



ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI MÀI PHẪNG THÉP SKD11 ĐÃ NHIỆT LUYỆN

Bùi Ngọc Tuyên^{1a,b*}, Lê Quang Ngọc²

1a Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
1b Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên
2 Trường Cao đẳng nghề công nghiệp Thanh hóa

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 10/01/2019

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 25/02/2019

Ngày bài báo được duyệt đăng: 01/03/2019

Tóm tắt:

Mài là một phương pháp gia công tinh vật liệu có độ cứng, độ bền cơ học cao,... Để đảm bảo độ chính xác kích thước, độ nhám bề mặt khi chế tạo các chi tiết bằng thép đã nhiệt luyện thường phải sử dụng phương pháp mài. Bài báo này trình bày một nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ (lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang, chiều sâu cắt) đến độ nhám bề mặt khi mài phẳng thép SKD11 đã nhiệt luyện. Dựa trên phương pháp quy hoạch thực nghiệm toàn phần với việc sử dụng phần mềm Minitab các tác giả đã xây dựng được công thức hồi quy thực nghiệm quan hệ của nhám bề mặt với các thông số lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang, chiều sâu cắt khi mài phẳng thép SKD11 đã nhiệt luyện. Từ đó xác định được mức độ ảnh hưởng của các thông số này đến chất lượng bề mặt và dự đoán được độ nhám bề mặt chi tiết gia công.

Từ khóa: Mài phẳng, Độ nhám, Lượng chạy dao dọc, Lượng chạy dao ngang, Chiều sâu mài.

1. Đặt vấn đề

Các chi tiết máy có độ chính xác, chất lượng bề mặt và độ bền cao là cơ sở cho sự ra đời các loại máy móc, thiết bị hiện đại, có chất lượng cao (độ chính xác, độ tin cậy, tuổi thọ cao...). Phương pháp mài có một vị trí quan trọng trong gia công cơ khí hiện đại nhờ khả năng vượt trội so với các phương pháp cắt gọt khác khi gia công những vật liệu có độ bền cơ học và độ cứng cao. Do mài thường được chọn là nguyên công gia công tinh lần cuối nên chất lượng bề mặt mài ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền, chất lượng làm việc của chi tiết máy. Nhám bề mặt sau gia công ảnh hưởng rất lớn đến ăn mòn hóa học, độ bền mỏi của chi tiết. Vì tại đáy các mấp mô là nơi tập trung ứng suất với trị số rất lớn, tại đó xuất hiện các vết nứt tế vi, đó chính là nguyên nhân phá hỏng chi tiết [2],[3].

Thép SKD11 là mác thép kí hiệu theo tiêu chuẩn của Nhật JIS (tiêu chuẩn JIS). Đây là loại thép hợp kim dụng cụ được sử dụng nhiều trong chế tạo dụng cụ như: khuôn dập nguội, khuôn đột dập tôn Silic, bánh cán ren, trục cán hình, lưỡi cưa.... Sau tôi, ram, độ cứng các dụng cụ này lên đến ≥ 58 HRC. Việc nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ mài đến độ nhám bề mặt của thép SKD11 sau nhiệt luyện có giá trị thực tiễn cao, có ý nghĩa về kinh tế và kỹ thuật, là cơ sở bước đầu để thực hiện tối ưu quá trình mài vật liệu này.

2. Nghiên cứu có liên quan

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến nhám bề mặt

gia công khi mài. Trong [1] tác giả Maxlop đã khảo sát khá đầy đủ ảnh hưởng chế độ công nghệ đến độ nhám bề mặt. Theo đó quan hệ giữa nhám bề mặt với chế độ cắt và điều kiện gia công có thể mô tả bởi công thức:

$$R_a = \frac{C_{R_a} \cdot v_{ct}^p \cdot f^z \cdot s^a \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{V_{da}^\omega \cdot d^\mu \cdot H^\eta} \quad (1)$$

Trong đó:

C_{R_a} - hệ số tính đến tính chất cơ lý của vật liệu bề mặt gia công.

k_1 - hệ số tính đến độ hạt của đá mài.

k_2 - hệ số tính đến của dung dịch tron nguội.

k_3 - hệ số tính đến ảnh hưởng của các hành trình chạy hết hoa lửa.

$p, z, a, \omega, \mu, \eta$ - các số mũ tính đến ảnh hưởng của vận tốc chi tiết, chiều sâu cắt, lượng chạy dao, vận tốc đá mài, độ hạt và độ cứng của đá.

Trong công trình [6], các tác giả trình bày nghiên cứu dự đoán độ nhám bề mặt chi tiết thép hợp kim trung bình sau khi mài tròn và xác định bộ thông số đầu vào tối ưu (độ cứng vật liệu gia công, tốc độ cắt, chiều sâu cắt) bằng phương pháp Taguchi và giải thuật di truyền.

Di Ilio a và các cộng sự đã thiết lập được các quan hệ cho mô hình hóa lực cắt, công suất cắt, độ nhám bề mặt chi tiết gia công khi mài composite mạng kim loại- một vật liệu rất khó gia công cắt gọt.

Gần đây trong nước cũng đã có nhiều nghiên cứu các phương pháp để gia công tinh các vật liệu

khó gia công. Nghiên cứu [5] đã thiết lập được các quan hệ thực nghiệm giữa các thông số công nghệ mài với các thành phần lực, mòn và tuổi bền đá, độ nhám bề mặt, từ đó rút ra các quy luật cơ bản khi mài phẳng hợp kim Titan Ti-6Al-4V.

3. Nội dung nghiên cứu

3.1. Điều kiện thực nghiệm

a. Vật liệu gia công:

Mẫu thí nghiệm mài là thép SKD11 với

thành phần hóa học trình bày trong Bảng 1 đã nhiệt luyện (tôi và ram) và có kích thước phôi là: 60x30x10 (mm).

Độ cứng của vật liệu cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến quá trình mài và chất lượng bề mặt gia công. Trước khi tiến hành thí nghiệm mài, các mẫu được đo độ cứng tại Công ty cơ khí chính xác Z111 – Bộ quốc phòng địa chỉ 284 Bà Triệu - Đông Thọ - TP. Thanh Hoá. Độ cứng trung bình của 11 mẫu đều đạt $58 \div 60$ (HRC).

Bảng 1. Tỷ lệ thành phần hóa học thép SKD11

Mác thép	Thành phần hoá học (%)										
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Cu	P	S
SKD11	1.556	0.226	0.396	0.308	11.18	0.861	0.01	0.221	0.143	0.02	0.0058

b. Máy thực nghiệm

Máy mài phẳng FREJOTH – 820/2A của Đài Loan tại Khoa Cơ khí - Trường Đại học Công nghiệp Hà nội.

Các đặc tính kỹ thuật của máy mài FREJOTH – 820/2A như sau:

- Kích thước bàn máy (WxL): 200 x 508 (mm)

- Kích thước mài lớn nhất (WxL): 210 x 510 (mm)

- Tốc độ của bàn làm việc: $1 \div 25$ m/phút

- Bước tiến ngang đầu mài (điều chỉnh vô cấp):

+ Liên tục: 1200 mm/phút

+ Gián đoạn: $0.15 \div 7.5$ (mm/ phút)

- Kích thước đá (DxBxD): 180 x 13 x 31.75 (mm)

- Công suất động cơ đầu mài: 40 W

- Tốc độ động cơ đầu mài: 3000 vòng/phút

- Kích thước bao máy: 1750 x 1300 x 2100 (mm)

- Trọng lượng máy: 970 kg.



Hình 1. Máy mài phẳng FREJOTH – 820/2A

c. Đá mài

Đá mài thí nghiệm của Nhà máy Đá mài Hải Dương có kí hiệu:

Cn80. MV1.G.V1.180x13x31.50 m/s.

d. Tưới nguội

Dùng phương pháp tưới tràn với dung dịch

trơn nguội là nhũ tương của hãng TOTAN pha với nước đạt nồng độ 10%.

e. Thiết bị đo: Máy đo nhám bề mặt SJ400 của Mitutoyo (Hình 2) với các đặc tính kỹ thuật chính được trình bày trong Bảng 2.



Hình 2. Máy đo nhám bề mặt SJ400

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy đo nhám SJ400

STT	Tiêu chuẩn	Chỉ số
1	Độ chính xác	JIS, ISO, DIN, ANSI
2	Tốc độ đo	0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 (mm/s)
3	Lực đo	0.75 Nm, 4 Nm
4	Độ phân giải	0.001 μ m
5	Chiều dài lấy mẫu	0,8 mm; lọc RC

3.2. Thiết kế thực nghiệm

Trên cơ sở mô hình (1) giả thiết mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và chế độ cắt tuân theo qui luật hàm số mũ:

$$R_a = K_{Ra} S_d^x S_n^y t^z \quad (2)$$

Với K_{Ra} là hằng số, x, y, z là các số mũ tính đến sự ảnh hưởng lần lượt của S_d , S_n , t đến R_a xác định bằng thực nghiệm.

Tuyến tính hóa hàm phi tuyến (2) bằng cách lấy logarit 2 vế ta sẽ thu được phương trình (3):

$$\ln(R_a) = \ln(K_{Ra}) + x \cdot \ln(S_d) + y \cdot \ln(S_n) + z \cdot \ln(t) \quad (3)$$

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực

nghiệm toàn phần với 3 yếu tố đầu vào là lượng chạy dao dọc S_d , lượng chạy dao ngang S_n và chiều sâu mài t , mỗi yếu tố 2 mức. Các thông số đầu vào được mã hóa là: $X_1 = S_d$, $X_2 = S_n$, $X_3 = t$.

Khi đó, số điểm (N) thí nghiệm $N = 2^3 = 8$ (điểm), bổ sung thêm 3 điểm thí nghiệm trung tâm ta có tổng số lần tiến hành thí nghiệm là: 11 điểm.

Dựa trên đặc tính kỹ thuật của máy mài và sở tay công nghệ chế tạo máy khi mài thép SKD11 đã nhiệt luyện đạt độ cứng trên 55 HRC lựa chọn miền thực nghiệm như sau:

$S_{d,min} = 5$; $S_{d,max} = 15$; $S_{n,min} = 4$; $S_{n,max} = 8$; $t_{min} = 0,02$; $t_{max} = 0,08$

Dựa vào ma trận thực nghiệm xây dựng, các thí nghiệm được tiến hành theo quy trình như sau:

+ Mài phẳng 8 mẫu, đo nhám ban đầu.
+ Sửa đá với chế độ sửa bằng đầu kim cương với chế độ $S_{sd} = 0,4$ (m/ph), $t_{sd} = 0,01$ (mm).

+ Gá mẫu lên bàn từ.

+ Mài 0,5 ÷ 2 phút để đá mài làm việc ổn định.

+ Tốc độ đá mài không đổi: $V_d = 28$ (m/s)

Thay đổi các thông số chiều sâu cắt $t = 0,02 / 0,05 / 0,08$ mm, lượng chạy dao dọc $S_d = 5 / 10 / 15$ (m/ph), lượng chạy dao ngang $S_n = 4 / 6 / 8$ (mm/HTK) theo bảng quy hoạch thực nghiệm (Bảng 3) tiến hành mài 11 mẫu. Mỗi thí nghiệm tiến hành 3 lần để lấy các số liệu trung bình Sau khi mài xong từng mẫu đánh số hiệu tương ứng với số thứ tự thí nghiệm trong bảng, đo độ nhám bề mặt từng mẫu và ghi vào Bảng 3.

Bảng 3. Bảng dữ liệu quy hoạch thực nghiệm

Số TN	Thông số vào (Dạng mã hóa)			Thông số vào (Giá trị thực)			Thông số ra Kết quả đo độ nhám $R_a(\mu m)$			
	X_1	X_2	X_3	S_d	S_n	t	$R_a 1$	$R_a 2$	$R_a 3$	$R_a TB$
1	-1	-1	-1	5	4	0,02	0,39	0,38	0,4	0,39
2	+1	-1	-1	5	4	0,08	0,75	0,73	0,74	0,74
3	-1	+1	-1	15	4	0,02	0,5	0,49	0,51	0,5
4	+1	+1	-1	15	4	0,08	0,89	0,88	0,90	0,89
5	-1	-1	+1	5	8	0,02	0,51	0,52	0,5	0,51
6	+1	-1	+1	5	8	0,08	0,70	0,71	0,72	0,71
7	-1	+1	+1	15	8	0,02	0,66	0,67	0,65	0,66
8	+1	+1	+1	15	8	0,08	0,98	0,97	0,99	0,98
9	0	0	0	10	6	0,05	0,71	0,72	0,7	0,71
10	0	0	0	10	6	0,05	0,74	0,76	0,75	0,74
11	0	0	0	10	6	0,05	0,70	0,71	0,72	0,7

3.3. Kết quả và thảo luận

- Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phần mềm Minitab ta thu được các kết quả về mô hình hồi quy và phân tích phương sai. Kết quả cho thấy mô hình là phù hợp với dữ liệu và đảm bảo độ tin cậy cao (các hệ số quyết định R-Sq và R-Sq (adj) đều lớn hơn 90% (theo Bảng 4).

Các kết quả tính toán trên phần mềm Minitab được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Mô hình hồi quy quan hệ giữa $Ln(R_a)$ với $Ln(S_d)$, $Ln(S_n)$ và $Ln(t)$

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		-0.4381	0.02820	-15.53	0.000
lnSd		0.4815	0.2408	8.54	0.000
lnSn		0.2524	0.1262	4.47	0.004
lnt		0.1501	0.0750	2.66	0.038
Ct Pt		0.1046	0.05400	1.94	0.101

S = 0.0797684 PRESS = 0.148926

R-Sq = 94.53% R-Sq(pred) = 78.67%

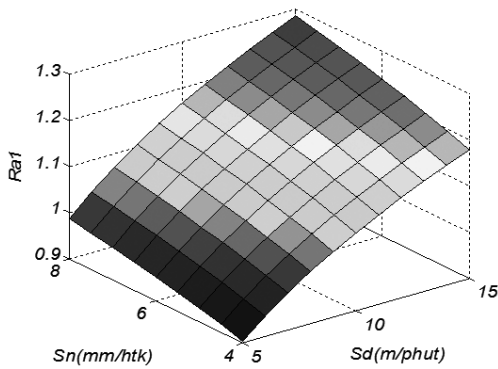
R-Sq(adj) = 90.89%

--> $LnR_a = -0,4381 + 0,2408LnS_d + 0,1262LnS_n + 0,075Lnt$ (4)

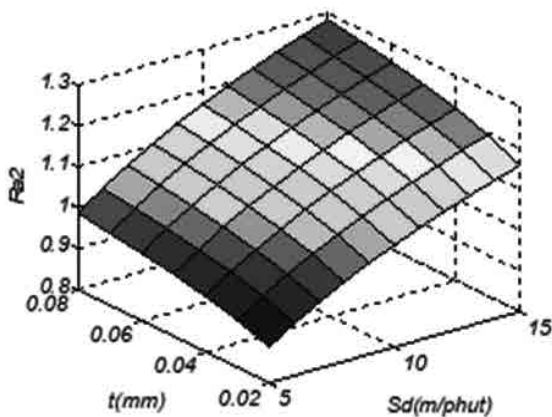
Phương trình được viết lại như sau:

$R_a = 0,6453.S_d^{0,22408} .S_n^{0,1262} .t^{0,075}$ (μm) (5)

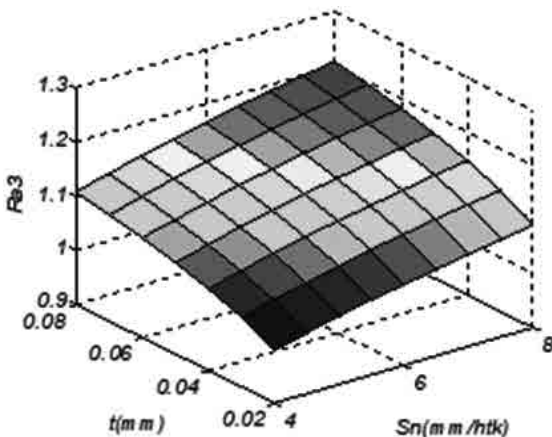
Từ phương trình hồi quy (5) xây dựng các đồ thị biểu diễn quan hệ của độ nhám bề mặt R_a với (S_d , S_n) như Hình 3, quan hệ của độ nhám bề mặt R_a với (S_d , t) như Hình 4, quan hệ của độ nhám bề mặt R_a với (S_n , t) như Hình 5.



Hình 3. Quan hệ của R_a với (S_d, S_n) khi $t = 0,05$ (mm)



Hình 4. Quan hệ của R_a với (S_d, t) khi $S_n = 6$ (mm/htk)



Hình 5. Quan hệ của R_a với (S_n, t) khi $S_d = 10$ (m/phút)

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lure, *Lý thuyết mài kim loại*, NXB Chế tạo máy Moskava, 1969.
- [2]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy, *Nguyên lý gia công vật liệu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [3]. Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình và các tác giả, *Công nghệ chế tạo máy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
- [4]. Nguyễn Đăng Dự, Nguyễn Đăng Bình, *Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2011.

Qua phương trình hồi quy và các đồ thị có thể rút ra các nhận xét như sau:

- Các thông số chế độ cắt: lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang, chiều sâu mài đều ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt gia công nhưng ở các mức độ khác nhau. Lượng chạy dao dọc có ảnh hưởng lớn nhất. Tiếp theo là ảnh hưởng của lượng chạy dao ngang, cuối cùng là ảnh hưởng của chiều sâu mài.

- Các ảnh hưởng này đều theo quy luật đồng biến, tức là khi tăng lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang hay chiều sâu mài thì độ nhám bề mặt đều tăng.

Kết quả nghiên cứu này cho thấy rằng ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt (lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang, chiều sâu mài) đến độ nhám khi mài phẳng thép SKD11 đã nhiệt luyện hoàn toàn phù hợp với cơ sở lý thuyết mài.

4. Kết luận

Bài báo trình bày một nghiên cứu thực nghiệm xây dựng mô hình quan hệ hồi quy giữa độ nhám bề mặt gia công với các thông số chế độ mài: lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang và chiều sâu mài khi mài phẳng thép SKD11 đã nhiệt luyện. Mô hình hồi quy này cho phép đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng thông số này đến độ nhám bề mặt gia công khi mài phẳng cũng như cho phép dự đoán độ nhám chi tiết đạt được sau khi mài. Đây là cơ sở ban đầu để thực hiện tối ưu hóa chế độ cắt khi mài phẳng thép SKD11 đã nhiệt luyện.

- [5]. Phạm Vũ Dũng, Luận án tiến sỹ. *Giám sát trực tuyến mòn đá trong quá trình mài phẳng hợp kim Titan TI-6Al-4V*, 2017.
- [6]. Ravi Kumar Panthangi, Vinayak Naduvinanman, Optimization of Surface Roughness in Cylindrical Grinding Process. *International Journal of Applied Engineering Research*, ISSN 0973-4562, 2018, **Volume 12, Number 18**.
- [7]. A. Di Ilio a, A. Paoletti a, D. D'Addona, Characterization and modelling of the grinding process of metal matrix composites. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 58, 2009.

THE INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS WHEN GRINDING SKD11 HEAT-TREATED STEEL

Abstract:

Grinding is a traditional machining process for finishing of material with high hardness, high strength. The method is very commonly used to attain dimensional accuracy and fine surface finishes when manufacturing parts from heat-treated steels. The paper presents a study of the influence of cutting parameters (longitudinal feed rate; latitudinal feed rate, depth of cut) on the surface roughness when grinding heat-treated steel SKD11. Based on the general full factorial design of experiments with using Minitab software, the authors have established an experimental regression model of the relation between the roughness and longitudinal feed rate, latitudinal feed rate, depth of cut. From that, we can define the level of impact of the cutting parameters to the roughness as well as predict the surface roughness based on the cutting parameters.

Keywords: *Surface grinding; Surface Roughness; Longitudinal feed rate; Latitudinal feed rate, Depth of cut.*