

# 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

RESEARCH ON INFLUENCE OF CURRENT DENSITY AND PLATING TIME TO THE DISTRIBUTION OF ABRASIVE GRIT IN FABRICATING CBN ELECTROPLATED GRINDING WHEEL

Trần Thị Vân Nga<sup>1</sup>, Trương Hoàng Sơn<sup>2</sup>, Trần Vĩnh Hưng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Giao thông Vận tải

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của mật độ dòng và thời gian mạ đến sự phân bố của hạt mài trên bề mặt đá thực nghiệm, khi chế tạo đá mài CBN bằng phương pháp mạ điện bằng dung dịch Watts. Bề mặt đá mài chế tạo được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để xác định mật độ hạt mài và sự phân bố của hạt mài trên bề mặt đá khi thay đổi mật độ dòng điện và thời gian mạ. Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi mật độ dòng và thời gian mạ tăng, mật độ hạt mài phân bố trên bề mặt tăng. Nếu mật độ dòng và thời gian mạ không đủ sẽ làm hạt mài phân bố không đều. Thời gian mạ composite Ni-CBN hợp lý là 5- 10 phút, mật độ dòng điện phù hợp từ 3-8A/dm<sup>2</sup>.

**Từ khóa:** Mạ Ni-CBN; Sự phân bố của hạt; Đá mài chế tạo bằng phương pháp mạ điện; Đá mài CBN liên kết kim loại bằng phương pháp mạ điện.

## ABSTRACT

This paper presents research on influence of current density and plating time to the distribution of CBN grit of the electroplated grinding wheel with Watts solution. By changing the parameters of the plating process such as current density and plating time, their effect on the distribution of the abrasive grits in core were defined. The surface of CBN electroplated grinding wheel were observed by scanning electron microscope (SEM) to define the distribution of CBN grits on the surface of the core. The experimental results showed that when the current density and plating time increases, the density of CBN grits on the surface increases. If the current density and plating time were not enough, the distributions were non-uniform. Time plated Ni-CBN composite reasonably 5- 10 minutes and density current from 3-8A/dm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Electroplating Ni-CBN, Distribution of grit, Electroplated grinding wheel.

## 1. MỞ ĐẦU

Đá mài CBN chế tạo bằng phương pháp mạ điện có nhiều ưu điểm như: Có khả năng mài vật liệu có độ cứng cao, hệ số mài lớn, khả năng chịu nhiệt cao đang được sử dụng rất phổ biến trong các nguyên công mài định hình, đặc biệt là mài vật liệu thép các bon sau nhiệt luyện, một loại vật liệu được sử dụng phổ biến để chế tạo chi tiết máy [1,2]. Vì vậy, việc nghiên cứu chế tạo đá mài CBN bằng phương pháp mạ điện đang là một trong những vấn đề đang được quan tâm nghiên cứu trong công nghiệp chế tạo đá mài. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, kim loại để tạo cầu liên kết tốt trong đá mài chế tạo bằng phương pháp mạ điện là niken [3-6]. Như vậy, quá trình tạo lớp phủ hạt mài CBN trên bề mặt lõi kim loại chính là sử dụng công nghệ mạ composite Ni-CBN để chế tạo lớp phủ hạt mài. Để mạ niken composite thường sử dụng hai loại là dung dịch Watts và dung dịch Sunphamate, tuy nhiên dung dịch Watts có ưu điểm là giá thành rẻ và ít độc và có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng dung dịch Watts để mạ niken composite [7-11].

Quá trình tạo lớp mạ hạt mài CBN trên bề mặt lõi cần đảm bảo sự phân bố đồng đều của hạt mài vì nó ảnh hưởng đến khả năng cắt gọt của đá. Chính vì vậy, việc nghiên cứu thông số công nghệ chính của quá trình mạ ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài trong quá trình mạ lớp hạt mài lên bề mặt thân đá là rất cần thiết. Có nhiều thông số công nghệ ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài như mật độ hạt mài, mật độ dòng điện mạ, thời gian mạ v.v. Bài báo này chỉ tập trung làm rõ sự ảnh hưởng của hai thông số quan trọng của quá trình mạ là thời gian mạ và mật độ dòng điện mạ đến sự hình thành và phân bố của hạt mài trên bề mặt đá.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Các hạt CBN được chọn để chế tạo đá mài là hạt CBN của hãng Changsha 3 better Ultra-Hard Materials Co., Ltd, Trung Quốc (<http://www.3bdiamond.com>) có kích thước  $96 \div 106\mu\text{m}$ . Quá trình mạ Ni-composite được tiến hành với dung dịch mạ niken Watts với hàm lượng các chất:  $\text{NiSO}_4$ : 300 g/l,  $\text{NiCl}_2$ : 60 g/l,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ : 30 g/l; pH=4 ÷ 4.5. Nồng độ của hạt CBN pha vào dung dịch để mạ composite Ni-CBN là 160g/l; Anốt được sử dụng là niken kim loại để bổ sung cân bằng với lượng ion Ni phóng điện trên catốt. Catốt được sử dụng là thép C45 được đặt nằm ngang và quay liên tục trong quá trình mạ. Dung dịch mạ được đun nóng và khuấy bằng máy khuấy từ gia nhiệt với tốc độ khuấy 160 v/phút. Các thông số để khảo sát công nghệ được biến đổi theo yêu cầu nghiên cứu là: Thời gian mạ, mật độ dòng mạ.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quá trình chế tạo lớp phủ hạt mài để đá mài CBN bằng phương pháp mạ điện được thực hiện bằng 3 giai đoạn. Giai đoạn 1: Mạ lớp mạ niken với dung dịch mạ sử dụng là dung dịch Watts nhằm tạo lớp mạ nền đảm bảo sự liên kết tốt giữa hạt mài và lõi kim loại; Giai đoạn 2: Mạ gắn các hạt CBN lên lõi kim loại bằng cách sử dụng phương pháp mạ composite Ni-CBN, với dung dịch mạ sử dụng là dung dịch Watts có pha hạt CBN. Đây là giai đoạn quan trọng ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài trên bề mặt đá mài chế tạo; Giai đoạn 3: Mạ lớp mạ niken với dung dịch mạ sử dụng là dung dịch Watts để chôn lấp các hạt CBN đã được gắn lên lõi ở giai đoạn 2, nhằm tạo cầu liên kết của hạt mài với bề mặt đá đảm bảo khả năng cắt gọt của đá mài chế tạo.

Giai đoạn 2, quyết định đến sự phân bố của hạt mài trên bề mặt đá mài chế tạo, chính vì vậy, tiến hành thí nghiệm mạ thay đổi các thông số công nghệ của quá trình mạ điện trong giai đoạn này để tìm hiểu các yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố của hạt mài.

Bề mặt của mẫu đá mài được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) JEOL JSM-6510LV với tỷ lệ phóng đại là x50 và x100 và x 200 lần để quan sát mức độ phân bố của hạt mài. Mật độ phân bố của hạt được xác định bằng cách chụp ảnh SEM với tỷ lệ phóng đại x100 tại 2 vị trí khác nhau. Sau đó tiến hành đếm hạt và xác định số hạt mài. Để đặc trưng cho mật độ phân bố hạt mài đưa ra hệ số KPBT được xác định bằng công thức sau:

$$K_{PBT} = \frac{Số\ lượng\ hạt\ CBN}{Diện\ tích} (hạt/mm^2) \quad (1)$$

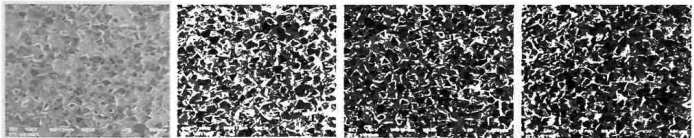
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ dòng đến sự phân bố của hạt mài

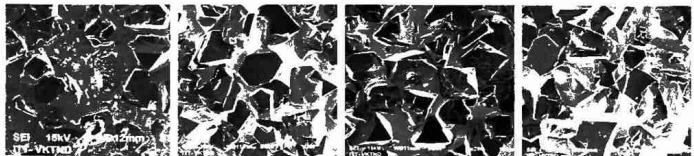
Tiến hành thực nghiệm với các mật độ dòng điện khác nhau để nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ dòng đến sự phân bố của hạt mài trong lớp mạ composite. Khảo sát ở cùng điều kiện: T= 55°C, t<sub>m</sub> composite 5 phút, tốc độ quay của chi tiết là n<sub>ct</sub> = 0,7 v/phút, mật độ dòng i= 1; 3; 6; 8 A/dm<sup>2</sup>, với các mẫu có ký hiệu là M16, M3, M4 và M6.

Mật độ hạt mài được quan sát trên bề mặt của mẫu trên kính hiển vi điện tử quét nhận thấy các hạt phân bố tương đối đồng đều trên bề mặt mẫu như quan sát trên hình 2 và hình 3.

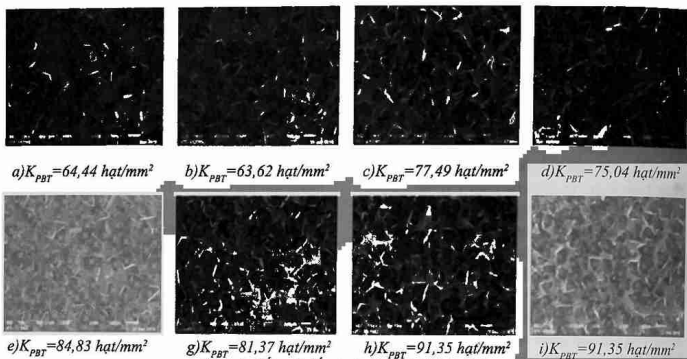
Để xác định mật độ hạt thực tế tiến hành chụp SEM và đếm hạt tại 2 vị trí bất kỳ của mẫu, như hình 4.



Hình 2. Ảnh SEM x50



Hình 3. Ảnh SEM x200



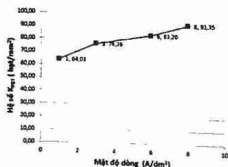
Hình 4. Kết quả đếm hạt trên ảnh SEMx100:

a, b) Tại hai vị trí của mẫu M16; c, d) Tại hai vị trí của mẫu M3;  
e, g) Tại hai vị trí của mẫu M4; h, i) Tại hai vị trí của mẫu M6

Căn cứ vào kết quả đếm hạt thực tế cho vào giá trị bảng 1 để tìm được mật độ hạt mài phân bố thực tế  $K_{PBT}$ . Dựa vào số liệu này tiến hành vẽ đồ thị quan hệ của hệ số KPBT như hình 5.

Bảng 1. Quan hệ của mật độ dòng và mật độ hạt mài

TT	Mật độ dòng (A/dm <sup>2</sup> )	Mật độ hạt (hạt/mm <sup>2</sup> )		
		VT1	VT2	Trung bình
1	1	64,44	63,62	64,03
2	3	77,49	75,04	76,26
3	6	84,83	81,37	83,20
4	8	91,35	91,35	91,35



Hình 5. Quan hệ của KPBT và mật độ dòng điện

a) Nhận xét:

Mật độ dòng ảnh hưởng lớn đến khả năng phân bố của hạt mài CBN trên bề mặt phôi mạ. Mức độ bám của hạt mài tăng theo sự tăng của mật độ dòng. Cùng một điều kiện thí nghiệm, khi mật độ dòng tăng thì lượng hạt mài kết tinh trên bề mặt của đá tăng. Khi mật độ dòng tăng từ 1; 3; 6; 8 A/dm<sup>2</sup>, thì hệ số  $K_{PBT}$  nhận các giá trị 64,03; 76,26; 83,20; 91,35.

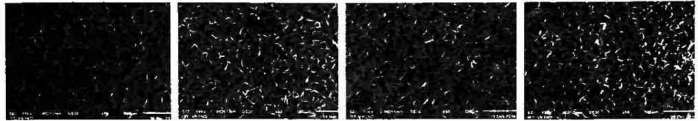
Khi mật độ dòng tăng thì mức độ hạt mài phân bố tăng lên nhìn rõ khi quan sát trên kính hiển vi điện tử quét từ hình 2 và hình 3. Khi mật độ dòng nhỏ  $i=1$  A/dm<sup>2</sup>, một số vùng trên bề mặt mẫu hạt phân bố không đồng đều như trên hình 2a và hình 3a, điều này có thể lý giải là do mật độ dòng bé nên trong quá trình mạ composite, lượng niken kết tủa trên bề mặt phôi mạ bé không đủ để giữ một số hạt mài bám trên bề mặt phôi nên bị bong ra khi phôi quay.

### 3.2. Ảnh hưởng của thời gian mạ composite

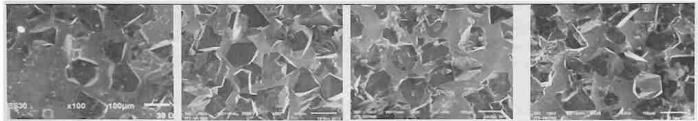
Tiến hành thực nghiệm với các thời gian mạ composite của mẫu khác nhau để nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ quay của chi tiết đến sự phân bố của hạt mài trong lớp mạ composite. Khảo sát ở cùng điều kiện:  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mật độ dòng  $i = 3\text{ A}/\text{dm}^2$ , tốc độ quay của chi tiết là

$n_{\text{qt}} = 0,7\text{ v}/\text{phút}$ , thời gian mạ composite  $t_m$  lần lượt là 3; 5; 10; 15 phút với các mẫu có ký hiệu là M17; M3; M1 và M8.

Sự phân bố của hạt mài trên bề mặt mẫu được quan sát trên các ảnh SEM của các mẫu như hình 6 và hình 7.

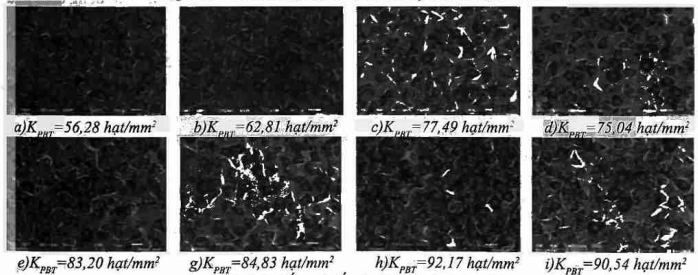


a)  $t_m N_i\text{-CBN} = 3\text{ phút}$       b)  $t_m N_i\text{-CBN} = 5\text{ phút}$       c)  $t_m N_i\text{-CBN} = 10\text{ phút}$       d)  $t_m N_i\text{-CBN} = 15\text{ phút}$   
Hình 6. Ảnh SEM x50



a)  $t_m N_i\text{-CBN} = 3\text{ phút}$       b)  $t_m N_i\text{-CBN} = 5\text{ phút}$       c)  $t_m N_i\text{-CBN} = 10\text{ phút}$       d)  $t_m N_i\text{-CBN} = 15\text{ phút}$   
Hình 7. Ảnh SEM x200

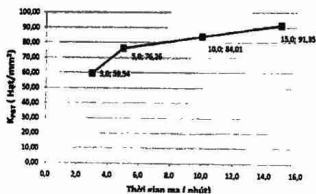
Mật độ hạt mài được quan sát trên bề mặt của mẫu trên kính hiển vi quang học và kính hiển vi điện tử quét nhận thấy các hạt phân bố tương đối đồng đều trên bề mặt mẫu. Để xác định mật độ hạt thực tế tiến hành chụp SEM và đếm hạt tại 2 vị trí bất kỳ của mẫu như hình 8.



a)  $K_{\text{PBT}} = 56,28\text{ hạt}/\text{mm}^2$       b)  $K_{\text{PBT}} = 62,81\text{ hạt}/\text{mm}^2$       c)  $K_{\text{PBT}} = 77,49\text{ hạt}/\text{mm}^2$       d)  $K_{\text{PBT}} = 75,04\text{ hạt}/\text{mm}^2$   
e)  $K_{\text{PBT}} = 83,20\text{ hạt}/\text{mm}^2$       g)  $K_{\text{PBT}} = 84,83\text{ hạt}/\text{mm}^2$       h)  $K_{\text{PBT}} = 92,17\text{ hạt}/\text{mm}^2$       i)  $K_{\text{PBT}} = 90,54\text{ hạt}/\text{mm}^2$   
Hình 8. Kết quả đếm hạt trên ảnh SEM x100:  
a,b) Tại hai vị trí của mẫu M17; c,d) Tại hai vị trí của mẫu M3;  
e,g) Tại hai vị trí của mẫu M1; h,i) Tại hai vị trí của mẫu M8

Bảng 2. Quan hệ của thời gian mạ và mật độ hạt mài

TT	Mật độ dòng (A/dm <sup>2</sup> )	Mật độ hạt (hạt/mm <sup>2</sup> )		
		VT1	VT2	Trung bình
1	1	64,44	63,62	64,03
2	3	77,49	75,04	76,26
3	6	84,83	81,37	83,20
4	8	91,35	91,35	91,35



Hình 9. Quan hệ của KPB và thời gian mạ

Căn cứ vào kết quả đếm hạt thực tế cho vào giá trị bảng 2 để tìm được mật độ hạt mài phân bố thực tế  $K_{PBT}$ . Dựa vào số liệu này tiến hành vẽ đồ thị quan hệ của hệ số  $K_{PBT}$  như hình 9.

**Nhận xét:**

Trên bề mặt mẫu nhận thấy sự phân bố tương đối đồng đều của hạt mài. Đối với mẫu M17, do thời gian mạ composite  $t_{m composite} = 3$  phút nhỏ nên còn xuất hiện một số vùng hạt mài phân bố chưa đồng đều như trên hình 6a và hình 7a. Điều này, cũng thể hiện, khi đếm hạt ở 2 vùng khác nhau thì có sự chênh lệch nhiều giữa mật độ hạt mài tại 2 vùng (hình 8a,b). Tại mẫu có thời gian mạ lớn M8 ( $t_{m composite} = 15$  phút), xuất hiện một số hạt bị chồng đè lên nhau trên bề mặt mẫu như quan sát trên hình 7d. Qua đó cho thấy, thời gian thích hợp mạ trong khoảng từ 5-10 phút.

Thời gian mạ composite ảnh hưởng đến

mức độ phân bố của hạt mài CBN trên bề mặt phủ mạ. Mức độ bám của hạt mài tăng theo thời gian mạ chi tiết mạ. Khi thời gian mạ của chi tiết tăng từ 3; 5; 10; 15 phút, hệ số  $K_{PB}$  nhận các giá trị tăng dần 59,54; 76,26; 84,01; 91,35. Cho thấy là khi thời gian mạ tăng thì lượng hạt CBN trên bề mặt phủ mạ tăng. Do vậy, có thể thay đổi thời gian mạ composite thích hợp để có thể thu được mật độ hạt trên bề mặt đã theo mong muốn.

**4. KẾT LUẬN**

Từ các kết quả nghiên cứu đã đạt trên đây, một số kết luận sau được rút ra:

- Có thể sử dụng sử dụng công nghệ mạ composite Ni-CBN để tạo ra lớp phủ của đá mài CBN bằng phương pháp mạ điện.

- Sự phân bố của hạt mài trên bề mặt đá phụ thuộc mật độ dòng điện và thời gian mạ. Khi mật độ dòng và thời gian mạ tăng thì mật độ phân bố của hạt mài trên bề mặt lõi tăng. Khi mật độ hạt mài và thời gian mạ nhỏ thì sẽ làm cho các hạt mài phân bố không đồng đều trên bề mặt lõi. Thời gian mạ để gắn hạt mài phù hợp là 5-10 phút và mật độ dòng điện phù hợp là 3-8 A/dm<sup>2</sup>.

Ngày nhận bài: 25/01/2017

Ngày phản biện: 18/02/2017

**Tài liệu tham khảo:**

- [1]. Ioan D. Marinescu, W. Brian Rowe, Boris Dimitrov, I. Inasaki (2004), Tribology of Abrasive machining processes. William Andrew.
- [2]. F. Klocke (2009), Manufacturing Processes 2, Grinding, Honing, Lapping. Springer.
- [3]. Z. Shi, S. Malkin (2003), An Investigation of Grinding with Electroplated CBN Wheels.

CIRP Annals - Manufacturing Technology, 52(1): p. 267-270.

- [4]. J. Webster and M. Tricard (2004), *Innovations in Abrasive Products for Precision Grinding*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 53(2): p. 597-617.
- [5]. Z. Shi and S. Malkin (2006), *Wear of Electroplated CBN Grinding Wheels*. Transactions of the ASME, 128: p. 110-118.
- [6]. Ioan D. Marinescu, Mike Hitchiner, Eckart Uhlmann, W. Brian Rowe, I. Inasaki (2007), *Handbook of Machining with Grinding Wheels*, Taylor & Francis Group.
- [7]. S.P. Devaneyan and T. Senthilvelan (2014), *Electro Co-deposition and Characterization of SiC in Nickel Metal Matrix Composite Coatings on Aluminium 7075*. Procedia Engineering, 97: p. 1496-1505.
- [8]. M. Alizadeh, A. Teymuri, E. Salahinejad, F. Alijani (2016), *A novel method to enhance silicon incorporation into nickel electrodeposited coatings*. Vacuum, 134: p. 103-109.
- [9]. Q. Feng, T. Li, Z. Zhang, J. Zhang, M. Liu, J. Jin (2007), *Preparation of nanostructured Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite coatings in high magnetic field*. Surface and Coatings Technology, 201(14): p. 6247-6252.
- [10]. I. Garcia, J. Fransac, J.P. Celis (2001), *Electrodeposition and sliding wear resistance of nickel composite coatings containing micron and submicron SiC particles*. Surface and Coatings Technology, 148(2-3): p. 171-178.
- [11]. T. Lampke, B. Wielage, D. Dietrich, A. Leopold (2006), *Details of crystalline growth in co-deposited electroplated nickel films with hard (nano)particles*. Applied Surface Science, 253(5): p. 2399-2408.