

XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH QUAN HỆ GIỮA CÁC THÔNG SỐ GIA CÔNG VỚI ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG BÁNH RĂNG CÔN RĂNG THẲNG TRÊN MÁY PHAY CNC 3 TRỤC

BUILDING A CORRELATION EQUATION BETWEEN MACHINING PARAMETERS WITH SURFACE ROUGHNESS WHEN MACHINING THE STRAIGHT BEVEL GEAR ON 3-AXIS CNC MILLING MACHINE

Nguyễn Hồng Lĩnh

Khoa Cơ khí và Động lực, Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, phương pháp thực nghiệm được sử dụng để xây dựng phương trình quan hệ giữa các thông số công nghệ (tốc độ quay trục chính, vận tốc tiến dao và chiều sâu cắt dọc) với độ nhám bề mặt khi gia công bánh răng côn răng thẳng Z18m5 trên máy phay CNC 3 trục. Phương pháp ma trận trực giao được áp dụng để thiết kế bảng ma trận thực nghiệm Taguchi L32 và mô hình đáp ứng bề mặt (RSM) được sử dụng để xây dựng phương trình quan hệ. Từ phương trình tường minh đã thu được, các thông số công nghệ được lựa chọn phù hợp khi gia công bánh răng côn răng thẳng trên máy phay CNC 3 trục có thể.

Từ khóa: Tối ưu hóa; Độ nhám bề mặt; Bánh răng côn răng thẳng.

ABSTRACT

In this paper, an experimental method was used to build the correlation equation between technology parameters (spindle speed, feed, deep of cut) with surface roughness when machining the straight bevel gears Z18m5 on a 3 axis CNC milling machine. The orthogonal matrix method was applied to design the Taguchi L32 experimental matrix table and the response surface methodology (RSM) was used to build the correlation equation. From the obtained explicit equation, the technological parameters were predicted appropriately when machining the straight bevel gear on 3-axis CNC milling machine.

Keywords: Optimization; Surface roughness; Straight bevel gear.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

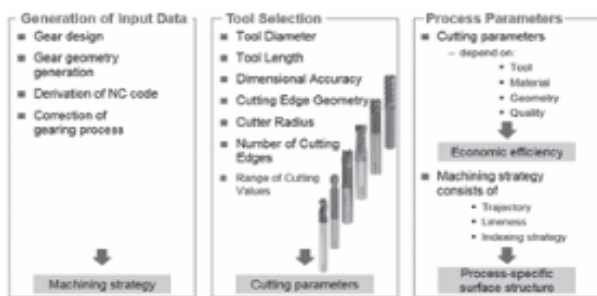
Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ gia công kỹ thuật số đã cho phép chúng ta có thể gia công nhiều bề mặt phức tạp trên các máy phay CNC. Sử dụng máy phay CNC để gia công các bề mặt bánh răng côn răng thẳng có thể hạn chế sự phụ thuộc vào dụng cụ cắt răng, máy gia công răng chuyên dùng,... của các phương pháp gia công răng truyền thống [1÷3]. Tuy nhiên, phương pháp gia công bánh răng côn răng thẳng trên máy phay CNC đang tồn tại một số nhược điểm như khó kiểm soát chất lượng bề mặt gia công và thời gian gia công lớn. Để xử lý vấn đề trên, chúng ta cần thiết lập được chế độ gia công hợp lý cho máy phay CNC.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Phương pháp gia công bánh răng trên máy phay CNC

Theo tiêu chuẩn DIN 8589-3 thì quy trình chế tạo bánh răng trên máy CNC về cơ bản là tương đương với tổng hợp của hai quy trình [4]:

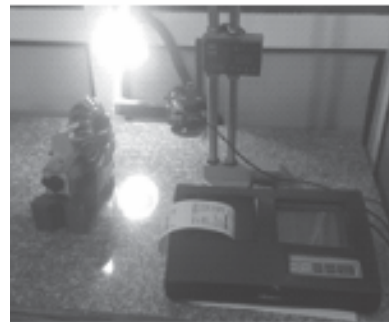
- Chế tạo khuôn mẫu: Tương đồng về vật liệu, độ cứng, cấp chính xác gia công.
- Chế tạo cánh quạt: Tương đồng về hình dáng hình học.



Hình 1. Quy trình gia công bánh răng trên máy phay CNC

2.2. Thiết bị, dụng cụ và đối tượng gia công

Trong nghiên cứu này, máy gia công được sử dụng để thực hiện cho tất cả các thí nghiệm là máy phay CNC 3 trục SUPER TORNADO HCMC-11000 của hãng Harford, tại Công ty Cổ phần Cơ khí Hồng Lĩnh. Thiết bị đo độ nhám bề mặt là máy Surftest SJ-301 của hãng Mitutoyo, tại phòng đo lường trực thuộc Công ty Z117 - Bộ Quốc phòng. Đối tượng gia công là bộ bánh răng côn răng thẳng Z18 – Z18 m5 vật liệu thép C45, dụng cụ gia công là dao phay R2 GSBNH202003506 của hãng NACHI Nhật Bản.



Hình 2. Máy gia công và máy đo độ nhám bề mặt.

2.3. Thiết kế thí nghiệm

Với chế độ gia công (hướng chéo profile, chiều sâu cắt không đổi, chế độ cắt thuận) và khuyến cáo của các nhà sản xuất máy phay và dụng cụ cắt, miền nghiên cứu và cấp độ thực nghiệm của các thông số công nghệ được lựa chọn như trong bảng 1.

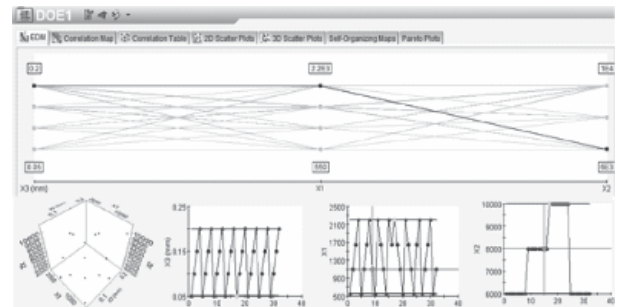
Bảng 1. Các yếu tố đầu vào.

TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Cấp độ			
				1	2	3	4
1	Chiều sâu cắt dọc	ap	mm	0,05	0,1	0,15	0,2
2	Vận tốc tiến dao	F	mm/phút	550	1100	1650	2200
3	Tốc độ quay trục chính	S	Vòng/phút	6000	8000	10000	-

Để hạn chế số lượng thí nghiệm trong khi vẫn đảm bảo được mức thông tin phản hồi mà không làm mất tính tổng quan của kết quả, tác giả sử dụng phương pháp quy hoạch ma trận trực giao để thiết kế thí nghiệm. Khi đó, hạng của ma trận được xác định bởi công thức (Trong đó: k là số biến đầu vào):

$$n > \frac{(k+1).(k+2)}{2} = \frac{4.5}{2} = 10 \quad (1)$$

Với $n > 10$, tác giả lựa chọn ma trận làm thí nghiệm là ma trận Taguchi L32 với quan hệ các biến như trên hình 2 (Trong đó: X1 là chiều sâu cắt dọc, X2 là vận tốc tiến dao và X3 là tốc độ quay trục chính).



Hình 3. Quan hệ các biến đầu vào.

Từ mối quan hệ thực nghiệm đã được xây dựng, tiến hành gia công ở các chế độ được thiết lập, đo kiểm độ nhám bề mặt và thu được ma trận thực nghiệm như trong bảng 2 (Để đảm bảo độ chính xác của kết quả thử nghiệm, mỗi một thử nghiệm sẽ được thực hiện lặp lại ba lần và lấy giá trị trung bình của ba lần đo).

Bảng 2. Ma trận thực nghiệm

Counter	Input			Output	Counter	Input			Output
	ap (mm)	F (mm/p)	S (v/p)			ap (mm)	F (mm/p)	S (v/p)	
DOE 1	0,05	550	6000	0,39	DOE 17	0,05	2200	10000	0,52
DOE 2	0,10	1100	6000	0,82	DOE 18	0,10	1650	10000	0,97
DOE 3	0,15	1650	6000	1,68	DOE 19	0,15	1100	10000	0,92
DOE 4	0,20	2200	6000	2,71	DOE 20	0,20	550	10000	0,83
DOE 5	0,05	550	6000	0,31	DOE 21	0,05	2200	10000	0,53
DOE 6	0,10	1100	6000	0,85	DOE 22	0,10	1650	10000	0,88
DOE 7	0,15	1650	6000	1,91	DOE 23	0,15	1100	10000	0,85
DOE 8	0,20	2200	6000	2,88	DOE 24	0,20	550	10000	0,81
DOE 9	0,05	1100	8000	0,38	DOE 25	0,05	1650	6000	0,98

DOE 10	0,10	550	8000	0,46	DOE 26	0,10	2200	6000	1,47
DOE 11	0,15	2200	8000	1,89	DOE 27	0,15	550	6000	0,75
DOE 12	0,20	1650	8000	2,01	DOE 28	0,20	1100	6000	1,52
DOE 13	0,05	1100	8000	0,31	DOE 29	0,05	1650	6000	0,55
DOE 14	0,10	550	8000	0,42	DOE 30	0,10	2200	6000	1,38
DOE 15	0,15	2200	8000	2,11	DOE 31	0,15	550	6000	0,73
DOE 16	0,20	1650	8000	2,01	DOE 32	0,20	1100	6000	1,55

3. XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH HỒI QUY

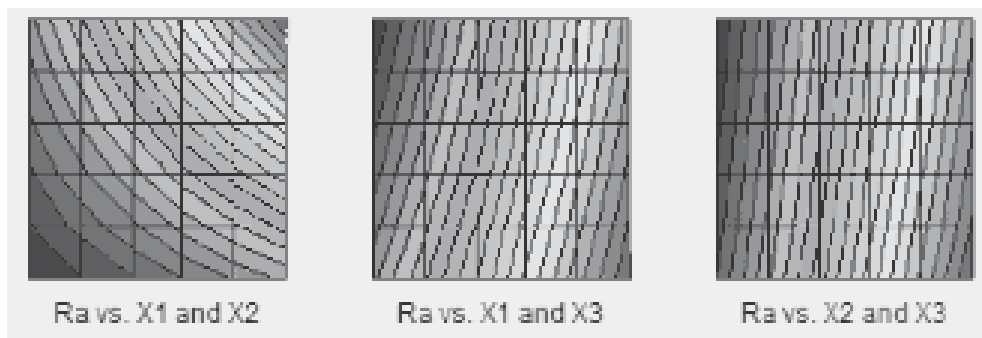
Sử dụng phần mềm SIMULIA ISIGHT [5] để xử lý dữ liệu 32 điểm thí nghiệm trong bảng 2 với mô hình đáp ứng bề mặt bậc 2, ta có phương trình quan hệ giữa các thông số công nghệ gia công (ap, F, S) với độ bóng bề mặt (Ra) như sau:

$$Ra = 0,7247 - 0,2055.X_1 + 0,0002.X_2 - 0,0001.X_3 + 2,500.X_1^2 + 5,6349.10^{-24}.X_2^2 + 3,6328.10^{-9}.X_3^2 + 0,0052.X_1.X_2 + 0,0001.X_1.X_3 - 1,7218.10^{-8}.X_3.X_2 \quad (2)$$

Độ tin cậy của phương trình hồi quy (2) được kiểm nghiệm thông qua các tiêu chí như trong bảng 3.

Bảng 3. Hệ số đánh giá độ tin cậy mô hình.

TT	Thông số đánh giá	Giá trị cho phép	Chỉ số phương trình	Kết quả
1	Sai số tuyệt đối trung bình	$\leq 0,2$	0,04	Đạt
2	Sai số cực đại	$\leq 0,3$	0,15	Đạt
3	Sai số căn bậc 2 trung bình	$\leq 0,2$	0,05	Đạt
4	Hệ số xác định	$\geq 0,9$	0,96	Đạt



Hình 4. Đồ thị quan hệ giữa thông số

Sử dụng phương trình hồi quy (2) để dự đoán độ nhám bề mặt ở chế độ chế độ gia công ($S = 8500$ v/p, $F = 700$ mm/p và $a_p = 0.1$ mm) cho ta kết quả $R_a = 0.4664$ μm . Để đánh giá độ tin cậy của của kết quả, tác giả đã tiến hành gia công thử theo bộ thông số đã được gợi ý và thu được kết quả thực sai lệch với thông số tính toán là 4.66%. Sai số này là sai số chấp nhận được.

4. KẾT LUẬN

Với kết quả đã đạt được, chúng ta có thể khẳng định việc gia công bánh răng côn răng thẳng trên máy phay CNC 3 trục để thay thế cho các phương pháp gia công truyền thống là khả thi. Ngoài ra, chúng ta có thể sử dụng kết quả nghiên cứu để dự đoán độ nhám bề mặt hoặc lựa chọn chế độ gia công khi gia công phù hợp khi gia công bánh răng côn răng thẳng Z18m5 trên máy phay CNC 3 trục. ❖

Ngày nhận bài: 17/4/2024

Ngày phản biện: 27/5/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kazumasa Kawasaki, Kazuyoshi Shinma, *Accuracy measurement and evaluation of straight bevel gear manufactured by end mill using CNC milling machine* (2009), ASME J. Manuf.
- [2]. Cihan Ozel, Ali Nan, Latif Ozler, *An investigation on manufacturing of the straight bevel gear using end mill by CNC milling machine* (2005), ASME 127 503-511, Journal of Manufacturing Science and Engineering.
- [3]. Fador L.Litvin, Alfonso Fuentes, *Gear geometry and applied theory* (2004), Cambridge University Press.
- [4]. F. Klocke, M. Brumm, J. Staudt, *Quality and surface of gears manufactured by free form milling with standard tools* (2014), International Gear Conference, Lyon – France.
- [5]. Rajashekar Reddy Kallem, *FEA analysis and automated design optimization using SIMULIA Abaqus and Isight* (2010), California State University, Sacramento.