

Xác định vùng giá trị hợp lý của các thông số công nghệ ảnh hưởng đến độ xốp lớp phủ bột các bít Cr_3C_2 – nicro trên nền trục thép 40Cr bằng phương pháp phun ôxy – nhiên liệu tốc độ cao (HVOF)

Đình Văn Chiên

Tóm tắt — Hiện nay, công nghệ phun phủ đang được phát triển mạnh ở các nước tiên tiến trên thế giới. Một trong những phương pháp phun được ứng dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp hiện nay đó là phương pháp phun Oxy – nhiên liệu tốc độ cao (HVOF). Về bản chất, các lớp phun bằng phương pháp phun HVOF vô cùng phức tạp, các đặc tính và cấu trúc tế vi của lớp phủ phụ thuộc rất nhiều vào các thông số trong quá trình phun. Trong bài báo này tác giả giới thiệu kết quả nghiên cứu thực nghiệm phun bột các bít Cr_3C_2 -NiCr trên nền trục thép 40Cr bằng phương pháp phun HVOF. Đồng thời, phân tích ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến độ xốp của lớp phủ. Từ đó lựa chọn được vùng thông số công nghệ phun hợp lý để phục hồi các chi tiết dạng trục bị mòn.

Từ khóa - phun phủ kim loại, phun phủ HVOF, bột cacbua Cr_3C_2 -NiCr, lớp phủ, độ xốp

1 GIỚI THIỆU

Độ bền của các chi tiết máy là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của thiết bị. Các chi tiết máy, sau thời gian làm việc bị mòn do nhiều nguyên nhân, trong khi vẫn tiềm tàng khả năng bền. Do đó việc phục hồi lại hình dáng, kích thước của các chi tiết là vấn đề cấp thiết, được nhiều nhà khoa học và các nhà sản xuất quan tâm. Có rất nhiều công nghệ được ứng dụng để phục hồi chi tiết như: công nghệ hàn đắp [1], công nghệ mạ [2], công nghệ phun phủ [3, 4]. Trong đó, phun phủ ngày

Bài báo này được gửi vào ngày 5 tháng 06 năm 2017 và được chấp nhận đăng vào ngày 1 tháng 10 năm 2017.

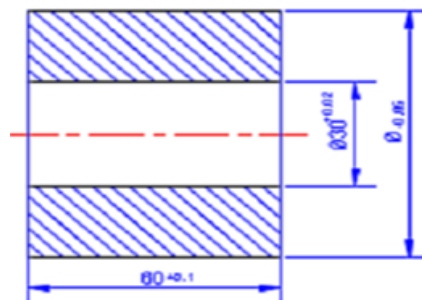
Đình Văn Chiên, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội (Email: vanchien.dinh@gmail.com.)

càng được phát triển và mở rộng về quy mô, cải thiện về chất lượng, thể hiện tính ưu việt hơn so với các phương pháp tạo lớp phủ khác.

Ưu điểm chính của công nghệ phun phủ, đặc biệt là phương pháp phun HVOF, là tạo ra lớp phủ có độ xốp thấp và độ bền bám dính cao, đồng thời, không gây ra ứng suất nhiệt [3, 4, 5]. Trong đó việc nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng lớp phủ là một vấn đề có ý nghĩa khoa học, mang tính thực tiễn và cần thiết

2 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp nghiên cứu



TT	Ø	S.lượng
Mẫu 1	80	9
Mẫu 2	70	9
Mẫu 3	80	9

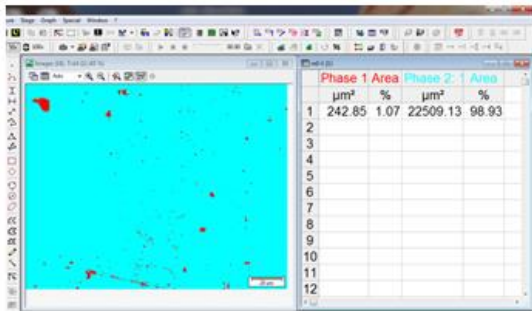
Hình 1. Hình dạng mẫu phun bằng thép 40Cr

Mẫu thực nghiệm có dạng trụ vật liệu là thép 40Cr, kích thước như hình 1, được phủ ngoài một lớp bột các bít Cr_3C_2 -NiCr bằng thiết bị phun HVOF (Model: MP-2100 Manual HVOF Control Panel, của hãng General Metal Alloys Intl (GMA) – Iadia). Độ xốp lớp phủ thường được đo bằng

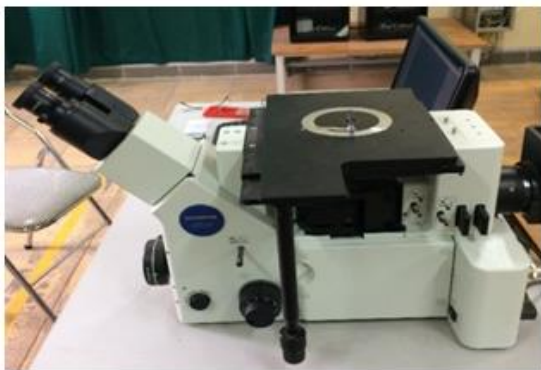
phương pháp quan sát gián tiếp bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học, kính hiển vi điện tử quét, hoặc bằng kỹ thuật tán xạ X-ray.

Để xác định độ xốp của lớp phủ, mẫu được cắt để quan sát theo tiết diện bề mặt lớp phủ. Sau khi cắt, mẫu được gia công bề mặt trên các loại giấy ráp có kích cỡ từ hạt thô đến hạt mịn và được đánh bóng trên các máy chuyên dụng đảm bảo không còn vết xước trên bề mặt đạt yêu cầu kỹ thuật. Sử dụng kính hiển vi quang học GX51F (hình 2) để đo độ xốp lớp phủ có sự hỗ trợ của máy tính và phần mềm chuyên dụng. Quá trình đo được thực hiện theo tiêu chuẩn JIS-H-8664 – 1997 (Nhật).

Độ xốp được đo bằng cách trực tiếp đo diện tích các lỗ xốp trong khu vực quan sát của kính hiển vi và so sánh các khu vực này với tổng diện tích muốn xem. Kính hiển vi được trang bị hệ thống máy tính và phần mềm để phân tích, xác định giá trị độ xốp của mẫu bằng cách chuyển đổi các vùng rỗ xốp thành màu đỏ, trong khi phần còn lại của các cấu trúc tế vi được chuyển thành màu xanh (hình 3). Chương trình máy tính được sử dụng để tính toán tỷ lệ phần trăm diện tích vùng có màu đỏ, bằng cách đánh giá về màu sắc khác nhau cho vùng màu xanh và màu đỏ trong hình ảnh.



Hình 2. Kính hiển vi GX51F để đo độ xốp lớp phủ



Hình 3. Ảnh chụp kết quả đo độ xốp lớp phủ

2.2 Kết quả và thảo luận

Kết quả đo 27 mẫu thực nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm đo độ xốp của lớp phủ bột các bit Cr₃C₂ - NiCr trên nền trục thép 40Cr bằng phương pháp phun HVOF

Mã	Nhóm thực nghiệm	m (g/ph)	n (vg/ph)	S(mm/vg)	γ (%)
000	Nhóm 1	25	57	3	1,55
001		25	57	6	2,71
002		25	57	9	3,22
010		25	130	3	1,30
011		25	130	6	2,37
012		25	130	9	3,06
020		25	170	3	1,32
021		25	170	6	2,38
022		25	170	9	3,10
100		Nhóm 2	35	57	3
101	35		57	6	2,59
102	35		57	9	3,17
110	35		130	3	1,25
111	35		130	6	2,26
112	35		130	9	3,01
120	Nhóm 3	35	170	3	1,36
121		35	170	6	2,45
122		35	170	9	3,13
200		45	57	3	1,38
201		45	57	6	2,47
202		45	57	9	3,11
210		45	130	3	1,28
211		45	130	6	2,32
212		45	130	9	3,08
220		45	170	3	1,39
221	45	170	6	2,49	
222	45	170	9	3,19	

Từ các kết quả nghiên cứu ở bảng 1, tiến hành xây dựng được các đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa độ xốp của lớp phủ với các thông số công nghệ như: lưu lượng cấp bột phun (m); tốc độ quay của phôi (n), tốc độ dịch chuyển của đầu phun (S). Khi thay đổi lưu lượng cấp bột phun $m = 25$ gam/phút, $m = 35$ gam/phút và $m = 45$ gam/phút với các chế độ phun của các mẫu đã được xác định trên bảng 1, độ xốp lớp phủ có sự thay đổi với mức độ ảnh hưởng khác nhau, cụ thể như sau:

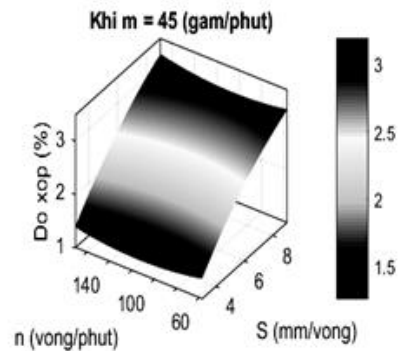
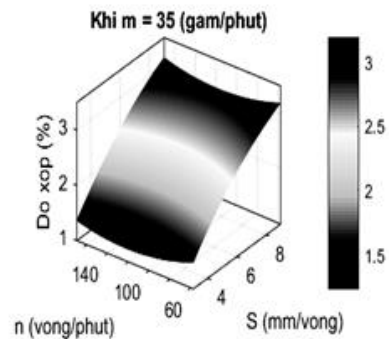
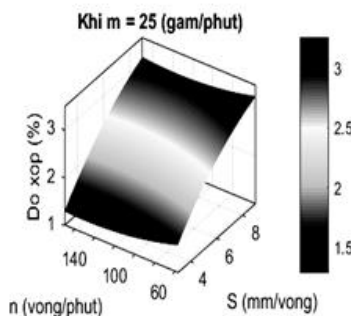
- Với $m = 25$ gam/phút thì độ xốp nhận được từ 1,30% đến 3,22%,

- Với $m = 35$ gam/phút thì độ xốp nhận được từ 1,25% đến 3,17%,

- Với $m = 45$ gam/phút thì độ xốp nhận được từ 1,28% đến 3,19%,

Nhận thấy, với cùng mức cấp bột không đổi thì độ xốp có xu hướng tăng (hình 4)

Điều này có thể giải thích là trong quá trình phun, khi thay đổi lưu lượng cấp bột đồng nghĩa với việc thay đổi mật độ hạt phun lên bề mặt chi tiết và trong một điều kiện nhất định khi mật độ hạt được cấp vào buồng đốt thay đổi thì các hạt được nung nóng và nóng chảy hoàn toàn hoặc không hoàn toàn cũng khác nhau. Do vậy khi mật độ hạt quá lớn, phần nào làm ảnh hưởng đến khả năng nóng chảy của các hạt bột, làm gia tăng các hạt nóng chảy không hoàn toàn và có thể là nguyên nhân tạo nên sự oxy hóa của các hạt tăng. Trong phạm vi nghiên cứu, do mức độ thay đổi của lưu lượng cấp bột phun không lớn và với cùng chế độ phun là tốc độ quay chi tiết, lượng dịch chuyển súng phun không đổi thì mức độ ảnh hưởng của lưu lượng cấp bột phun tới độ xốp lớp phủ thay đổi không nhiều. Cụ thể, sự thay đổi các mức của lưu lượng cấp bột phun với cùng chế độ thực nghiệm là $n = 130$ vòng/phút và $S = 6$ mm/vòng thì độ xốp thay đổi $\gamma = 2,26\% - 2,37\%$.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn mức độ ảnh hưởng của m đến độ xốp lớp phủ.

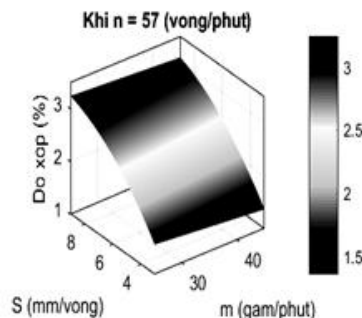
Khi thay đổi tốc độ quay của chi tiết $n = 57$ vòng/phút; $n = 130$ vòng/phút; $n = 170$ vòng/phút với các chế độ phun của các mẫu đã được xác định trên bảng 1, độ xốp lớp phủ có sự thay đổi với mức độ ảnh hưởng khác nhau cụ thể như sau:

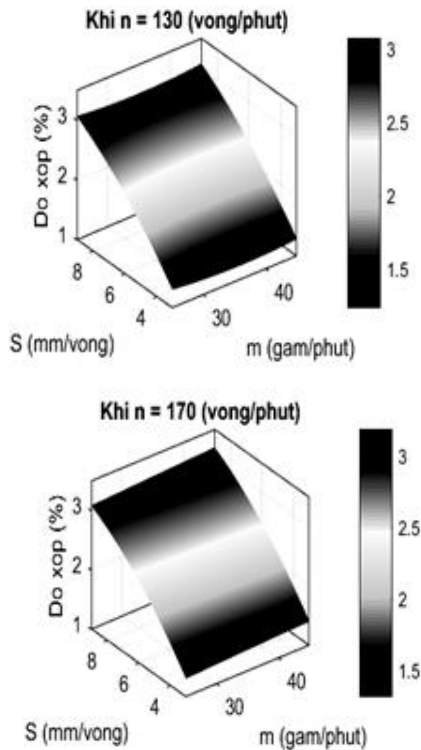
- Với $n = 57$ vòng/phút thì độ xốp $\gamma = 1,38\% - 3,22\%$,

- Với $n = 130$ vòng/ phút thì độ xốp $\gamma = 1,25\% - 3,08\%$,

- Với $n = 170$ vòng/ phút thì độ xốp $\gamma = 1,32\% - 3,19\%$,

Xét theo từng mức tốc độ không đổi thì độ xốp có xu hướng tăng khá lớn khi mức độ dịch chuyển của súng phun tăng (hình 5)





Hình 5. Đồ thị biểu diễn mức độ ảnh hưởng của n đến độ xốp lớp phủ

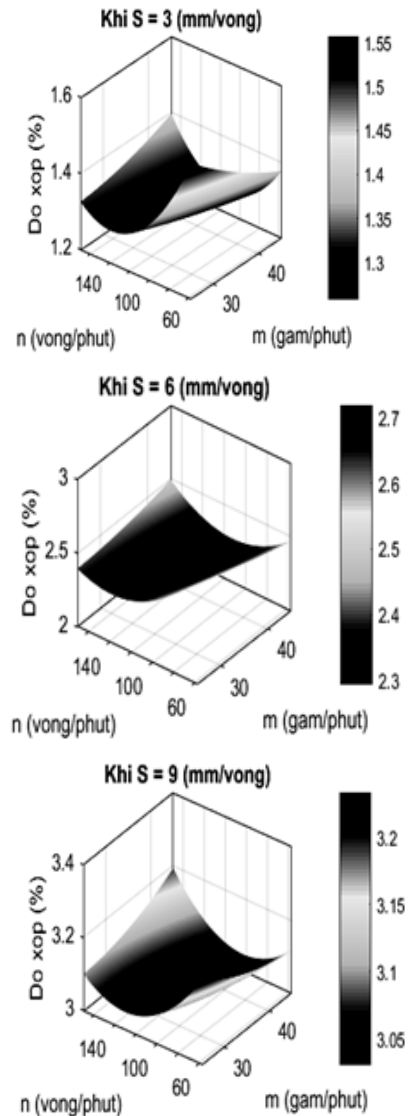
Điều này có thể giải thích là trong quá trình phun, khi tốc độ quay của chi tiết thay đổi tức là thay đổi khả năng tương tác giữa chùm tia phun lên bề mặt chi tiết phun trong một đơn vị thời gian nhanh hay chậm sẽ liên quan đến mật độ, hiệu suất của các lớp phun trên bề mặt chi tiết để hình thành lớp phủ. Nhưng do tốc độ của dòng hạt phun rất lớn nên mức độ nhanh hay chậm của vị trí tương tác giữa chùm hạt phun với tốc độ di chuyển của bề mặt có chịu ảnh hưởng nhưng không lớn.

Khi thay đổi lượng dịch chuyển súng phun S = 3 mm/vòng; S = 6 mm/vòng; S = 9 mm/vòng với các chế độ phun của các mẫu đã được xác định trên bảng 1, độ xốp lớp phủ có sự thay đổi với mức độ ảnh hưởng khác nhau, cụ thể như sau:

- Với S = 3 mm/vòng thì độ xốp $\gamma = 1,25\% - 1,55\%$,
- Với S = 6 mm/vòng thì độ xốp $\gamma = 2,26\% - 2,71\%$,
- Với S = 9 mm/vòng thì độ xốp $\gamma = 3,01\% - 3,22\%$.

Xét theo từng mức lượng dịch chuyển súng phun không đổi, độ xốp có xu hướng khá ổn định với mức độ thay đổi của lưu lượng cấp bột. Còn xét

theo mức độ thay đổi của tốc độ thì ảnh hưởng đến độ xốp không nhiều như hình 6. Điều này có thể giải thích là trong quá trình phun, khi lượng dịch chuyển súng phun tăng lên, đồng nghĩa với việc giảm sự chồng nén của từng lớp phủ, tăng khả năng tiếp xúc với môi trường của các hạt bột theo thời gian và khả năng ôxy hóa của các hạt bột tăng để tạo cho việc hình thành các lỗ rỗng sau các lớp phun chồng chất lên nhau và làm cho độ xốp lớp phủ có xu hướng tăng.



Hình 6. Đồ thị biểu diễn mức độ ảnh hưởng của S đến độ xốp lớp phủ

3 KẾT LUẬN

Quá trình nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được các giá trị về độ xốp lớp phủ bột các bit

$Cr_3C_2 - NiCr$ trên nền trục thép 40Cr bằng phương pháp phun HVOF. Tương ứng với ảnh hưởng của các thông số công nghệ (m, n, S).

Theo đó, xây dựng được đồ thị dạng 3D phản ánh mối quan hệ giữa độ xốp lớp phủ với các thông số công nghệ (m, S và n), từ đó lựa chọn được các vùng thông số công nghệ phun hợp lý sao cho lớp phủ có độ xốp thấp nhất với giá trị của các thông số phun trong khoảng m = 35 gam/phút; n = 130 vòng/phút; S = 3 mm/vòng.

Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo phục vụ cho việc giảng dạy, nghiên cứu khoa học trong lĩnh vực chuyên ngành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Tùng, *Giáo trình Vật liệu và công nghệ hàn*, NXB Giáo dục, 2006
- [2]. Nguyễn Văn Lộc, *Công nghệ mạ điện*, NXB giáo dục, 2007
- [3]. Hoàng Tùng, *Công nghệ phun phủ và ứng dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006
- [4]. Đinh Văn Chiến, Đinh Bá Trụ, *Kỹ Thuật phun nhiệt tốc độ cao HVOF, HVAF, D-Gun*, NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội, 2014
- [5]. Nguyễn Văn Thông, *Công nghệ phun phủ bảo vệ và phục hồi*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006
- [6]. Đinh Văn Chiến, Nguyễn Chí Bảo, Phạm Văn Liệu, “Nghiên cứu độ xốp lớp phủ khi phun bằng phương pháp phun nhiệt khí tốc độ cao HVOF”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 1+2, trang 28-33, 2014
- [7]. Phạm Văn Liệu, Đinh Văn Chiến, “Nghiên cứu xác định độ xốp của lớp phủ bột hợp kim 67Ni18Cr5Si4B trên nền trục thép C45 bằng công nghệ phun nhiệt khí HVOF”, *Kỷ yếu Hội nghị cơ học vật rắn biến dạng toàn quốc lần thứ 12*, trang 854-860, 2015
- [8]. Phạm Văn Liệu, Đinh Văn Chiến, “Nghiên cứu đặc tính lớp phủ bột hợp kim 67Ni18Cr5Si4B trên nền trục thép C45 bằng công nghệ phun nhiệt khí tốc độ cao HVOF”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam* – số 12 trang 34-39, 2015



Đinh Văn Chiến tốt nghiệp đại học (1979), ngành chế tạo máy mô, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam, được cấp bằng Tiến sĩ (1996), ngành Máy và Thiết bị mô, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam và được công nhận

chức danh PGS (2012) ngành cơ khí động lực. Hiện nay là Viện trưởng Viện KHCN Cơ khí, TĐH và Môi trường; Ủy viên Hội đồng TW Liên hiệp các hội KHKT Việt Nam.

ĐT liên hệ: 0913.214.028

Email: vanchien.dinh@gmail.com.

Identify suitable range of technical parameters for the best porosity of $Cr_3C_2 - NiCr$ coating on C45 steel by high velocity oxygen-fuel spraying method (HVOF)

Đình Văn Chiến

Abstract - Nowadays, spray coating technology has been developed and widely applied in developed countries. One of the spraying methods which are most commonly used in industry is HVOF. Basically, coating layers created by HVOF are very complicated, its characteristics and microstructure strongly depend on spraying technical parameters. This paper presents experiment result of spraying Cr_3C_2-NiCr on 40Cr by HVOF. On the other hand, the effect of some spraying technical parameters to the porosity of coating layer is also analyzed. From experimental results, a suitable range of spraying technical parameters has been identified that could be applied to recovery shaft type wearing parts.

Keywords - metal spraying, HVOF spraying, Cr_3C_2-NiCr , coating layers, porosity.