

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI MÀI TRÒN NGOÀI THÉP 42CrMo

STUDIED THE EFFECT OF CUTTING PARAMETERS TO THE SURFACE ROUGHNESS WHEN 42CrMo STEEL CYLINDRICAL GRINDING

Trần Vũ Lâm

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 24/02/2016, chấp nhận đăng ngày 25/4/2016

Tóm tắt: Mài thường được chọn là nguyên công gia công lần cuối các bề mặt, vì thế chất lượng bề mặt mài có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng làm việc của chi tiết máy. Chất lượng bề mặt mài là kết quả của quá trình tương tác lý, hoá phức tạp giữa các vật liệu trong vùng gia công. Các yếu tố đặc trưng cho chất lượng bề mặt mài gồm: Tính chất hình học của bề mặt: độ nhám, độ sóng và tính chất cơ lý lớp bề mặt. Chế độ cắt có ảnh hưởng trực tiếp tới độ nhám bề mặt chi tiết. Do quá trình mài có rất nhiều yếu tố tác động tới chất lượng bề mặt chi tiết nên trong bài viết này chỉ đề cập tới các thông số cắt chính như chiều sâu cắt, tốc độ đá, tốc độ chi tiết... có ảnh hưởng tới độ nhám bề mặt chi tiết. Thí nghiệm có sử dụng mẫu phôi thép 42CrMo và hai loại đá mài với các chế độ cắt khác nhau để ghi nhận kết quả. Từ số liệu thu được, khái quát lập công thức hồi quy thể hiện sự phụ thuộc của thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt chi tiết.

Từ khóa: Mài tròn ngoài, đá mài, chế độ cắt.

Abstract: Grinding is often chosen as the final processing steps, so the surface grinding quality have greatly influenced the ability of parts. Surface Grinding quality is the result of an interactive process management, complex chemical material in the processing area. The specific factors of surface grinding quality include: the nature of the surface geometry: roughness, wave and physical properties surface layer. The cutting parameters directly affect surface roughness of parts. Due to the limitation of the research, this article only refers to several cutting parameters such as depth of cut, speed of grinding wheel, speed of workpiece... which affecting surface roughness of parts. Experiments using 42CrMo steel and two grinding wheels with different cutting parameters to recognize the results. From the data obtained, the regression formula showings the dependence of the parameters of cutting mode to surface roughness of parts.

Keywords: External cylindrical grinding, grindstone, cutting mode.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

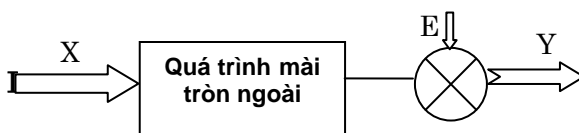
Mài là quá trình cắt gọt vật liệu bằng các hạt mài có độ cứng cao. Khi mài, mỗi hạt mài tạo ra một phoi riêng biệt có kích thước rất

nhỏ (vài µm đến vài chục µm), số lượng phoi được tạo ra trong một đơn vị thời gian rất lớn (hàng nghìn phoi trong một phút) vì thế có thể coi quá trình mài là quá trình cào xước tế

vi bề mặt gia công tạo ra độ nhẵn bóng và độ chính xác cao [1]. Để đánh giá chất lượng của quá trình mài người ta sử dụng các chỉ tiêu khác nhau như: độ chính xác và chất lượng bề mặt gia công. Độ nhám bề mặt gia công phụ thuộc vào độ hạt, các thông số hình học và tính chất của hạt mài, mức độ biến dạng dẻo của vật liệu gia công, rung động của hệ thống công nghệ, chế độ mài và chế độ sửa đá... Trong đó chế độ cắt khi mài có ảnh hưởng nhiều tới độ nhám bề mặt chi tiết mài [2].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mài là một quá trình phức tạp, đồng thời rất nhạy cảm với các điều kiện công nghệ cụ thể, vì vậy không thể có các mô hình tổng quát chung cho quá trình mài. Muốn áp dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tế sản xuất cần phải tiến hành nghiên cứu bằng thực nghiệm dựa trên các điều kiện công nghệ cụ thể. Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm

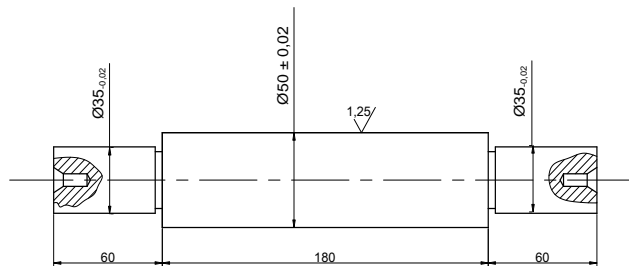
Trong đó:

$X = [x_1; x_2; \dots x_n]$ - thông số vào (các biến độc lập, kiểm tra được và điều khiển được);
 $E = [e_1; e_2; \dots e_n]$ - nhiễu (các biến không điều khiển được);
 $Y = [y_1; y_2; \dots y_n]$ - thông số ra (các chỉ tiêu) để đánh giá đối tượng nghiên cứu.

Mục đích của quá trình nghiên cứu bằng thực nghiệm là xây dựng mối quan hệ giữa các hàm mục tiêu với các thông số đầu vào dưới dạng các mô hình toán học. Các mô hình đó là cơ sở để giải bài toán xác định chế độ công nghệ tối ưu cho nguyên công mài tương ứng với các điều kiện công nghệ cụ thể.

Các thông số ảnh hưởng đến chỉ tiêu đánh giá quá trình cắt khi mài tròn ngoài gồm: Chế độ cắt như vận tốc đá v_d , vận tốc chi tiết gia công v_{ct} , chiều sâu cắt t , tốc độ chạy dao dọc S_d và các yếu tố khác ví dụ với các điều kiện bôi trơn làm mát, loại đá, loại máy...[2][4]. Độ nhám bề mặt mài đánh giá thông qua chiều cao nhấp nhô R_a hoặc R_z .

Hệ thống thí nghiệm bao gồm máy mài tròn ngoài 3B153. Chọn loại vật liệu thép: IX15, nhiệt luyện đạt độ cứng (60÷65) HRC [3]. Lý do chọn loại vật liệu này do loại thép này thường được chế tạo các chi tiết yêu cầu có độ chính xác, độ cứng, chống mài mòn cao ví dụ trong chế bạc tạo ổ lăn... Để gia công được loại thép có độ cứng và với yêu cầu chính xác cao này bắt buộc phải qua nguyên công mài. Hai loại đá mài loại Cn46.TB₁ G.V₁. 400 × 40 × 203,50 m/s và Cn46.VC₁ G.V₁. 400 × 40 × 203,35 m/s cùng được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam. Sửa đá bằng bút kim cương với chiều sâu sửa đá $t_{sd} = 0,01$ mm. Dung dịch trơn nguội là dầu Damas 4%, phương pháp tưới tràn với lưu lượng tưới 25 lít/phút. Máy đo độ nhám bề mặt SJ-201. Các thông số vào gồm: chiều sâu cắt t , lượng chạy dao S_d , vận tốc chi tiết v_{ct} .



Hình 2. Mẫu thí nghiệm

Thông số ra là độ nhám bề mặt gia công (R_a). Tại mỗi điểm thí nghiệm lặp 3 lần và đo 5 bộ thông số ra, số liệu được xây dựng thành bảng ma trận các thí nghiệm.

Nguyên tắc cơ bản của quy hoạch thực nghiệm bao gồm: không lấy toàn bộ các trạng thái đầu vào; phức tạp dần mô hình toán học; đối chứng với nhiễu; định trình tự ngẫu nhiên

của các thí nghiệm và nguyên tắc tối ưu của quy hoạch thực nghiệm. Để nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt, chọn loại kế hoạch

thực nghiệm với mô hình hồi quy dạng hàm mũ bậc 2 là phù hợp [3].

Bảng 1. Các mức và khoảng thay đổi các thông số

Các mức	Giá trị mã hoá	Các thông số ảnh hưởng		
		$t(mm)$	$S_d(m/ph)$	$V_{ct}(m/ph)$
Mức trên	+1	0,01	0,75	37,68
Mức cơ sở	0	0,0075	0,60	31,40
Mức dưới	-1	0,005	0,45	25,12
Thay đổi Δ	1	0,0025	0,15	6,28

Theo kết quả các công trình nghiên cứu của Lyre và Markin đã công bố, thì quan hệ giữa độ nhám bề mặt của chi tiết khi mài với các thông số chế độ cắt theo quan hệ hàm số mũ. Để xây dựng các mô hình độ nhám bề mặt gia công (R_a), dựa vào lý thuyết quy hoạch thực nghiệm (sách "Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm" của tác giả Trần Văn Định), mô hình hồi quy thực nghiệm thể hiện mối quan hệ của độ nhám bề mặt chi tiết mài (R_a) phụ thuộc vào chế độ cắt được xây dựng như sau:

Xuất phát từ phương trình ban đầu của lý thuyết quy hoạch:

$$y_k = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2$$

Với:

b_0 - hệ số tự do;

b_i - các hệ số tuyến tính;

b_{ii} - các hệ số bậc 2;

$x_i = \ln X_i$;

$b_{ij}(i \neq j)$ - các hệ số tương tác cặp;

n - số thông số vào (thông số ảnh hưởng).

Đây là dạng đầy đủ của phương trình hồi quy với 3 thông số đầu vào tác động vào giá trị của hàm. Nhưng khi tính toán thì nhận thấy các giá trị b_{12} ; b_{13} ; b_{23} ; b_{11} ; b_{22} ; b_{33} rất bé không đủ sức tác động vào giá trị của hàm nên có thể loại bỏ.

Từ phương trình $R_a = b_0 t^{b_1} \times s^{b_2} \times v^{b_3}$ [3] ta phải đưa phương trình này về dạng hồi quy bằng cách logarit Nêpe hai vế:

$$\ln R_a = b_0 + b_1 \ln t + b_2 \ln S + b_3 \ln V;$$

từ đó nếu ta đặt Với $y = \ln R_a$; $x_1 = \ln t$;

$x_2 = \ln S_d$; $x_3 = \ln v_{ct}$ thì:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

trong đó b_0 ; b_1 ; b_2 ; b_3 theo công thức:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}$$

Các hệ số b_{12} ; b_{13} ; b_{23} tính theo công thức:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N (x_{iu} x_{ju})^2}$$

Hệ số b_0 tính theo công thức:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}_u}{N} - b_{11} \frac{\sum_{u=1}^N x_{1u}^2}{N} - b_{22} \frac{\sum_{u=1}^N x_{2u}^2}{N} - b_{33} \frac{\sum_{u=1}^N x_{3u}^2}{N}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thực hiện thí nghiệm bằng đá TB₁ và CV₁, kết quả đo thể hiện ở bảng sau:

Bảng 2. Ma trận thí nghiệm mài W15 bằng đá B₁

TTN	Thông số vào			R _a (μm)			
	x ₁	x ₂	x ₃	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	\bar{R}_a
1	0	-1	-1	0,34	0,37	0,41	0,37
2	0	+1	-1	0,46	0,52	0,45	0,48
3	0	-1	+1	0,48	0,41	0,43	0,44
4	0	+1	+1	0,56	0,54	0,61	0,57
5	-1	0	-1	0,38	0,37	0,43	0,39
6	+1	0	-1	0,44	0,49	0,46	0,46
7	-1	0	+1	0,41	0,45	0,39	0,42
8	+1	0	+1	0,58	0,51	0,56	0,55
9	-1	-1	0	0,36	0,32	0,38	0,35
10	+1	-1	0	0,41	0,43	0,48	0,44
11	-1	+1	0	0,45	0,40	0,42	0,42
12	+1	+1	0	0,60	0,62	0,55	0,59
13	0	0	0	0,46	0,43	0,49	0,46

Bảng 3. Ma trận thí nghiệm mài W15 bằng đá CV1

TTN	Thông số vào			R _a (μm)			
	x ₁	x ₂	x ₃	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	\bar{R}_a
1	0	-1	-1	0,43	0,38	0,41	0,41
2	0	+1	-1	0,47	0,54	0,49	0,50
3	0	-1	+1	0,47	0,45	0,51	0,48
4	0	+1	+1	0,61	0,59	0,54	0,58
5	-1	0	-1	0,38	0,43	0,40	0,40
6	+1	0	-1	0,51	0,56	0,49	0,52
7	-1	0	+1	0,49	0,44	0,46	0,46
8	+1	0	+1	0,57	0,52	0,59	0,56
9	-1	-1	0	0,36	0,37	0,41	0,38
10	+1	-1	0	0,47	0,45	0,52	0,48
11	-1	+1	0	0,53	0,46	0,52	0,50
12	+1	+1	0	0,59	0,64	0,57	0,60
13	0	0	0	0,51	0,49	0,56	0,52

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi mài thép IIX15 bằng 2 đá mài ta thấy độ nhám bề mặt R_a khi mài bằng đá TB₁ nhỏ hơn khi mài bằng đá CV₁. Với một đá mài cụ thể, khi tăng độ nhám của bề mặt đá thì:

- Giảm mật độ lưỡi cắt trên mặt đá.
- Tăng chiều cao nhô lên mặt đá của các hạt mài.

Kết quả là các hạt mài dễ dàng ăn sâu vào vật liệu phôi làm tăng chiều sâu cắt thực tế, tăng độ nhám bề mặt gia công.

Phân tích ảnh chụp bề mặt đá sau khi sửa và các số liệu thí nghiệm cho ta nhận xét: Cùng một chế độ sửa đá (t_{sd} , S_{sd}) nhưng bề mặt đá CV₁ thô hơn bề mặt đá TB₁, như vậy nếu tăng độ cứng của đá thì độ nhám bề mặt đá sau khi sửa tăng lên (tương tự như tăng độ hạt, tăng t_{sd} , S_{sd}).

Với đá TB₁ thì mô hình độ nhám bề mặt gia công:

$$\ln(R_a) = +0,360787 \times \ln(t) + 0,479859 \times \ln(S_d) + 0,350738 \times \ln(v_{ct});$$

Với đá VC₁:

$$\ln(R_a) = -0,0746 + 0,3089 \times \ln(t) + 0,4443 \times \ln(S_d) + 0,3242 \times \ln(v_{ct})$$

Nhận xét: Mô hình độ nhám bề mặt gia công chỉ tương thích ở dạng bậc nhất (các hệ số bậc hai và hệ số tương tác cặp không đủ mức ý nghĩa nên đã được loại bỏ). Xấp xỉ về dạng bậc nhất mô hình hồi quy thực nghiệm khi mài thép IIX15, mô hình độ nhám bề mặt gia công với đá thứ nhất là:

$$R_a \approx t^{0,36} \times S_d^{0,48} \times v_{ct}^{0,35}$$

Và đá thứ hai:

$$R_a \approx 0,93 \times t^{0,31} \times S_d^{0,44} \times v_{ct}^{0,32}$$

4. KẾT LUẬN

- Mài là một quá trình phức tạp với tập hợp

lớn các yếu tố ảnh hưởng (trong đó có chế độ cắt). Với lý thuyết mài, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt mài do vậy rất khó để đưa vào thực nghiệm mà phải chia tách thành từng nhóm. Nhóm thực nghiệm ở đây có thể nói đại diện cho chế độ cắt, có đặc tính là có khả năng điều chỉnh liên tục và sự điều chỉnh mỗi thông số không kéo theo sự thay đổi các thông số khác. Như vậy, chỉ có các mô hình thực nghiệm mới mô tả chính xác và khách quan quá trình mài tròn những điều kiện cụ thể.

- Các hàm thực nghiệm làm cơ sở để phân tích và lựa chọn chế độ cắt hợp lý khi mài tinh thép IIX15 bằng hai loại đá.

a. Loại đá: Cn46.TB₁.GV₁.400×40×203.50 m/s - thép IIX15

$$R_a \approx t^{0,36} \times S_d^{0,48} \times v_{ct}^{0,35}$$

b. Loại đá: Cn46.CV₁.GV₁.400×40×203.35 m/s - thép IIX15

$$R_a \approx 0,93 \times t^{0,31} \times S_d^{0,44} \times v_{ct}^{0,32}$$

- Qua kết quả của hàm thực nghiệm cho thấy:

– Các ảnh hưởng của các thông số t , S_d , v_{ct} phù hợp với các lý thuyết về mài: Độ nhám R_a tăng khi: chiều sâu cắt t tăng, tốc độ chạy đá S_d tăng và tốc độ chi tiết gia công v_{ct} tăng. Điều này có thể hiểu rằng với bộ thông số trên tăng sẽ làm cho quá trình cắt bị rung động hơn, nhiệt độ tăng nhanh hơn... độ ổn định khi mài giảm xuống song kết quả tính theo lý thuyết thường nhỏ hơn nhiều giá trị thực nghiệm.

– Các thông số t , S_d , v_{ct} đều ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt gia công R_a . Nhưng mức độ ảnh hưởng của S_d là lớn nhất và lớn hơn mức độ ảnh hưởng của t . Mức độ ảnh hưởng của S_d và v_{ct} là gần như nhau. Hàm hồi quy thực nghiệm mô tả ảnh hưởng của t , S_d và v_{ct} tới

R_a khi mài thép IX15 cho thấy có thể tin cậy được.

– Trên cơ sở hàm thực nghiệm đã xây dựng, người sản xuất có thể chọn được chế độ cắt hợp lý để tối ưu hoá chế độ cắt nguyên công

mài, đặc biệt với vật liệu là thép IX15, hướng cho người làm công nghệ trên đối tượng máy, đá, vật liệu cụ thể lựa chọn được chế độ cắt tối ưu đảm bảo cho năng suất, chất lượng, hiệu quả kinh tế nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Trần Văn Định và các tác giả, “Công nghệ chế tạo máy” - tập 1, 2; NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1998.
- [2] Ngô Cường, “Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến một vài thông số đặc trưng cho quá trình cắt khi mài tinh thép IX15 và X12M bằng đá mài Hải Dương trên máy mài tròn ngoài”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, 2007.
- [3] Nguyễn Văn Trúc, “Nghiên cứu ảnh hưởng của R_a , R_z khi mài thép IX15 trên máy mài tròn ngoài”. Luận án Thạc sĩ kỹ thuật, 2008.
- [4] M.Kiyak, O.Cakir, E.Altan, “A Study on Surface Roughness in ExternalCylindrical Grinding”, 12th International scientific conference achievements in mechanical & materials engineering, 2003.

Thông tin liên hệ:

Trần Vũ Lâm

Điện thoại: 0912559400 - Email: tvlam@uneti.edu.vn.

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

