



RESEARCH ON FABRICATION ELECTROPLATING COMPOSITE Ni-CBN LAYER IN FLAT SURFACE FOR ELECTROPLATING CBN GRINDING STIKS AND DISCS

Tran Thi Van Nga^{1*}, Truong Hoanh Son^{2*}, Tran Vinh Hung³

¹Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, No 1 Dai Co Viet, Hanoi, Vietnam

³Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, Phenikaa University, Yen Nghia Ward, Ha Dong District, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 30/9/2020

Revised: 22/10/2020

Accepted: 26/10/2020

Published online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.5>

* *Corresponding author*

Email: ngattv@utc.edu.vn; son.truonghoanh@hust.edu.vn

Abstract. This paper proposes an experimental research on the fabrication of Ni-cBN composite electroplating layer in a flat surface, which is the foundation for fabricating cBN grinding stick and disc by the electroplating method. The Watts solution with 160 g/l of cBN grit at temperature 55 °C, the current density from 1 to 10 A/dm², and the plating time from 1 to 10 minutes were used in the composite plating process. As a result, the Ni-cBN composite electroplating layers in a flat surface observed by SEM showed that the quality of plating layer was good and grinding particles were evenly distributed. The cBN grinding particles were only partially buried and protruded from the surface to perform the cutting function. The density of cBN grits was defined by counting particles in the SEM photo. Based on experiments, a regression equation of the density, which depends on current density and plating time, was determined.

Keywords: composite plating, cBN grinding stick, cBN grinding disc, electroplating method, flat surface



NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO LỚP MẠ COMPOSITE Ni-CBN TRÊN NỀN PHẪNG ĐỂ CHẾ TẠO THANH ĐÁ MÀI VÀ ĐĨA MÀI CBN BẰNG PHƯƠNG PHÁP MẠ ĐIỆN HÓA

Trần Thị Vân Nga^{1*}, Trương Hoàn Sơn^{2*}, Trần Vĩnh Hưng³

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Cơ Khí, Trường Đại học Bách khoa Hà nội, Số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

³Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Đại học Phenikaa, Phường Yên Nghĩa, Quận Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 30/9/2020

Ngày nhận bài sửa: 22/10/2020

Ngày chấp nhận đăng: 26/10/2020

Ngày xuất bản Online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.5>

* Tác giả liên hệ

Email: ngattv@utc.edu.vn; son.truonghoanh@hust.edu.vn

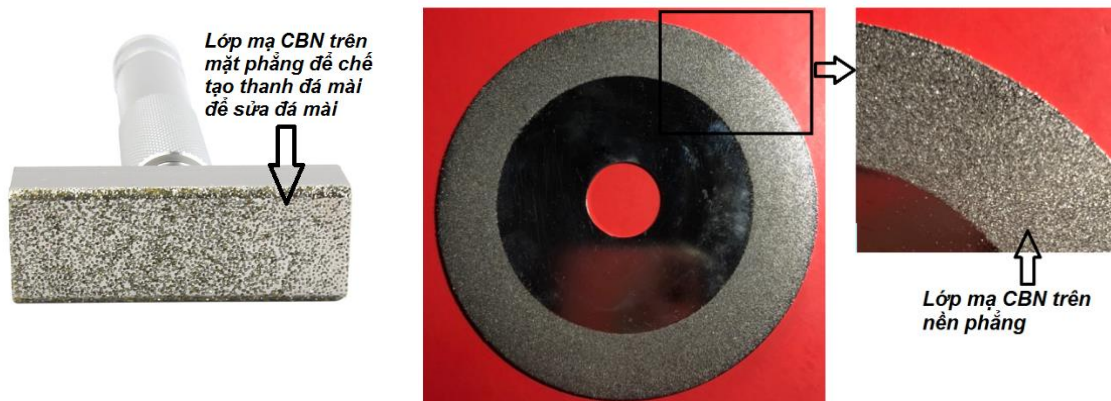
Tóm tắt. Bài báo tiến hành nghiên cứu chế tạo lớp mạ composite Ni-cBN trên nền phẳng là cơ sở để chế tạo thanh đá và đĩa mài cBN bằng phương pháp mạ điện. Quá trình mạ composite được thực hiện với dung dịch Watts có pha hạt mài cBN với nồng độ 160g/l, nhiệt độ dung dịch duy trì trong quá trình mạ điện là 55 °C, mật độ dòng nghiên cứu từ 1-10 A/dm² và thời gian mạ composite từ 1-10 phút. Bề mặt nhận được được quan sát trên kính hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy chất lượng lớp mạ thu được tốt, các hạt mài phân bố đồng đều, các hạt mài cBN chỉ bị chôn lấp một phần và nhô lên khỏi bề mặt để thực hiện chức năng cắt. Mật độ hạt phân bố được xác định bằng cách đếm hạt trên ảnh SEM chụp các mẫu thí nghiệm. Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, mật độ phân bố của hạt mài trên bề mặt phụ thuộc chủ yếu vào hai thông số của quá trình mạ là mật độ dòng và thời gian mạ cũng được nghiên cứu và phương trình hồi quy về mối quan hệ này cũng được tìm ra.

Từ khóa: mạ composite, thanh đá cBN, phương pháp mạ điện, mật độ dòng, bề mặt phẳng

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại các nước có nền cơ khí chế tạo máy phát triển đã nghiên cứu chế tạo đá mài cBN ứng dụng chúng vào trong sản xuất rất phổ biến do ưu điểm của vật liệu hạt mài cBN được xem là loại vật liệu tốt nhất để mài thép [1,2]. Đá mài cBN chế tạo chủ yếu bằng 2 phương pháp phương pháp mạ điện và phương pháp thiêu kết [1,2]. Do vật liệu cBN giá thành cao, nên chế tạo các thanh đá bằng phương pháp thiêu kết thường chế tạo nguyên khối đắt tiền, do đó việc chế tạo bằng phương pháp mạ điện đơn lớp sẽ giảm lượng hạt mài cBN sử dụng nên giảm giá thành sản phẩm. Do bí quyết công nghệ, các công bố liên quan đến chế tạo đá mài này còn rất hạn chế.

Ở nước ta hiện nay có một số công trình của nhóm tác giả [3-7] là các nghiên cứu liên quan đến việc chế tạo đá mài trên bề mặt trụ, còn chưa có các nghiên cứu liên quan đến việc chế tạo lớp mạ trên bề mặt phẳng là cơ sở để chế tạo thanh đá hoặc bề mặt của các đĩa mài (hình 1). Sự phân bố mật độ hạt mài trên bề mặt của đá ảnh hưởng rất lớn đến khả năng cắt của đá. Việc tạo lớp phủ composite Ni-cBN trên nền phẳng và trên bề mặt trụ có những đặc điểm khác nhau đặc biệt là liên quan đến việc phân bố hạt mài do đó nghiên cứu chế tạo lớp phủ hạt cBN và những yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài trên nền phẳng là rất cần thiết.



a) Thanh đá CBN mạ điện.

b) Đĩa mài CBN chế tạo bằng phương pháp mạ điện.

Hình 1. Lớp mạ Ni-cBN trên nền phẳng.

2. VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Dung dịch mạ sử dụng là dung dịch Watts ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 250 ÷ 300g/l, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 25 ÷ 30 g/l, H_3BO_3 25 ÷ 40 g/l, Natri lauryl sunphat 0,1 ÷ 0,15 g/l) để mạ niken. Vật liệu hạt sử dụng là hạt cBN với cỡ hạt #120 (tương đương với kích cỡ hạt mài 90 ÷ 104 μm), và tỷ lệ hạt mài trong dung dịch là 160 g/l. Mẫu nghiên cứu được chế tạo bằng thép C45 đóng vai trò làm catốt, anốt là niken để bổ sung lượng niken cho dung dịch mạ.

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Quá trình mạ chia làm 3 giai đoạn: Mạ lớp niken mạ lót để tăng khả năng liên kết của lớp mạ composite Ni-cBN với lớp lõi (gọi là lớp mạ nền) [3]; Mạ composite Ni-cBN để gắn hạt mài cBN lên bề mặt và mạ niken chôn lấp để chôn lấp hạt mài cBN đến mức độ cần thiết đảm

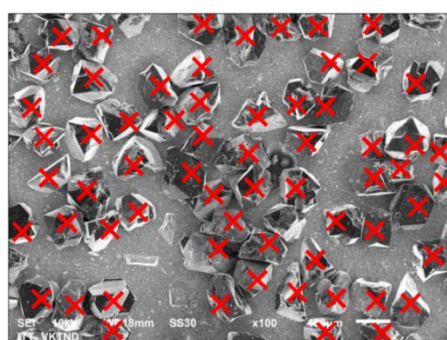
bảo chiều sâu gắn cần thiết mà vẫn nhô lên bề mặt đảm bảo chức năng cắt của lớp mạ. Quá trình thực hiện mạ niken điện hóa để tạo lớp mạ nền (lớp 1) và lớp mạ để chôn lấp hạt cBN (lớp 3) với các thông số công nghệ như sau: lớp mạ 1 với mật độ dòng là $i = 1 \text{ A/dm}^2$; $t_{\text{mạ}} = 15$ phút; lớp mạ 3 với $i = 1 \text{ A/dm}^2$; $t_{\text{mạ}} = 30$ phút.

Sự phân bố của hạt mài trên bề mặt chỉ phụ thuộc vào giai đoạn mạ composite Ni-cBN, do đó tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ mạ trong giai đoạn này. Hai thông số chính ảnh hưởng đến quá trình mạ là mật độ dòng và thời gian mạ composite [6,7]. Thực hiện quá trình mạ niken ở nhiệt độ dung dịch mạ $55 \text{ }^\circ\text{C}$, mật độ dòng phù hợp khi mạ niken bằng dung dịch Watts là $1 \div 10 \text{ A/dm}^2$, thời gian mạ $1 \div 10$ phút [8-12].

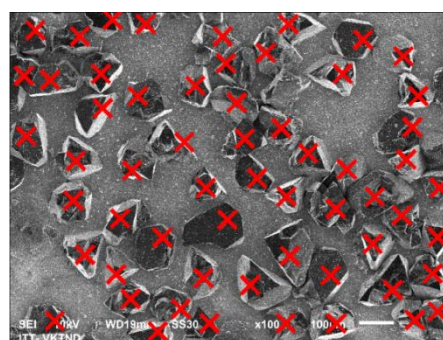
Khi mạ, sử dụng máy khuấy từ gia nhiệt hiển thị số AREX, model AREX DIGI của hãng VELP cho phép điều chỉnh nhiệt độ dung dịch mạ đến nhiệt độ cần thiết ở $55 \text{ }^\circ\text{C}$ và điều chỉnh được tốc độ khuấy giúp cho các hạt phân bố lên bề mặt của đá mài mong muốn và tăng hiệu quả của quá trình mạ điện hóa.

Bề mặt của mẫu đá mài sau khi chế tạo được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) SM-6510LV với tỷ lệ phóng đại là 50; 100; 200; 500 lần ($\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$) để quan sát mức độ phân bố của hạt mài và mức độ liên kết của hạt mài với lớp mạ.

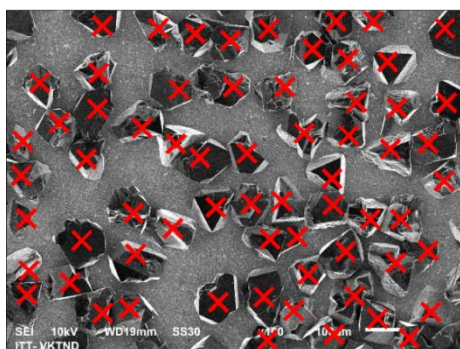
Mật độ phân bố của hạt được xác định bằng cách chụp ảnh SEM với tỷ lệ phóng đại 100 lần tại 2 vị trí khác nhau sau đó tiến hành đếm hạt và xác định số hạt mài và mật độ phân bố của hạt, mỗi chế độ tiến hành thực nghiệm 2 mẫu (hình 2).



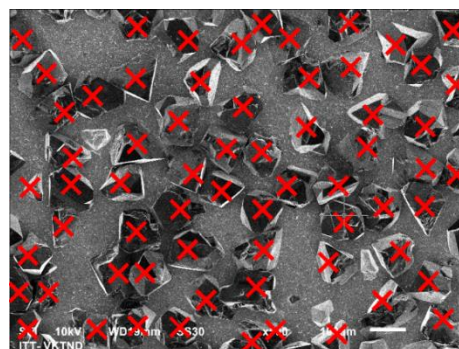
a) Mẫu 1: Điểm 1: $K_{\text{PB}} = 51,26 \text{ hạt/mm}^2$



b) Mẫu 1: Điểm 2: $K_{\text{PB}} = 48,01 \text{ hạt/mm}^2$



c) Mẫu 17: Điểm 1: $K_{\text{PB}} = 52,89 \text{ hạt/mm}^2$



d) Mẫu 17: Điểm 2: $K_{\text{PB}} = 52,89 \text{ hạt/mm}^2$

Hình 2. Bề mặt mẫu M1 và M17 chụp SEM và đếm hạt mài phân bố.

2.3. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Hai thông số chủ yếu ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài trên bề mặt của đá mài là: Mật độ dòng mạ và thời gian mạ composite. Tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài của 2 yếu tố với 4 mức giá trị theo bảng 1.

Bảng 1. Các mức giá trị chế độ mạ điện hóa nghiên cứu.

Các mức	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
i (A/dm²)	1	4	7	10
t (phút)	1	4	7	10

Các số liệu thực nghiệm thu được sẽ được phân tích nhằm xây dựng quan hệ giữa hàm mục tiêu mật độ hạt với các thông số công nghệ của quá trình mạ điện.

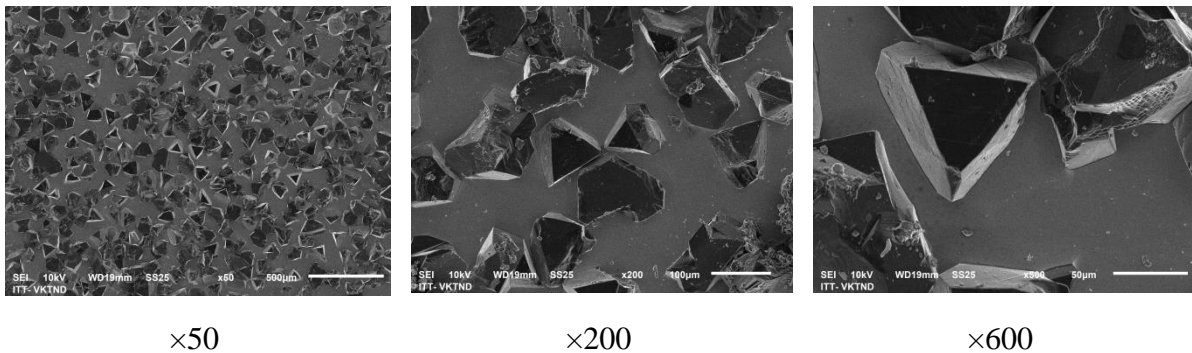
Hàm mục tiêu có dạng [13]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (1)$$

Các hệ số b_0, b_1, b_2, b_{12} của phương trình hồi quy được tính toán theo số liệu thực nghiệm, các hệ số này cho thấy mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đối với hàm mục tiêu. Trong nghiên cứu, sử dụng phần mềm Minitab 19.0 để xử lý số liệu thực nghiệm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

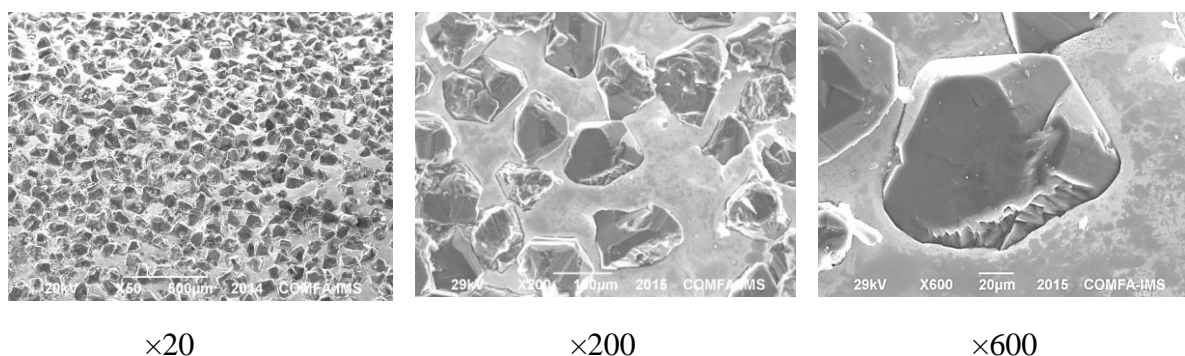
3.1. Bề mặt các mẫu nhận được



Hình 3. Bề mặt mẫu thí nghiệm chụp SEM với các mức độ phóng đại khác nhau.

Quan sát bề mặt mẫu nhận được (hình 3) cho thấy trên bề mặt các hạt mài phân bố tương đối đồng đều trên bề mặt mẫu, các hạt mài nhô lên trên nền niken để thực hiện chức năng cắt. Tại chỗ tiếp xúc với nền, có sự tiếp xúc tốt giữa hạt mài và niken.

Nếu so với hình ảnh liên kết của đá mài cBN do Nhật bản chế tạo (hình 4) hiện đã được thương mại hóa trên thị trường thì bề mặt cũng tương tự, như vậy có thể cho thấy lớp mạ Ni-cBN tạo ra có chất lượng tốt.



Hình 4. Ảnh SEM bề mặt mẫu đá mài do Nhật Bản chế tạo.

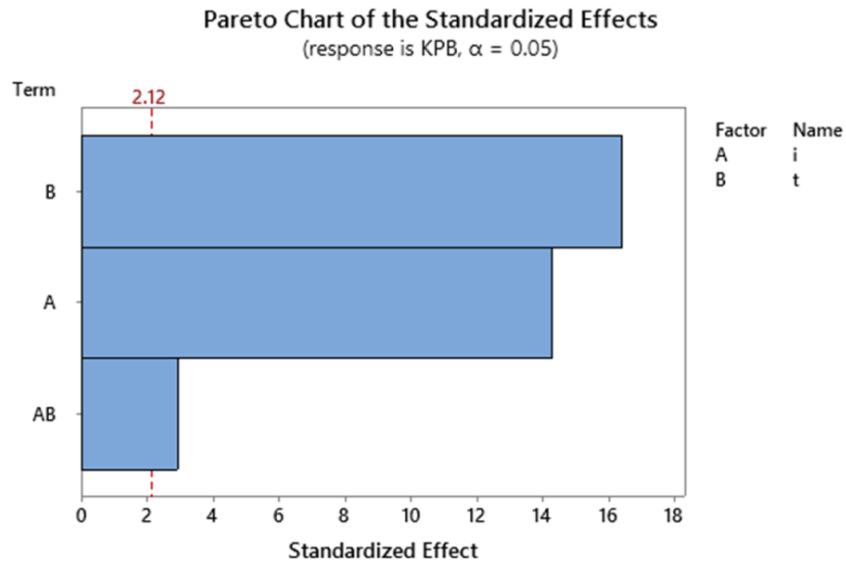
3.2. Kết quả mật độ phân bố của hạt mài trên bề mặt của mẫu

Tiến hành thực nghiệm và xác định được mật độ phân bố của các mẫu thí nghiệm, kết quả thí nghiệm nhận được như bảng 2.

Bảng 2. Mật độ phân bố của hạt mài K_{PB} .

TT	Biến thực		Giá trị hàm mục tiêu	
	T (phút)	i (A/dm ²)	Lần 1	Lần 2
1	1	1	49,63	52,89
2	1	4	56,55	59,40
3	1	7	62,25	61,43
4	1	10	65,50	63,06
5	4	1	56,55	56,55
6	4	4	58,58	60,21
7	4	7	63,47	63,47
8	4	10	66,72	70,38
9	7	1	57,36	58,18
10	7	4	62,65	61,84
11	7	7	68,76	68,76
12	7	10	72,82	71,20
13	10	1	61,03	61,84
14	10	4	63,87	63,47
15	10	7	72,82	74,45
16	10	10	79,74	77,71

Sử dụng phần mềm Minitab 19.0 để phân tích các kết quả thử nghiệm (bảng 2), các kết quả phân tích được thể hiện ở các hình 4, 5, 6. Qua biểu đồ Pareto của các giá trị ảnh hưởng (hình 4) cho thấy Minitab sử dụng mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ để vẽ đường giới hạn (có hoành độ là 2,12) trên đồ thị. Các giá trị ảnh hưởng: t, i, t^*i được biểu diễn dưới dạng các thanh nằm ngang. Các yếu tố ứng với các thanh biểu diễn đều có giá trị vượt qua bên phải đường giới hạn, do đó chúng là đều là các yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đối với hàm mục tiêu. Qua đó cho thấy các yếu tố t, i, t^*i có ý nghĩa trong hàm mục tiêu. Nếu quan sát trên biểu đồ đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố chính (hình 5), cho thấy mức độ ảnh hưởng đến hàm mục tiêu K_{PB} của hai yếu tố không chênh lệch nhau nhiều thể hiện ở độ dốc của đồ thị trên hình thay đổi không nhiều, tuy nhiên ảnh hưởng của t nhiều hơn so với i vì độ dốc biểu thị quan hệ của t lớn hơn i.



Hình 4. Biểu đồ Pareto.



Hình 5. Biểu đồ đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố chính.

Bảng 3. Phân tích các biến số.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	1447.35	482.452	191.34	0.000
i	1	55.91	55.913	22.18	0.000
t	1	143.97	143.968	57.10	0.000
i*t	1	21.71	21.707	8.61	0.007
Error	28	70.60	2.521		
Lack-of-Fit	12	44.11	3.676	2.22	0.069
Pure Error	16	26.49	1.655		
Total	31	1517.95			

Bảng 4. Phân tích tổng hợp mô hình (Model summary).

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,58788	95,35%	94,85%	93,59%

Phương trình hồi quy thu được có dạng:

$$K_{PB} = 50,79 + 0,757i + 1,215t + 0,0732.i.t \quad (2)$$

Bảng 3 cũng chỉ ra giá trị P-Value của các biến số i và t đều nhỏ hơn 0,001, còn giá trị P-Value của yếu tố $i.t$ là $0,007 < \alpha = 0,05$ nên các hệ số trong phương trình hồi quy đều có ý nghĩa.

Bảng 4 cho thấy hệ số R^2 (ký hiệu là R-sq) bằng 95,35 % và R^2 điều chỉnh (ký hiệu là R-sq(adj)) bằng 94,85% là thông số đánh giá mô hình hồi quy đều lớn hơn 90% , chứng tỏ mô hình tìm được khớp khá tốt với dữ liệu.

Phương trình hồi quy cho thấy: Các yếu tố i và t đều ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài. Khi i và t tăng thì mật độ phân bố đều tăng thể hiện ở giá trị dương của hệ số của i , t và $i*t$ trong phương trình hồi quy (2), tuy nhiên mức độ phụ thuộc vào t nhiều hơn so với i thể hiện ở hệ số của yếu tố i là 0,757 trong khi đó hệ số của t là 1,215 và hệ số của yếu tố $i*t$ là 0,0732.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên, các kết luận được đưa ra là:

- Đã chế tạo được lớp mạ composite Ni-cBN trên nền phẳng bằng dung dịch Watts và đây là cơ sở để chế tạo các đĩa mài và các thanh đá mài cBN bằng phương pháp mạ điện.

- Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm 2 nhân tố 4 mức giá trị đã tìm ra được phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ của mật độ phân bố của hạt mài trên bề mặt của mẫu phụ thuộc vào thời gian mạ và mật độ dòng điện mạ:

$$K_{PB} = 50,79 + 0,757i + 1,215t + 0,0732.i.t$$

Từ phương trình hồi quy cho phép dự đoán được mật độ phân bố của hạt mài trên bề mặt mạ đối với hai thông số của quá trình mạ là thời gian mạ và mật độ dòng điện.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2020-CK-004.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. Malkin, C. Guo, Grinding technology: theory and application of machining with abrasives, Industrial Press Inc, 2008.
- [2]. Ioan D. Marinescu, Handbook of Machining with Grinding Wheels, Taylor & Francis Group, 2007.
- [3]. Trần Thị Vân Nga, Trương Hoàn Sơn, Trần Vĩnh Hưng, Nghiên cứu công nghệ chế tạo đá mài đơn lớp và bước đầu nghiên cứu chế tạo đá mài cBN bằng phương pháp mạ điện, Tạp chí Khoa học công nghệ, Trường Đại học Công nghệ Hà Nội, 27 (2015) 130-133.

- [4]. Tran Thi Van Nga, Truong Hoanh Son, Research on application composite electroplating to fabricate grinding tool, International Cooperation Issue of Transpotation, 6 (2015) 80-84.
- [5]. Trần Thị Vân Nga, Trương Hoàn Sơn, Trần Vĩnh Hưng, Nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ dòng và thời gian mạ đến sự phân bố hạt mài khi chế tạo đá mài cBN bằng phương pháp mạ điện, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 1+2 (2017) 127-133.
- [6]. Trần Thị Vân Nga, Trương Hoàn Sơn, Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của tốc độ quay catốt và nhiệt độ dung dịch mạ đến sự phân bố hạt mài khi chế tạo đá mài cBN bằng phương pháp mạ điện, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 67 (2018) 11-16.
- [7]. Trần Thị Vân Nga, Trương Hoàn Sơn, Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ mạ điện đến mật độ hạt mài trên nền đá mài bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm khi chế tạo đá mài cBN đơn lớp liên kết kim loại bằng phương pháp mạ điện, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 3 (2020) 50-55.
- [8]. Trần Minh Hoàng, Nguyễn Văn Thanh, Lê Đức Tri, Sổ tay mạ điện, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2013.
- [9]. Nguyễn Đức Hùng, Kỹ thuật mạ, Nhà xuất bản Thanh niên, 2000.
- [10]. H. Gül, F. Kılıç, S. Aslan, A. Alp, H. Akbulut, Characteristics of electro-co-deposited Ni–Al₂O₃ nano-particle reinforced metal matrix composite (MMC) coatings, Wear, 267 (2009) 976-990. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2008.12.022>
- [11]. P. Narasimman, M. Pushpavanama, V. M. Periasamyb, Effect of surfactants on the electrodeposition of Ni-SiC composites, Portugaliae Electrochimica Acta, 30 (2012) 1-14. <http://dx.doi.org/10.4152/pea.201201001>
- [12]. G. Parida, et al., Synthesis and characterization of Ni-TiO₂ composite coatings by electro-co-deposition, Surface and Coatings Technology, 205 (2011) 4871-4879. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2011.04.102>
- [13]. Nguyễn Văn Dự, Nguyễn Đăng Bình, Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật, NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2011.