

NGHIÊN CỨU ĐỘ BẮM DÍNH LỚP PHỦ BỘT CACBUA Cr_3C_2 - NiCr TRÊN NỀN THÉP TRỤC THÉP 40Cr BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHUN ÔXY - NHIÊN LIỆU TỐC ĐỘ CAO (HVOF)

RESEARCH ON THE ADHESION OF Cr_3C_2 - NiCr COATING ON 40CR SUBSTRATE COATED BY HVOF

ThS. Nguyễn Chí Bảo¹, PGS, TS. Đinh Văn Chiến²

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, cùng với việc phát triển của khoa học và công nghệ trong ngành Kỹ thuật, các thiết bị và máy đòi hỏi nâng cao chất lượng và kéo dài tuổi thọ của các chi tiết qua quá trình làm việc, các chi tiết máy bị mòn nhưng vẫn đủ bền, ta có thể phục hồi. Có nhiều phương pháp được sử dụng để phục hồi lại hình dáng kích thước của các chi tiết, trong đó phương pháp phun ôxy - nhiên liệu tốc độ cao (HVOF) được ứng dụng nhiều và mang lại hiệu quả kinh tế cao. Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của 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) đến độ bền bám dính của lớp phủ cacbua Cr_3C_2 - NiCr trên mẫu trục thép 40Cr bằng phương pháp phun HVOF. Kết quả nghiên cứu có thể tham khảo trong việc phục hồi chi tiết mòn, trong giảng dạy và nghiên cứu khoa học chuyên ngành.

Từ khóa: Phun oxi, phun tốc độ cao HVOF, lớp phủ bột, độ bám dính lớp phủ.

ABSTRACT

In recent years, along with the development of science and technology in engineering industries, the quality and longevity of mechanisms and machines are required to be improved during the working process, worn mechanisms but maintain the reliability can be recovered. There are many methods to restore the shape and the size of mechanisms, including oxygen injection method - high speed fuel (HVOF), which is applied widely and highly economic. In this paper, the authors focused on the influence of process parameters such as spray powder supply flow (m), the rotational speed of the embryos (n), the speed of the nozzle movement (S) to the adhesion of the carbide Cr_3C_2 - NiCr coating on 40Cr substrate by HVOF. The results can be used to help restoring the worn mechanisms and support for research or teaching.

Keywords: Oxygen injection, oxygen injection method - high speed fuel, powder coating, adhesion of coating

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ xử lý bề mặt có ý nghĩa quan trọng và quyết định đến tính chất của vật liệu lớp bề mặt. Việc 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... với các chỉ tiêu như: Độ cứng, độ xốp, độ bám dính lớp phủ đáp ứng yêu cầu làm việc của các chi tiết là vấn đề cấp thiết được nhiều nhà khoa học quan tâm đến, trong đó chỉ tiêu đánh giá độ bền bám của lớp phủ là rất quan trọng mang tính chất quyết định đến chất lượng của lớp phủ. Việc nghiên cứu tạo ra lớp phủ bề mặt có các tính năng đòi hỏi như trên là vấn đề cần thiết được đặt ra trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu phương pháp phun oxy - nhiên liệu tốc độ cao (HVOF), ứng dụng vào chế tạo mới, hay phục hồi các chi tiết máy dạng trục, làm việc trong điều kiện như: Chịu mài mòn, chầy xước...

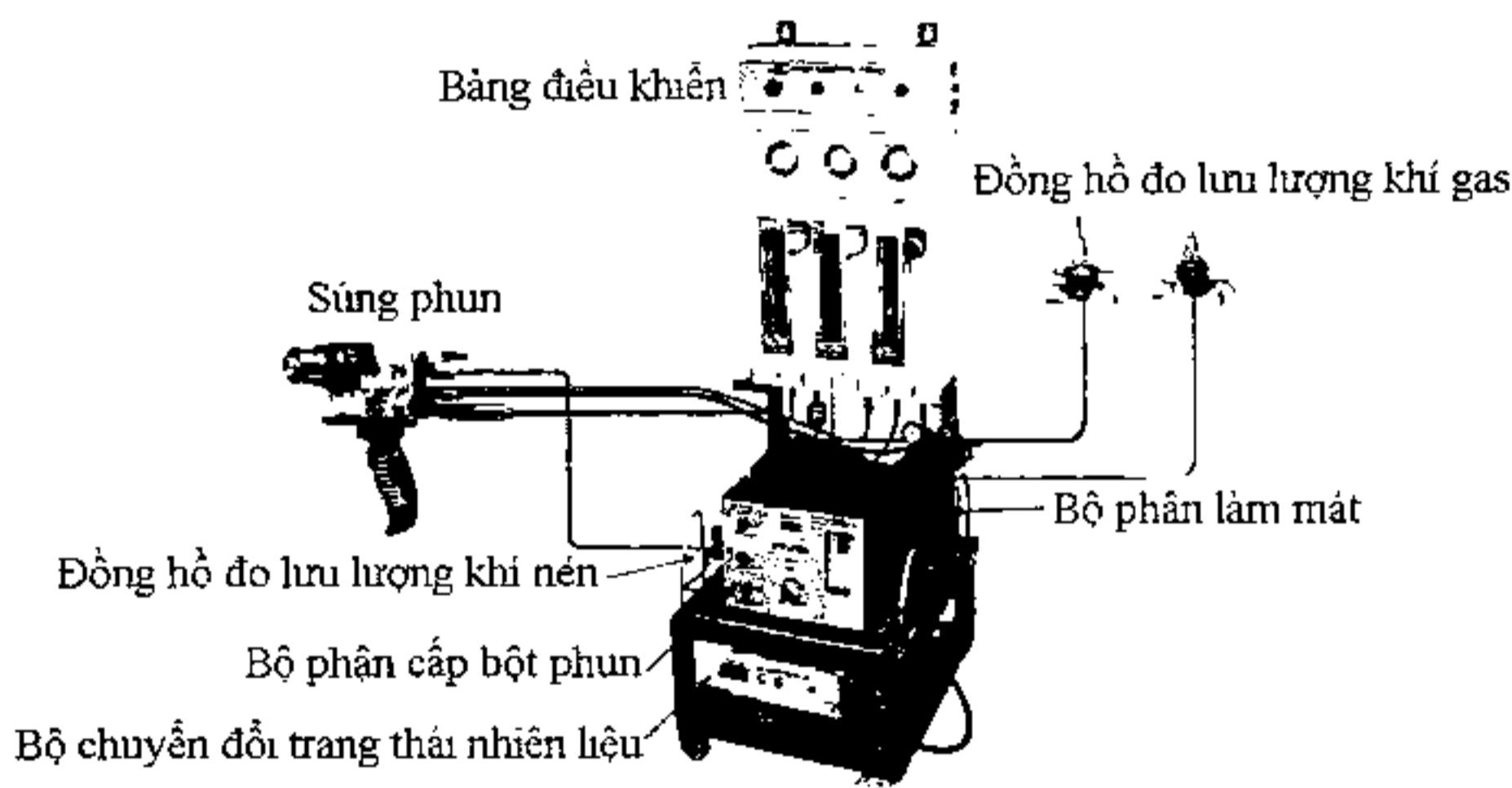
2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu phun phủ

Vật liệu nền là thép 40Cr theo TCVN 1659-75, hàm lượng (từ $0.36 \div 0.44 \%C$) [4]. Vật liệu phun được sử dụng là bột cacbua Cr_3C_2 - NiCr được cung cấp bởi Công ty Sulzer Metco (Singapore) Pte. Ltd., [5] với độ hạt trung bình từ - $45\mu m$ đến $5,5\mu m$.

2.2. Thiết bị phun

Thiết bị được sử dụng để làm thực nghiệm là hệ thống phun HVOF (Model: MP-2100 Manual HVOF Control Panel, của hãng General Metal Alloys Intl (GMA) – Bỉ) [2].

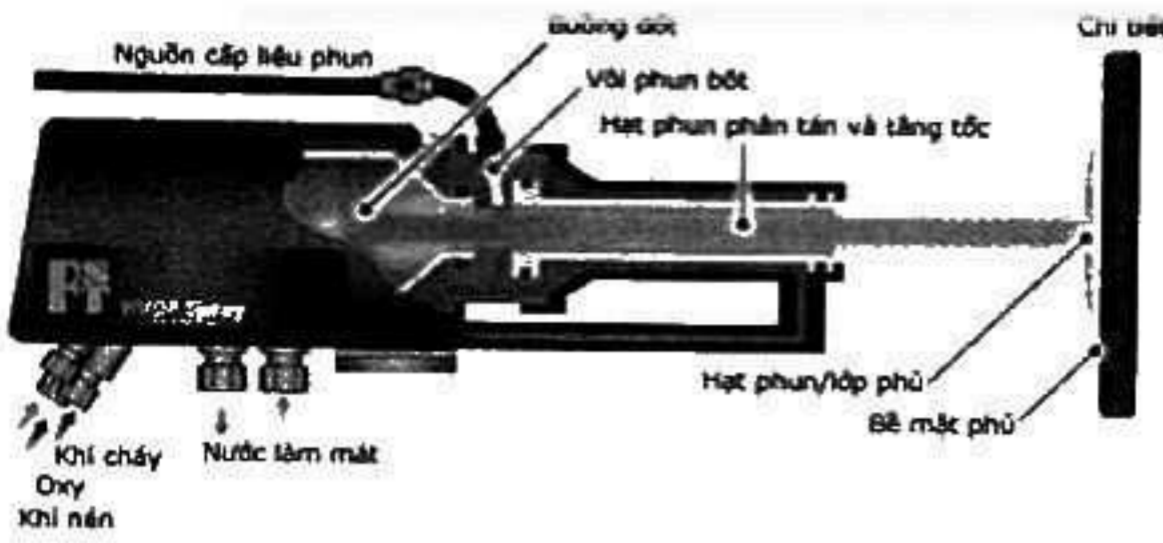


Hình 1. Thiết bị phun oxy - Nhiên liệu tốc độ cao HVOF.

Trong quá trình phun HVOF, các thông số được điều chỉnh trong phạm vi miền khảo sát quy hoạch thực nghiệm với $m = 25-45$ g/ph, $n = 1-3$ vòng/giây và $S = 3-9$ mm/vòng. Nguyên lý phun phủ HVOF được mô tả trong hình 2. Một hỗn hợp của nhiên liệu khí hoặc chất lỏng (khí hydro, khí mê-tan, propan, propylen, acetylene, khí tự nhiên, vv...) hoặc các chất lỏng (dầu lửa,

vv.) và oxy được đưa vào buồng đốt, nơi chúng được đốt cháy và đốt cháy liên tục. Tạo thành khí nóng với áp suất gần bằng 1 MPa qua vòi phun hội tụ - Phân kì và đi qua một đoạn thẳng với vận tốc vượt quá tốc độ của âm thanh, một phần bột phun được đưa vào trong dòng khí tại tốc độ lên đến 800 m/s. Hỗn hợp khí cháy và bột hướng về bề mặt được phủ. Bột kim loại tan

chảy trong dòng khí cháy và dính lên bề mặt. Kết quả là hình thành các lớp phủ có độ xốp thấp và lực liên kết cao [1], [6].

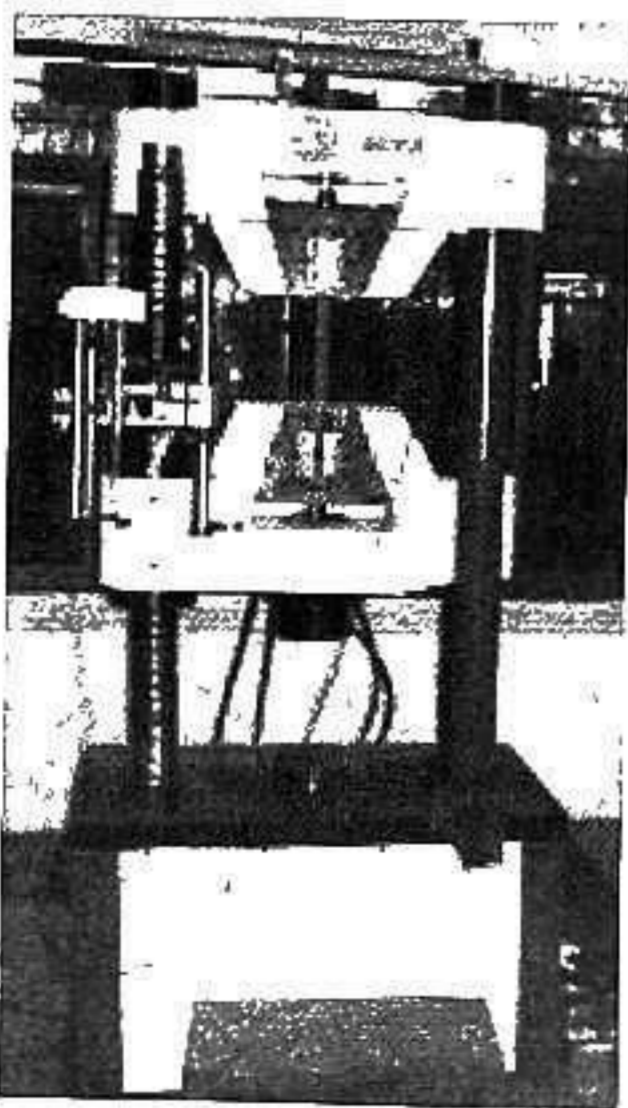


Hình 2: Nguyên lý phun ôxy - Nhiên liệu tốc độ cao HVOF

2.3. Thiết bị đo và phương pháp tiến hành

2.3.1. Thiết bị đo

Quá trình xác định độ bám dính của lớp phủ được sử dụng thiết bị kéo, nén TUTM của Korea như hình 3 để làm thử nghiệm và lựa chọn phương pháp kiểm tra độ bám dính lớp phủ với bề mặt kim loại nền theo phương tiếp tuyến (bằng phương pháp kéo trượt) theo tiêu chuẩn Nhật Bản JIS H 8664 – 1977. Phương pháp này đảm bảo tính chính xác và khả năng để lại ít hoặc không có biến dạng trên bề mặt cắt và mang lại hiệu quả cao cho thu thập dữ liệu định lượng về mối quan hệ giữa lớp phủ và chất nền [2], [3].

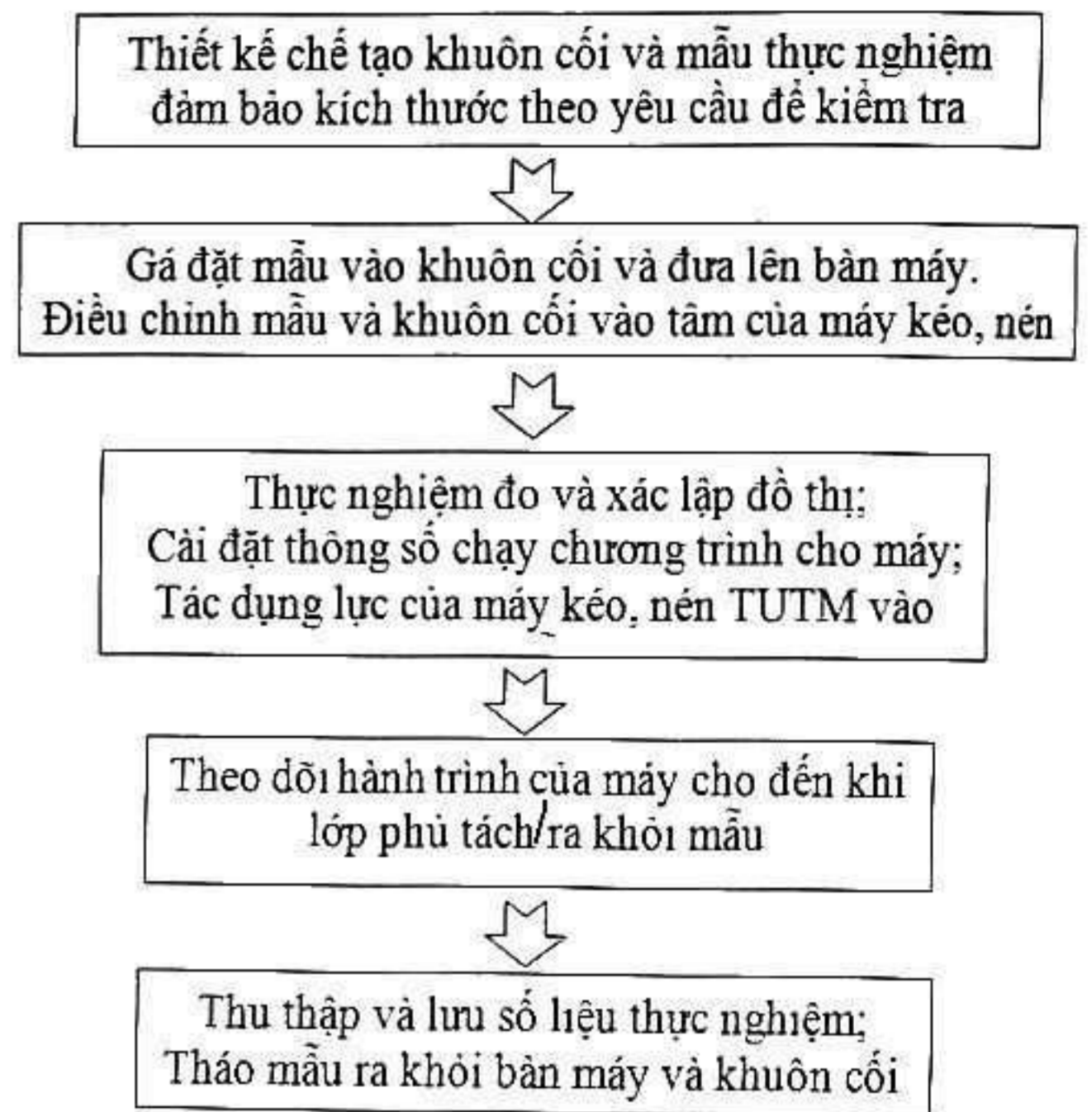


Hình 3: Máy kéo, nén TUTM

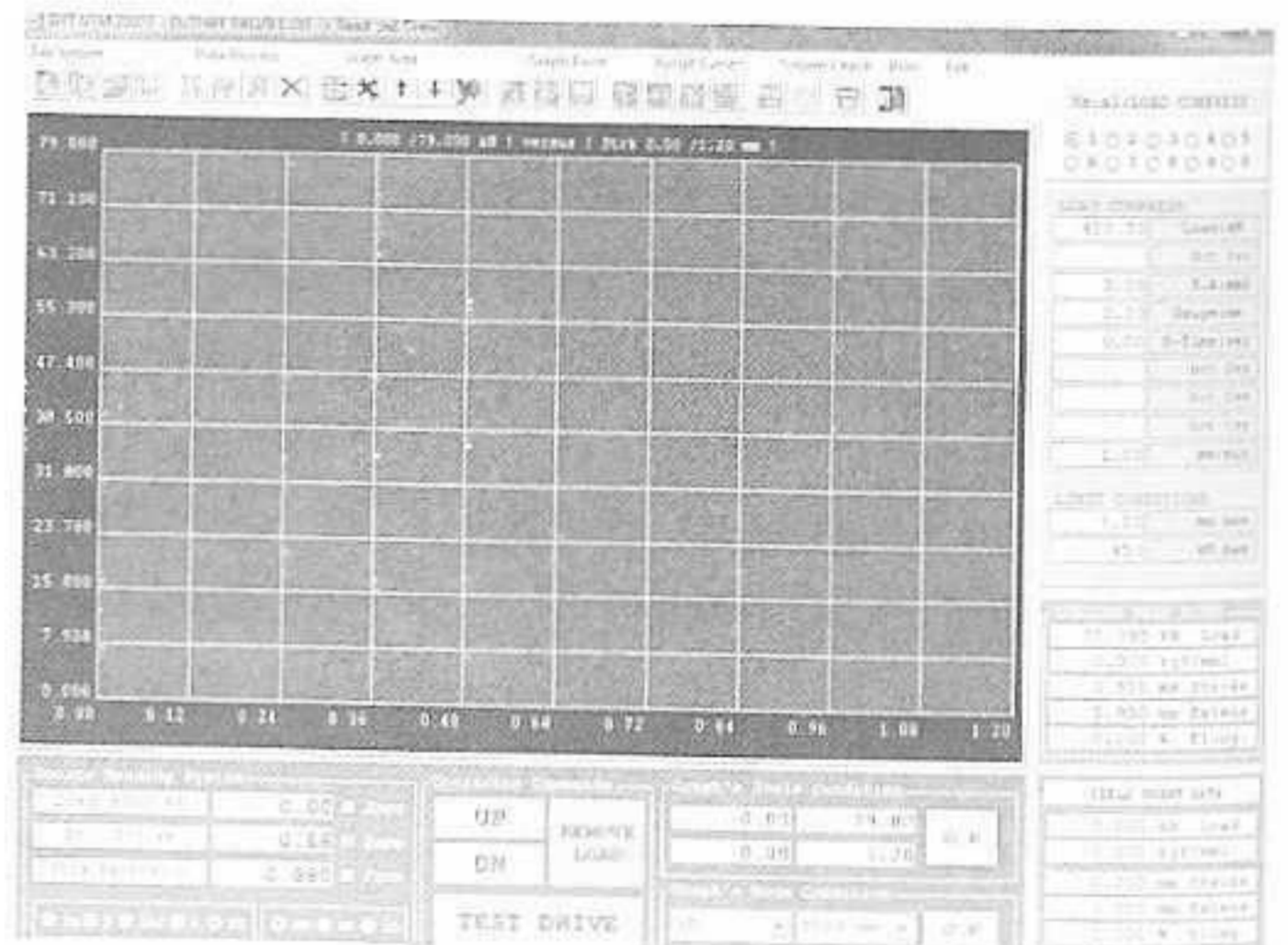
2.3.1. Phương pháp tiến hành

Để đáp ứng được các yêu cầu và kết quả xác định độ bền bám dính lớp phủ đảm bảo độ chính xác, trình tự thực nghiệm được tiến hành theo sơ đồ hình 4.

Kết nối thiết bị kéo, nén TUTM với hệ thống máy tính và sử dụng phần mềm chuyên dụng, như hình 5.

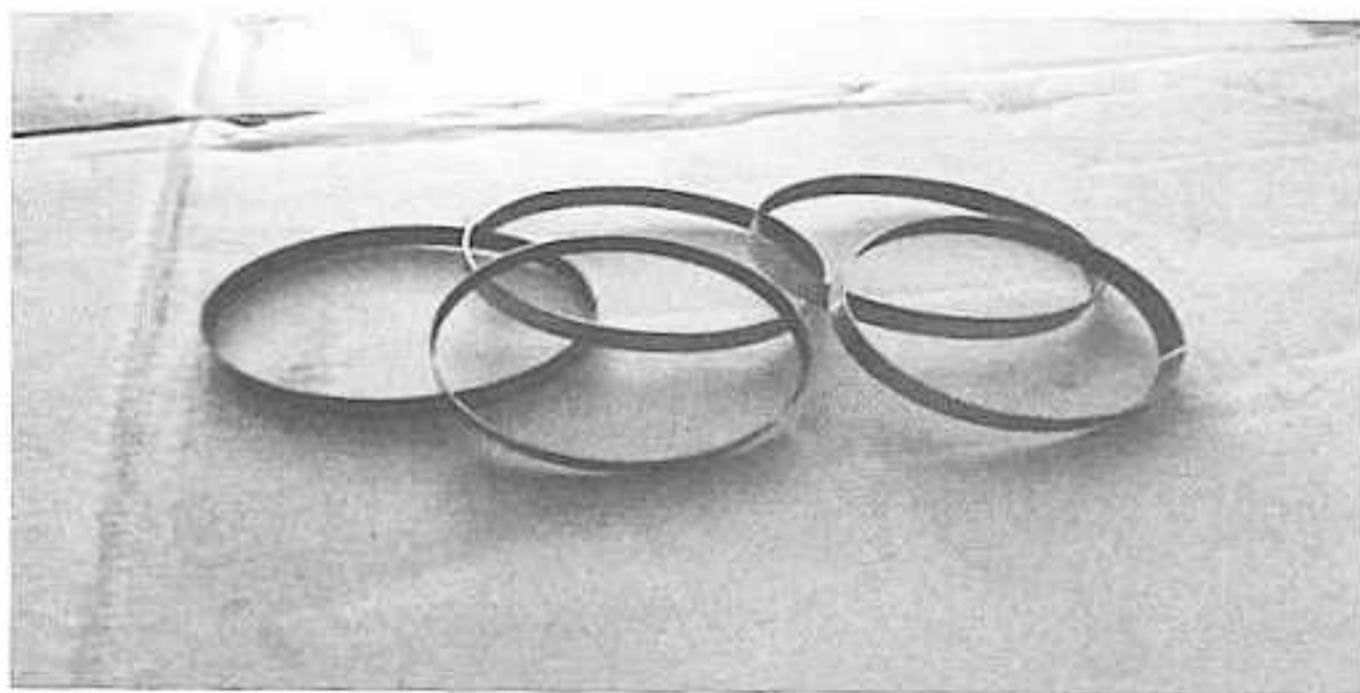


Hình 4. Sơ đồ mô tả trình tự xác định độ bám dính lớp phủ



Hình 5 Đồ thị biểu diễn giá trị lực nén khi đo độ bám dính lớp phủ

Sau khi bộ khuôn cối và mẫu thử được điều chỉnh vào tâm của bàn máy. Dưới tác dụng lực của thiết bị TUTM, máy tính sẽ tự động vẽ lên đồ thị đường đặc tính biểu diễn giá trị lực nén hình 5, cho tới khi lớp phủ bị bong ra khỏi bề mặt kim loại nền hình 6. Quan sát trên đồ thị cho thấy, đường đặc tính được chia ra thành 3 giai đoạn, ở giai đoạn đầu đường đặc tính là một đường thẳng nằm ngang song song với trục hoành, đây là khoảng thời gian chưa có lực tác dụng vào mẫu thử nghiệm, ở giai đoạn 2 đường đặc tính là một đường cong, đây là giai đoạn bàn máy tiếp xúc với mẫu bắt đầu xuất hiện lực nén và cũng là giai đoạn ổn định toàn bộ hệ thống, ở giai đoạn 3 lực nén bắt đầu tăng đến một giới hạn nhất định cho tới khi lớp phủ bong ra khỏi bề mặt nền, đồng thời máy tính cũng tự động vẽ lên đồ thị đường đặc tính gần như tuyến tính, điều này cho thấy độ bám dính trên toàn bộ bề mặt mẫu tương đối đều và khá ổn định.



Hình 6: Ảnh chụp mẫu thử độ bám dính

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Thực nghiệm đo độ bền bám dính lớp phủ bột cacbua $Cr_3C_2 - NiCr$ trên nền thép 40Cr bằng phương pháp phun HVOF, được thực hiện trên máy kéo, nén TUTM, có sự hỗ trợ của máy tính và phần mềm chuyên dụng, kết quả đo 27 mẫu thực nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Phân tích số liệu trong bảng 1 cho thấy, độ bám dính có xu hướng tăng tỷ lệ thuận theo chiều tăng của thông số phun n và S , và có xu hướng giảm tỷ lệ nghịch theo chiều tăng của thông số phun m .

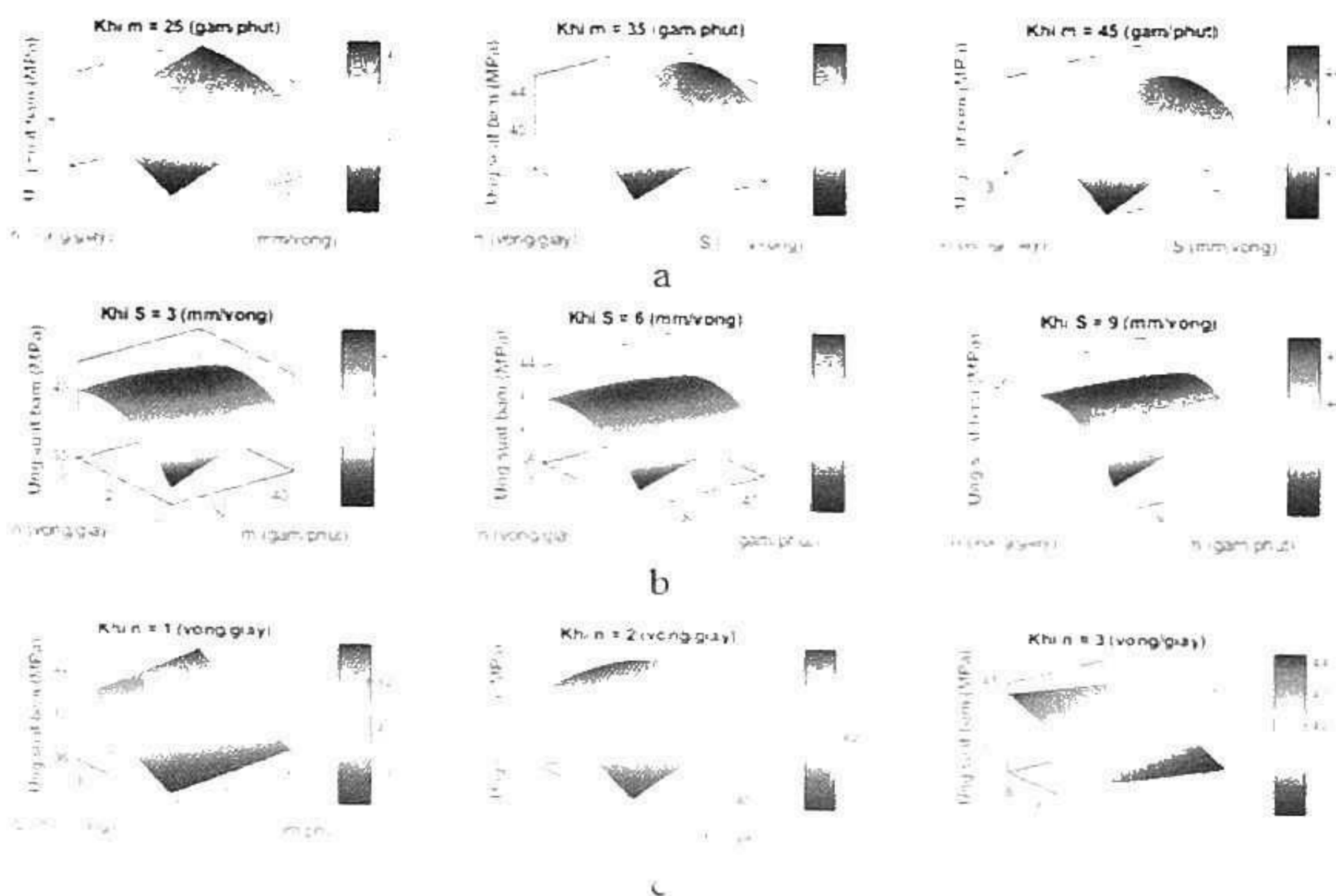
Từ kết quả đo độ bền bám dính trong bảng 1, sử dụng phần mềm MATLAB R2015b xây dựng được các đồ thị dạng 3D biểu diễn mối quan hệ giữa độ bền bám dính lớp phủ với các thông số công nghệ như: Lưu lượng cấp bột phun (m); tốc độ quay của phôi (n), tốc độ dịch chuyển của đầu phun (S).

Trên hình 7 là các đồ thị 3D mô tả sự phụ thuộc của độ bền bám dính của lớp phủ đến các thông số công nghệ phun. Qua đó có thể nhận thấy rõ ảnh hưởng đồng thời của 3 thông số phun (m , S và n) trong miền khảo sát, các đường đặc tính là những đường cong không gian 3 chiều, có điểm cực trị.

Bảng 1. Kết quả đo độ bám dính lớp phủ bột cacbua $Cr_3C_2 - NiCr$ trên nền thép 40Cr bằng phương pháp HVOF

TT	Mã	Nhóm thí nghiệm	m (gam/phút)	n (vòng/giây)	S(mm/vòng)	σ
						(MPa)
1	11	Nhóm thí nghiệm 1	25	1	3	36,6651
2	21		25	1	6	39,2675
3	31		25	1	9	41,8096
4	41		25	2	3	38,4739
5	51		25	2	6	41,5405

6	61	Nhóm thí nghiệm 1	25	2	9	44,5778	
7	71		25	3	3	40,4360	
8	81		25	3	6	42,0445	
9	91		25	3	9	44,3477	
10	12		Nhóm thí nghiệm 2	35	1	3	37,3831
11	22			35	1	6	39,8905
12	32			35	1	9	42,5746
13	42			35	2	3	40,9610
14	52			35	2	6	42,7149
15	62	35		2	9	45,7525	
16	72	35		3	3	39,6510	
17	82	35		3	6	41,7191	
18	92	35		3	9	43,4953	
19	13	Nhóm thí nghiệm 3	45	1	3	38,0359	
20	23		45	1	6	40,6155	
21	33		45	1	9	43,5623	
22	43		45	2	3	40,8050	
23	53		45	2	6	42,2009	
24	63		45	2	9	45,1001	
25	73		45	3	3	39,0041	
26	83		45	3	6	41,3426	
27	93		45	3	9	42,7848	



Hình 7. Đồ thị 3D biểu diễn mối quan hệ (m, n, s) đến độ bền bám dính lớp phủ

Nhận xét:

Từ các hình 7a, hình 7b và hình 7c cho thấy, độ bám dính lớp phủ phụ thuộc vào các thông số công nghệ phun (m , S và n) và được biểu diễn là những đường cong không gian 3 chiều, có điểm cực trị, đặc biệt là thông số phun (n) có ảnh hưởng rất đáng kể.

Nguyên nhân của hiện tượng này, là do khi tăng tốc độ quay của phôi (n) đến một giới hạn nhất định, làm cho mật độ hạt nóng chảy bám đều, đảm bảo mỗi lượt phun có từ 5 đến 15 lớp mỏng bám trên bề mặt chi tiết, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình liên kết giữa các hạt nóng chảy với bề mặt nền hoặc với các lớp phun có từ trước, làm tăng độ bền bám dính của lớp phủ, độ bền bám dính đạt cực trị trong khoảng $n = 2$ (vòng/phút). Tuy nhiên, khi tăng tốc độ quay của phôi (n) quá lớn, dẫn đến các lớp phun chưa kịp khuếch tán vào bề mặt nền thì các lớp phun khác đã phủ lên, sự chồng chất của các hạt nóng chảy lên nhau sẽ làm cho ứng suất dư tăng, độ xốp lớp phủ tăng và độ bền bám dính giảm

4. KẾT LUẬN

Quá trình nghiên cứu đã đưa ra được những kết quả như sau:

Đã xây dựng được quy trình xác định độ bám dính lớp phủ trên máy kéo, nén TUTM.

Đã lập được bảng kết quả đo độ bám dính lớp phủ cacbua Cr_3C_2 - NiCr trên nền thép

40Cr bằng phương pháp HVOF và xây dựng được đồ thị 3D biểu diễn mối quan hệ ảnh hưởng của (m , n , s) đến độ bền bám dính lớp phủ.

Kết quả nghiên cứu có thể tham khảo trong việc phục hồi chi tiết mòn, trong giảng dạy, nghiên cứu khoa học trong lĩnh vực chuyên ngành. ❖

Ngày nhận bài: **28/11/2016**

Ngày phản biện: **18/12/2016**

Tài liệu tham khảo:

[1] Đinh Văn Chiến, Đinh Bá Trụ (2014); *Kỹ thuật phun nhiệt tốc độ cao HVOF, HVOF, D-Gun*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Phạm Văn Liệu (2016); *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến chất lượng phục hồi bề mặt trục có hình dạng phức tạp bị mòn bằng công nghệ phun phủ*; Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội

[3]. Hoàng Văn Got (2002); *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến độ bền bám dính của lớp phủ kim loại được phun bằng phương pháp nhiệt khí*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

[4]. John E. Briggas, Editor 2004 “*handbook of comparative world steel standards*”

[5]. Sulzer Metco HVOF Materials guide.

[6]. Pierre L. Fauchais Joachim V.R. Heberlein Maher I. Boulos “*Thermal Spray Fundamentals*” Springer Science , Business Media New York 2014.