chất lượng cao, không bắn tóe mối hàn vì không có kim loại phụ được truyền qua hồ quang và ít hoặc không cần làm sạch mối hàn vì không sử dụng chất trợ dung [10, 12].

2.2. Thông số quá trình

Các thông số của quá trình hàn kiểm soát quá trình hàn và chất lượng của mối hàn được tạo ra. Việc lựa chọn các thông số hàn được thực hiện sau khi kim loại cơ bản, kim loại phụ và thiết kế mối nối được chọn. Việc lựa chọn đúng các thông số hàn sẽ giúp cho việc hàn trở nên dễ dàng hơn, tăng cơ hội tạo ra các đặc tính mối hàn cần thiết. Ba loại thông số hàn chính là thông số cố định (được chọn trước), thông số điều chỉnh chính và phụ [12].

- Thông số cố định: Với hàn GTAW, các thông số cố định bao gồm loại, kích thước và độ côn của điện cực cũng như loại dòng điện hàn và khí bảo vệ.

- Thông số chính bao gồm: Dòng điện hàn, tốc độ di chuyển và chiều dài hồ quang (điện áp hàn).

- Thông số phụ gồm: Góc đầu của điện cực và phần nhô ra (mở rộng) của điện cực.

Trong bài báo này sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti.

Trong hàn GTAW, có bốn tính chất của hồ quang là [15]:

- Nhiệt độ cực đại, $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$);
- Vận tốc dọc trục cực đại, $u_{\max}$ (m/s);
- Chênh lệch điện thế, $\Delta\phi$ (V);
- Chênh lệch áp suất cực dương, ΔP_a (Pa).

Trong hàn GTAW, vonfram và các hợp kim khác nhau của nó được sử dụng làm điện cực. Các điện cực vonfram không bị tiêu hao nếu quá trình được sử dụng đúng cách vì chúng không bị nóng chảy hoặc chuyển sang mối hàn. Chức năng của điện cực vonfram đóng vai trò là một trong những cực điện của hồ quang, cung cấp nhiệt cần thiết cho mối hàn. Điểm nóng chảy của nó là 3410°C .

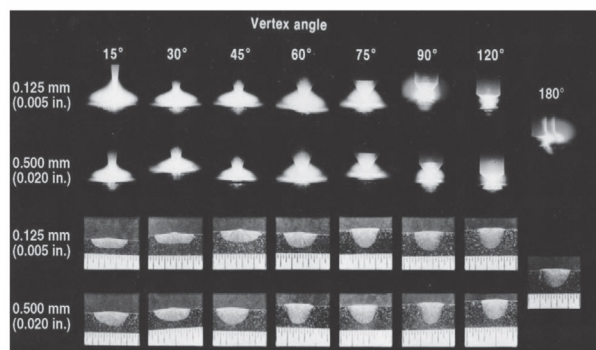
Góc côn điện cực là góc được mài ở đầu điện cực vonfram (Hình 3). Thông số này chỉ áp dụng cho điện cực vonfram thorated. Chúng được mài đầu để thay đổi hồ quang. Có thể mài nhọn các điện cực vonfram thorated vì khả năng mang dòng điện cao hơn của chúng. Mức độ côn cũng ảnh hưởng đến hình dạng đường hàn và độ ngấu. Việc tăng góc côn có xu hướng làm giảm chiều rộng đường hàn và tăng

độ ngấu của mỗi hàn. Do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần nghiên cứu trong việc phát triển quá trình hàn.



Hình 3. Góc côn điện cực [12].

Trong sản xuất, các cấu hình đầu điện cực khác nhau được sử dụng để cải thiện hiệu suất hàn. Hình dạng của đầu điện cực có thể ảnh hưởng đáng kể đến hình dạng và kích thước của bề hàn [13] như trên Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của hình dạng đầu điện cực đến hình dạng và kích thước bề hàn [13].

Ảnh hưởng của hình dạng điện cực đến tính chất hồ quang đã được nghiên cứu [14]. Họ phát hiện ra rằng, điện cực hình nón khi so sánh với điện cực đầu phẳng gây ra vận tốc dọc trục cao hơn ở đường tâm của hồ quang và do đó tạo ra dòng chảy đáng kể gần bề mặt anode và áp suất cao hơn ở bề mặt anode. Họ cũng chỉ ra rằng cấu hình của điện cực đã thay đổi đường đi của electron xung quanh cathode.

2.3. Lựa chọn thông số quá trình

Các thông số của quá trình hàn kiểm soát quá trình hàn và chất lượng của mỗi hàn được tạo ra. Việc lựa chọn các thông số hàn được thực hiện sau khi kim loại cơ bản, kim loại phụ và thiết kế mối nối được chọn. Việc lựa chọn đúng các thông số hàn sẽ giúp cho việc hàn trở nên dễ dàng hơn, tăng cơ hội tạo ra các đặc tính mối hàn cần thiết.

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thông số góc đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang sẽ được trình bày. Từ đó làm cơ sở xác định giá trị tối ưu và để mài đầu điện cực nhằm tạo ra hồ quang tốt hơn và ổn định hơn. Do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần nghiên cứu trong quá trình phát triển quy trình hàn GTAW.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

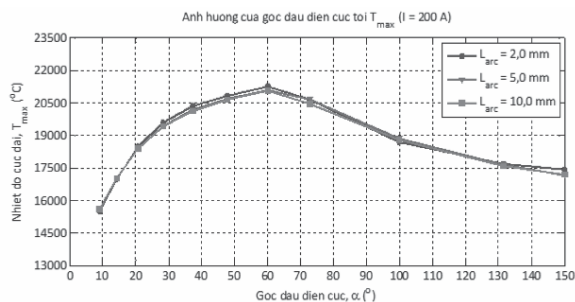
Mô hình GTAW cho argon nguyên chất được mô phỏng cho nhiều góc đầu điện cực. Góc của đầu điện cực thay đổi từ 9° đến 150°. Ngoài ra, các tính toán được thực hiện với chiều dài hồ quang 2,0; 5,0 và 10,0 mm và với dòng điện hàn là 200 A. Kết quả tính toán cho các tính chất của hồ quang đối với các trường hợp khác nhau được đưa ra trong Bảng 1.

Với các giá trị có được từ Bảng 1, có thể mô phỏng về sự thay đổi của góc đầu điện cực với mức dòng điện hàn là 200 A, chiều dài hồ quang tăng dần từ giá trị 2,0 mm đến 10,0 mm. Bảng 1 chỉ ra rằng nhiệt độ cực đại xảy ra ở góc đầu điện cực khoảng 60° đối với các dòng điện hàn và chiều dài hồ quang khác nhau. Điều này được thể hiện trong Hình 5.



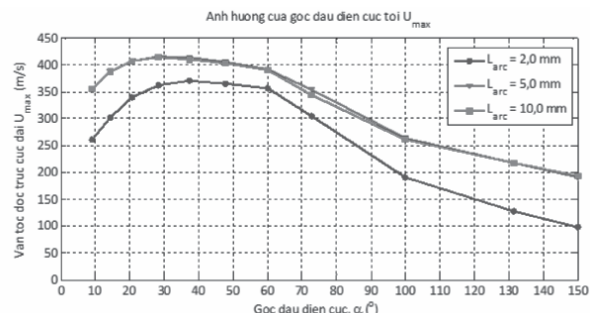
Bảng 1. Nhiệt độ hồ quang T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) của các dòng điện hàn, chiều dài hồ quang và góc đầu điện cực khác nhau [15].

Chiều dài hồ quang (mm)	Thông số hồ quang	Góc đầu điện cực (độ)										
		9,18	14,36	20,74	28,36	37,33	47,78	60,00	72,77	100,06	131,41	150,00
2,0	T_{max}	15490	17000	18480	19580	20360	20820	21240	20640	18680	17670	17410
	u_{max}	261,1	301,7	339,8	362,6	370,5	364,4	356,7	304,1	191,0	127,6	98,05
	$\Delta\phi$	7,063	8,175	9,053	9,666	10,08	10,32	10,59	10,35	9,825	9,747	10,02
	ΔPa	1447	1529	1596	1607	1569	1487	1397	1170	748,4	583,6	515,3
5,0	T_{max}	15610	17040	18400	19430	20180	20680	21070	20640	18840	17660	17150
	u_{max}	354,8	387,3	407,2	415,3	414,2	405,9	391,9	353,3	263,1	216,8	190,9
	$\Delta\phi$	9,072	10,16	11,02	11,64	12,07	12,37	12,68	12,55	12,16	12,12	12,34
	ΔPa	1390	1496	1534	1519	1466	1387	1278	1102	741,8	593,7	514,4
10,0	T_{max}	15590	17020	18390	19410	20110	20640	21060	20450	18780	17580	17170
	u_{max}	354,8	387,0	406,7	413,8	410,1	402,8	389,9	343,4	261,5	216,9	193,6
	$\Delta\phi$	11,52	12,64	13,52	14,15	14,58	14,91	15,25	15,05	14,74	14,73	14,99
	ΔPa	952,2	1039	1079	1078	1035	989,6	902,1	749,8	522,9	427,3	371,5



Hình 5. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới nhiệt độ cực đại T_{max} với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

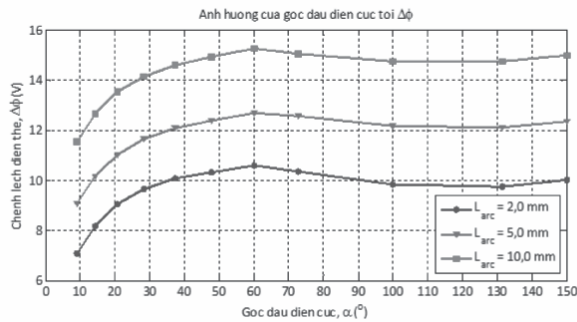
Hình 5 cho thấy, nhiệt độ hồ quang tăng nhanh gần như tuyến tính khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60° , sau đó khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , nhiệt độ hồ quang giảm dần cũng gần như tuyến tính. Không có sự khác biệt về nhiệt độ hồ quang khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 2,0 mm; 5,0 mm và 10 mm.



Hình 6. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới vận tốc đọc trực cực đại U_{max} với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

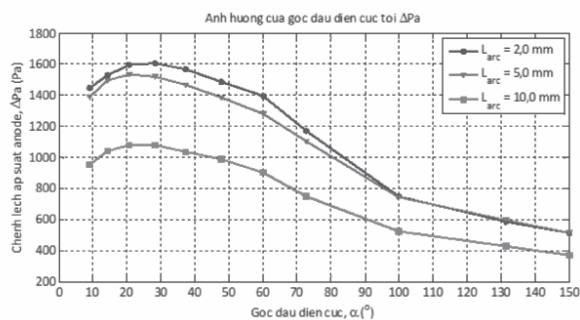
Qua Bảng 1 và Hình 6 cho thấy, vận tốc đọc trực tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 20° . Với chiều dài hồ quang $L_{arc} = 2$ mm, vận tốc đọc trực đạt giá trị cực đại khi góc đầu điện cực là 28° và với chiều dài hồ quang $L_{arc} = 5$ mm và 10 mm, vận tốc đọc trực đạt giá trị cực đại khi góc đầu điện cực là 37° . Trong khoảng 20° đến 60° , vận tốc đọc trực không có sự biến thiên nhiều. Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° ,

vận tốc dọc trục giảm dần gần như tuyến tính. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, vận tốc dọc trục giảm. Khi chiều dài hồ quang tăng từ 2,0 mm tới 5 mm, vận tốc dọc trục có sự thay đổi tăng rõ ràng; còn khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 5,0 mm và 10 mm, không có sự khác biệt về vận tốc dọc trục.



Hình 7. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới chênh lệch điện thế $\Delta\phi$ với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau

Hình 7 cho thấy, chênh lệch điện thế tăng nhanh gần như tuyến tính khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60° . Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , chênh lệch điện thế giảm không đáng kể. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, chênh lệch điện thế cũng tăng theo. Đồ thị thể hiện rõ chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm.



Hình 8. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới chênh lệch áp suất cực dương ΔPa với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

Hình 8 thể hiện sự thay đổi chênh lệch áp suất cực dương với các chiều dài hồ quang khác nhau. Trong đồ thị này, sự khác biệt giữa giá trị mô phỏng các chênh lệch áp suất cực dương khác nhau là khá rõ rệt, chênh lệch áp suất cực dương tăng dần cùng với sự tăng của chiều dài hồ quang. Đồ thị cũng cho thấy chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9° đến 20° và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20° đến 30° . Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , chênh lệch áp suất cực dương giảm gần như tuyến tính. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, chênh lệch áp suất cực dương giảm. Khi chiều dài hồ quang tăng từ 2,0 mm tới 5 mm, chênh lệch áp suất cực dương có sự thay đổi giảm rõ ràng; còn khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 2,0 mm và 5 mm, không có sự khác biệt về chênh lệch áp suất cực dương.

4. KẾT LUẬN

Hình dạng của đầu điện cực vonfram là một thông số quan trọng trong quá trình hàn GTAW. Điện cực vonfram có thể được sử dụng với nhiều chế phẩm đầu điện cực khác nhau. Việc tăng góc đầu điện cực dẫn đến co lại đường kính hồ quang. Do đó, mật độ dòng điện anode và dòng nhiệt do các electron sinh ra tăng theo góc đầu điện cực. Mặt khác, việc giảm góc đầu điện cực làm tăng vận tốc khí và do đó góp phần đối lưu vào dòng nhiệt anode. Mức độ côn cũng ảnh hưởng đến hình dạng đường hàn và độ ngẫu. Việc tăng góc côn có xu hướng làm giảm chiều rộng đường hàn và tăng độ ngẫu của mối hàn. Qua nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới nhiệt độ cực đại của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW có thể rút ra các kết luận như sau:



- Nhiệt độ hồ quang cao nhất xảy ra đối với các góc đầu điện cực trong khoảng từ 30^0 đến 60^0 và đạt giá trị cực đại ở góc 60^0 . Không có sự khác biệt về nhiệt độ hồ quang khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức $L_{arc} = 2,0$ mm; $L_{arc} = 5,0$ mm và $L_{arc} = 10$ mm.

- Vận tốc dọc trục lớn nhất khi góc đầu điện cực trong khoảng 20^0 đến 60^0 . Khi chiều dài hồ quang tăng, vận tốc dọc trục giảm. Có sự khác biệt về vận tốc dọc trục khi chiều dài hồ quang tăng 5,0 mm và 10 mm.

- Chênh lệch điện thế tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9^0 đến 60^0 và đạt cực đại ở góc 60^0 . Với góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60^0 đến 150^0 , chênh lệch điện thế giảm không đáng kể. Chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm.

- Chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9^0 đến 20^0 và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20^0 đến 30^0 . Khi tăng chiều dài hồ quang, chênh lệch áp suất cực dương giảm. Khi chiều dài hồ quang tăng từ 2,0 mm tới 5 mm, chênh lệch áp suất cực dương có sự thay đổi giảm rõ ràng.

Từ những nhận xét trên cho thấy, góc côn đầu điện cực trong khoảng 20^0 đến 60^0 sẽ cho các giá trị của thông số hồ quang (T_{max} , U_{max} , $\Delta\phi$ và ΔPa) là cao nhất. Đây là cơ sở để lựa chọn giá trị tối ưu của góc đầu điện cực. Trong thực tế, nhược điểm của góc côn nhỏ hơn là chúng có xu hướng mòn nhanh hơn, đặc biệt khi bắt đầu khi đầu điện cực chạm vào vật hàn. Để giảm hiện tượng mòn và số lần cần mài lại điện cực, nên sử dụng góc côn lớn hơn vì nó không bị mòn nhanh. Tuy nhiên, bất kể hình dạng đầu điện cực được chọn là gì, điều quan trọng là hình dạng điện cực vẫn giữ nguyên sau

khi quy trình hàn được thiết lập. Những thay đổi về hình dạng điện cực có thể ảnh hưởng đáng kể đến tính chất hồ quang, độ ngẫu cũng như kích thước và hình dạng của mối hàn; do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần được nghiên cứu thêm trong quá trình phát triển quy trình hàn.

Việc xác định giá trị tối ưu của góc đầu điện cực sẽ có được sau khi tìm hiểu thêm về ảnh hưởng của nó tới các tính chất khác của hồ quang với các dòng điện hàn khác nhau. Đó cũng chính là những nội dung sẽ được nghiên cứu tiếp theo. ❖

Ngày nhận bài: **15/6/2024**

Ngày phản biện: **10/7/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ngô Lê Thông, “*Công nghệ hàn điện nóng chảy – tập I*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [2]. Vũ Đình Toại, “*Các quá trình hàn đặc biệt*”. Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, 2010.
- [3]. Nguyễn Văn Thông (2005), “*Công nghệ hàn thép và hợp kim khó hàn*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [4]. Lương Văn Tiến, “*Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu tổ hợp – thép hợp kim dùng trong Công nghiệp đóng tàu thủy*”. Luận án Tiến sĩ Công nghệ tạo hình vật liệu, Viện Nghiên cứu Cơ khí – Bộ Công Thương, Hà Nội, 2012.
- [5]. Ngô Kiên Dương (2012), “*Giáo trình hàn TIG cơ bản*”. Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội, Hà Nội, 2012.
- [6]. CH. Muralimohan, V. Muthupandi, K. Sivaprasad, “*Properties of friction welding titanium – stainless steel joints with a nickel interlayer*”. International Conference on Advances in Manufacturing and Materials Engineering, AMME, 2014.
- [7]. K. Szymlek, “*Review of Titanium and steel welding methods*”. Corrosion and Richard L Little, “*Welding and Welding Technology*”,

- Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2000.
- [8]. David José Pintao dos Santos Fontes Barbosa, “*Gas Tungsten Arc Welding of Ni-Ti shape memory alloy*”, Universidad de Lisbon, 2014.
- [9]. Shinde Prasanna Tukaram, Patil Digambar Mohan, Padwal Chakradhar Vijay, Padawal Shreyas Shrikant, Bamankar P.B, “*Parametric Study & Optimization of TIG Welding Process on Stainless Steel 304*”. International Engineering Research Journal (IERJ), 2017.
- [10]. Mikell P. Groover, “*Fundamentals of Modern Manufacturing*”. John Wiley and Son, Inc., New York, 2020.
- [11]. Serop Kalpakjian, “*Manufacturing Engineering and Technology*”. Addison-Wesley Publishing Company, 2014.
- [12]. Naval Education and Training Professional Development and Technology Center, Navy Steelworker: Volume 1, NAVEDTRA 14250, 7/ 2013.
- [13]. American Welding Society, Welding handbook Ninth Edition, vol. 2, 550 N.W. LeJeune Road Miami, FL 33126, 2004.
- [14]. M. C. Tsai and S. Kou, “*Heat Transfer and Fluid Flow in Welding Arcs Manufactured by Sharpened and Flat Electrodes*”. Int. J. Heat and Mass Transfer, vol. 33, 1990.
- [15]. Massoud Goodarzi, “*Mathematical Modelling of Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) and Gas Metal Arc Welding (GMAW)*”. University of Toronto, 1997.