

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỆN ÁP ĐẾN CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT KHI MÀI ĐIỆN HÓA HỢP KIM CỨNG BẰNG ĐÁ MÀI KIM CƯƠNG

RESEARCHING THE EFFECT OF VOLTAGE ON SURFACE QUALITY OF CEMENTED CARBIDE IN ELECTROCHEMICAL GRINDING WITH DIAMOND GRINDING STONE

Ngô Xuân Sơn, Lê Thái Sơn, Đậu Tấn Cương, Trần Văn Giang
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Bài báo này, trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp khi mài đến chất lượng bề mặt chi tiết khi mài điện hóa hợp kim cứng K01 (do Nhật Bản sản xuất) bằng đá mài kim cương ở các cấp độ điện áp khác nhau. Mục đích của nghiên cứu nhằm tìm ra chế độ điện áp hợp lý trong quá trình gia công thô và gia công tinh bề mặt các chi tiết được làm từ hợp kim cứng K01, hoặc tương đương. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi điện áp tăng, năng suất mài tăng, nhưng chất lượng bề mặt giảm, độ nhám bề mặt tăng lên khi ta tăng điện áp mài và tổ chức trên bề mặt mài xù xì, thô đại. Như vậy, chúng ta cần sử dụng chế độ điện áp mài hợp lý khi mài thô và khi mài tinh sau khi đã chọn được áp lực và bước tiến của dụng cụ mài, để có quá trình mài tối ưu đảm bảo được năng suất, chất lượng và giá thành.

Từ khóa: Hợp kim cứng; Vật liệu khó gia công; Phương pháp gia công tiên tiến; Mài điện hóa; Áp lực mài.

ABSTRACT

This paper presents the results of research on the effect of grinding voltage on the surface quality of Hard Alloy K01 (made in Japan) in electrochemical grinding with diamond grinding wheels at different voltage levels. The purpose of the study is to find out the reasonable voltage regime during roughing and surface finishing of parts made from Hard Alloy K01, or equivalent. Research results show that when the voltage increases, the grinding productivity increases, but the surface quality decreases, the surface roughness increases when the grinding voltage increases and the organization on the rough and rough grinding surface. Thus, we need to use a reasonable grinding voltage regime when coarse grinding and when fine grinding after selecting the pressure and feed of the grinding tool, in order to have an optimal grinding process to ensure productivity and quality, quantity and price.

Keywords: Hard alloys; Hard-to-machine materials; Advanced machining methods; Electrochemical grinding; Grinding pressure.



1. GIỚI THIỆU

Do có nhiều tính năng ưu việt như độ cứng, độ chịu nhiệt cao, tính chống mài mòn tốt [1, 3], hợp kim cứng (HKC) được sử dụng ngày càng nhiều để làm dụng cụ cắt và dụng cụ công nghiệp. Đây là loại vật liệu khó gia công bằng các phương pháp gia công truyền thống. Trước đây, để gia công HKC chủ yếu được sử dụng bằng phương pháp mài sử dụng đá Các bua Silic thường cho năng suất không cao, chất lượng bề mặt kém [2], ngày nay cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các nhà khoa học đã đưa ra các phương pháp gia công mới để gia công HKC như: Mài điện hóa, gia công bằng siêu âm, gia công bằng xung điện, v.v. [11, 12]. Các nghiên cứu về mài điện hóa HKC bằng đá mài Kim cương đã chỉ ra rằng, ngoài các ảnh hưởng về chế độ cắt (V , t , s , chiều dày lớp cắt, độ hạt, chất kết dính, áp lực đơn vị mài), thì ảnh hưởng của điện áp khi mài là yếu tố vô cùng quan trọng, ảnh hưởng đến năng suất và quyết định nhiều đến chất lượng bề mặt vật mài HKC [4].

Hiện, ở nước ta do công nghiệp chưa phát triển nên vấn đề nghiên cứu về mài điện hóa chưa được áp dụng nhiều. Để đạt được năng suất, chất lượng, giá thành của quá trình mài điện hóa HKC bằng đá mài Kim cương cần tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Các thông số điện hóa: Điện áp, cường độ dòng điện khi mài, thành phần dung dịch điện ly.

- Các thông số của chế độ mài: Chế độ cắt (V , t , s , chiều dày lớp cắt).

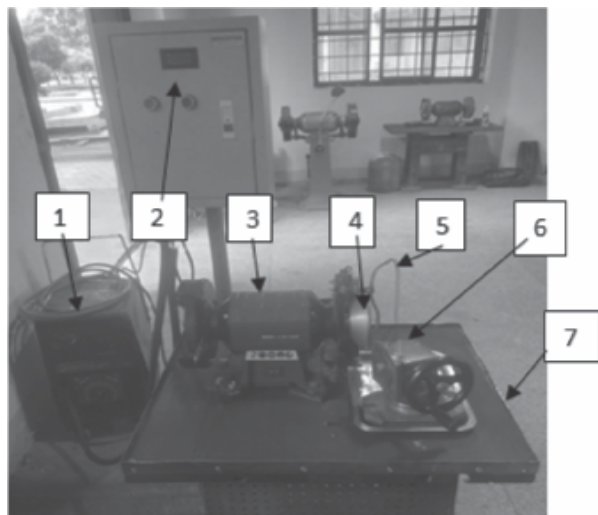
- Các thông số của đá mài: Độ hạt, mật độ hạt, chất kết dính.

Hiện nay, đá mài kim cương dùng để mài điện hóa do chúng ta đang nhập từ nước ngoài, nên việc nghiên cứu để tìm ra các thông số mài tối ưu khi mài điện hóa là việc cần quan tâm, đầu tư.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện như ảnh chụp trên (hình 1). Phần cán dao được kẹp chặt trên đầu quay của máy mài, đầu có lưỡi dao được quay và tịnh tiến theo các hướng. Đầu quay quay được 120° quanh trục Z, quay được 30° theo trục Y và tịnh tiến được 30mm theo trục X. Chế độ mài được sử dụng trong quá trình gia công thử nghiệm, gồm: Vận tốc mài của đá $V = 23\text{m/s}$; chiều sâu cắt $t = 0,05\text{ mm}$. Mẫu phôi dùng trong thí nghiệm (hình 2) cán dao có dạng hình vuông $20 \times 20\text{ mm}$ và chiều dài $L = 125\text{ mm}$, đã được hàn mảnh K01 (của Nhật Bản). Vật liệu làm cán dao là thép 40X của Liên bang Nga, các mẫu thí nghiệm được kiểm tra kích thước chiều dài. Mảnh dao có kích thước $60 \times 120 \times 30\text{ (mm)}$, các thông số góc của lưỡi cắt mảnh dao gồm: Góc sau $\alpha = 6^\circ$, góc nâng $\lambda = 0^\circ$, góc trước $\gamma = 0^\circ$, góc mũi dao $\varepsilon = 60^\circ$. Chất lượng bề mặt dụng cụ cắt sau khi mài điện hóa được đo độ nhám bề mặt bằng máy đo SJ – 201- Mitutoyo của Nhật Bản, được tiến hành đánh bóng làm sạch bề mặt bằng máy mài bóng TNP-1020FR, sau đó, mẫu được chụp bằng kính hiển vi đo lường KIM450 của hãng ARCS, Đài Loan. Kính hiển vi KIM450 có thang đo tuyến tính $0,5\mu\text{m}$ trên trục XYZ, có độ phóng đại quang học của vật kính từ 0,7 đến 4,5. Kính hiển vi gồm hai chế độ chiếu sáng: Chiếu xuyên và chiếu bề mặt, dung dịch điện hóa các bo natri Nát ri (Na_2CO_3) được pha với nước cất có nồng độ 5%. Đá mài Kim cương được dùng thí nghiệm có ký hiệu AC6 – 160/125 – 2M2 -01: AC6 là đá chấu kim cương, 160/125 biểu thị độ hạt trong đá, 2M2 - 01 quy định Đá

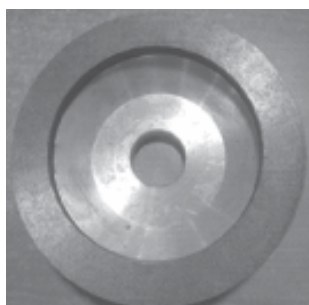
có chất kết dính kim loại gồm Đồng và Thiếc. Đá có $D = 150\text{mm}$; $W = 20\text{mm}$; $K = 80\text{mm}$; $X = 6\text{mm}$; $T = 40\text{mm}$; $H = 32\text{mm}$.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp đến chất lượng bề mặt chi tiết trong quá trình gia công: 1- Bộ điều chỉnh điện áp; 2- Màn hiển thị; 3- Động cơ; 4- Đá kim cương; 5- Ống dẫn dung dịch mài; 6- Dầu mài; 7- Thân máy



Hình 2. Dao dùng thí nghiệm



Hình 3. Đá mài kim cương dùng thí nghiệm

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

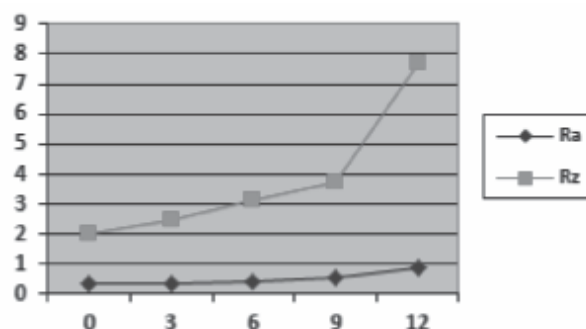
3.1. Kết quả

3.1.1. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt khi thay đổi các cấp điện áp mài

Thực hiện mài điện hóa với các chế độ mài cho các cấp độ điện áp ra: 0V; 3V; 6V; 9V; 12V. Mỗi chế độ điện áp ta tiến hành mài 02 mũi dao và số liệu được chia trung bình khi đo độ nhám bề mặt, ta có kết quả đo độ nhám như sau:

Bảng 1-1. Giá trị kết quả thực nghiệm đo nhám bề mặt chi tiết sau khi mài:

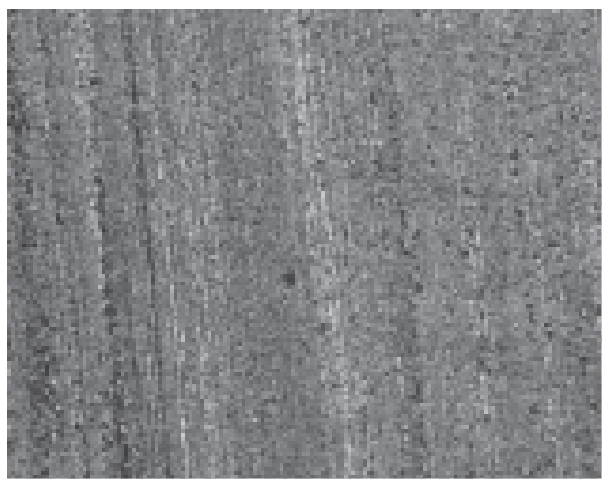
Thang đo	Các chế độ điện áp					Ghi chú
	0V	3V	6V	9V	12V	
R_a	0.340	0.364	0.449	0.567	0.895	(μm)
R_z	1.996	2.475	3.161	3.702	7.702	(μm)



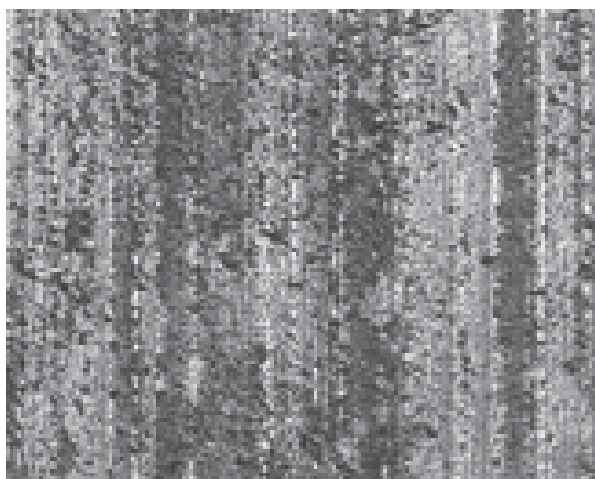
Hình 4. Độ nhám bề mặt chi tiết sau khi mài ở các chế độ điện áp khác nhau

3.1.2. Sự thay đổi cấu trúc tế vi bề mặt khi thay đổi các chế độ điện áp mài

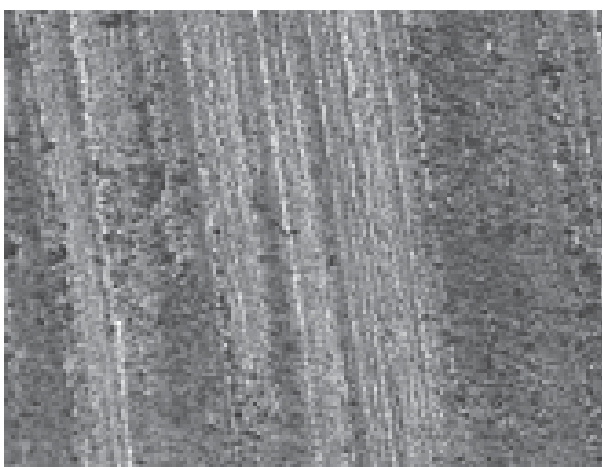
Tiến hành chụp ảnh để phân tích cấu trúc, chất lượng bề mặt tại các chế độ điện áp khi mài.



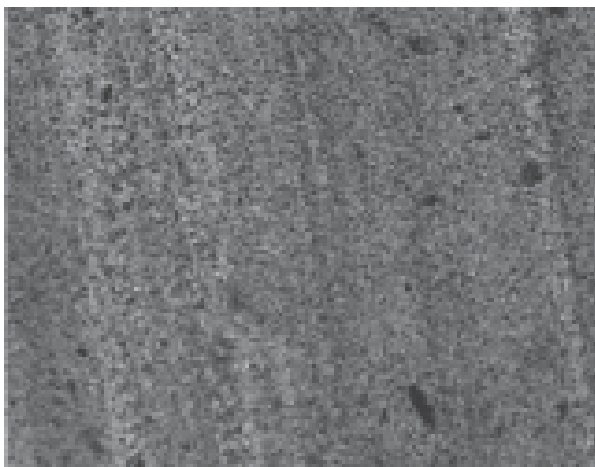
Hình 5. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $U = 0V$



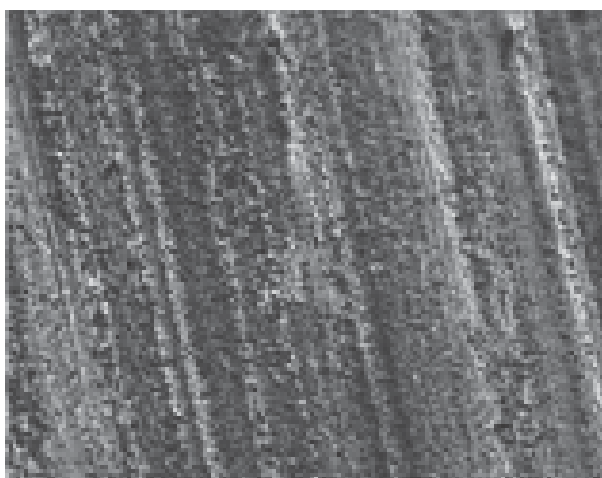
Hình 8. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $U = 9V$



Hình 6. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $U = 3V$



Hình 9. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $U = 12V$



Hình 7. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $U = 6V$

3.2. Thảo luận

Từ các ảnh chụp trên, ta nhận thấy rằng, thay đổi công nghệ mài bằng cách thay đổi điện áp ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt chi tiết, năng suất mài và chất lượng bề mặt tác động trực tiếp lẫn nhau [9], khi mài điện hóa điện áp mài tăng, thì năng suất mài tăng nhưng chất lượng bề mặt giảm [5,6]. Tuy nhiên, trong bài báo này, tác giả chưa đề cập đến năng suất trong quá trình mài mà tập trung đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết sau khi mài điện hóa.

Chất lượng bề mặt chi tiết mài phụ thuộc nhiều vào việc thay đổi các chế độ điện áp, khi tăng điện áp chất lượng bề mặt giảm nhanh, do hiện tượng phóng tia lửa điện, các đỉnh nhấp nhô trên bề mặt liên tục bị bắn phá, bị bong tróc và cuốn ra ngoài theo các hạt mài. Trong giai đoạn này, bề mặt mài bị mòn nhanh do áp lực đơn vị trong vùng mài lớn, bề mặt được mài của dao liên tục tiếp xúc với bề mặt đá mài và liên tục bị hiện tượng điện hóa, các đỉnh nhấp nhô trên bề mặt dụng cụ nhanh chóng bị san phẳng, để các đỉnh nhấp nhô mới được hình thành [7, 8], do đó, tốc độ mòn giai đoạn này lớn. Độ ổn định của quá trình mài được kéo dài khi dòng điện áp mài ổn định, để đáp ứng được yêu cầu trên thì dung dịch tưới, áp lực đơn vị diện tích, khe hở trong quá trình mài phải luôn ổn định. Như vậy, khi gia công mài điện hóa điều quan trọng nhất ta thấy R_z ở tốc độ điện áp 12V tăng nhanh do đỉnh các nhấp nhô hình thành lớn. Khi dùng chế độ mài thường $U = 0V$ bề mặt mài được đánh bóng, xử lý chụp ảnh ta thấy các vết cắt của đá rất mịn, chất lượng bề mặt mài rất tốt (hình 5), tuy nhiên, trong thời gian này, nhìn vào đồ thị (hình 4) ta thấy R_z có biến động lớn hơn R_a , quan sát đồ thị ta thấy R_z tăng vọt khi mài với chế độ điện áp cao (12V). Khi thay đổi điện áp mài lên, ta thấy khi mài điện áp 3V hoặc 6v thì R_a đang ổn định còn R_z có xung hướng tăng mạnh (hình 6 và 7). Giai đoạn này ứng với các điều kiện mòn ổn định như: diện tích tiếp xúc lớn, áp lực đơn vị nhỏ hơn giai đoạn 1, hệ số ma sát ổn định. Do vậy, tốc độ mài mòn của dụng cụ tương đối đều và chậm, giai đoạn này thường ứng với lượng mòn hợp lý H_s của dụng cụ và thời gian ứng với nó được chọn để xác định tuổi bền dụng cụ. Khi gia công ở chế độ điện áp 9V, ta thấy trên bề mặt xuất hiện các lỗ hồng vết mài giảm đi nhiều. Giai đoạn này ứng với các điều kiện mài bất hợp lý (vết cào, xước khi mài không

quyết định được chất lượng quá trình mài), dẫn tới thông số độ nhám R_a và R_z đều tăng, tuy nhiên, R_z tăng mạnh hơn. Do vậy, tốc độ mòn của dụng cụ mài tăng nhanh, nó phá hủy bề mặt dụng cụ nếu tiếp tục mài, dụng cụ không còn khả năng làm việc, muốn tiếp tục dụng cụ phải được mài sắc lại ở chế độ điện áp thấp. Trong thí nghiệm mài điện hóa kim cương BK8 ở mức điện áp 4V, tác giả [4] cũng đã nhận xét:

- Ở các mức điện áp khi tăng áp lực đơn vị (P) thì năng suất tăng theo. Điều này cho ta thấy rằng: Áp lực đơn vị đặc trưng cho khả năng ấn sâu của hạt mài kim cương vào hợp kim cứng đồng thời áp lực cũng đặc trưng cho khe hở cần thiết để cho chất điện ly đi được vào vùng mài. Ngoài ra, khi áp lực tăng, tạo nên khe hở tiếp xúc ổn định, hạn chế rung động trong vùng mài.

Năng suất cao đạt được ở các mức điện áp khi $P = 90 \text{ (N/cm}^2\text{)}$. Khi P tăng quá 90 N/cm^2 năng suất bắt đầu giảm.

Tăng áp lực làm cho khe hở giữa 2 điện cực giảm dần, khi vượt quá giới hạn cho phép làm cho chất điện ly không vào được vùng gia công. Mặt khác, khe hở nhỏ lúc này bề mặt đá và chi tiết gần như tiếp xúc trực tiếp với nhau gây ra đoản mạch, tia lửa điện xuất hiện làm tăng nhiệt độ dung dịch điện ly, mòn đá tăng, R_a tăng, năng suất giảm.

Khi mật độ dòng điện tăng lên sẽ làm tăng năng suất nhưng đồng thời nó cũng làm cho nhiệt độ chất điện ly tăng lên. Nhiệt độ tăng cao ($>50^\circ\text{C}$) nước bay hơi làm thay đổi nồng độ dung dịch điện ly, giảm khả năng điện hóa, dẫn tới năng suất giảm. Vậy, không thể tăng mật độ dòng điện lên quá cao.



Ta nhận thấy rằng, ở các mức điện áp 6, 8, 10V với cùng một áp lực đơn vị thì mức điện áp cao cho năng suất cao hơn và đạt được giá trị max (2,4g/ph) khi $U = 10V$, $P = 90 \text{ N/cm}^2$. Có thể tăng U đến 13V, song lúc này, hiện tượng tia lửa điện tăng nhiều, không có lợi cho quá trình mài điện hóa kim cương [4].

- Độ nhấp nhô tế vi bề mặt R_a của hợp kim cứng BK8 trong quá trình tăng áp lực từ $27 \div 90 \text{ N/cm}^2$, dao động từ $0.45 \div 0.65 \mu\text{m}$. Tương đương 0,32, tóm lại khi tăng áp lực đơn vị năng suất cắt tăng mạnh còn độ nhám tăng trong phạm vi hẹp.

4. KẾT LUẬN

Mài điện hóa kim cương đã tổng hợp được những ưu điểm của gia công điện hóa và mài bằng đá mài kim cương để gia công hợp kim cứng. Phương pháp mài điện hóa có những ưu điểm nổi bật sau:

- Lực cắt, nhiệt cắt khi mài điện hóa nhỏ;
- Năng suất mài điện hóa cao, độ nhám bề mặt đạt được $R_a = 1.5 \div 0.16 \mu\text{m}$. Lớp bề mặt có ứng suất dư nén;
- Sửa đá có thể thực hiện ngay trong quá trình mài;
- Có thể tự động hóa quá trình mài điện hóa kim cương.

Điện áp nguồn 1 chiều hòa tan Anot từ 3V ÷ 12V. Khi điện áp tăng dần tới tăng độ nhấp nhô tế vi bề mặt mài, tăng số lần phóng tia lửa điện, cường hóa quá trình hòa tan cực dương tăng, dẫn tới giảm lực cắt, năng suất tăng. Song sự tăng điện áp quá 12V không có lợi vì nó phóng tia lửa mạnh trong vùng mài,

làm giảm chất lượng bề mặt gia công và dẫn đến tăng lượng mòn của đá, giảm chất lượng bề mặt gia công.

Kích thước hạt kim cương quyết định khe hở của khoảng trống giữa các cực và lượng chất điện ly có mặt trong vùng gia công. Trong mài điện hóa kim cương, tác dụng của đá mài được thực hiện bởi các hạt kim cương, chính các hạt này quyết định sản phẩm của hòa tan cực dương (cắt vật liệu gia công), đồng thời, đóng vai trò là nhân tố chống thụ động hóa, giúp phá hủy lớp màng oxit kim loại tạo ra trên bề mặt chi tiết. Độ hạt khi mài điện hóa kim cương chọn từ 125 ÷ 160.

Chất điện ly đóng vai trò quan trọng trong mài điện hóa. Nó đảm bảo cho các phản ứng hóa và điện xảy ra. Việc sử dụng mật độ dòng điện khá lớn khi mài điện hóa nên: Để tránh mất mát năng lượng các chất điện ly phải có độ dẫn điện cao, tính thấm ướt tốt để bám được tốt vào bề mặt công tác, do đó chất điện ly phải có nồng độ và nhiệt độ nhất định.

Chất dính kết dùng trong mài điện hóa kim cương để dẫn điện và giữ hạt tốt thường sử dụng chất dính kết kim loại nền đồng, có kí hiệu (M1, M5,...)

Khi mài hợp kim cứng bằng phương pháp điện hóa dùng đá mài kim cương, năng suất cắt hợp kim cứng tăng 3 ÷ 5 lần so với mài kim cương thông thường. Tuy nhiên, khi đó sẽ tổn kim cương hơn một chút (khoảng 30%). Mặc dù tổn hơn như vậy nhưng trị giá cắt một đơn vị thể tích hợp kim cứng vẫn giảm 1.2÷1.5 lần so với mài không điện hóa.❖

Ngày nhận bài: 12/9/2022

Ngày phản biện: 03/10/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Hùng (2002); *Nghiên cứu tối ưu các thông số công nghệ của quá trình mài điện hóa bằng đá mài kim cương khi gia công hợp kim cứng*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Văn Hùng (1999); “*Gia công các vật liệu có độ bền cao bằng phương pháp mài điện hóa kim cương*”, Tạp chí Cơ khí ngày nay, số 25, trang 21-23.
- [3]. Nguyễn Quốc Tuấn, Vũ Ngọc Pi, Nguyễn Văn Hùng (2009); *Các phương pháp gia công tiên tiến*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [4]. Trần Quốc Hùng, Nguyễn Đình Mẫn (2010); “*Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực mài ở các cấp điện áp đến năng suất và chất lượng khi mài điện hóa hợp kim cứng T15K6 bằng đá mài Kim cương*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ số 13, trang 92-96.
- [5]. A. Geddam and C. F. Noble (1971), “*An assessment of the influence of some wheel variables in peripheral electrochemical grinding*”, International Journal of Machine Tool Design and Research, Volume 11, Issue 1, March, Pages 1-12.
- [6]. Jankaczmarek and Tadeuszzachwieja (1966), “*Investigations on the Material removal rate by Electrochemical grinding of cutting tool materials In dependence on the properties of the grinding wheel*”, International Journal of Machine Tool Design and Research, Volume 6, Issue 1, March, Pages 1-13.
- [7]. McGraw-Hill (2005), *Advanced Machining Processes*, Hassan El-Hofy, Mechanical Engineering Series.
- [8]. Piyushkumar B. Tailor, Amit Agrawal, Suhas S. Joshi, Review (2013), “*Evolution of electrochemical finishing processes through cross innovations and modeling*”, International Journal of Machine Tools & Manufacture 66, pp 15–36.
- [9]. Qu N.S., Zhang Q.L., Fang X.L., Ye E.K., Zhu D. (2015), “*Experimental Investigation on Electrochemical Grinding of Inconel 718*”, Procedia CIRP 35, pp. 16 – 19.
- [10]. Suvadeep Roy, Ardhendu Bhattacharyya, Simul Banerjee (2007), “*Analysis of effect of voltage on surface texture in electrochemical grinding by autocorrelation function*”, Tribology International 40, pp 1387–1393.
- [11]. V.A.Mogilnikova, M.Ya.Chmira, Yu.S Timofeevb, V.S.Poluyanovc (2016), “*Diamond-ECM grinding of sintered hard alloys of WC-Ni*”, Procedia CIRP 42, pp. 143 – 148.
- [12]. Y.Hasegawa, S.Hanasaki, M.Touge, T.Yamamoto (1988), “*Electromechanical grinding at high work feed rate, Precision Engineering*”, Volume 10, Issue 2, Pages 71-79.

