

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

RESEARCH OF THE EFFECT OF DEPTH OF CUT TO SURFACE QUALITY IN ELECTROCHEMICAL GRINDING OF CARBIDE COMPONENT BY DIAMOND WHEEL

Lê Thái Sơn, Lưu Thủy Chung, Nguyễn Chương Đạo, Kiều Anh Dũng
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chiều sâu cắt khi mài đến chất lượng bề mặt chi tiết mài điện hóa mảnh Hợp kim cứng K01 (do Nhật Bản sản xuất) bằng đá mài kim cương ở các chiều sâu mài khác nhau. Mục đích của nghiên cứu nhằm tìm ra chế độ mài điện hóa 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 chiều sâu cắt tăng từ 0,02mm trở lên thì năng suất mài tăng, nhưng chất lượng bề mặt giảm, độ nhám bề mặt tăng lên và bề mặt mài xù xì, thô đại khi ta tăng chiều sâu cắt. Như vậy, chúng ta cần điều chỉnh chiều sâu mài hợp lý khi mài thô và khi mài tinh sau khi đã chọn được điện áp và bước tiến của chi tiết mài hợp lý, 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; Chiều sâu mài.

ABSTRACT

This paper presents the results of research on the effect of cutting depth in electrochemical grinding on the surface quality of carbide K01 (made in Japan) by diamond grinding wheels at different depths of cutting. The purpose of the study is to find out a reasonable electrochemical grinding parameter in the roughing and finishing processes of the parts made from carbide K01, or equivalent. Research results show that when the cutting depth increases from 0.02mm or more, the grinding productivity increases, but the surface quality decreases, the surface roughness increases, and the grinding surface roughness and roughness when we increase the cutting depth. Thus, we need to adjust the appropriate grinding depth when coarse grinding and when fine grinding, after selecting the appropriate voltage and step of grinding details, to have an optimal grinding process to ensure productivity, quality, and price.

Keywords: Carbide; Difficult cutted materials; Advanced machining methods; Electrochemical grinding; Depth of grinding.

1. GIỚI THIỆU

Hợp kim cứng có nhiều tính năng ưu việt như độ cứng, độ chịu nhiệt cao, tính chống mài mòn tốt [1, 3], nên 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 dùng bằng phương pháp mài sử dụng đá Các búa 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 của điện áp, độ hạt, chất kết dính, áp lực đơn vị mài, thì ảnh hưởng của chế độ cắt (v , t , s) 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 quan tâm 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).

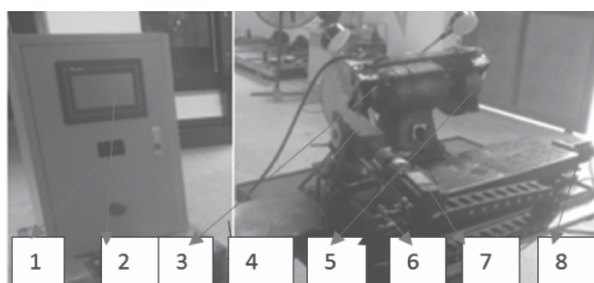
– Các thông số của đá mài: Độ hạt, mật độ hạt, chất kết dính.

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.

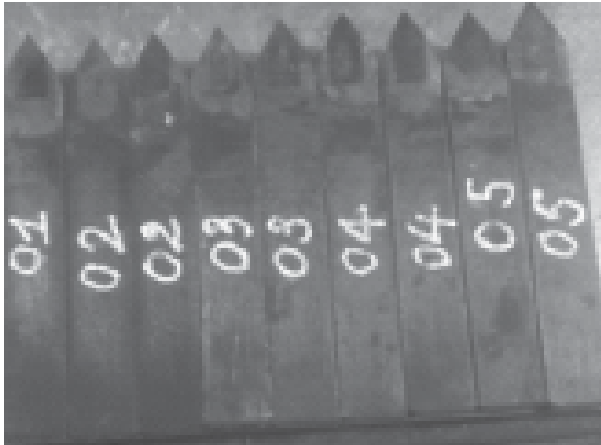
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện như (hình 1.1). Phần cán dao được kẹp chặt trên đầu quay của máy mài, đầu kẹp lưỡi dao quay và tịnh tiến theo các hướng. Đầu quay được điều chỉnh quay tự động với góc 60° quanh trục Z (mài góc ϵ), chuyển động tự động vào, ra theo trục Y khi mài là 12htk/phút, chiều dài di chuyển là 25mm, chiều dài thu dao theo trục Y để tịnh tiến mài trên cả hai mặt đá là 50mm và tịnh tiến dọc được 500mm theo trục X (mài góc ϕ , ϕ_1), góc α được điều chỉnh theo trục X'. Chế độ mài được sử dụng trong quá trình gia công thử nghiệm, gồm: Vận tốc mài của đá $v = 23\text{m/s}$; điện áp mài 6V, chiều sâu cắt t thay đổi từ 0,01 mm, 0,02mm, 0,03 mm, 0,04mm và 0,05mm. Mẫu phôi dùng trong thí nghiệm (hình 1.2) cán dao có dạng hình vuông 20 x 20 mm và chiều dài $L = 125$ 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 6 x 12 x 3(mm), các thông số góc của lưỡi cắt mảnh dao gồm:

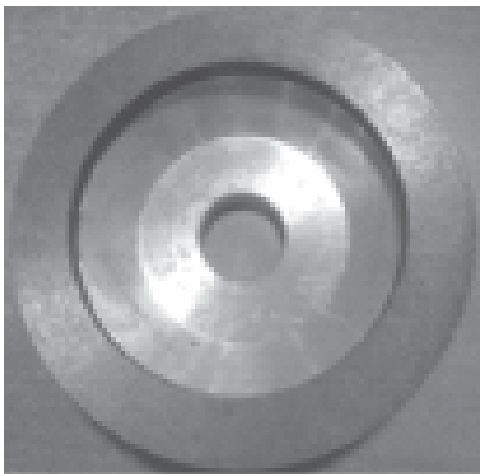


Hình 1.1. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của chiều sâu cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết trong quá trình gia công:

1. Bộ điều khiển, 2. Màn hiển thị, 3. Động cơ,
4. Đầu quay, 5. Đá kim cương,
6. Động cơ quay theo trục Z,
7. Động cơ tịnh tiến theo trục Y,
8. Động cơ tịnh tiến theo trục X



Hình 1.2. Dao dùng thí nghiệm



Hình 1.3. Đá mài kim cương dùng thí nghiệm

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 nát Natri (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 chậu 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 = 150mm; W = 20mm; K = 80mm; X = 6mm; T = 40mm; H = 32mm.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả

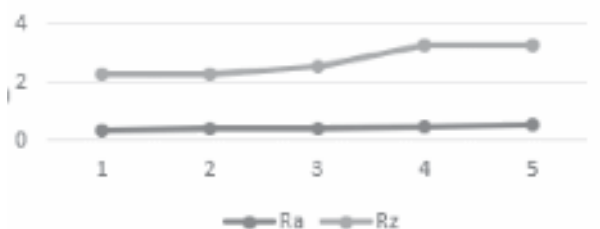
3.1.1. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt do thay đổi chiều sâu cắt khi mài

Thực hiện mài điện hóa với chế độ mài $v = 23\text{m/s}$; cấp độ điện áp 6V [5], S = 12htk/phút. Ta tiến hành thay đổi chiều sâu cắt t từ 0,01mm – 0,05mm. Mỗi chế độ mài 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 mài					Ghi chú
	0,01mm	0,02mm	0,03mm	0,04mm	0,05mm	
R_a	0.319	0.386	0.438	0.472	0.574	(μm)
R_z	2.257	2.260	2.536	3.316	3.277	(μm)

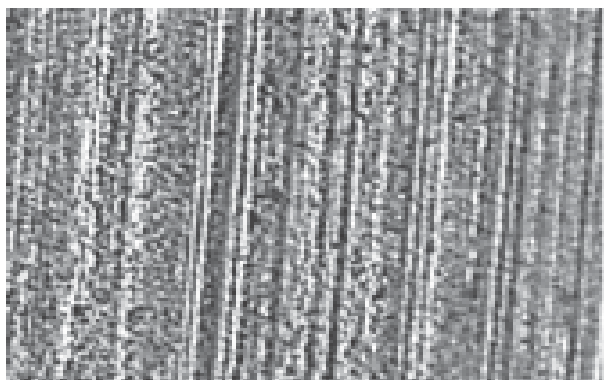




Hình 1.4. Độ nhám bề mặt chi tiết sau khi mài ở các chiều sâu mài khác nhau

3.1.2. Sự thay đổi cấu trúc tế vi bề mặt do thay đổi chiều sâu cắt khi mài

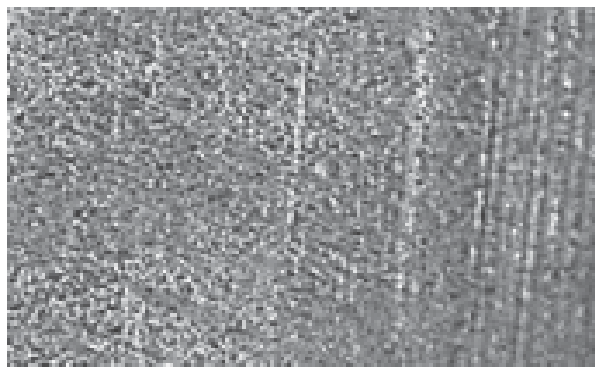
Tiến hành chụp ảnh để phân tích cấu trúc, chất lượng bề mặt tại các chiều sâu cắt khác nhau khi mài điện hóa.



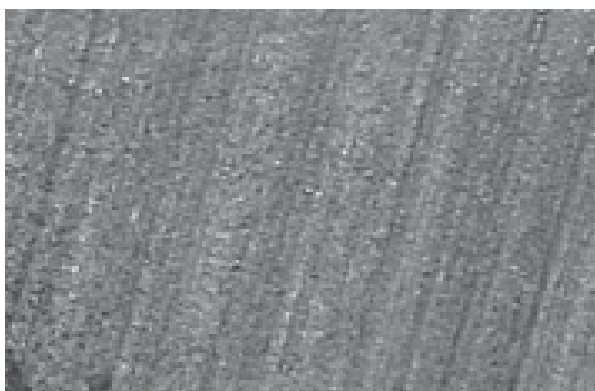
Hình 1.5. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $t = 0,01mm$



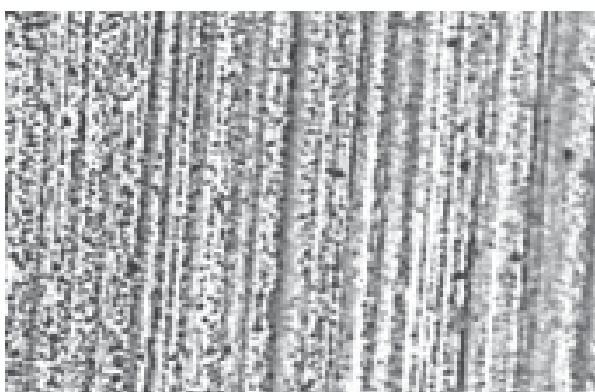
Hình 1.6. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $t = 0,02mm$



Hình 1.7. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $t = 0,03mm$



Hình 1.8. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $t = 0,04mm$



Hình 1.9. Ảnh chụp bề mặt chi tiết khi mài $t = 0,03mm$

3.2. Thảo luận

Từ các ảnh chụp trên, ta nhận thấy rằng thay đổi công nghệ mài bằng cách thay

đổi chiều sâu cắt 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 chiều sâu cắt tăng, thì năng suất mài tăng nhưng chất lượng bề mặt giảm [5, 6]. Ở chế độ mài $t = 0,01\text{mm}$, ta thấy độ nhám bề mặt thấp song chất lượng bề mặt không tốt do trong quá trình mài bị hiện tượng ngắn mạch do khe hở hẹp, hiện tượng phóng điện cục bộ xảy ra nên bề mặt có vết xước, khi mài với chiều sâu cắt nhỏ thường sử dụng để mài tinh không nên mài điện hóa để tăng chất lượng bề mặt [5]. 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 chiều sâu cắt, khi tăng chiều sâu cắt 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 cường độ dòng điện 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 chiều sâu cắt $t \geq 0,03\text{mm}$ tăng nhanh do đỉnh các nhấp nhô hình thành lớn. Tuy nhiên, trong thời gian này nhìn vào đồ thị (hình 1.4), ta thấy R_z có biến động lớn hơn R_a , quan sát đồ thị ta thấy R_z tăng nhanh khi mài với chế độ chiều sâu cắt lớn. Khi thay đổi chiều sâu mài lên ta thấy khi mài $t = 0,01$

hoặc $t = 0,02$ thì R_a và R_z ổn định, còn khi $t \geq 0,03\text{mm}$ thì R_z có xu hướng tăng mạnh (hình 1.6 và 1.7). Giai đoạn này ứng với các điều kiện mòn không ổn định như: diện tích tiếp xúc lớn, áp lực đơn vị lớn hơn giai đoạn đầu, hệ số ma sát không ổn định. Do vậy, tốc độ mài mòn của dụng cụ tăng nhanh (năng suất mài tăng), 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 cắt $t \geq 0,03\text{mm}$, ta thấy trên bề mặt xuất hiện các lỗ hổng, các vết mài tăng lên 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 chiều sâu cắt đã nêu 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 ăn 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.

Tăng áp lực làm cho khe hở giữa hai 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 ($t = 0,01$), mòn đá tăng, R_a tăng, năng suất giảm.



Khi chiều sâu cắt 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, ta không thể tăng chiều sâu cắt quá cao.

4. KẾT LUẬN

1) Mài điện hóa kim cương đã nghiên cứu ở trên khi sử dụng điện áp $V = 6\text{V}$, khi mài tinh nên điều chỉnh $t = 0,02\text{mm}$, nếu mài thô nên điều chỉnh $t = 0,04\text{mm}$ sẽ tổng hợp được những ưu điểm của gia công điện hóa bằng đá mài kim cương để gia công Hợp kim cứng.

2) Điện áp nguồn một chiều hòa tan Anot thường duy trì 6V . Khi chiều sâu cắt tăng dẫn tới tăng độ nhấp nhô bề mặt mài, tăng số lần phóng tia lửa điện, cường độ quá trình hòa tan cực dương tăng, dẫn tới giảm lực cắt, năng suất tăng. Song tăng chiều sâu cắt nhiều sẽ không có lợi vì hiện tượng 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.

3) 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. ❖

Ngày nhận bài: **30/3/2023**

Ngày phản biện: **05/5/2023**

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”. LATS, 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]. Ngô Xuân Sơn, Lê Thái Sơn, Đậu Tấn Cường, Trần Văn Giang, (2022); “*Nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp đến chất lượng bề mặt khi mài điện hóa Hợp kim cứng bằng đá mài kim cương*”. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 295, trang 149-154.
- [6]. Anthony Beaucamp, Benjamin Kirschb, Wule Zhu (2022). “*Advances in grinding tools and abrasives*”. CIRP Annals – Manufacturing Technology, Volume 71, Issue 2, Pages 623-646.
- [7]. Tong Shu, Yong Liu a,b, Kan Wang, Tengfei Peng, Wenchao Guan (2022); “*Ultrasonic vibration-aided electrochemical drill-grinding of SLM-printed Hastelloy X based on analysis of its electrochemical behavior*”. Electrochemistry Communications, Volume 135, February, 107208.
- [8]. 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.
- [9]. Zhengyang Xu, Yudi Wang (2021); “*Electrochemical machining of complex components of aero-engines: Developments, trends, and technological advances*”, Chinese Journal of Aeronautics, Volume 34, Issue 2, February, Pages 28-53.
- [10]. 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.
- [11]. 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.
- [12]. 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.