

NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ HÀN ĐỂ HÀN THÉP KHÔNG GỈ SUS304 VỚI THÉP CÁC BON A53

Ngô Hữu Mạnh¹

Tóm tắt: Quá trình hàn vật liệu khác nhau về thành phần, đặc tính gặp rất nhiều khó khăn. Mỗi hàn yêu cầu phải đảm bảo không có khuyết tật, tổ chức ổn định, có độ bền cao trong quá trình làm việc. Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu quy trình hàn thép không gỉ SUS304 với thép các bon A53 bằng quá trình hàn GTAW và SMAW. Phương pháp kim tương được sử dụng để phân tích cấu trúc tế vi. Các phương pháp kiểm tra không phá hủy (NDT) bằng tia Ronghen, kiểm tra phá hủy (DT) bằng kéo và uốn để đánh giá chất lượng hàn.

Từ khóa: Hàn thép Austenite, hàn vật liệu khác nhau, hàn thép không gỉ.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

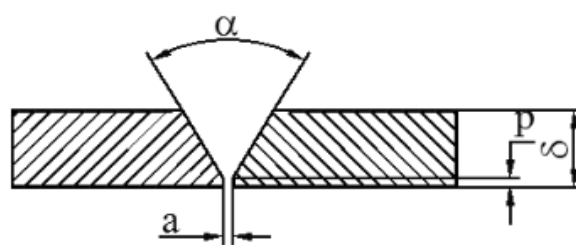
Trong lĩnh vực sản xuất cơ khí, nhiệt điện, hóa chất, thực phẩm, thủy lợi,...hàn các vật liệu khác nhau trong đó hàn thép không gỉ SUS 304 với thép các bon A53 là một vấn đề vô cùng quan trọng. Một mặt nhằm sử dụng đúng vật liệu để phát huy tốt các đặc tính ưu việt của chúng. Mặt khác giúp tiết kiệm vật liệu tốt, giảm chi phí sản xuất, hạ giá thành sản phẩm sau khi chế tạo. Tuy nhiên vấn đề khó khăn ở đây là liên kết các loại vật liệu khác nhau hoàn toàn về thành phần và đặc tính này với nhau. Kim loại khác nhau là các kim loại có thành phần hóa học, đặc tính, tổ chức tế vi khác nhau. Quá trình hàn các kim loại đồng nhất thường thuận lợi hơn khi hàn các kim loại khác nhau DMW (E. Taban, et al, 2008). Trong quá trình hàn, các nguyên tố hợp kim bị khuếch tán, nóng chảy, hòa tan vào nhau tạo ra liên kim mới hoặc pha mới hoặc hợp chất mới. Các quá trình này bị ảnh hưởng bởi chế độ hàn, quy trình hàn, quá trình luyện kim, tốc độ nguội,... (AWS welding handbook, 2011). Vì vậy, các yếu tố ảnh hưởng cần được nghiên cứu, phân tích trước khi

hàn để loại bỏ những yếu tố bất lợi và hướng đến nhận được mối hàn và liên kết hàn tốt nhất. Mặt khác, sau khi hàn, mối hàn và liên kết hàn cần được kiểm tra, đánh giá không phá hủy NDT hoặc kiểm tra phá hủy DT hoặc cả NDT và DT để đảm bảo an toàn tuyệt đối trước khi sử dụng.

2. THỰC NGHIỆM HÀN

2.1. Vật liệu cơ bản

Vật liệu cơ bản gồm thép không gỉ SUS 304 và thép các bon A53 chiều dày $\delta=10\text{mm}$. Bề mặt của vật hàn được làm sạch tại vị trí hàn. Mỗi tấm được gia công vát mép chữ V, góc vát $\alpha=60^\circ$, phần không vát $p=(1.0\div 1.5)\text{mm}$.



Hình 1. Liên kết hàn thép SUS 304 và A53

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép SUS 304 (JIS G 3101, 2010)

%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Cr	%Ni
0.08	0.75	2.0	0.03	0.045	18-20	8.0-10.5

¹ Phòng Khoa học công nghệ và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Sao Đỏ

Bảng 2. Cơ tính của thép SUS 304 (JIS G 3101, 2010)

Giới hạn bền (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài (%)
500 - 525	205 - 215	40

Bảng 3. Thành phần hóa học của thép ASTM A53 (John E. Bringas, 2007)

%C	%Mn	%S	%P	%Cr	%Ni	%Mo
0.25	0.95	≤0.045	≤0.05	0.4	0.4	0.15

Bảng 4. Cơ tính của thép ASTM A53 (John E. Bringas, 2007)

Giới hạn bền (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài (%)
>415	>240	23>20

2.2. Vật liệu hàn

Do sử dụng hai quá trình hàn GTAW và SMAW nên vật liệu hàn được sử dụng gồm que hàn dùng để hàn lớp đáy mỗi hàn và que hàn dùng để hàn lớp phủ trên bề mặt mỗi hàn. Vật liệu hàn lớp đáy được sử dụng là que hàn TG-S309L tiêu chuẩn AWS

A5.9 ER309L, đường kính 2.4mm. Vật liệu hàn lớp phủ được sử dụng là que hàn NC-39L tiêu chuẩn AWS A5.4 E309L-16, đường kính 3.2mm. Hai loại vật liệu hàn này được sản xuất bởi hãng Kobelco (Nhật Bản). Thành phần và cơ tính của hai loại vật liệu hàn này được mô tả như bảng dưới đây.

Bảng 5. Thành phần hóa học của que hàn TG-S309L (Kobe steel, 2011)

%C	%Si	%Mn	%Cr	%Ni	%Mo	%Cu
0.016	0.41	1.84	23.28	13.68	0.03	0.04

Bảng 6. Cơ tính của của que hàn TG-S309L (Kobe steel, 2011)

Giới hạn bền (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài (%)	Độ dai va đập (V) ở 0°C (J)
570	410	38	110

Bảng 7. Thành phần hóa học của que hàn NC-39L (Kobe steel, 2011)

%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Cr	%Ni
0.03	0.6	1.5	0.005	0.02	23.13	12.5

Bảng 8. Cơ tính của của que hàn NC-39L (Kobe steel, 2011)

Giới hạn bền (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài (%)	Độ dai va đập (V) ở 0°C (J)
560	410	42	67

Điện cực không nóng chảy được sử dụng trong quá trình hàn GTAW là W-ThO₂, đường kính điện cực là 2,4mm. Khí bảo vệ được sử dụng trong quá trình hàn là khí Argon (Ar) với độ tinh khiết đạt 99,99%. Khí Ar được nén vào bình chuyên dụng dung tích 40l, áp suất 150bar.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**3.1. Quy trình hàn**

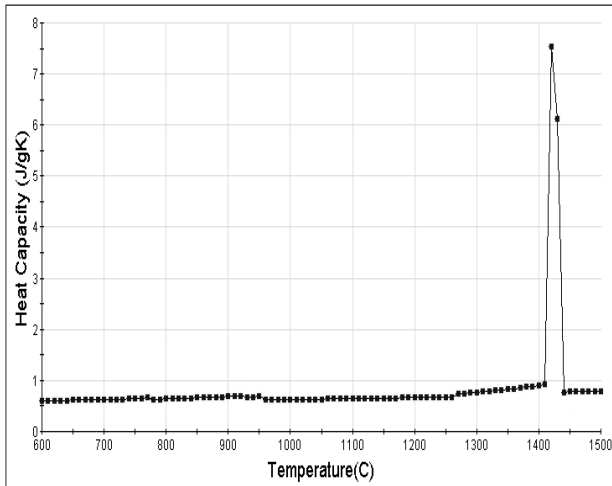
Để đảm bảo chất lượng hàn, tiến hành gia nhiệt cho vật hàn với nhiệt độ 200 – 300°C. Các mối hàn được thực hiện ở vị trí 5G đảm bảo quy trình

hàn theo tiêu chuẩn AWS D1.1 (AWS D1.1/D1.1M, 2010). Quy trình hàn được thực hiện theo trình tự hàn lớp đáy bằng quá trình hàn GTAW, sau đó hàn lớp phủ bằng quá trình hàn SMAW để hoàn thiện mối hàn nối hai loại vật liệu SUS 304 và A53.

Do sử dụng phương pháp hàn nóng chảy nên kim loại mối hàn là hỗn hợp gồm vật liệu cơ bản và vật liệu bổ sung từ que hàn. Vì hàn nối ghép hai loại vật liệu khác nhau hoàn toàn về thành phần và cơ tính, nên thép A53 tham gia quá

nhiều vào mối hàn sẽ làm giảm cơ tính, khả năng chịu nhiệt và khả năng chống ăn mòn của kim loại mối hàn.

Vì độ dẫn nhiệt của thép SUS 304 với A53 có sự chênh lệch đáng kể (khoảng 0.3:1.0). Do đó trong quá trình hàn, nhiệt do hồ quang sinh ra sẽ nhanh chóng truyền từ vùng hàn vào thép A53. Nhiệt truyền vào thép SUS 304 sẽ chậm hơn so với A53. Vì vậy, nguồn nhiệt hồ quang hướng sang thép SUS 304 là cần thiết để cân bằng nguồn nhiệt.



Hình 2. Quá trình chuyển từ trạng thái từ rắn sang lỏng của kim loại mối hàn

Bên cạnh đó, thép không gỉ SUS 304 và thép các bon A53 có sự chênh lệch về hệ số dẫn n

hiệt (khoảng 1.3:1.0), nên khi có sự thay đổi nhiệt độ sẽ sinh ra ứng suất dư trong liên kết khi hàn. Yếu tố này rất quan trọng đối với các liên kết hàn làm việc trong môi trường nhiệt độ cao và thay đổi theo chu kì.

Quá trình phân tích đường đặc tính nhiệt thấy rằng, kim loại mối hàn chuyển từ trạng thái rắn sang trạng thái lỏng ở nhiệt độ khoảng 1430⁰C. Đây là cơ sở quan trọng để điều tiết nguồn nhiệt lệch về phía vật liệu SUS 304 trong quá trình hàn. Vì quá trình điều tiết nguồn nhiệt sẽ giúp kiểm soát được mức độ tham gia của vật liệu nền vào mối hàn. Khi đó, mức độ tham gia vào mối hàn của thép SUS 304 sẽ nhiều hơn so với A53. Thép SUS 304 tham gia nhiều vào mối hàn kết hợp với vật liệu bổ sung từ que hàn sẽ làm tăng độ dẻo, độ bền, khả năng chịu nhiệt, khả năng chống ăn mòn, khả năng kháng nứt cho kim loại mối hàn.

Quá trình hàn lớp thứ nhất (lớp đáy) được thực hiện bằng quá trình hàn GTAW sử dụng que hàn TG-S309L, đường kính 2.4mm của hãng Kobelco. Khí Ar 99,99% được sử dụng để bảo vệ vùng hàn và điện cực. Khí Ar được cấp vào với lưu lượng 15 lít/phút để bảo vệ tốt hơn vùng chân mối hàn. Phương pháp dao động mỏ hàn hình răng cưa được sử dụng để đảm bảo chân độ ngẫu của mối hàn. Độ lùi chân mối hàn đảm bảo từ 0.5 đến 1.0mm.

Bảng 9. Thông số chế độ hàn GTAW

Chế độ hàn	Ký hiệu	Giá trị	Ghi chú
Đường kính điện cực (mm)	d _e	2.4	W-ThO ₂ , α=30 ⁰
Đường kính que hàn (mm)	d	2.4	L = 1000mm
Cường độ dòng hàn (A)	I _h	100 - 110	DCEN
Điện áp hàn (V)	U _h	26 - 28	
Vận tốc hàn (mm/phút)	V _h	50 - 55	
Khí bảo vệ (l/phút)	L _k	10 - 15	Ar99,99%

Quá trình hàn lớp phủ được thực hiện bằng công nghệ hàn SMAW sử dụng que hàn NC-39L tiêu chuẩn E309L-16, đường kính 3.2 mm của hãng Kobelco. Trước khi thực hiện hàn lớp phủ, bề mặt mối hàn và mép vật hàn được làm sạch để đảm bảo

nhận được mối hàn tốt nhất. Mỗi lớp hàn phủ gồm nhiều đường hàn khác nhau, nên các đường hàn phải được thực hiện theo đúng quy trình hàn. Sau mỗi đường hàn và lớp hàn, bề mặt mối hàn, vật hàn được làm sạch trước khi thực hiện đường hàn tiếp theo.

Bảng 10. Thông số chế độ hàn SMAW

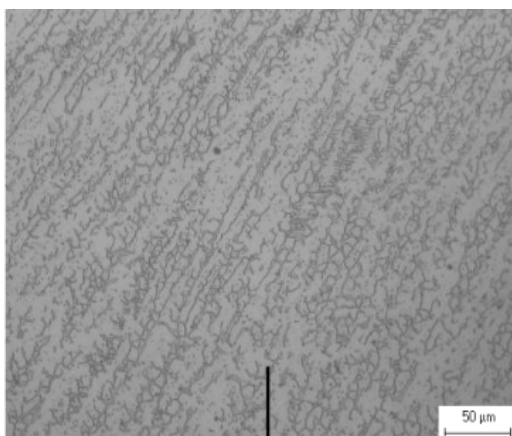
Chế độ hàn	Ký hiệu	Giá trị	Ghi chú
Đường kính que hàn (mm)	d	3.2	
Cường độ dòng hàn (A)	I_h	100 - 110	DCEP
Điện áp hàn (V)	U_h	30 - 32	
Vận tốc hàn (mm/phút)	V_h	80 - 100	

Với chiều dày 10mm, được hàn lớp đáy bằng quá trình hàn GTAW, tác giả thực hiện 03 lớp hàn phủ. Bề mặt mỗi hàn lớp đáy và mép vật hàn được làm sạch trước khi hàn phủ. Lớp hàn phủ thứ I gồm 01 đường hàn phủ kín toàn bộ lớp hàn lót. Lớp phủ thứ II gồm 02 đường hàn phủ kín lớp hàn thứ I. Lớp phủ thứ III gồm 03 đường hàn phủ kín toàn bộ lớp hàn thứ II.

3.2. Kiểm tra kim tương mối hàn

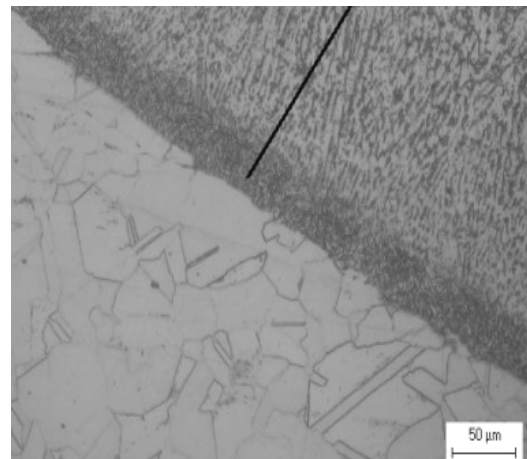
Mẫu kiểm tra kim tương được cắt ra từ vật hàn. Sau đó, mẫu thử được mài bóng và tẩm thực màu để thuận lợi cho cho trình phân tích cấu trúc. Mẫu thử được quan sát và chụp ảnh bằng thiết bị hiển vi quang học OM (Optical microscopy) với độ phóng đại từ 50 đến 1000 lần. Kết quả phân tích ảnh chụp cấu trúc kim loại vùng mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt HAZ (Heat Affected Zone) bằng OM như sau:

Tại vùng kim loại mối hàn: Kim loại vùng mối hàn có cấu trúc gồm hai pha Ferrite và Austenite. Cấu trúc pha tương đối ổn định, các hạt khá đồng đều.



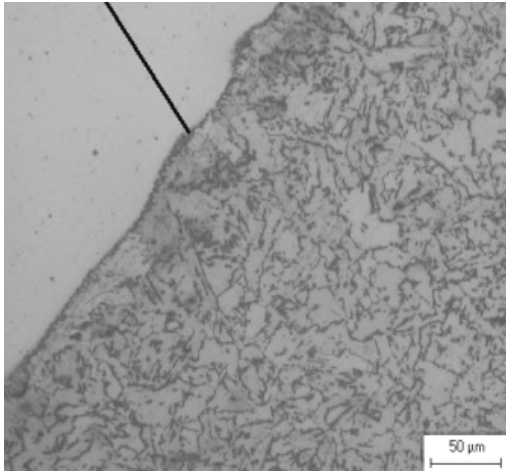
Hình 3. Cấu trúc kim loại mối hàn thép SUS 304 với thép A53

Tại vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) giữa tấm thép SUS 304 với mối hàn có cấu trúc tương đối ổn định; đường phân giới giữa mối hàn với kim loại nền SUS 304 là khá rõ nét; không thấy xuất hiện vết nứt hoặc tách lớp trong vùng phân giới tại vị trí kiểm tra.



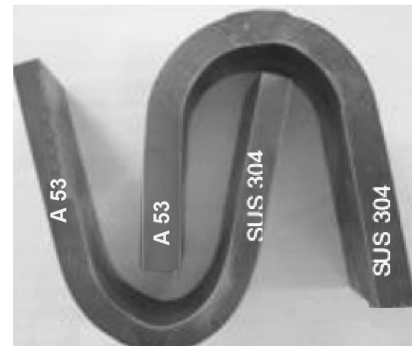
Hình 4. Cấu trúc kim loại vùng HAZ giữa thép SUS 304 với mối hàn

Tại vùng HAZ giữa tấm thép A53 với mối hàn, do hai loại thép khác nhau về thành phần và cơ tính nên quá trình tẩm thực màu ưu tiên thể hiện cấu trúc của thép A53. Từ đường phân giới với mối hàn về phía tấm thép A53 có sự thay đổi rõ rệt về tổ chức kim loại trong vùng HAZ. Cấu trúc kim loại vùng HAZ không còn dạng sóng/ thớ như thép A53 ban đầu. Thay vào đó, các hạt có cấu trúc hạt nhỏ; càng xa mối hàn về phía tấm thép A53, mức độ ảnh hưởng của nguồn nhiệt càng giảm nên kích cỡ hạt càng thô to; không thấy xuất hiện vết nứt hoặc tách lớp trong vùng phân giới tại vị trí kiểm tra.



Hình 5. Cấu trúc kim loại vùng HAZ giữa thép A53 với mối hàn

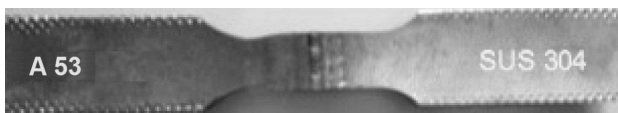
tải của mối hàn. Góc kiểm tra uốn là 180° như Hình 7 dưới đây.



Hình 7. Mẫu thử uốn liên kết hàn giữa thép SUS 304 với A53

3.3. Kiểm tra cơ tính mối hàn

Sau khi hàn, mối hàn được kiểm tra bằng phương pháp chụp ảnh bức xạ RT (Radiography Test) với nguồn Ir-192 tại Trung tâm đánh giá không phá hủy (NDE) - Viện Năng lượng kỹ thuật hạt nhân Việt Nam. Sau khi có kết quả đánh giá RT, tiến hành cắt mẫu thử kéo từ vật hàn để xác định cơ tính của mối hàn và liên kết hàn. Kích thước mẫu thử kéo theo tiêu chuẩn ASME IX. Quá trình kiểm tra cơ tính gồm thử kéo và uốn 180° tại Trường Đại học Sao Đỏ. Với hai mẫu thử kéo ngang mối hàn, độ bền kéo đến khi có hiện tượng thắt bên phía tấm thép A53 là $\sigma_b = 535$ MPa. Sự phá hủy liên kết hàn khi thử kéo xảy ra tại vị trí vết thắt nằm trong vùng HAZ của tấm thép A53, trong khi vùng mối hàn vẫn đảm bảo độ an toàn cho phép. Điều này đã chứng minh rằng, cơ tính của mối hàn cao hơn kim loại vùng ảnh hưởng nhiệt nằm trên vật hàn. Đây là mục tiêu hướng đến và là yêu cầu đối với liên kết hàn thép SUS 304 với thép A53.



Hình 6. Mẫu thử kéo ngang mối hàn giữa thép SUS 304 với A53

Quá trình kiểm tra uốn gồm uốn chân và uốn mặt để đánh giá độ bền và xác định khả năng chịu

Kết quả kiểm tra uốn, không thấy xuất hiện vết nứt trên bề mặt mối hàn và chân mối hàn. Tuy nhiên, khi quan sát thấy xuất hiện vết nứt nhỏ, chiều dài từ (2÷3) mm tại vùng ảnh hưởng nhiệt cách chân của mối hàn khoảng (2÷4)mm nằm bên tấm thép A53. Điều này có thể là do tấm thép A53 đã bị biến cứng sau khi hàn; dẫn đến vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn bên phía tấm thép A53 bị thay đổi tổ chức dưới tác dụng của nguồn nhiệt hồ quang. Mặt khác, tấm thép không gỉ SUS 304 có độ dẻo cao hơn nên khả năng chịu uốn tốt hơn. Mặc dù có bị thay đổi cơ tính tại vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn, nhưng tấm thép SUS 304 vẫn đảm bảo an toàn và không bị nứt khi kiểm tra uốn.

4. KẾT LUẬN

- Khi hàn nối vật liệu thép không gỉ SUS 304 với thép các bon A53 cần gia nhiệt trong khoảng $200 - 300^{\circ}\text{C}$.

- Lớp hàn đáy được thực hiện bằng quá trình hàn GTAW và được bảo vệ bởi khí Ar.

- Lớp phủ được thực hiện bằng quá trình hàn SMAW có năng suất cao hơn; tuy nhiên do tốc độ hàn SMAW thấp nên có thể làm tăng kích thước vùng HAZ của mối hàn.

- Kim loại mối hàn có cấu trúc gồm hai pha Ferrite và Austenite sắp xếp ổn định. Đường phân giới giữa SUS 304 và A53 với mối hàn không có vết nứt.

- Cấu trúc kim loại vùng HAZ giữa thép SUS 304 với mối hàn khá ổn định. Cấu trúc kim loại vùng HAZ giữa thép A53 với mối hàn thay đổi

theo hướng càng xa mối hàn kim loại càng có cấu trúc hạt thô đại.

- Kim loại mối hàn không có khuyết tật khi kiểm tra bằng RT. Cơ tính mối hàn cao, không bị phá hủy khi kiểm tra thử kéo và uốn.

- Kim loại vùng HAZ của mối hàn bị thất khi kéo và bị nứt khi uốn xảy ra trong vùng HAZ của tấm thép A53 là phù hợp với kết quả phân tích kim tương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

E. Taban, et al, (2008), *Evaluation of Dissimilar Welds between Ferritic Stainless Steel Modified 12% Cr and Carbon Steel S355*, SUPPLEMENT TO THE WELDING JOURNAL, Sponsored by the American Welding Society and the Welding Research Council.

AWS welding handbook, (2011), *Materials and Applications, Part 1*, Ed. 9th, Volume 4, AWS, USA.

JIS G 3101, (2010), Rolled steels for general structure, Japan

John E. Bringas, (2007), *Handbook of comparative world steel standards*, Ed. 4th, USA.

Kobe steel, (2011), *Kobelco welding handbook*, Kobe steel, LTD, Japan

AWS D1.1/D1.1M, (2010), *Structural welding code – steel*, USA

Abstract:

RESEARCH AND APPLICATION OF DISSIMILAR METAL WELDING TECHNOLOGY BETWEEN SUS304 STAINLESS STEEL AND A53 CARBON STEEL

Dissimilar metal welding (DMW) process of composition and characteristic is difficultly. The weld is require non-defect, stability microstructure and high strength. In this paper, author is study welding processes between SUS304 stainless steel and A53 carbon steel by gas tungsten arc welding (GTAW) and shielded metal arc welding (SMAW). Metallography method was used to analyzed metal microstructure. Methods are non-destructive test (NDT) with radiography test (RT), destructive test (DT) with strength tensile (TT) and face/root bending test (F/R-BT) to assessing welding quality.

Keywords: Austenite steel welding, dissimilar metal welding, stainless steel welding.

Ngày nhận bài: 17/02/2020

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2020