

# ẢNH HƯỞNG CỦA CRÔM CÁC BÍT ĐẾN ĐỘ CỨNG VÀ KHẢ NĂNG LÀM VIỆC CỦA CÁNH VÍT KHI HÀN BỘT HỢP KIM DURMAT 506 PTA

EFFECT OF CHROMIUM CARBIDE TO MICROHARDNESS AND LIFE TIME OF THE SCREW BLADE DURING PTA WELDING DURMAT 506 POWDER ALLOYS

Ngô Hữu Mạnh<sup>1,\*</sup>

## TÓM TẮT

Quá trình hàn đắp tạo ra bề mặt cứng, nâng cao khả năng chịu mài mòn cho búa nghiền là yêu cầu cấp bách hiện nay. Tổ chức và độ cứng tế vi ảnh hưởng rất lớn đến khả năng chịu mài mòn của lớp đắp. Đây là yếu tố quyết định đến khả năng làm việc của búa nghiền. Trong bài báo này, tác giả phân tích tổ chức tế vi, độ cứng và khả năng chịu mài mòn của lớp đắp trên bề mặt búa nghiền trong lĩnh vực sản xuất gạch ngói. Quá trình hàn PTA (Plasma Transferred Arc) với bột hợp kim Durmat 506 được sử dụng để hàn đắp tạo lớp bề mặt của búa nghiền. Phương pháp kim tương học được sử dụng để phân tích cấu trúc tế vi, kiểm tra độ cứng tế vi và xác định khả năng chịu mài mòn của lớp đắp bằng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm.

**Từ khóa:** Tổ chức tế vi, độ cứng tế vi, PTA, hàn đắp, mài mòn.

## ABSTRACT

Nowaday, the welding process which creates a hard surface and improves the abrasion resistance of the hammer mill is an urgent requirement. Microstructure and microhardness are influence to abrasion resistance and impact of the weld. There are factors determine to life time of hammer mill. In this paper, the microstructure, hardness and abrasion resistance, which will be analyzed and evaluated the surface quality of hammer mills in the bricks and tiles. The PTA (Plasma Transferred Arc) welding process by Durmat 506 powder alloys was used to surface of the hammer. Metallography method was used to analyzed microstructure, microhardness and abrasion tested by theory and experimental.

**Keywords:** Microstructures, microhardness, PTA, welding hardsurfacing, abrasion.

<sup>1</sup>Trường Đại học Sao Đỏ

\*Email: manh.weldtec@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/01/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/3/2022

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2022

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong lĩnh vực sản xuất gạch ngói, búa nghiền phải làm việc liên tục trong điều kiện khắc nghiệt, chịu mài mòn cao, chịu va đập với cường độ lớn. Quá trình nghiền nguyên liệu

đầu vào làm gạch ngói dẫn đến hiện tượng tách lớp, vỡ mảnh, mòn bề mặt búa nghiền. Kết quả khảo sát cho thấy, hiện tượng mòn bề mặt búa nghiền là rất khốc liệt. Tốc độ mòn búa nghiền phụ thuộc rất lớn vào thành phần của nguyên liệu đầu vào và khả năng chống mài mòn của lớp kim loại đắp trên bề mặt búa nghiền.

Trong quá trình sản xuất, để giảm chi phí và tăng hiệu quả sử dụng, búa nghiền thường được chế tạo gồm hai phần [1]. Thân búa được chế tạo từ thép các bon thấp để đảm bảo độ dẻo và giảm chi phí. Lớp bề mặt làm việc của búa nghiền bằng vật liệu có khả năng chịu mài mòn, chịu va đập. Hai phần này được liên kết với nhau bằng quá trình hàn PTA thay vì sử dụng cùng một loại thép. Điểm khó khăn ở đây là phải liên kết hai loại vật liệu khác nhau hoàn toàn về bản chất. Nếu không sẽ gây ra hiện tượng nứt, tách lớp sau khi hàn dẫn đến bong tróc bề mặt khi làm việc.

Quá trình hàn PTA với bột hợp kim Durmat 506 tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình nóng chảy, luyện kim và kết tinh của mối hàn. Các yếu tố này quyết định hình dạng và kích thước vùng hàn; cấu trúc và tổ chức kim loại; cơ tính và khả năng làm việc của kim loại mối hàn.

Hợp kim bột Durmat 506 có thành phần cơ bản gồm các nguyên tố C, Cr, Mo, SC, Fe [2]. Sự có mặt của Crôm (Cr) và Các bon (C) với hàm lượng lớn là điều kiện thuận lợi để tạo các bít Crôm khi hàn PTA nhằm làm tăng độ cứng và khả năng chịu mài mòn của lớp đắp. Ngoài ra, Sắt (Fe) với hàm lượng khoảng 75% có thể kết hợp với Cr và C để tạo ra liên kim Cr-Fe-C làm tăng khả năng liên kết, khả năng chịu mài mòn và chịu va đập cho lớp đắp.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu nền

Phôi búa nghiền được chế tạo từ thép CT38 bằng phương pháp cán. Kích thước của phôi búa nghiền phụ thuộc vào rô to và công suất của máy nghiền. Trong trường hợp này, phôi búa nghiền được nghiền cứu và thực nghiệm có kích thước các chiều (dài x rộng x dày) lần lượt là 600mm x 76mm x 50mm. Trên thân búa được gia công 05 lỗ bậc Ø22 để liên kết với rô to của máy nghiền bằng các bu lông

M20. Hình dạng của búa nghiền, thành phần và cơ tính của vật liệu làm thân búa nghiền được mô tả trong hình 1, bảng 1 và 2.



Hình 1. Phôi búa nghiền

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép CT38 theo TCVN 1765-85 [3]

%C	%Si	%Mn	%S	%P
0,14 – 0,22	0,12 – 0,30	0,40 – 0,60	≤ 0,04	≤ 0,04

Bảng 2. Cơ tính của thép CT38 theo TCVN 1765-85 [3]

Giới hạn bền (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài (%)
380 - 470	> 235	> 25

## 2.2. Vật liệu hàn

Vật liệu hàn đắp bề mặt búa nghiền được lựa chọn là bột hợp kim Durmat 506 của hãng Durum. Bột hợp kim Durmat 506 có nền Sắt (Fe). Thành phần cơ bản của hợp kim bột Durmat 506 gồm các nguyên tố C, Cr, Mo, SC, Fe. Độ cứng của kim loại đắp đạt khoảng 62HRC sau khi hàn hai đến ba lớp. Thành phần và đặc tính của vật liệu bột hợp kim Durmat 506 được mô tả trong bảng 3 và 4.



Hình 2. Bột hợp kim Durmat 505 của hãng Durum (CHLB Đức) [2]

Bảng 3. Thành phần hóa học của bột hợp kim Durmat 506 [2]

%C	%Cr	%Mo	%SC	%Fe
3,1	8 - 9	1,5 - 1,8	15 - 18	Nền

Bảng 4. Đặc tính của bột hợp kim Durmat 506 [2]

Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Kích cỡ hạt (µm)	Độ cứng của kim loại mối hàn (HRC)
8,0	1310	63 - 160	58 – 64

Khí bảo vệ, khí mang bột và khí tạo plasma là khí Argon (Ar) với độ tinh khiết đạt 99,99%. Khí Ar được nén vào bình chuyên dụng có dung tích 40l, áp suất 150bar. Điện cực không nóng chảy được sử dụng trong quá trình hàn PTA là W-ThO<sub>2</sub> với đường kính 3,2mm.

## 2.3. Chế độ hàn

Các thông số chế độ hàn PTA được tính toán và xác định trên cơ sở lý thuyết và thực nghiệm phù hợp với loại vật

liệu, chiều dày vật hàn, dạng kết cấu và vị trí hàn trong điều kiện không nung nóng sơ bộ. Quá trình tính toán và phân tích, tác giả đã xác định được giá trị các thông số chế độ hàn cơ bản như bảng 5.

Bảng 5. Các thông số chế độ hàn PTA

Thông số chế độ hàn	Ký hiệu	Giá trị	Ghi chú
Cường độ dòng hàn (A)	I <sub>h</sub>	110 ÷ 115	
Điện áp hàn (V)	U <sub>h</sub>	26 ÷ 28	
Vận tốc hàn (cm/phút)	V <sub>h</sub>	50	
Tốc độ cấp bột (kg/giờ)	V <sub>b</sub>	1,5	
Biên độ dao động mở hàn (mm)	B	20	
Đường kính điện cực (mm)	D <sub>e</sub>	3,2	W-2%ThO <sub>2</sub> (màu đỏ)
Tầm với điện cực (mm)	L <sub>e</sub>	15	
Khí tạo hồ quang plasma (l/phút)	K <sub>p</sub>	3,0	Ar 99,99%
Khí mang bột (l/phút)	K <sub>b</sub>	5,0	Ar 99,99%
Khí bảo vệ (l/phút)	K <sub>bv</sub>	15	Ar 99,99%
Góc độ mở hàn (°)	G <sub>m</sub>	90	
Dạng dao động mở hàn	D <sub>m</sub>		Răng cưa
Gia nhiệt trước khi hàn (°C)	G <sub>t</sub>		Không gia nhiệt trước khi hàn
Ram sau khi hàn (°C)	R <sub>t</sub>		Để nguội trong không khí

## 2.4. Quy trình hàn

Quá trình hàn đắp chỉ được thực hiện ở mặt trước (bề mặt làm việc) của búa nghiền. Số lớp hàn là hai lớp. Mỗi lớp hàn gồm các đường hàn dọc theo đường biên của búa nghiền và đường hàn ngang. Lớp hàn thứ hai được thực hiện ngay sau khi hoàn thiện lớp hàn thứ nhất. Cả hai lớp hàn đều được thực hiện bằng quá trình hàn PTA với bột hợp kim Durmat 506. Chiều cao mỗi lớp hàn trung bình khoảng 2mm. Sau hai lớp đắp, chiều cao mỗi hàn sẽ đạt được khoảng 4mm.



Hình 3. Búa nghiền sau khi hàn lớp bề mặt

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Hình dạng mối hàn

Hình dạng mối hàn là yếu tố quan trọng quyết định đến chất lượng mối hàn, khả năng liên kết, mức độ tiêu hao vật liệu hàn,... Nó phụ thuộc chủ yếu vào năng lượng đường. Theo tài liệu [4], để xác định được giá trị năng lượng đường

phù hợp cần dựa trên cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm thực tế. Năng lượng đường khi hàn được xác định theo công thức sau:

$$Q = \frac{V \cdot I \cdot 60}{1000 \cdot S} \cdot \eta$$

Trong đó: Q là năng lượng đường (kJ/mm)

V là điện áp hàn (V)

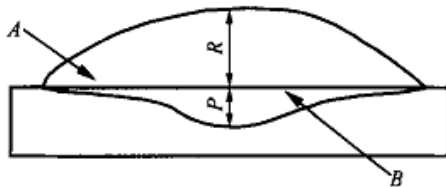
I là cường độ dòng điện hàn (A)

S là tốc độ hàn (mm/phút)

$\eta$  là hệ số phụ thuộc vào quá trình hàn,

$\eta = 0,6$  khi hàn PTA.

Thay số vào công thức trên, xác định được năng lượng đường  $Q \approx 0,3 \text{ kJ/mm}$ . Với các phương pháp hàn truyền thống như SMAW, GMAW, GTAW mức độ tham gia của kim loại cơ bản vào mối hàn thường nằm trong khoảng (10 - 30%) khối lượng kim loại mối hàn [5, 6]. Điều này gây ảnh hưởng không nhỏ đến cơ tính, cấu trúc, khả năng làm việc của kim loại mối hàn. Mức độ tham gia của kim loại cơ bản vào mối hàn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chế độ hàn, quy trình hàn, năng lượng đường [7].



Hình 4. Hình dạng của mối hàn [7]

Theo V. Balasubramanian [8], khi hàn đắp mức độ tham gia của kim loại cơ bản vào mối hàn được xác định theo công thức dưới đây:

$$D = \frac{B}{A + B} \cdot 100\%$$

Trong đó:

D - Mức độ tham gia của kim loại cơ bản vào mối hàn (%)

A - Diện tích mặt cắt ngang kim loại phần lõi của mối hàn (mm<sup>2</sup>)

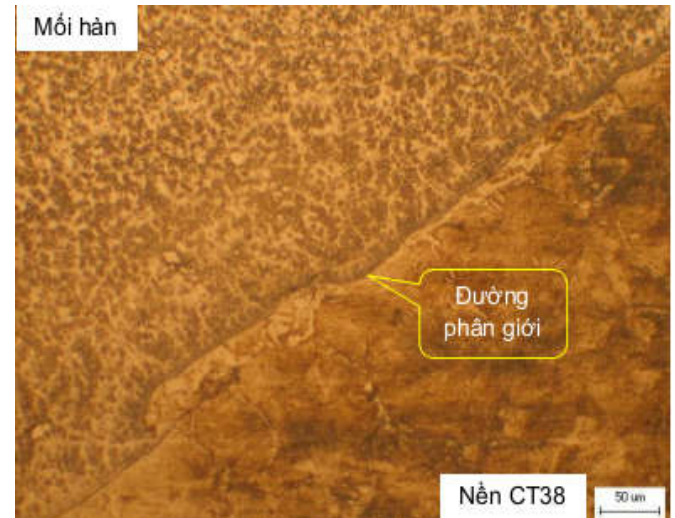
B - Diện tích mặt cắt ngang kim loại phần sâu ngấu của mối hàn (mm<sup>2</sup>)

Như vậy, để xác định mức độ tham gia của kim loại cơ bản vào mối hàn khi hàn đắp, cần căn cứ vào chiều sâu ngấu và phần lõi của mối hàn. Khi hàn búa nghiêng bằng công nghệ hàn PTA với bột hợp kim Durmat 506, tác giả đã tính toán được mức độ tham gia của kim loại nền vào mối hàn là khoảng  $D = 6,2\%$ .

### 3.2. Tổ chức tế vi của kim loại mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt

Quan sát và phân tích ảnh chụp bằng kính hiển vi quang học OM (Optical Microscopy) thấy rằng, vùng kim loại mối hàn và vùng kim loại nền có sự phân giới khá rõ ràng. Mặc dù không nung nóng sơ bộ nhưng kim loại mối hàn vẫn có sự liên kết tốt với kim loại nền CT38. Không có

hiện tượng rỗ, xốp, tách lớp giữa vùng kim loại mối hàn với kim loại nền.



Hình 5. Tổ chức tế vi kim loại mối hàn và kim loại nền (OM, 500X)

Tổ chức kim loại mối hàn gồm các hạt các bit nằm xen kẽ nhau. Các hạt cứng gồm Crôm các bit và Vônfram các bit có mật độ tương đối lớn. Kích cỡ và sự phân bố các hạt Crôm các bit là tương đối đồng đều. Các hạt Crôm các bit nằm sát nhau và có xu hướng tạo thành chuỗi hạt. Đây là yếu tố quyết định độ cứng, khả năng chịu mài mòn của kim loại lớp đắp.

Giữa các hạt Crôm các bit và Vônfram các bit là vùng kim loại dẻo hơn nằm xen kẽ với các hạt cứng. Nó có nhiệm vụ liên kết các hạt các bit với nhau. Đây là yếu tố cơ bản giúp cho vùng kim loại mối hàn không bị nứt. Đồng thời làm tăng khả năng liên kết, khả năng chịu va đập khi làm việc của lớp đắp.

Mật độ phân bố của Crôm các bit trong kim loại mối hàn có xu hướng giảm dần khi tiệm cận với đường phân giới và hầu như không còn xuất hiện bên vùng kim loại nền CT38, kể cả khu vực nằm sát đường phân giới với kim loại mối hàn. Không thấy sự có mặt của Crôm các bit bên phía kim loại nền. Điều này chứng minh rằng, Crôm các bit không bị hòa tan vào kim loại nền CT38. Đây cũng là điểm khác biệt giữa công nghệ hàn PTA so với các công nghệ hàn truyền thống khác.

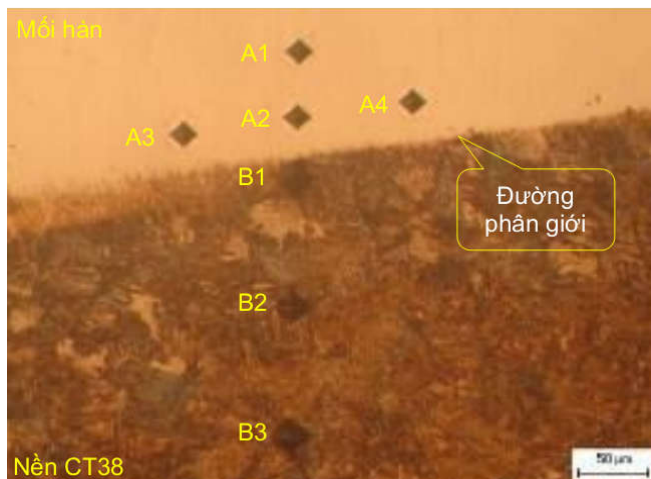
Vùng kim loại nền gần đường phân giới với mối hàn có thành phần gồm Ferit và Peclit. Đây là vùng kim loại nền nằm trong vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn nên bị thay đổi tổ chức và tính chất. Tổ chức kim loại vùng này gồm các hạt Ferit và Peclit có kích cỡ các hạt nhỏ hơn các vùng khác. Mật độ phân bố các hạt Ferit và Peclit là tương đối đồng đều.

### 3.3. Độ cứng tế vi của kim loại mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt

Độ cứng tế vi được đo trên vùng kim loại mối hàn và vùng kim loại nền nằm gần đường phân giới với kim loại mối hàn. Đây là vùng kim loại nền nằm trong vùng ảnh hưởng nhiệt nên bị thay đổi tổ chức, tính chất bởi nguồn

nhật hàn. Vị trí và thứ tự kiểm tra độ cứng tại điểm theo hướng từ đỉnh xuống chân mối hàn (hình 6).

Kết quả kiểm tra độ cứng tế vi cho thấy, không có sự chênh lệch nhiều về độ cứng trên vùng kim loại mối hàn. Ở xa đường phân giới về phía mối hàn như điểm A1, độ cứng cao hơn so với các điểm khác ở gần đường phân giới. Độ cứng ở các điểm đo A2, A3 và A4 là các điểm có khoảng cách đến đường phân giới bằng nhau nên có giá trị độ cứng gần như nhau.



Hình 6. Độ cứng vùng kim loại mối hàn

Bảng 6. Bảng kết quả đo độ cứng tế vi trên vùng kim loại mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt

Điểm kiểm tra	Khoảng cách từ đường phân giới đến các điểm (µm)	Độ cứng tế vi (HV <sub>0,1</sub> )
A1	350	697
A2	150	688
A3	150	685
A4	150	687
B1	30	422
B2	500	287
B3	1000	242

Độ cứng tại vị trí đường phân giới đo được cho thấy có sự thay đổi đáng kể tổ chức kim loại vùng này. Giá trị độ cứng đo được tại điểm B2 và B3 là khá ổn định, phù hợp với tổ chức Ferit và Peclit bị biến tính do nguồn nhiệt hàn.

### 3.4. Khả năng chịu mài mòn của lớp kim loại đắp

Để đánh giá khả năng chịu mài mòn của lớp đắp trên bề mặt búa nghiền, tác giả tiến hành thử nghiệm tại Công ty Cổ phần Viglacera Đồng Triều (Quảng Ninh). Điều kiện thử nghiệm gắn với quá trình nghiền nguyên liệu thực tế tại công ty. Búa nghiền hàn PTA được hàn bằng bột hợp kim Durmat 506 được đánh dấu để dễ nhận biết, được lắp vào rô to máy nghiền cùng với búa nghiền được hàn bằng phương pháp khác. Thời gian thử nghiệm là 10 ca, tương đương 80 giờ làm việc liên tục.

Kết quả thử nghiệm thấy rằng, kim loại lớp đắp trên bề mặt búa nghiền hàn bằng PTA với bột hợp kim Durmat 506 bị mòn ít hơn so với búa nghiền hàn bằng các phương pháp hàn khác. Với chiều dày lớp đắp trên bề mặt búa nghiền là 4mm, lượng mòn đo được sau 80 giờ làm việc trung bình là 3,2mm. Trong khi đó, búa nghiền hàn bằng phương pháp khác bị mòn 6mm, bao gồm toàn bộ phần kim loại hàn đắp dày 4mm và 2mm phần kim loại nền CT38.



Hình 7. Bề mặt búa nghiền sau 80 giờ làm việc liên tục

Bề mặt búa nghiền mòn tương đối đồng đều, không có hiện tượng tróc, tách lớp hay vỡ mảnh. Các khu vực bị mòn mạnh nhất là hai đầu và cạnh búa. Nguyên nhân cơ bản được phân tích trên cơ sở lý thuyết và thực tiễn, đây là các khu vực tiếp xúc nhiều và trực tiếp với nguyên liệu đầu vào. Quá trình va đập với lực lớn và đột ngột để nghiền mịn nguyên liệu đầu vào (gồm đá non, đất, gạch, cát,...), kết hợp lực ma sát do tiếp xúc với nguyên liệu dẫn đến hiện tượng mòn khốc liệt ở các vùng này.

Quá trình nghiên cứu và thử nghiệm, tác giả đã chứng minh được tính hiệu quả khi hàn đắp búa nghiền bằng công nghệ hàn PTA với bột hợp kim Durmat 506. Theo kết quả đánh giá và phân tích, để mòn hết phần kim loại đắp trên bề mặt búa nghiền, thì thời gian làm việc của búa nghiền dự tính đạt khoảng 14 ca, tương đương khoảng 112 giờ làm việc liên tục. Như vậy, thời gian làm việc của búa nghiền đã được cải thiện đáng kể góp phần tăng hiệu quả sử dụng, tăng năng suất và giảm chi phí sản xuất cho doanh nghiệp.

### 4. KẾT LUẬN

Búa nghiền được hàn tự động hai lớp bằng công nghệ hàn PTA với bột hợp kim Durmat 506, sự liên kết giữa lớp đắp với kim loại nền là khá tốt, không có hiện tượng tách lớp hay nứt sau khi hàn và bong tróc khi làm việc.

Năng lượng đường là khoảng 0,3kJ/mm và mức độ tham gia của kim loại nền vào mối hàn đạt khoảng 6,2%.

Tổ chức kim loại mối hàn gồm các hạt Crôm các bit và Vônfram các bit với mật độ ổn định, kích thước hạt đồng đều, có sự xen kẽ giữa các pha cứng và pha mềm. Các hạt Crôm các bit có xu hướng tạo thành chuỗi hạt làm tăng độ cứng và khả năng chịu mài mòn cho kim loại lớp đắp.

Độ cứng tế vi của kim loại mỗi hàn lớp bề mặt búa nghiền đạt giá trị lớn nhất 697HV<sub>0.1</sub>. Độ cứng này có xu hướng giảm dần khi tiếp giáp với vùng kim loại nền.

Sau khi hàn đắp hai lớp bằng công nghệ hàn PTA bột hợp kim Durmat 506 với chiều dày 4mm, búa nghiền có khả năng làm việc 14 ca, tương đương 112 giờ làm việc liên tục.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ngo Huu Manh, Ta Hong Phong, Nguyen Duc Hai, 2015. *Study of microstructure and microhardness of surface welding of screw extrusion in the field of bricks and tiles production*. Proceedings of the 5th National Conference on Mechanical Science & Technology, Ho Chi Minh City, Vol. 2, pp. 357-363.

[2]. Durum, 2009. *PTA powder alloys*. Rev.9, Durum material catalog.

[3]. TCVN 1765-75.

[4]. Balamurugan Sivaramakrishnan, Murugan Nadarajan, 2014. *A Study on Microhardness, Microstructure and Wear Properties of Plasma Transferred Arc Hardfaced Structural Steel with Titanium Carbide*. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 2, pp. 160-168.

[5]. Ngo Le Thong, 2007. *Công nghệ hàn điện nung chảy - Tập 1*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[6]. A. K. Lakshminarayanan, V. Balasubramanian, R. Varahamoorthy, S. Babu, 2008. *Predicting the Dilution of Plasma Transferred Arc Hardfacing of Stellite on Carbon Steel Using Response Surface Methodology*. Metals and Materials International, Vol. 14, No. 6, pp. 779-789

[7]. Ngo Huu Manh, Nguyen Van Anh, Bui Van Hanh, Nguyen Thuc Ha, 2014. *Research on factors affecting the participation of base metal in welds when welding with plasma technology*. Journal of Science & Technology of Technical Universities, Vol. 98, pp. 34-38.

[8]. V. Balasubramanian, 2009. *Application of response surface methodology to prediction of dilution in plasma transferred arc hardfacing of stainless steel on carbon steel*. International Journal of Iron and Steel research, Vol. 16, pp.44-53.

---

#### AUTHOR INFORMATION

**Ngo Huu Manh**

Sao Do University