

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NHÁM BỀ MẶT NỀN THÉP C45 VÀ CT3 ĐẾN CHẤT LƯỢNG LỚP PHỦ NHÔM (Al) BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHUN NHIỆT

INFLUENCE RESEARCH OF SURFACE ROUGHNESS OF THE C45 AND CT3 STEEL TO QUALITY OF ALUMINUM (Al) COATING BY THERMAL SPRAY METHOD

Phạm Văn Liệu^{1*}, Lê Thu Quý²,
Lê Thị Phương Thanh¹

TÓM TẮT

Cùng với việc phát triển của khoa học công nghệ, các ngành kỹ thuật công nghiệp cũng phát triển mạnh, đòi hỏi việc nâng cao chất lượng sản phẩm và kéo dài tuổi thọ của các chi tiết máy, đặc biệt đối với các chi tiết máy làm việc trong môi trường khắc nghiệt như chịu ăn mòn, mài mòn, chịu nhiệt độ và áp suất cao là vấn đề luôn được quan tâm. Có rất nhiều phương pháp xử lý bề mặt được ứng dụng trong đó phương pháp phun nhiệt thể hiện được tính ưu việt hơn so với các phương pháp xử lý bề mặt khác cả về kỹ thuật và kinh tế. Trong bài báo này, các tác giả trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của độ nhám bề mặt vật liệu nền thép C45 và CT3 đến độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) bằng phương pháp phun hồ quang điện. Kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng trong việc phục hồi các chi tiết như cánh quạt trong lò đốt rác thải, cánh tuabin, cánh bơm...

Từ khóa: Phun phủ, phương pháp phun nhiệt, lớp phủ Al, độ bám dính, độ nhám.

ABSTRACT

The technology science is developing day by day in over the world. Meanwhile, the field of industrial engineering also develops very fast. Therefore, the problem of increment about product quality and longevity for the parts of machine which especially work with the harsh environment is interested and studied such as the abilities of corrosion, abrasion, temperature, and high pressure resistant. Many methods are used to treat for the surface of the parts of machine. However, the thermal Spray method is more advantageous about the economic and technicality than other method. This paper shows the results about the surface roughness effect of foundation material of steel C45 and CT3 to adhesion of aluminum coatings by the method of electric arc ejection. These results can apply to re-cover for the parts of machine such as the propeller in the rubbish incinerator, turbine and pump wings...

Keywords: Spray coating, thermal Spray method, aluminum coating, adhesion, roughness.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Viện Nghiên cứu Cơ khí

*Email: phamvanlieu2@gmail.com

Ngày nhận bài: 03/11/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 29/01/2019

Ngày chấp nhận đăng: 25/02/2019

1. GIỚI THIỆU

Công nghệ phun kim loại ngày càng được quan tâm do có ý nghĩa quan trọng và quyết định đến tính chất của vật liệu lớp phủ. Đó là tạo ra một lớp bề mặt có khả năng đáp ứng các điều kiện làm việc như chịu mài mòn, chống ăn mòn, chịu nhiệt.... Hiện nay, công nghệ phun phủ kim loại nói chung và phương pháp phun nhiệt nói riêng tuy còn rất mới so với các công nghệ khác nhưng đã được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, đặc biệt là trong cơ khí chế tạo máy, giao thông vận tải, dầu khí... và đã trở thành một lĩnh vực khoa học và công nghệ riêng biệt, biểu hiện giống như một khoa học và công nghệ bề mặt (Công nghệ xử lý bề mặt); mặt khác nó cũng giống như một phương pháp công nghệ chế tạo mới trong sản xuất [2]. Ở Việt Nam, việc ứng dụng phương pháp phun phủ nhiệt trong các ngành công nghiệp hiện nay vẫn còn nhiều hạn chế, tuy nhiên cũng đã mang lại những hiệu quả nhất định. Bài báo này tập trung nghiên cứu ứng dụng phương pháp phun nhiệt để chế tạo lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3, nhằm nâng cao khả năng làm việc của các chi tiết trong điều kiện sản xuất ở Việt Nam.

2. VẬT LIỆU, TRANG THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

* **Vật liệu nền:** Thép nền được sử dụng làm thí nghiệm là thép C45 và CT3.

* **Vật liệu phun hạt tạo nhám bề mặt nền:** Hạt mài corindon nâu.

* **Vật liệu phun:** Dây Nhôm có đường kính $\varnothing 2$ mm.

2.2. Trang thiết bị

Hệ thống trang thiết bị phun phủ kim loại bao gồm: máy phun phủ hồ quang điện OSU-Hessler 300A (Đức) gồm có 3 bộ phận chính đó là đầu phun LD/U-2, hệ thống nguồn điện và tủ điều khiển; máy nén khí trực vít BOGE S29 (Đức); máy làm khô khí nén BOGE D17-D275 (Đức); máy phun hạt mài SPEEDO PBM-100 (Singapore); máy đo độ

nhám bề mặt vật liệu Mitutoyo Surftest SJ301 (Mỹ) và thiết bị đo độ bám dính lớp phủ và nền thép DLR (CHLB Đức).

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp tạo nhám bề mặt

Có nhiều phương pháp tạo nhám bề mặt như: tiện rãnh, lăn ren, phun hạt mài..., để đáp ứng mục tiêu và phù hợp với điều kiện thực tế, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp phun hạt mài để tạo nhám bề mặt, ưu điểm của phương pháp này là hạt mài có độ cứng cao, có góc cạnh sắc nhọn và có thể tái sử dụng nhiều lần. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả tạo nhám như hình dạng của đầu phun, áp suất khí phun, góc phun, thời gian phun, khoảng cách từ đầu phun đến bề mặt tạo nhám và cỡ hạt mài... Tuy nhiên, trong nghiên cứu chỉ xét đến ảnh hưởng của hai yếu tố đó là: khoảng cách từ đầu súng phun đến bề mặt tạo nhám và cỡ hạt mài. Các yếu tố còn lại được giữ cố định với các thông số cụ thể là: góc phun $\theta = 45^\circ$, áp suất khí phun $P = 7-8 \text{ atm}$, thời gian phun $t = 30s$, đầu phun có đường kính $\varnothing = 4 \text{ mm}$ [3].

* Các thông số phun tạo nhám bề mặt

Để tạo nhám bề mặt nền thép sử dụng máy phun hạt mài SPEEDO PBM-100 (Singapore), các thông số được lựa chọn trong quá trình tạo nhám như sau:

- + Hạt mài: corindon nâu (Công ty Cổ phần chế tạo đá mài Hải Dương)
- + Cỡ hạt mài: G18 (~ 1,2 mm), G24 (~ 1,0 mm) và G36 - 46 (~ 0,7 mm).
- + Khoảng cách phun: 50mm, 100mm, 200mm, 300mm.

3.2. Phương pháp xác định độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al)



Hình 1. Sơ đồ và mẫu kiểm tra độ bám dính [3]

Việc xác định độ bền bám dính của lớp phủ đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu với nhiều phương pháp

khác nhau như: Phương pháp keo dính, phương pháp kéo chốt, phương pháp bám trượt... Trong nghiên cứu này, độ bền bám dính lớp phủ Al trên nền thép C45 và CT3 được xác định theo phương pháp kéo chốt theo JIS-H-8666-1980

Mẫu thử được thiết kế gồm: Một chốt hình trụ A có đường kính $\varnothing 12 \times 50 \text{ mm}$ được tiện còn một đầu là $\varnothing 8 \times 10 \text{ mm}$. Một mặt bích B có đường kính $\varnothing 40 \times 10 \text{ mm}$ và được khoét lỗ ở giữa hình 1.

Chốt A và mặt bích B được lắp khít. Trên toàn bộ mặt chốt và mặt bích của mẫu thử được tạo nhám và được chuẩn bị đảm bảo yêu cầu kỹ thuật để đạt độ bám dính cao nhất, lớp phủ Nhôm (Al) được phun lên mẫu thử với chiều dày là 1 - 1,5 mm.

* Các thông số phun lớp phủ Nhôm (Al)

Quá trình phun lớp phủ Nhôm (Al) sử dụng máy phun hồ quang điện OSU-Hessler 300A (Đức) [3], với các chế độ công nghệ đã được lựa chọn như sau:

- Áp suất khí phun: $P = 3,5 - 5,5 \text{ atm}$
- Khoảng cách phun: $L = 100 - 300 \text{ mm}$
- Góc phun: $\theta = 90^\circ$
- Điện thế hồ quang: $U = 25 - 30 \text{ V}$
- Cường độ dòng điện: $I = 120 - 150 \text{ A}$

Sau khi phun xong mẫu thử được lắp trên đồ gá đã thiết kế trước. Giá trị độ bám dính được xác định bằng lực kéo làm bong lớp phủ ra khỏi bề mặt chốt có diện tích xác định. Ứng suất kéo được tính theo công thức:

$$\sigma_k = \frac{P}{F} \text{ (MPa)}$$

Trong đó:

P - lực kéo chốt, kG

F - tiết diện tiết diện chốt, cm^2

4. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

4.1. Nghiên cứu độ nhám bề mặt trước khi phun phủ

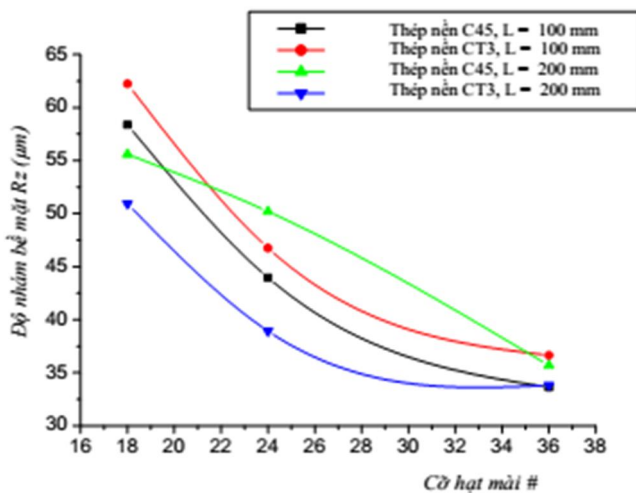
Quá trình đo độ nhám của thép nền C45 và CT3 trên máy Mitutoyo Surftest SJ301 (Mỹ) được thực hiện đo trên một chiều dài tiêu chuẩn L, sử dụng giá trị R_z là trị số trung bình của 5 khoảng cách từ các đỉnh cao nhất đến 5 đáy thấp nhất của nhấp nhô bề mặt tế vi. Kết quả đo độ nhám bề mặt được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đo độ nhám bề mặt thép nền C45 và CT3 tương ứng với các chế độ tạo nhám khác nhau [3]

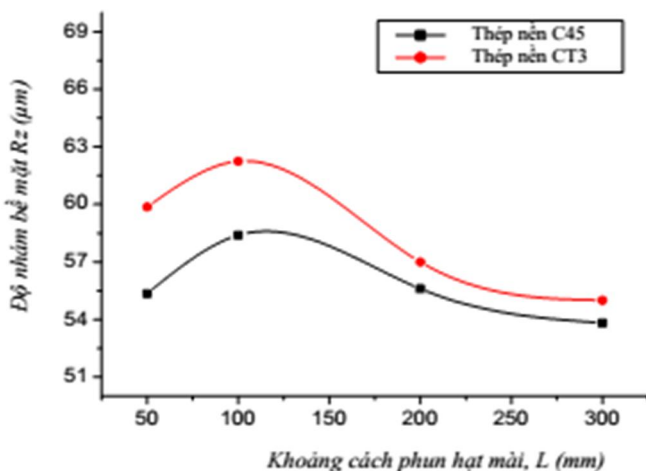
Cỡ hạt mài	Khoảng cách phun hạt L (mm)	Độ nhám thép nền C45	Độ nhám thép nền CT3
		Rz (µm)	
18	50	55,35	59,87
	100	58,39	62,25
	200	55,60	50,94
	300	53,82	53,42

24	50	55,96	48,63
	100	43,97	46,78
	200	50,21	38,92
	300	46,63	46,54
36-46	50	33,03	33,58
	100	33,63	36,64
	200	35,68	33,81
	300	37,17	36,42

Từ kết quả đo độ nhám cho trong bảng 1, sử dụng phần mềm chuyên dùng xây dựng đồ thị 2D biểu diễn ảnh hưởng của cỡ hạt mài và khoảng cách phun hạt đến độ nhám bề mặt của thép nền C45 và CT3 trên hình 2 và 3.



Hình 2. Ảnh hưởng của cỡ hạt mài đến độ nhám bề mặt của thép nền C45 và CT3 ứng với khoảng cách phun $L = 100\text{ mm}$ và $L = 200\text{ mm}$



Hình 3. Ảnh hưởng của khoảng cách phun đến độ nhám bề mặt của thép nền C45 và CT3 ứng với cỡ hạt 18

Từ đồ thị hình 2 cho thấy, cùng một thông số phun như: khoảng cách phun và góc phun, khi sử dụng các cỡ hạt mài khác nhau thì sẽ cho giá trị độ nhám bề mặt khác nhau. Độ nhám bề mặt đạt giá trị lớn nhất trên các mẫu khi phun bằng cỡ hạt G18 và giá trị nhỏ nhất khi phun bằng cỡ hạt G36 ÷ 46.

Khi giữ cố định khoảng cách từ đầu phun đến bề mặt chi tiết và tăng dần cỡ hạt tương ứng với việc giảm kích thước hạt (trong miền khảo sát), giá trị độ nhám có xu hướng giảm dần.

Trên hình 3 là đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của khoảng cách phun đến độ nhám bề mặt của thép nền C45 và CT3 ứng với cỡ hạt G18.

Từ đồ thị hình 3 cho thấy, khi phun bằng cỡ hạt G18, tăng dần khoảng cách phun $L = 50-100\text{ mm}$, độ nhám bề mặt tăng. Tuy nhiên, khi tăng khoảng cách phun đến một giới hạn nhất định $L = 200-300\text{ mm}$, độ nhám lại giảm.

Điều này có thể được giải thích như sau: Nếu đầu phun đặt ở vị trí quá gần với bề mặt chi tiết, các hạt mài bay với tốc độ cao đến va đập vào bề mặt chi tiết các hạt mài này chưa kịp rơi xuống thì các hạt phía sau đã va đập vào nó. Làm cản trở sự tạo nhám bề mặt, do đó hiệu quả của tạo nhám kém. Nếu đầu phun đặt ở vị trí quá xa với bề mặt chi tiết sẽ dẫn tới động năng của các hạt bị giảm, hiệu quả tạo nhám không cao.

Như vậy ứng với mỗi cỡ hạt mài sẽ có một khoảng cách phun L tối ưu.

Giá trị độ nhám cao nhất trên nền thép C45 và CT3 lần lượt là $R_z = 58,39\text{ }\mu\text{m}$ và $R_z = 62,25\text{ }\mu\text{m}$ tương ứng với chế độ phun hạt mài cỡ hạt G18 và khoảng cách phun $L = 100\text{ mm}$.

Độ nhám bề mặt R_z nằm trong khoảng $50 - 100\text{ }\mu\text{m}$ đo trên mẫu này thỏa mãn yêu cầu về chất lượng xử lý bề mặt kim loại nền đối với các lớp phun phủ nhiệt, được nêu trong 3 tiêu chuẩn quốc tế liên quan đến phun phủ nhiệt [4, 5, 6]. Do vậy, trong trường hợp này, chọn chế độ tạo nhám ứng với cỡ hạt G18 và khoảng cách phun $L = 100\text{ mm}$ là tối ưu. Với thông số độ nhám cao như vậy sẽ đảm bảo khả năng bám dính của lớp phủ với nền là tốt nhất trong các chế độ xử lý được khảo sát.

Trên cơ sở các kết quả thu được, chế độ xử lý bề mặt tối ưu đối với hai loại thép C45 và CT3 được đưa ra trong bảng 2.

Bảng 2. Chế độ tạo nhám bề mặt cho thép nền C45 và CT3 [3]

TT	Chế độ	Thông số
1	Loại hạt mài	Corindon Al_2O_3
2	Cỡ hạt mài	18
3	Áp lực khí nén (atm)	8-10
4	Khoảng cách phun (mm)	100
5	Góc phun (θ°)	90

4.2. Xác định độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3

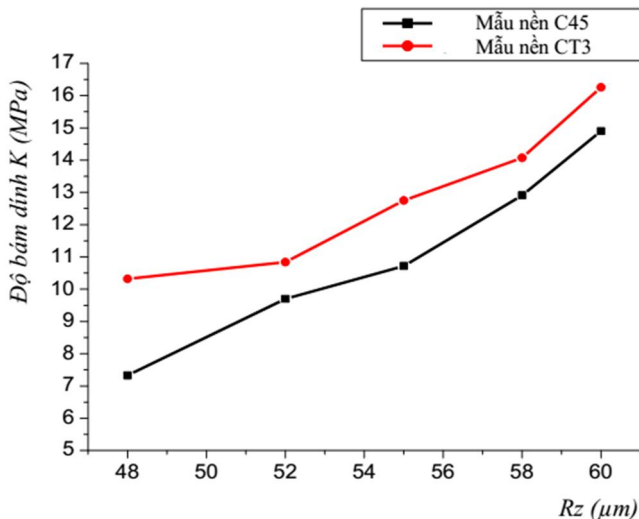
Kết quả đo độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3 được thực hiện trên thiết bị đo DLR (CHLB Đức) được trình bày trong bảng 3.

Từ kết quả cho trong bảng 3, có thể thấy rằng với mỗi giá trị độ nhám bề mặt khác nhau đều cho khả năng bám dính tương ứng của lớp phủ. Độ nhám là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bám dính của lớp phủ với

bề mặt chi tiết. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt đến khả năng bám dính của lớp phủ với nền thép C45 và CT3 được mô tả trên đồ thị hình 4.

Bảng 3. Kết quả đo độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3 [3]

Nền	Mẫu	Cỡ hạt mài	Khoảng cách phun tạo độ nhám L (mm)	Độ nhám Rz (μm)	Độ bám dính σ (MPa)
C45	1	18	50	53,35	10,72
	2	18	100	58,39	14,90
	3	18	200	55,60	12,91
	4	18	300	50,82	9,70
	5	24	100	46,78	7,33
CT3	1	18	50	59,87	14,07
	2	18	100	62,25	16,26
	3	18	200	50,94	12,75
	4	18	300	53,42	10,84
	5	24	100	46,78	10,32



Hình 4. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt đến khả năng bám dính của lớp phủ Nhôm (Al) với nền thép C45 và CT3

Từ đồ thị hình 4 cho thấy: Độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) phụ thuộc vào độ nhám bề mặt. Đồ thị có đường đặc tính theo chiều tăng dần mức tăng gần như tuyến tính, điều đó cho thấy độ bám dính tỷ lệ thuận theo chiều tăng của độ nhám bề mặt, khi độ nhám bề mặt của nền thép càng tăng thì khả năng bám dính của lớp phủ với nền càng tăng và ngược lại. cụ thể như sau: Đối với nền thép C45, khi độ nhám bề mặt $R_z = 46,78 \mu\text{m}$ độ bám dính tương ứng là $\sigma = 7,33 \text{ Mpa}$, khi độ nhám bề mặt $R_z = 58,39 \mu\text{m}$ độ bám dính tương ứng là $\sigma = 14,90 \text{ Mpa}$. Đối với nền thép CT3, khi độ nhám bề mặt $R_z = 46,78 \mu\text{m}$ độ bám dính tương ứng là $\sigma = 10,32 \text{ Mpa}$, khi độ nhám bề mặt $R_z = 62,25 \mu\text{m}$ độ bám dính tương ứng là $\sigma = 16,26 \text{ Mpa}$.

5. KẾT LUẬN

1. Đã lựa chọn được phương pháp xác định độ bám dính lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3 bằng phương pháp phun hồ quang điện trên trên thiết bị đo DLR (CHLB Đức)

2. Chọn được chế độ tạo nhám phù hợp trên nền thép C45 và CT3 đạt giá trị lớn nhất lần lượt là $R_z = 58,39 \mu\text{m}$ và $R_z = 62,25 \mu\text{m}$.

3. Xác định được khả năng bám dính của lớp phủ Nhôm (Al) trên nền thép C45 và CT3 ứng với giá trị R_z cao nhất đạt giá trị lần lượt là $\sigma = 14,90 \text{ Mpa}$ và $\sigma = 16,26 \text{ Mpa}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Tư, 1999, Xử lý bề mặt, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Hoàng Tùng, 2002, Công nghệ phun phủ và ứng dụng, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Lý Quốc Cường, 2016, "Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt đến cấu trúc, tính chất của hệ lớp phủ kép Nhôm và hợp kim Ni-20Cr trên nền thép" luận án tiến sĩ, viện hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam.
- [4]. EN 14616:2004 (E) Thermal spaying – Recommendations for thermal spaying.
- [5]. DEF STAN 02-828 Issue 2. Requirements for Thermal Spay Deposition of Metals and Ceramics for Engineering Purposes.
- [6]. NORSOK STANDRD M-501. Surface preparation and protective coating.