

PHỤC HỒI TRỤC CÁN THÉP BỊ MÒN KÍCH THƯỚC BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHUN PHỦ LASER

RESTORATION OF STEEL ROLLING SHAFTS BY LASER SPRAYING METHOD

Hoàng Tùng Lâm, Hoàng Văn Nam, Cao Thế Anh
Trung tâm Việt – Nhật, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng phục hồi cổ trục lắp bạc của trục cán thép bằng phương pháp phun phủ laser. Kế thừa các nghiên cứu cơ bản về chế độ công nghệ phun phủ laser, các lớp phủ ứng dụng trong sửa chữa phục hồi cổ trục lắp bị mòn hỏng, tác giả đã lựa chọn lớp phủ phù hợp tương đồng về độ cứng với vật liệu nền của trục cán thép. Lớp phủ hệ thép với tên thương mại LYF07 của hãng Senfeng (Trung Quốc) có độ cứng sau khi phủ lên bề mặt trục trung bình là 35 HRC. Cổ trục lắp bạc của trục cán thép được phục hồi về kích thước ban đầu $\varnothing 300-0,14$ mm có độ cứng tương thích với các vị trí khác của trục cán thép.

Từ khóa: Phun phủ Laser; Lớp đắp phủ laser; Trục cán thép.

ABSTRACT

This article presents the research results on restoring silver bearings of steel rolling shafts using the laser spraying method. Inheriting basic research on laser coating technology and coatings applied in repairing and restoring worn ball bearings, the author has chosen a suitable coating similar in hardness to the material. The base material of steel rolling shaft. The steel system coating with the trade name LYF07 of Senfeng (China) has an average hardness of 35 HRC after being coated on the shaft surface. The bearing collar of the steel rolling roll is restored to its original size of $\varnothing 300-0.14$ mm with a hardness compatible with other positions of the steel rolling roll.

Keywords: Laser Spraying; Laser Cladding (LC); Steel rolling shaft.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, công nghệ phun phủ laser được sử dụng rộng rãi trong sửa chữa chi tiết máy và phục hồi chức năng, nhờ những ưu điểm như tốc độ pha loãng thấp hơn, vùng chịu nhiệt nhỏ và liên kết luyện kim tốt giữa lớp phủ và vật liệu nền [2]. Phun phủ laser có ưu điểm là quy trình phủ linh hoạt và hiệu quả cao, phù hợp cho việc sửa chữa hư hỏng vật liệu và

các lĩnh vực khác. Công nghệ này đã được sử dụng rộng rãi trong sửa chữa hư hỏng các chi tiết dạng trục [3]. Công nghệ phun phủ laser là một trong những kỹ thuật phục hồi sửa chữa bề mặt nổi bật để cung cấp lớp phủ chống mài mòn cho các ứng dụng công nghiệp [4]. Bài báo này nghiên cứu khả năng ứng dụng lớp phủ hệ thép LYF07 của hãng Senfeng (Trung Quốc) trong phục hồi kích thước cổ trục lắp bạc trục cán thép.

2. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT

2.1. Khái quát về phương pháp phun phủ laser

Công nghệ phun phủ laser có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dây (bao gồm cả dây nóng hoặc dây lạnh) hoặc nguyên liệu dạng bột. Tia laser tạo ra vũng hàn trên bề mặt của phôi, đồng thời bột hoặc dây được thêm vào bề mặt vật liệu nền [2]. So với các phương pháp khác, công nghệ phun phủ laser có nhiều ưu điểm như tốc độ làm nguội nhanh, liên kết luyện kim tốt giữa lớp phủ và vật liệu nền, bề mặt lớp phủ mịn và đồng đều [5].

2.2. Lĩnh vực ứng dụng trong công nghiệp

Công nghệ phun phủ laser được sử dụng rộng rãi trong ngành hàng không vũ trụ, máy móc khoa học và các lĩnh vực công nghiệp với nhiều ưu điểm so với các công nghệ khác như tốc độ pha loãng thấp và liên kết luyện kim tốt với vật liệu nền. Các ứng dụng chính của lớp phủ công nghệ phun phủ laser trong công nghiệp [1]:

- Lớp phủ chống mài mòn và tự bôi trơn;
- Lớp phủ chống oxy hóa và chống ăn mòn ở nhiệt độ cao;
- Lớp phủ gốm sinh học;
- Sửa chữa phục hồi kích thước chi tiết máy;
- In 3D kim loại.

Lựa chọn hệ lớp phủ phục hồi cổ trục lắp bạc trục cán thép:

Dựa theo thông tin bản vẽ do khách hàng cung cấp, trục cán thép có vật liệu thép S45C, kích thước đường kính cổ trục bị hao mòn hiện tại là $\varnothing 300_{-0,64}^{+0,14}$ mm so với kích thước ban đầu là $\varnothing 300_{-0,14}^{+0,14}$ mm; tải trọng của trục cán thép là 3886kg; độ cứng trung bình vị trí cổ trục đo được từ 31-34HRC. Trên cơ sở thông tin của nhà sản xuất bột Senfeng (Trung Quốc), nhóm nghiên cứu đã lựa chọn bột hệ thép có mã thương mại là LYF07 với độ cứng từ 32-36HRC để thực hiện nghiên cứu thực nghiệm và phục hồi kích thước cổ trục.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Thực nghiệm chế tạo lớp phủ lên bề mặt chi tiết dạng trục

3.1.1. Mẫu thí nghiệm và thiết bị

Mẫu thí nghiệm dạng trục đã được gia công bề mặt đạt độ nhám cấp 8, có đường kính ngoài $\varnothing 60$, dài 500mm, dày 8mm, vật liệu của mẫu thí nghiệm là thép C45 có thành phần và cơ tính tương đương với mác thép của trục cán thép là S45C (bảng 1, 2).

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép C45

Mác thép	%C	%Si	%Mn	%Ni _{max}	%P _{max}	%S _{max}	%Cr _{max}
C45	0.42-0.5	0.16-0.36	0.5-0.8	0.25	0.04	0.04	0.25

Bảng 2. Cơ tính của thép C45

Mác thép	Độ bền kéo (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ dẫn dài (%)	Va đập KV/Ku (J)	Độ cứng (HB)
C45	650-800	490	23	22	170-210

Thiết bị thí nghiệm: Sử dụng hệ thống đồ gá và robot phun phủ laser SFR&6063 của hãng Senfeng (Trung Quốc) với thông số kỹ thuật của robot SFR&6063 như bảng 3.

Bảng 3. Thông số công nghệ hệ phun phủ laser SRF&6063

STT	Thông số	Đơn vị đo	Giá trị
1	Tải trọng max (với con lăn đỡ)	tấn	15
2	Công suất nguồn laser	W	6000
3	Trục di chuyển của robot	mm	6000
4	Tốc độ ra bột	g/min	4-200
5	Kích thước bột	μm	20-250
6	Áp suất nước làm mát	bar	3-5
7	Áp suất khí	bar	≤ 5
8	Trọng lượng cánh tay robot	kg	250

3.1.2. Kết quả thí nghiệm

➤ Thực nghiệm tạo lớp phủ thép lên bề mặt mẫu thử:

Nhóm nghiên cứu thực hiện các thí nghiệm khảo sát thăm dò ảnh hưởng của công suất tia laser đến chất lượng bề mặt lớp phủ. Lựa chọn công suất tia laser để khảo sát vì công suất tia laser ảnh hưởng trực tiếp đến bề mặt lớp phủ, nếu công suất cao dễ hình thành nứt, rỗ và hiện tượng cháy xém bề mặt khiến cho lớp phủ bị đen và thô, lưu lượng cấp bột không đủ so với công suất tia laser, tăng lưu lượng cấp bột sẽ làm tốn nhiều bột không đem lại hiệu quả về kinh tế. Nếu công suất thấp, sẽ gây ra hiện tượng rỗ khí do bột không thể chảy hoàn toàn ở công suất thấp, giao diện bề mặt sần sùi và lãng phí bột do bột không thể tan chảy hoàn toàn [7].

Bảng 4 trình bày các thông số công nghệ chính của chế độ phun phủ laser dựa theo tài liệu [7] lên chi tiết trục thép C45, thí nghiệm được thực hiện với các công suất P (W) khác nhau, kết quả thí nghiệm làm cơ sở để đánh giá và ứng dụng trong công nghệ sửa chữa, phục hồi kích thước bị mài mòn.

Bảng 4. Chế độ công nghệ chế tạo lớp phủ hệ thép LYF07 trên chi tiết dạng trục

STT	Thông số	Đơn vị đo	Giá trị
1	Công suất	W	1600
			1900
			2200
			2500
2	Khoảng cách phun	cm	4-5
3	Lưu lượng cấp bột	g/min	13.5
4	Tốc độ đầu laser	mm/s	6
5	Góc phun đầu laser	$^{\circ}$	135
6	Tỷ lệ chông chéo	%	40
7	Tốc độ Argon	l/min	5

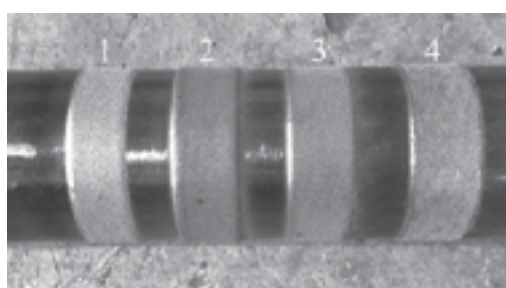
➤ Phương pháp đánh giá chất lượng lớp phủ:

Sau khi kết thúc 4 thí nghiệm, nhóm tác giả sẽ đánh giá chất lượng lớp phủ hệ thép LYF07, được đánh giá qua các phương pháp: PT-Liquid Penetrant (phương pháp thẩm mao dẫn) theo tiêu chuẩn ISO3452-1:2013, kiểm tra ngoại quan, và độ cứng của vùng hàn được đo bằng máy đo độ cứng HM-6560.

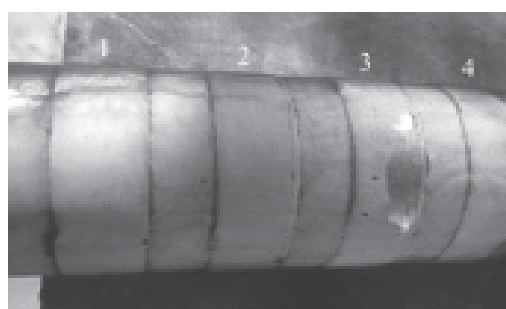
Nhóm nghiên cứu đã thực hiện lớp phủ hệ thép LYF07 lên bề mặt mẫu trục thép C45 với tiến trình công nghệ theo tài liệu [7] và thông số như bảng 5. Tiến hành kiểm tra ngoại quan và kiểm tra PT-phương pháp thẩm mao dẫn (hình 1, 2) cho thấy lớp phủ tại công suất 2200W thu được có bề mặt mịn và đồng đều, đạt độ phẳng tốt nhất, lượng bột tiêu hao được tối ưu giúp đạt hiệu quả cao về kinh tế và ứng dụng trong sản xuất.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm nghiên cứu thực nghiệm

STT	Ký hiệu mẫu	Công suất (W)	Kiểm tra ngoại quan	Kiểm tra PT	Độ cứng lớp phủ trung bình (HRC)
1	TN1	1600	Giao diện bề mặt hơi sần sùi	Không phát hiện chỉ thị trên bề mặt lớp phủ	33.6
2	TN2	2500	Có hiện tượng cháy xém, bề mặt lớp phủ thô	Không phát hiện chỉ thị trên bề mặt lớp phủ	35.9
3	TN3	2200	Bề mặt lớp phủ đồng đều, mịn	Không phát hiện chỉ thị trên bề mặt lớp phủ	35.2
4	TN4	1900	Bề mặt lớp phủ đồng đều, mịn	Không phát hiện chỉ thị trên bề mặt lớp phủ	34.1



Hình 1. Hình ảnh trực tiếp thí nghiệm sau phun phủ

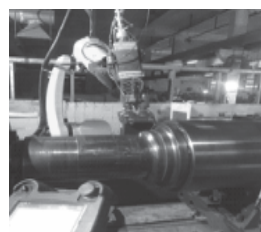


Hình 2. Hình ảnh kiểm tra PT

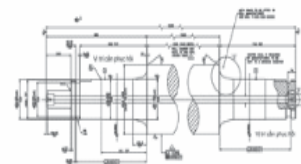
3.2. Kết quả ứng dụng

→ Nhóm nghiên cứu chế tạo lớp phủ hệ thép LYF07 lên bề mặt chi tiết cổ trục cán thép (hình 3), nhằm phục hồi kích thước cổ trục từ kích

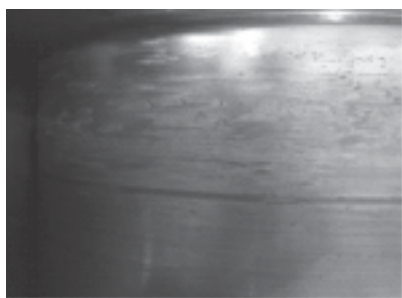
thước đường kính cổ trục bị hao mòn $\varnothing 300_{-0,64}^{+0,14}$ mm về kích thước ban đầu là $\varnothing 300_{-0,14}^{+0,14}$ mm.



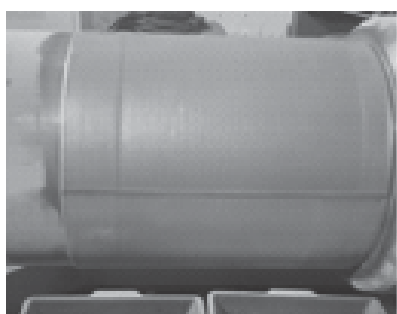
Hình 3. Phục hồi cổ trục cán thép



→ Thực hiện phun phủ laser tạo lớp phủ hệ thép LYF07 tại vị trí cổ trục lắp bạc của trục cán thép (hình 4) đường kính $\varnothing 300_{-0,64}^{+0,14}$ mm với bộ thông số phun phủ đã thực hiện tại nghiên cứu thực nghiệm: Tốc độ quét đầu laser $v = 6\text{mm/s}$, tỷ lệ chồng chéo $t = 50\%$, công suất tia laser $P = 2200\text{W}$. Sau khi cổ trục được phục hồi, nhóm tác giả đã tiến hành kiểm tra, đánh giá chất lượng công việc đạt kết quả tốt, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật của trục cán thép với kích thước cổ trục bị mòn có đường kính $\varnothing 300_{-0,64}^{+0,14}$ mm phục hồi về kích thước $\varnothing 300_{-0,14}^{+0,14}$ mm và đã được đưa vào vận hành ổn định trở lại.



a. Trước khi phục hồi



b. Sau khi phun phủ phục hồi

Hình 4. Trục cán thép bị mòn trước và sau khi phục hồi

4. KẾT LUẬN

Sử dụng công nghệ phun phủ laser, nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công lớp phủ hệ thép LYF07. Dựa trên nghiên cứu thực nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thông số công suất laser P (W) đến chất lượng bề mặt của lớp phủ trên bề mặt thép C45, lớp phủ có bề mặt mịn, độ cao lớp phủ đồng đều, không có hiện tượng nứt và rỗ, độ cứng lớp phủ trung bình đạt 35 HRC. Nhóm tác giả đã phục hồi, sửa chữa kích thước cổ trục lắp bạc trục cán thép thành công với lớp phủ hệ thép LYF07. Cổ trục được phục hồi về kích thước ban đầu với đường kính $\varnothing 300_{-0.14}$ mm và đạt độ cứng tương thích với vật liệu nền. Trục cán thép đã được đưa vào hoạt động bình thường và các thông số cũng nằm trong mức cho phép của nhà sản xuất.

Trên cơ sở các kết quả phân tích từ nghiên cứu thực nghiệm, lớp phủ hệ thép

LYF07 với chế độ phun phủ phù hợp: Công suất $P = 2200\text{W}$; tỷ lệ chồng chéo $t = 50\%$; tốc độ quét $v = 6\text{mm/s}$ đã được ứng dụng để phục hồi, sửa chữa chi tiết cổ trục lắp bạc trục cán thép và cho các kết quả được đánh giá cao. Phương pháp phun phủ laser mang lại chất lượng và hiệu quả cao, có thể phục hồi được các chi tiết dạng trục có kích thước và tải trọng lớn, giúp giảm thời gian và tiết kiệm chi phí gia công sau phun phủ.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn các đồng nghiệp tại Phòng thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện nghiên cứu Cơ khí đã giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu thực nghiệm và ứng dụng. ❖

Ngày nhận bài: **25/02/2024**

Ngày phản biện: **28/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. K.Wang, Z.Zhang, D.Xiang, J.Ju (2022), “Research and progress of laser cladding: Process, materials and applications”, Coatings, (1), 12(10), 1382.
- [2]. L.Zhu, P.Xue, Q.Lan, G.Meng, Y.Ren, Z.Yang, P.Xu, Z.Liu (2021), “Recent research and development status of laser cladding: A review”, Optics & Laser Technology, (17), Vol.138, 106915.
- [3]. C.He, G.Zou, H.Liu, X.Wang, Y.Xu, J.Liu, S.Lo (2024), “Rolling-sliding wear and damage behaviors of 304L stainless steel laser cladding on a damaged wheel tread under high ambient temperature conditions”, Wear, (1), Vol.546-547, 205330.
- [4]. S.Singh, D.K.Goyal, P.Kumar, A.Bansal (2020): “Laser cladding technique for erosive wear applications: A review”, Materials Research Express, (3), 7(1), 012007.
- [5]. Nguyễn Thanh Hùng, Trần Văn Nghĩa, Lý Xuân Nam (2022); “Tổ chức và tính chất của lớp phủ hợp kim Entropy cao chế tạo bằng phương pháp phun phủ laser”, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, (47), 17(02, 46-56.
- [6]. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-laser-cladding>.
- [7]. W.Zhai, J.Nan, L.Sun, Y.Wang, S.Wang (2023), “Preparation, Microstructure, and Interface Quality of Cr_3C_2 -NiCr Cladding Layer on the Surface of Q235 Steel”, Coatings, (5), 13(4), 676.