

Tối ưu hóa chế độ công nghệ lăn ép sử dụng con lăn bằng phương pháp Taguchi và phương pháp mạng nơ ron nhân tạo

Mai Phúc Vương¹, Đoàn Tất Khoa^{1*}, Nguyễn Hải Nam², Nguyễn Văn Toàn¹

¹Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự;

²Khoa Hàng không vũ trụ, Học viện Kỹ thuật Quân sự.

*Email: khoadt@lqdtu.edu.vn.

Nhận bài: 27/02/2023; Hoàn thiện: 10/4/2023; Chấp nhận đăng: 14/4/2023; Xuất bản: 25/6/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.88.2023.139-146>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tối ưu hóa quá trình lăn ép (sử dụng con lăn) bề mặt trụ trong của chi tiết ống lót trong kết cấu hàng không bằng phương pháp Taguchi và phương pháp sử dụng mạng nơ ron nhân tạo (Artificial Neural Network – ANN). Tốc độ trục chính (S), lượng chạy dao (F) và chiều sâu lăn ép (D) được chọn là các tham số đầu vào, còn độ nhám bề mặt (Ra) được chọn là mục tiêu tối ưu hóa. Kết quả phân tích dữ liệu các chế độ công nghệ được sử dụng và độ nhám đo được và tối ưu hóa bằng hai phương pháp cho thấy: 1 - Chiều sâu lăn ép ảnh hưởng lớn nhất lên độ nhám bề mặt, theo sau là tốc độ trục chính và lượng chạy dao; 2 - Trong dải giá trị được nghiên cứu của các tham số công nghệ, độ nhám tối ưu (nhỏ nhất) đạt được khi S và D có giá trị lớn nhất, trong khi F có giá trị nhỏ nhất; 3 - giá trị độ nhám tối ưu thu được bằng cả hai phương pháp đều phù hợp với kết quả thực nghiệm. Tuy nhiên, phương pháp sử dụng ANN cho kết quả không ổn định, nguyên nhân có thể là do số lượng dữ liệu được sử dụng không lớn.

Từ khóa: Taguchi; ANN; Lăn ép sử dụng con lăn; Độ nhám bề mặt; Tối ưu hóa.

1. MỞ ĐẦU

Độ nhám bề mặt (Ra) là một yếu tố quan trọng trong quá trình gia công và có ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm. Trong hầu hết các trường hợp, độ nhám bề mặt càng nhỏ, chất lượng bề mặt càng tốt, tuổi thọ của máy càng cao [1, 2]. Chất lượng bề mặt tốt sẽ giúp cải thiện một số tính chất về độ bền của các chi tiết máy như khả năng chống ăn mòn, độ bền mỏi và khả năng chịu nhiệt của các chi tiết máy [3, 4].

Đối với quá trình gia công cơ, việc nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến độ nhám bề mặt, tìm được mối liên hệ giữa chúng bằng phương pháp thực nghiệm đòi hỏi phải thực hiện rất nhiều thí nghiệm; điều này sẽ dẫn đến gia tăng chi phí về máy móc, thiết bị, thời gian, nhân công [5, 6],... Do đó, giảm số lượng thí nghiệm cần thực hiện, tìm ra quy luật phản ánh sự phụ thuộc của độ nhám bề mặt vào chế độ công nghệ, từ đó dự đoán được độ nhám bề mặt khi thay đổi chế độ công nghệ là một nhu cầu rất thực tiễn. Bài toán dự đoán độ nhám bề mặt có thể được phát biểu dưới dạng bài toán tối thiểu hàm mục tiêu là độ nhám bề mặt.

Trong quá trình lăn ép sử dụng con lăn, có nhiều tham số công nghệ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bề mặt nói chung và độ nhám bề mặt nói riêng [7-9]. Một số nghiên cứu trước đã đề cập đến ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt như: Nghiên cứu ảnh hưởng tốc độ trục chính (Spindle speed), lượng chạy dao (Burnishing feed rate), chiều sâu lăn ép (Burnishing depth) đến chất lượng bề mặt khi lăn ép mặt trụ trong thép AISI 1045 [7]; Nghiên cứu ảnh hưởng tốc độ trục chính (Spindle speed), lượng chạy dao (Feed rate), chiều sâu lăn ép (Depth of penetration), số lượng con lăn (Number of rollers) để cải thiện chất lượng bề mặt khi lăn ép bề mặt thép H13 [8]. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của ba yếu tố quan trọng nhất là tốc độ trục chính, lượng tiến dao và chiều sâu lăn ép sẽ được nghiên cứu bằng cách xử lý các dữ liệu thực nghiệm lăn ép mặt trụ trong của một chi tiết ống lót trong kết cấu hàng không trên nền thép 09X16H4BJI. Các thí nghiệm cần thực hiện sẽ được quy hoạch theo phương pháp Taguchi

[10, 11]. Đây là phương pháp quy hoạch thường được sử dụng cho các quá trình mô hình hóa, phân tích, tối ưu hóa, đòi hỏi ít thí nghiệm hơn so với các phương pháp quy khác (như quy hoạch trực giao, quy hoạch trực giao cấp 1, quy hoạch trực giao rút gọn [10],...) nhưng vẫn đạt được độ tin cậy.

Từ dữ liệu thực nghiệm, ảnh hưởng của các yếu tố đến độ nhám bề mặt sẽ được nghiên cứu thông qua phân tích ANOVA [10]. Sau đó, phương pháp Taguchi sẽ được sử dụng để tìm ra chế độ công nghệ tối ưu tương ứng với độ nhám nhỏ nhất theo quy trình được trình bày trong [10]. Phương pháp này đã được sử dụng trong nghiên cứu [7]. Ngoài ra, phương pháp sử dụng mạng nơ ron nhân tạo (gọi tắt là phương pháp ANN [12]) cũng được sử dụng để dự đoán độ nhám của bề mặt.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Cấu tạo và quy trình công nghệ chế tạo chi tiết ống lót

Chi tiết ống lót có cấu tạo gồm các mặt phẳng, mặt trụ và các lỗ như hình 1. Nó được chế tạo từ thép hợp kim 09X16H4BJI theo ГОСТ 977 – 88 và được nhiệt luyện đạt độ cứng 27 – 35HRC. Quy trình gia công chi tiết ống lót bao gồm các nguyên công chủ yếu là tiện, phay và lăn ép. Phương pháp lăn ép sử dụng con lăn được sử dụng để gia công mặt trụ trong đường kính $\Phi 16,002$.



Hình 1. Cấu tạo chi tiết ống lót.

2.2. Quy hoạch thực nghiệm

Thực nghiệm được quy hoạch bằng phương pháp Taguchi. Ba yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám bề mặt là tốc độ trục chính S (vg/phút), lượng tiến dao F (mm/vg) và chiều sâu lăn ép D (mm) được chọn là yếu tố đầu vào. Dải giá trị được nghiên cứu của các tham số này được chia thành 3 mức: 1 – Giá trị nhỏ nhất, 2 – Giá trị trung tâm và 3 – Giá trị lớn nhất như được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Giá trị các mức của các tham số công nghệ.

Tham số công nghệ	Ký hiệu	Đơn vị	Mức biến đổi		
			1	2	3
Tốc độ trục chính	S	vg/ph	650	1250	1750
Lượng tiến dao	F	mm/vg	0,77	0,84	0,91
Chiều sâu lăn ép	D	mm	0,0075	0,0150	0,0225

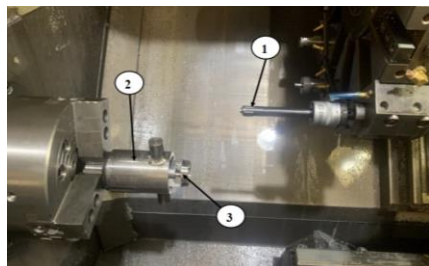
Thông số tốc độ trục chính và lượng chạy dao được lựa chọn theo khuyến cáo của nhà sản xuất dụng cụ Cogsdill. Theo tài liệu của nhà cung cấp dụng cụ, đối với dụng cụ được sử dụng, khoảng giá trị của tốc độ trục chính là 610-1800 (vg/ph), của lượng chạy dao là 0,7620-0,9144 (mm/vg) [13]. Khoảng giá trị của chiều sâu lăn ép được lựa chọn dựa vào độ nhám bề mặt chi tiết trước khi lăn ép, độ nhám bề mặt sau khi lăn ép, độ biến đổi đường kính chi tiết khi lăn ép và tính đàn hồi của dụng cụ.

Với $k = 3$ yếu tố, mỗi yếu tố có $L = 3$ mức, nếu sử dụng mô hình thực nghiệm toàn phần thì số thí nghiệm cần thực hiện là $L^k = 3^3 = 27$. Sử dụng mô hình Taguchi, lựa chọn mảng trực giao $L_9(3^3)$ [10], số thí nghiệm cần thực hiện chỉ là 9. Cấu trúc mảng trực giao này được thể hiện trên bảng 2.

2.3. Tiến hành thực nghiệm

2.3.1. Thực hiện nguyên công lăn ép

Các nguyên công lăn ép được thực hiện trên máy tiện CNC ST-20 HAAS (hình 2), sử dụng dụng cụ lăn ép bằng con lăn bề mặt trụ trong của hãng Cogsdill (hình 3).



Hình 2. Máy tiện CNC ST-20 HAAS **Hình 3.** Dụng cụ lăn ép bề mặt trụ trong Cogsdill.

1 - Dụng cụ lăn ép; 2 - Phôi; 3 - Đồ gá.

2.3.2. Đo độ nhám

Sau khi lăn ép, độ nhám của bề mặt trụ trong (đường kính $\Phi 16,002^{+0,015}$) được đo bằng máy Mitutoyo SJ-301 (hình 4). Để đo độ nhám, một phần của chi tiết được cắt bỏ để máy đo có thể tiếp cận mặt trụ cần đo. Với sản phẩm của mỗi thí nghiệm, việc đo được thực hiện 3 lần tại 3 vị trí khác nhau (cho kết quả độ nhám $Ra1$, $Ra2$ và $Ra3$). Độ nhám Ra thu được là giá trị trung bình của 3 độ nhám đo được. Kết quả đo độ nhám $Ra1$, $Ra2$, $Ra3$ và kết quả tính độ nhám trung bình Ra được thể hiện trong bảng 2.



Hình 4. Máy đo độ nhám (a) và vị trí đo độ nhám trên chi tiết (b).

Bảng 2. Cấu trúc thí nghiệm, chế độ công nghệ, kết quả thí nghiệm và tỷ số tín hiệu trên nhiễu.

Thí nghiệm	Cấu trúc thí nghiệm			Chế độ công nghệ			Độ nhám				Tỷ số S/N (dB)
	S (mức)	F (mức)	D (mức)	S (vg/ph)	F (mm/vg)	D (mm)	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra (μm)	
1	1	1	1	650	0,77	0,0075	0,09	0,12	0,11	0,1067	19,38
2	1	2	2	650	0,84	0,0150	0,15	0,09	0,09	0,1667	15,56
3	1	3	3	650	0,91	0,0225	0,17	0,17	0,16	0,1100	18,89
4	2	1	3	1200	0,77	0,0150	0,20	0,23	0,24	0,2233	13,00
5	2	2	2	1200	0,84	0,0225	0,02	0,05	0,07	0,0467	25,85
6	2	3	1	1200	0,91	0,0075	0,07	0,10	0,14	0,1033	19,39
7	3	1	3	1750	0,77	0,0225	0,02	0,04	0,05	0,0367	28,24
8	3	2	1	1750	0,84	0,0075	0,09	0,12	0,13	0,1133	18,82
9	3	3	2	1750	0,91	0,0150	0,10	0,14	0,25	0,1633	15,13

3. TỐI ƯU HÓA CHẾ ĐỘ CÔNG NGHỆ LẤN ÉP

3.1. Bài toán tối ưu hóa

Bài toán tối ưu hóa được phát biểu như sau: Tìm $X = [S, F, D]$ tối thiểu hóa Ra thỏa mãn các ràng buộc sau: $650 \leq S \leq 1750$ (vg/ph), $0,77 \leq F \leq 0,91$ (mm/vg), $0,0075 \leq D \leq 0,0225$ (mm).

3.2. Tối ưu hóa bằng phương pháp Taguchi

3.2.1. Tính tỷ số tín hiệu trên nhiễu S/N

Đây là bài toán cực tiểu hóa nên tỷ số "tín hiệu trên nhiễu" S/N được tính theo công thức (1), trong đó, n là số lượng dữ liệu. Trong ví dụ này, chỉ có 1 dữ liệu là Ra nên $n = 1$. Kết quả tính S/N được thể hiện trong bảng 3.

$$(S/N)_i = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

3.2.2. Phân tích S/N và ANOVA và xác định chế độ công nghệ tối ưu

Giá trị trung bình của tỷ số S/N tương ứng với mức i của yếu tố x ($x = S, F$ hoặc D) được tính theo công thức (2), trong đó m là số phần tử cùng mức i của yếu tố x (trong nghiên cứu này $m = 3$ đối với tất cả các trường hợp).

$$\eta_i^x = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (S/N)_{ij}^x \quad (2)$$

Sau khi tính đủ 9 giá trị (3 yếu tố, mỗi yếu tố có 3 mức), ta tìm giá trị nhỏ nhất (Min), giá trị lớn nhất (Max) và giá trị trung bình (Mean) đối với từng yếu tố. Giá trị $\Delta = \text{Max} - \text{Min}$ thể hiện mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến mục tiêu. Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 3. Ta thấy, ảnh hưởng đến độ nhám nhiều nhất là D (9,77 dB, tương đương với 65,33%), ít nhất là F (2,40 dB, tương đương với 16,05%).

Bảng 3. Phân tích tỷ số S/N và ANOVA cho độ nhám.

Mức biến đổi	S (vg/ph)	F (mm/Vg)	D (mm)	Phương án tối ưu	
1	17,94	20,21	19,20	Chế độ công nghệ	S3F1D3
2	19,41	20,08	14,56		
3	20,73	17,81	24,33		
Min	17,94	17,81	14,56	S/N	26,54
Mean (m)	19,36	19,36	19,36		
Max	20,73	20,21	24,33		
Δ	2,78	2,40	9,77	Ra	0,0471
% ảnh hưởng	18,62	16,05	65,33		

Chế độ công nghệ tối ưu là chế độ mà các tham số có giá trị tương ứng mới mức có S/N lớn nhất. Theo bảng 3 ta thấy đó là bộ tham số S3F1D3, nghĩa là các tham số S, F, D có các giá trị tương ứng ở mức 3 (1750 vg/phút), mức 1 (0,77 mm/vg), mức 3 (0,0225 mm). Bộ tham số này tương ứng với một trong các thí nghiệm đã được thực hiện (thí nghiệm số 7). Trong thí nghiệm này, tỷ số S/N là 28,24, còn độ nhám trung bình đo được là 0,0367 (μm). Đây là kết quả đo được. Phương pháp Taguchi cho phép sử dụng công thức kinh nghiệm để tìm ra giá trị của hai đại lượng nói trên, có tính đến quy luật ảnh hưởng của tất cả các thông số, như sau (trong đó k là số yếu tố):

$$(S/N)_{opt} = m + \sum_{i=1}^k \left[(S/N)_{max}^i - m \right]; \quad Ra_{opt}^{Taguchi} = -10 \frac{(S/N)_{opt}}{20}$$

Kết quả tính toán tỷ số S/N và độ nhám tối ưu được thể hiện trong bảng 3.

3.2. Tối ưu hóa bằng phương pháp ANN

3.2.1. Xây dựng và huấn luyện ANN

Dữ liệu mẫu huấn luyện ANN chính là các thông số chế độ công nghệ (dữ liệu đầu vào (Inputs), x) và độ nhám trung bình (đích (Targets), T) đo được trong 9 thí nghiệm.

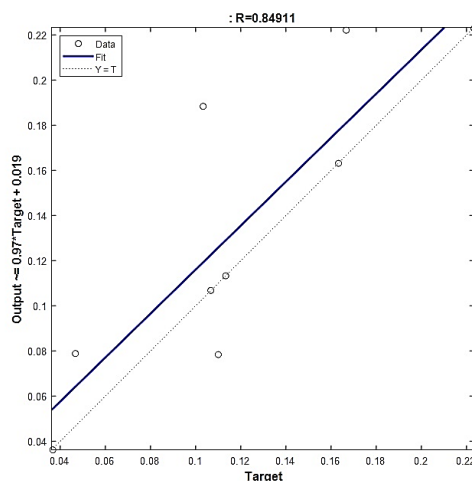


Hình 5. Cấu trúc ANN.

Do số lượng dữ liệu của bài toán không lớn (9 mẫu, 3 đầu vào, 1 đầu ra) nên mạng ANN được lựa chọn là mạng kiểu fitting với chỉ 1 lớp ẩn gồm 5 nơ ron (hình 5). Hàm chuyển đổi của các nơ ron trong lớp ẩn là hàm tan-sigmoid, của nơ ron trong lớp đầu ra là hàm tuyến tính. Thuật toán huấn luyện được chọn là thuật toán lan truyền ngược Levenberg-Marquardt, sử dụng hàm tính lỗi MSE (Mean Squared Error – Sai lệch bình phương trung bình).

Sau mỗi lần huấn luyện, chất lượng của ANN cần được đánh giá bằng cách sử dụng ANN vừa được huấn luyện để tìm kết quả đầu ra y (Outputs) tương ứng với dữ liệu đầu vào x và so sánh với đích T . Mỗi quan hệ tuyến tính giữa y và T được đánh giá bởi hệ số hồi quy R , có giá trị nằm trong đoạn $[0,1]$ trong đó, $R = 0$ nghĩa là y và T không có bất kỳ mối quan hệ nào, còn $R = 1$ nghĩa là y và T hoàn toàn trùng nhau, tương ứng với việc ANN đưa ra dự báo chính xác. Nếu R tìm được có giá trị nhỏ hơn nhiều so với 1, cần huấn luyện lại ANN cho đến khi R tiến gần tới 1.

Tác giả đã thực hiện việc huấn luyện nhiều lần cho đến khi $R = 0,84911$. Khi đó, mối quan hệ giữa y và T được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Mối quan hệ Output-Target.

Có thể thấy, kết quả dự đoán bằng ANN rất gần với giá trị thực nghiệm, mối quan hệ giữa chúng được thể hiện bằng phương trình:

$$y = 0,97T + 0,019$$

3.2.2. Sử dụng ANN để tìm chế độ công nghệ tối ưu

ANN đã được huấn luyện sẽ được sử dụng để dự đoán độ nhám trên cơ sở các giá trị của chế độ công nghệ nằm trong dải giá trị được nghiên cứu. Trong phần thực nghiệm, chỉ 3 mức giá trị của mỗi thông số chế độ cắt S , F và D được nghiên cứu. Trong phần này, dải giá trị của từng

thông số của chế độ công nghệ đều được chia thành 100 mức, tạo ra 1 triệu mẫu (bộ giá trị của các thông số S , F và D) nghiên cứu, sau đó ANN được sử dụng để tính độ nhám bề mặt tương ứng với từng mẫu và cuối cùng, chế độ công nghệ tối ưu tương ứng với độ nhám nhỏ nhất sẽ được tìm ra. Bằng cách chia dải giá trị thành nhiều mức hơn, khoảng cách giữa các giá trị sẽ nhỏ hơn, các giá trị tối ưu tìm được (nếu có) sẽ chính xác hơn. Kết quả, giá trị nhỏ nhất của độ nhám dự đoán là $Ra_{opt}^{ANN} = 0,0343$ (μm) Giá trị của các tham số cắt của chế độ tối ưu này là là: $S = 1750$ (vòng/phút), $F = 0,77$ (mm/vòng), $D = 0,0213$ (mm).

3.3. Bình luận kết quả

Số thí nghiệm cần thực hiện khi quy hoạch theo phương pháp quy hoạch Taguchi ít hơn so với một số phương pháp khác. Hiệu quả của phương pháp Taguchi sẽ rõ hơn khi số yếu tố và số mức của từng yếu tố được nghiên cứu lớn hơn.

Bảng 4. So sánh Ra tối ưu bằng các phương pháp khác nhau.

Thông số	Thực nghiệm	Taguchi	ANN
S tối ưu, vòng/phút	1750	1750	1750
F tối ưu, mm/vòng	0,77	0,77	0,77
D tối ưu, mm	0,0225	0,0225	0,0213
Ra tối ưu, μm	0,0367	0,0471	0,0343

Nếu phương án tối ưu không phải là phương án đã được thực nghiệm, kết quả tối ưu hóa (giá trị của hàm mục tiêu) cần được kiểm chứng bằng cách thực hiện thêm một (hoặc một số) thí nghiệm tương ứng với bộ thông số tối ưu được tìm thấy.

Trong nghiên cứu này, phương án tối ưu là một trong các phương án đã được thực nghiệm (phương án thứ 7, bảng 2). Khi đó, có hai giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là giá trị thực nghiệm và giá trị được tính lại bằng công thức Taguchi. Nếu hai giá trị này gần nhau (như trong nghiên cứu này), có thể khẳng định rằng thí nghiệm và việc đo đạc được tiến hành một cách cẩn thận, bảo đảm các yêu cầu kỹ thuật và công nghệ. Nếu hai giá trị này khác nhau nhiều, cần xem xét nguyên nhân của sự sai khác đó. Có thể có nhiều nguyên nhân, nhưng hai nguyên nhân lớn nhất có thể là: 1 – Số lượng thí nghiệm quá ít dẫn đến việc quy luật ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm mục tiêu chưa được thiết lập một cách đầy đủ, do đó, công thức Taguchi (là một công thức kinh nghiệm) chưa thực sự phù hợp để tính toán giá trị tối ưu của hàm mục tiêu; 2 – Việc thí nghiệm chưa được thực hiện một cách cẩn trọng, đúng quy định và sai số đo đạc lớn. Trong trường hợp này, cần kiểm tra lại quy trình thực nghiệm và đo đạc, tìm và xử lý các sai sót có thể xảy ra, sau đó thực hiện lại thí nghiệm để kiểm chứng kết quả tính bằng công thức Taguchi.

Từ bảng 4, ta thấy độ nhám tối ưu khi S lớn nhất và F nhỏ nhất ở cả 3 phương pháp. Với tham số D , độ nhám tối ưu với phương pháp thực nghiệm và Taguchi lớn nhất khi D lớn nhất, phương pháp ANN Ra tối ưu khi D gần giá trị lớn nhất. Điều này được giải thích, khi tăng chiều sâu lăn ép, áp lực dụng cụ lên bề mặt tăng, bề mặt biến dạng làm giảm nhấp nhô bề mặt nên độ nhám giảm. Tuy nhiên, khi D tăng quá mức làm biến dạng dẻo bề mặt tăng quá mức, khi đó, bề mặt bị bong tróc và xước do dụng cụ làm độ nhám giảm. Phương pháp ANN cho kết quả gần sát với kết quả thực nghiệm (bảng 3). Kết quả này có được vì ANN được tạo và huấn luyện tốt. Tuy nhiên, trong quá trình huấn luyện ANN, tác giả nhận thấy rằng, ANN cho kết quả không ổn định: trong nhiều lần huấn luyện, không phải ANN có R gần bằng 1 nào cũng cho kết quả như mong đợi. Giá trị độ nhám thu được biến thiên trong một khoảng giá trị xung quanh giá trị độ nhám thu được bằng phương pháp Taguchi. Sự không ổn định của ANN có thể là vì số lượng dữ liệu được sử dụng để huấn luyện ANN không lớn (chỉ có 9 bộ dữ liệu). Để ANN cho kết quả ổn định, cần sử dụng nhiều dữ liệu hơn để huấn luyện. Do đó, chỉ nên sử dụng ANN trong các trường hợp thực

hiện được nhiều thí nghiệm hơn, với hàng trăm, thậm chí hàng nghìn thí nghiệm. Với trường hợp số thí nghiệm không lớn, nên sử dụng phương pháp Taguchi.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp Taguchi và phương pháp ANN để quy hoạch và tối ưu hóa các tham số công nghệ của quy trình lăn ép (sử dụng con lăn) mặt trụ trong của chi tiết ống lót trong kết cấu hàng không theo chỉ tiêu độ nhám nhỏ nhất. Việc quy hoạch thực nghiệm theo phương pháp Taguchi giúp tối ưu hóa số thí nghiệm cần thực hiện nhưng vẫn bảo đảm rằng dữ liệu thu được đủ tin cậy để có thể được sử dụng trong bài toán tối ưu hóa.

Kết quả tối ưu hóa bằng phương pháp Taguchi cho thấy, độ nhám tối ưu thu được phù hợp với kết quả thực nghiệm. Điều này khẳng định độ tin cậy của phương pháp và chứng tỏ các thí nghiệm đã được thực hiện một cách chính xác.

Phương pháp ANN cũng cho kết quả phù hợp với kết quả thực nghiệm và kết quả thu được bằng phương pháp Taguchi. Tuy nhiên, trong quá trình sử dụng, ANN cho kết quả không thực sự ổn định, nguyên nhân có thể là do số lượng dữ liệu được dùng để huấn luyện còn ít. Vì vậy, cần cân nhắc việc chỉ sử dụng ANN một cách độc lập để giải bài toán tối ưu hóa trong những trường hợp số lượng dữ liệu không nhiều.

Kết quả của nghiên cứu này có thể góp phần vào việc làm chủ công nghệ chế tạo chi tiết ống lót. Ngoài ra, phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này có thể được áp dụng trong các bài toán tối ưu hóa tương tự áp dụng cho các đối tượng khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Aggarwal, H. Singh, P. Kumar, and M. Singh, "Optimizing power consumption for CNC turned parts using response surface methodology and Taguchi's technique-A comparative analysis", J. Mater. Process. Technol., vol. 200, no. 1-3, pp. 373-384, (2008).
- [2]. A. Srivastava, A. Sharma, A. S. Gaur, R. Kumar, and Y. K. Modi, "Prediction of surface roughness for CNC turning of EN8 steel bar using artificial neural network model", J. Eur. des Syst. Autom., vol. 52, no. 2, pp. 185-188, (2019), doi: 10.18280/jesa.520211.
- [3]. S. Kumar, Meenu, and P. S. Satsangi, "A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model in turning using UD-GFRP composite", Indian J. Eng. Mater. Sci., vol. 19, no. 6, pp. 386-396, (2012).
- [4]. S. S. Mahapatra, "Parametric Analysis and Optimization of Cutting Parameters for Turning Operations based on Taguchi Method", Proc. Int. Conf. Glob. Manuf. Innov., pp. 1-9, (2006).
- [5]. M. Steitz, J. Scheil, C. Müller, and P. Groche, "Effect of process parameters on surface roughness in hammer peening and deep rolling", Key Eng. Mater., vol. 554-557, pp. 1887-1901, (2013).
- [6]. S. C. Borse, "Optimization of Turning Process Parameter in Dry Turning of SAE52100 Steel", Int. J. Mech. Eng. Technol., vol. 5, no. 12, pp. 1-8, (2014).
- [7]. N. T. Trung, L. B. Xuan, "Optimization of interior roller burnishing process for improving surface quality", Materials and manufacturing processes, Taylor & Francis, pp. 1-8, (2018).
- [8]. Nguyen, T.T., Cao, L.H., Nguyen, T.A., Dang, X.P., "Multi-response optimization of the roller burnishing process in terms of energy consumption and product quality", J. Clean. Prod., 245/1, 119328, (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119328>.
- [9]. Lin, Y.C., Wang, S.W., Lai, H.Y., "The relationship between surface roughness and burnishing factor in the burnishing process", Int. J. Adv. Manuf. Tech. 23, pp. 666-671, (2004).
- [10]. Nguyễn Trường An, "Quy hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu trong kỹ thuật", Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, tr. 65-120, (2019).
- [11]. Đào Văn Hiệp, "Giám sát và điều khiển thông minh quá trình gia công cơ", Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, tr. 57-68, (2016).
- [12]. Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan, Martin T. Hagan, "Neural Network Toolbox™ 7, User's Guide", The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098, pp. 120-132, (2010).
- [13]. Cosgdill, "Roll-a-finish", ™ Internal/External Roller Burnishing Tools, www.cogsdill.co.uk

ABSTRACT

Optimization of roller burnishing process parameters using Taguchi and ANN methods

The paper presents the results of research on the optimization of the roller burnishing process of brushing used in aeronautical structures by means of Taguchi method and ANN method. Spindle speed (S), feed rate (F) and burnishing depth (D) are chosen to be input parameters, and surface roughness (Ra) is chosen to be the objective of the optimization. Results of analyzing the data about used process parameters and measured surface roughness show that: 1 - Burnishing depth has the biggest influence on surface roughness, then spindle speed and feed rate; 2 - In the considered range of values of process parameters, optimal (minimum) surface roughness is reached as S and D are of largest values while F is of smallest one; 3 - Value of optimal surface roughness obtained by both methods is consistent with the experimental data. However, ANN method provides unstable results, the reason may be the fact that the data amount used is not big.

Keywords: Taguchi; ANN; Roller burnishing; Surface roughness; Optimization.