

SO SÁNH PHƯƠNG PHÁP TOPSIS VÀ DFA TRONG TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH PHAY THÀNH MỎNG VẬT LIỆU NHÔM 6061

COMPARISON OF TOPSIS AND DFA METHODS IN OPTIMIZATION IN THE THIN-WALLED MILLING OF ALUMINUM 6061

Nguyễn Văn Quê¹, Hoàng Tiến Dũng¹,
Phạm Thị Thiều Thoa¹, Lê Ngọc Duy¹, Nguyễn Văn Cảnh^{1,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.171>

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày về ứng dụng phương pháp TOPSIS trong việc giải bài toán tối ưu hoá đa mục tiêu khi phay tinh thành mỏng vật liệu nhôm 6061. Các tham số công nghệ của quá trình phay bao gồm vận tốc cắt (V_c), lượng tiến dao răng (f_z) và chiều rộng lát cắt (a_x) đã được nghiên cứu để đưa ra đánh giá mức độ ảnh hưởng đến các tiêu chí chất lượng của sản phẩm bao gồm độ nhám bề mặt R_a , sai lệch độ phẳng FD và năng suất bóc tách vật liệu MRR. Trong nghiên cứu này, phương pháp tối ưu hoá đa mục tiêu TOPSIS được sử dụng để lựa chọn bộ tham số công nghệ phù hợp nhằm mục đích tối ưu hoá các giá trị R_a , FD và MRR đồng thời. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm với TOPSIS cho thấy giá trị độ nhám R_a , độ không phẳng FD và năng suất bóc tách vật liệu MRR đạt giá trị tối ưu là $0,345\mu\text{m}$; $0,131\text{mm}$ và $25796,18\text{ (cm}^3/\text{ph)}$ tương ứng là vận tốc cắt 150m/ph ; lượng chạy dao răng $0,06\text{ (mm/răng)}$ và chiều sâu cắt $1,2\text{ (mm)}$. Kết quả tối ưu hoá bằng phương pháp TOPSIS cũng được so sánh với phương pháp tiếp cận hàm số mong muốn DFA để đánh giá ưu, nhược điểm và khả năng ứng dụng của các phương pháp này trong nghiên cứu cũng như trong thực tế sản xuất. Theo đó, kết quả tối ưu hoá với DFA dự đoán giá trị độ nhám R_a giảm 57% còn $0,145\mu\text{m}$, độ không phẳng giảm khoảng 154% về còn $0,07\text{mm}$, tuy nhiên năng suất gia công cũng giảm 23%.

Từ khóa: TOPSIS, thành mỏng, tối ưu hoá đa mục tiêu, gia công phay, DFA, hàm số mong muốn.

ABSTRACT

This paper presents the application of TOPSIS method in solving the multi-objective optimization problem in thin-walled milling of the 6061 aluminum. The cutting parameters of the milling process include cutting speed (V_c), the feed rate (f_z) and the wide of cut (a_x) were studied to determine their influence on the quality evaluation criteria of the product including surface roughness (R_a), flatness deviation (FD) and material removal rate (MRR). In this study, the TOPSIS is used to find the optimal cutting parameters set in order to achieve the goal of minimizing the values R_a , FD and maximize MRR, simultaneously. Accordingly, the optimization results using DFA predicted that the value of surface roughness R_a would decrease by 57% to $0.145\mu\text{m}$, flatness would decrease by approximately 154% to 0.07mm . However, the machining productivity would also decrease by 23%. The optimization results by TOPSIS method are also compared with the Desirability Function Approach (DFA) method to evaluate the advantages, disadvantages and applicability of these methods in research as well as in actual production. Thus, the optimization results using DFA predicted that the value of surface roughness R_a would decrease by 57% to $0.145\mu\text{m}$, flatness would decrease by approximately 154% to 0.07mm . However, the machining productivity would also decrease by 23%.

Keywords: TOPSIS, thin-walled milling, desirability function approach, DFA, multiple objective optimization.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyenvancanh@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/3/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/4/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/10/2023

1. GIỚI THIỆU

Trong gia công cắt gọt nói chung, một trong những tiêu chí quan trọng để đánh giá chất lượng chi tiết là độ nhám bề mặt R_a . Giá trị mong muốn của R_a phụ thuộc vào yêu cầu làm việc cụ thể của sản phẩm. Để đạt được mục tiêu này, các nghiên cứu thực nghiệm thường được triển khai. Trong đó, các thực nghiệm khác nhau được tiến hành với bộ tham số công nghệ khác nhau và các giá trị độ nhám R_a tương ứng được đo lường. Thông qua kết quả từ quá trình thực nghiệm, hàm hồi quy về ảnh hưởng của các tham số công nghệ tới R_a được xây dựng, và giá trị tối ưu của R_a có thể được dự báo tương ứng với bộ tham số công nghệ nhất định. Tuy nhiên, do áp lực cạnh tranh từ thị trường và ngành công nghiệp hiện tại, các sản phẩm được gia công không những phải đạt yêu cầu về độ nhám bề mặt, mà còn cần đạt được đồng thời nhiều tiêu chí khác, như giảm độ không phẳng của chi tiết khi gia công thành mỏng [1], nâng cao năng suất gia công MRR, nâng cao tuổi thọ dụng cụ cắt, giảm thiểu lực cắt, giảm thiểu nhiệt cắt và một số chỉ tiêu kỹ thuật khác cần đạt được với những sản phẩm đặc thù. Đối với các chi tiết thành mỏng để biến dạng ngoài độ nhám bề mặt, các chi tiết được sản xuất thường phải đảm bảo độ chính xác biên dạng, hình dáng hình học... Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề cập tới phương pháp tối

ưu hóa đa mục tiêu quá trình phay thành mỏng hợp kim nhôm 6061 nhằm mục đích tối ưu hóa giá trị độ nhám bề mặt R_a , độ không phẳng FD và năng suất cắt gọt MRR.

Có nhiều phương pháp dự báo, tối ưu hóa đơn mục tiêu hoặc đa mục tiêu đã được đề cập để giải quyết các bài toán tương tự, ví dụ như phương pháp bề mặt chỉ tiêu (RSM - Response Surface Method). RSM được giới thiệu bởi Box và Wilson từ năm 1951 [2]. Đây là phương pháp thống kê được sử dụng để tối ưu hóa quá trình cắt gọt. RSM được sử dụng để xác định giá trị tối ưu của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cắt gọt, bằng cách xây dựng một bộ dữ liệu thí nghiệm (experimental design) với các giá trị khác nhau. Sau đó xây dựng mô hình hồi quy (regression model) để mô tả mối quan hệ giữa các tham số và hàm mục tiêu. Mô hình hồi quy này có thể được sử dụng để dự đoán giá trị tối ưu của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cắt gọt làm cơ sở để tối ưu hóa quá trình cắt gọt. Quá trình tối ưu hóa có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các thuật toán tối ưu hóa, chẳng hạn như phương pháp Gradient Descent [3] hoặc phương pháp Simplex [4].

Nhiều nghiên cứu ứng dụng RSM [5, 6] để tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt với mục tiêu tối thiểu hóa giá trị độ nhám bề mặt đã được công bố. Tuy nhiên, phương pháp RSM cũng có những nhược điểm như yêu cầu dữ liệu đầu vào lớn để đảm bảo độ tin cậy của hàm hồi quy được xây dựng. Ngoài ra, RSM giới hạn hàm hồi quy đơn giản như bậc 2 hoặc tuyến tính. Với các hàm đáp ứng phức tạp, RSM có thể không đưa ra kết quả chính xác [7].

Trong tối ưu hóa gia công cắt gọt, một số phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (MCDM - Multi-Criteria Decision Making) được sử dụng bởi tính đơn giản và yêu cầu số lượng dữ liệu nhỏ hơn. Các phương pháp MCDM như TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), MOORA (Multi-Objective Optimization based on Ratio Analysis) [8]... không tìm giá trị tối ưu dựa trên hàm hồi quy về mối liên hệ giữa các tham số đầu vào và mục tiêu đầu ra, mà trên cơ sở xếp hạng các phương án đã có dựa theo một số tiêu chí nhất định. Phương pháp MOORA được giới thiệu lần đầu bởi WK Brauers và EK. Zavadskas năm 2006 [9]. Phương pháp này hướng tới giải quyết bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu được bằng cách đánh giá và so sánh các tùy chọn dựa trên nhiều tiêu chí định lượng khác nhau. Phương pháp này sử dụng đánh giá tỷ lệ để biến đổi các tiêu chí định lượng khác nhau thành cùng một thang đo đơn vị để có thể so sánh.

Phương pháp TOPSIS giới thiệu bởi Hwang C.L và Yoon K., năm 1981 [10], là phương pháp tối ưu hóa đa tiêu chí trong lý thuyết tối ưu hóa, cụ thể là trong lý thuyết định lượng (quantitative) tối ưu hóa. Nó dựa trên các khái niệm và công thức toán học phổ biến trong lý thuyết tối ưu hóa như khoảng cách Euclid, ma trận quyết định, ma trận trọng số... Phương pháp TOPSIS được sử dụng để giải quyết các bài toán đa mục tiêu trong đó có nhiều tiêu chí cần được đáp ứng [11]. Đối với mỗi tiêu chí, các giá trị được định lượng và đưa vào ma trận quyết định, sau đó áp dụng các trọng số

cho từng tiêu chí và tính toán điểm tương đối của mỗi giá trị đối với tiêu chí đó. Phương pháp TOPSIS được xây dựng trên định nghĩa về giải pháp lý tưởng tích cực (PIS - Positive Ideal Solution) và giải pháp lý tưởng tiêu cực (NIS - Negative Ideal Solution). Trong phương pháp này, lựa chọn được xem là tốt nhất khi lựa chọn đó gần PIS nhất và xa NIS nhất [10]. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp Topsis kết hợp trọng số Entropy để tìm bộ tham số công nghệ tối ưu, ứng với giá trị độ nhám bề mặt R_a nhỏ nhất, độ không phẳng FD nhỏ nhất và đồng thời đạt được năng suất gia công MRR cao nhất.

Kết quả tối ưu hóa từ TOPSIS được so sánh với phương pháp tiếp cận hàm số mong muốn DFA [12, 13] để so sánh, đánh giá ưu nhược điểm, từ đó đưa ra những đề xuất về khả năng, phạm vi ứng dụng của từng phương pháp trong nghiên cứu cũng như trong thực tế gia công, sản xuất.

2. PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày phương pháp tối ưu hóa đa tiêu chí TOPSIS để lựa chọn bộ tham số công nghệ tối ưu, với mục tiêu đạt được độ nhám R_a nhỏ nhất, độ không phẳng FD tối thiểu và đồng thời tối đa hóa năng suất bóc tách vật liệu MRR.

2.1. Phương pháp TOPSIS

Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình phay tinh vật liệu nhôm 6061 được thực hiện qua các bước sau [14]:

Bước 1: Sắp xếp các phương án theo thứ tự ma trận (1).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó:

- x_{ij} là giá trị của tiêu chí j trong phương án i ;
- n là số tiêu chí;
- m là số lượng lựa chọn thay thế.

Bước 2: Tính toán ma trận chuẩn hóa $R=(x'_{ij})_{m \times n}$, trong đó các giá trị x'_{ij} được tính toán theo công thức (2).

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (2)$$

Bước 3: Áp dụng trọng số w_j cho các tiêu chí tương ứng.

Bước 4: Tính toán và xây dựng ma trận quyết định chuẩn hóa có trọng số, trong đó w_j là trọng số của tiêu chí j , được tính theo công thức (3).

$$Y = w_j \cdot x'_{ij} \quad (3)$$

Bước 5: Xác định các giải pháp tốt nhất và xấu nhất bằng cách sử dụng công thức (4), (5):

$$A^+ = \{y_1^+, y_2^+, \dots, y_j^+, \dots, y_n^+\} \quad (4)$$

$$A^- = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_j^-, \dots, y_n^-\} \quad (5)$$

Trong đó: y_j^+ và y_j^- tương ứng là phương án tốt nhất và kém nhất của tiêu chí thứ j .

Bước 6: Tính toán giá trị lý tưởng tích cực S_i^+ và tiêu cực S_i^- theo công thức (6) và (7):

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Bước 7: Xác định các tiêu chí đánh giá và xếp hạng các giải pháp C_i^* theo công thức (8)

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m; 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (8)$$

Các giá trị C_i^* được xếp hạng để lựa chọn phương án tốt nhất.

2.2. Phương pháp DFA

Phương pháp tối ưu hóa DFA (Desirability Function Approach) [15] là một phương pháp phổ biến trong kỹ thuật tối ưu hóa đa mục tiêu. DFA được sử dụng để tối ưu hóa một hàm số đáp ứng (Response Function) có nhiều đầu vào (input variables) đồng thời, ví dụ như các tham số công nghệ của quá trình gia công cắt gọt. Với phương pháp này, một hàm số mong muốn (DF) được xây dựng dựa trên các yêu cầu và mong muốn của người sử dụng. Theo cách tiếp cận này, mỗi giá trị mong muốn như R_a , FD, MRR tương ứng với từng bộ tham số công nghệ được quy đổi thành một giá trị mong muốn duy nhất d_i . Giá trị mong muốn d_i là cao nhất hay thấp nhất được tính toán tương ứng theo công thức (9) và (10)

$$d_i(y_i) = \begin{cases} 0, & y_i < L \\ \left(\frac{y_i - L}{H - L}\right)^r, & L \leq y_i \leq H \\ 1, & y_i > H \end{cases} \quad (9)$$

$$d_i(y_i) = \begin{cases} 0, & y_i < L \\ \left(\frac{H - y_i}{H - L}\right)^r, & L \leq y_i \leq H \\ 1, & y_i > H \end{cases} \quad (10)$$

Trong đó, L và H tương ứng là mức giá trị cao và thấp trong giới hạn giá trị của các tham số y_i . Trong nghiên cứu này, đây là ngưỡng giá trị của R_a , FD và MRR. Và r là tham số định nghĩa bởi người dùng ($r > 0$) để mô tả hình dạng của d_i tương ứng.

Khi đó, giá trị DF được tính toán bởi công thức (11):

$$D = \left(\prod_{i=1}^n D_i^{w_i}\right)^{\frac{1}{\sum w_i}} \quad (11)$$

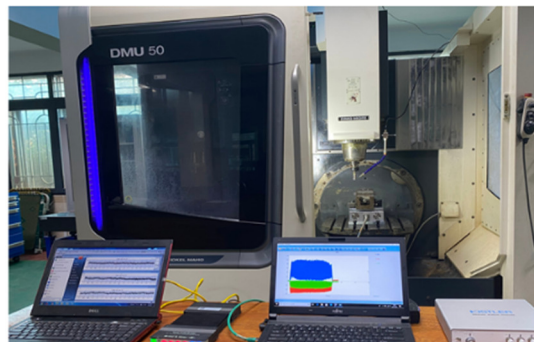
Trong công thức này, w_i là bộ trọng số, với $\sum w_i = 1, i = 1 \div n$

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

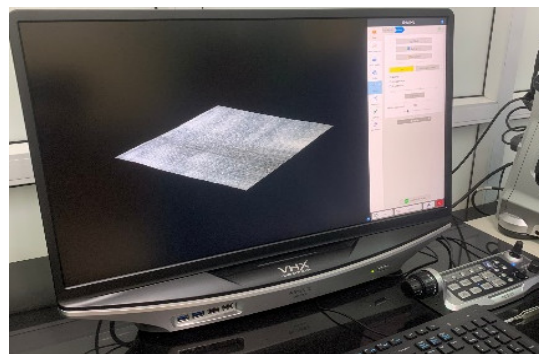
3.1. Điều kiện thực nghiệm

Thực nghiệm được triển khai trên trung tâm gia công 5 trục DMU 50 của hãng DMG Mori Seiki. Toàn bộ 27 phôi thực nghiệm được gia công tinh đạt kích thước 100x50x4mm. Trong mỗi thực nghiệm, phôi được gia công thô một lượt

trước khi tiến hành gia công tinh bởi dụng dao phay ngón chuyên dùng YG ALU-CUTTER E5D70100 của hãng YG. Thông số kỹ thuật của dao phay được trình bày như bảng 1.



a) Trung tâm gia công 5 trục DMG DMU50



b) Đo nhám bề mặt trên máy VHX-7000



c) Đo sai lệch biên dạng trên máy VHX-7000

Hình 1. Thiết bị thực nghiệm

Bảng 1. Thông số kỹ thuật dụng cụ cắt YG ALU-CUTTER E5D70100

Đường kính D	Số lưỡi cắt	Chiều dài lưỡi cắt	Góc xoắn	Vận tốc cắt đề nghị	Tốc độ chạy dao đề nghị
10mm	3	27mm	45°	$V_c = 176$ (m/ph)	$f_z = 0,063$ mm/răng

3.2. Triển khai thực nghiệm

Để thu thập số liệu đánh giá sự ảnh hưởng của các tham số công nghệ quá trình phay vật liệu nhôm 6061 tới các tiêu chí về độ nhám R_a , độ không phẳng FD và năng suất cắt MRR, ma trận thực nghiệm được xây dựng trên cơ sở phương pháp Taguchi gồm 27 thực nghiệm. Vùng giá trị tương ứng của vận tốc cắt V_c , lượng chạy dao răng f_z và bề rộng lát cắt a_r được đề xuất và thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Tham số công nghệ quá trình phay và vùng giá trị tương ứng

STT	Tham số	Ký hiệu	Đơn vị	Mức		
				-1	0	1
1	Tốc độ cắt	V_c	m/phút	120	150	180
2	Lượng chạy dao răng	f_z	mm/răng	0,04	0,05	0,06
3	Bề rộng lát cắt	a_r	mm	0,8	1,0	1,2

Giá trị độ nhám R_a , giá trị độ không phẳng FD của mỗi thực nghiệm được đo 3 lần trên máy đo VHX-7000. Giá trị về năng suất cắt gọt tương ứng với mỗi thực nghiệm được tính toán theo công thức (1). Kết quả tổng hợp về R_a , FD và MRR được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Tổng hợp kết quả thực nghiệm

TT	V_c m/ph	f_z (mm/răng)	a_r mm	R_a μm	MRR mm^3/min	FD mm
1	120	0,04	0,8	0,228	8025,48	-0,031
2	120	0,05	1	0,128	14331,21	-0,060
3	120	0,06	1,2	0,152	20636,94	-0,044
4	150	0,04	0,8	0,294	10031,85	0,100
5	150	0,05	1	0,274	17914,01	0,063
6	150	0,06	1,2	0,345	25796,18	0,131
7	180	0,04	0,8	0,157	11369,43	-0,015
8	180	0,05	1	0,170	20302,55	-0,045
9	180	0,06	1,2	0,271	29235,67	0,039
10	180	0,04	1	0,150	16242,04	0,050
11	180	0,05	1,2	0,205	24363,06	0,085
12	180	0,06	0,8	0,206	17054,14	0,029
13	120	0,04	1	0,190	11464,97	0,033
14	120	0,05	1,2	0,172	17197,45	0,048
15	120	0,06	0,8	0,170	12038,22	-0,023
16	150	0,04	1	0,275	14331,21	0,085
17	150	0,05	1,2	0,300	21496,82	0,192
18	150	0,06	0,8	0,300	15047,77	0,130
19	150	0,04	1,2	0,292	17197,45	0,368
20	150	0,05	0,8	0,279	12539,81	0,058
21	150	0,06	1	0,309	21496,82	0,055
22	180	0,04	1,2	0,175	19490,45	0,253
23	180	0,05	0,8	0,163	14211,78	-0,050
24	180	0,06	1	0,227	24363,06	-0,046
25	120	0,04	1,2	0,196	13757,96	0,234
26	120	0,05	0,8	0,181	10031,85	-0,084
27	120	0,06	1	0,161	17197,45	-0,099

4. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

4.1. Kết quả tối ưu hóa với phương pháp TOPSIS

Áp dụng các công thức (1)-(8), các phương án thực nghiệm đã được triển khai được xếp hạng như bảng 4.

Bảng 4. Kết quả xếp hạng phương án và tối ưu hóa bởi phương pháp TOPSIS

Phương án	A+	A-	S+	S-	C*	Xếp hạng
A1	0,1151	0,0349	0,1095	0,0569	0,3420	16
A2	0,0647	0,0623	0,1271	0,0282	0,1814	26
A3	0,0581	0,0897	0,1218	0,0548	0,3103	19

A4	0,1484	0,0436	0,0873	0,0906	0,5093	12
A5	0,1383	0,0779	0,0608	0,0910	0,5992	6
A6	0,1741	0,1121	0,0149	0,1393	0,9031	1
A7	0,0795	0,0494	0,1224	0,0258	0,1743	27
A8	0,0862	0,0882	0,0961	0,0603	0,3856	14
A9	0,1368	0,1271	0,0373	0,1212	0,7645	2
A10	0,0760	0,0706	0,1132	0,0399	0,2606	22
A11	0,1037	0,1059	0,0735	0,0843	0,5342	10
A12	0,1040	0,0741	0,0879	0,0603	0,4070	13
A13	0,0963	0,0498	0,1096	0,0410	0,2724	21
A14	0,0872	0,0747	0,1015	0,0493	0,3270	17
A15	0,0859	0,0523	0,1156	0,0328	0,2212	25
A16	0,1388	0,0623	0,0738	0,0851	0,5357	9
A17	0,1517	0,0934	0,0404	0,1104	0,7320	4
A18	0,1514	0,0654	0,0657	0,0981	0,5989	7
A19	0,1474	0,0747	0,0587	0,0978	0,6248	5
A20	0,1408	0,0545	0,0798	0,0850	0,5156	11
A21	0,1560	0,0934	0,0382	0,1140	0,7490	3
A22	0,0887	0,0847	0,0953	0,0584	0,3801	15
A23	0,0827	0,0618	0,1123	0,0364	0,2447	23
A24	0,1146	0,1059	0,0632	0,0907	0,5895	8
A25	0,0990	0,0598	0,1008	0,0478	0,3217	18
A26	0,0914	0,0436	0,1175	0,0344	0,2267	24
A27	0,0814	0,0747	0,1064	0,0462	0,3025	20

Theo kết quả tính toán với phương pháp TOPSIS, phương án tối ưu là phương án gia công thứ 6 với bộ tham số công nghệ (V_c , f_z , a_r) tương ứng là 150m/ph; 0,06mm/răng và 1,2mm; Tương ứng với giá trị độ nhám $R_a = 0,345\mu m$; độ không phẳng FD = 0,131mm và năng suất gia công MRR = 25796,18mm³/ph.

Để thấy $R_a = 0,345\mu m$ là giá trị cao nhất của độ nhám bề mặt trong 27 thực nghiệm. Kết quả tối ưu nhất được tính toán bởi phương pháp TOPSIS đã lựa chọn phương án có giá trị độ nhám cao nhất để đạt được năng suất gia công cao (MRR = 25796,18mm³/ph) so với phương án có năng suất cao nhất là phương án 9, với MRR = 29235,67mm³/ph, đồng thời độ không phẳng ở mức thấp FD = 0,131mm, so với mức trung bình 0,05mm và mức cao nhất 0,368mm.

4.2. Kết quả tối ưu hóa với phương pháp DFA

Kết quả tính toán theo phương pháp DFA bởi phần mềm MiniTab 19 được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tối ưu hóa theo phương pháp FDA

Solution	V_c	f_z	a_r	FD Fit	MRR Fit	Ra Fit	Composite Desirability
1	120	0,060	1,131	-0,07	19829,00	0,145	0,769
2	120	0,060	1,180	-0,04	20596,40	0,149	0,763
3	120	0,060	1,199	-0,03	20866,70	0,151	0,758
4	120	0,060	1,200	-0,03	20879,10	0,151	0,757

5	180	0,058	1,052	-0,04	24881,10	0,223	0,718
6	180	0,060	1,034	-0,04	25165,70	0,233	0,699
7	180	0,060	1,012	-0,04	24533,80	0,230	0,698
8	180	0,060	1,137	0,00	27867,10	0,255	0,662

Theo đó, phương án tốt nhất được lựa chọn tương ứng với $V_c = 120\text{m/ph}$; $f_z = 0,06\text{mm/răng}$ và $a_r = 1,131\text{mm}$, tương ứng với $R_a = 0,145\mu\text{m}$; $FD = -0,07\text{mm}$ và $MRR = 19829\text{cm}^3/\text{ph}$.

4.3. Đánh giá kết quả tối ưu

Để đánh giá kết quả tối ưu hóa được thực hiện bởi phương pháp Topsis và DFA, kết quả được tổng hợp và trình bày trong bảng 6.

Kết quả so sánh cho thấy có sự khác nhau rõ ràng giữa phương pháp Topsis và DFA, trong đó phương pháp DFA đưa ra bộ tham số tối ưu có giá trị độ nhám thấp (0,145 so với mức thấp nhất trong thực nghiệm là 0,128), đồng thời độ không phẳng FD cũng thấp hơn tới 153,8%, đạt -0,07, so với mức thấp nhất là -0,99mm; Tuy nhiên, năng suất gia công MRR dự kiến là 19829mm³/ph, thấp hơn 23% so với mức 25796mm³/ph đưa ra bởi TOPSIS.

Bảng 6. So sánh kết quả tối ưu hóa bởi phương pháp TOPSIS và DFA

Phương pháp	Tham số công nghệ			Giá trị tối ưu hóa		
	V_c	f_z	a_r	R_a	FD	MRR
TOPSIS	150	0,060	1,2	0,34	0,13	25796,18
DFA	120	0,060	1,131	0,145	-0,07	19829,00
Kết quả so sánh TOPSIS và DFA				↓57,4%	↓153,8%	↓23,1%

Ngoài ra, sự khác biệt rõ ràng giữa hai phương pháp về bộ tham số công nghệ đề xuất. Theo đó, bộ giá trị tối ưu được lựa chọn theo phương pháp TOPSIS là bộ giá trị được chọn từ 27 thực nghiệm đã triển khai. Nói cách khác, TOPSIS chỉ chọn ra một phương án tốt nhất từ 27 phương án thực nghiệm đã lựa chọn. Do vậy, phương án này có thể chưa phải là phương án tối ưu nhất.

Ngược lại, DFA tính toán và đưa ra bộ tham số công nghệ không trùng với phương án gia công đã thực nghiệm, ví dụ như $a_r = 1,131\text{mm}$ như trong nghiên cứu này. Đây có thể là điểm tối ưu mà TOPSIS không thể tính toán và đề xuất.

5. KẾT LUẬN

Như vậy, mặc dù TOPSIS và FDA đều có những ưu, nhược điểm riêng nhưng chúng đều phù hợp trong nghiên cứu thực nghiệm hoặc đưa ra những gợi ý về lựa chọn hoặc ra quyết định trong quá trình sản xuất, nghiên cứu cụ thể. Trong phương án hiện tại, phương án tối ưu hóa được tính toán bởi DFA có thể được nhiều người quản lý chấp nhận và lựa chọn khi chỉ giảm 23% giá trị năng suất gia công để đạt được sự cải thiện lớn về chất lượng sản phẩm, cụ thể là mức giảm 57,4% và 153,8% tương ứng với giá trị độ nhám R_a và độ không phẳng FD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. I.M. Elements, 2008. SIST-TS CEN ISO/TS 12781-1:2008. p. 20, 2008. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/39bc6069-704b-46b0-97ca-5f6185590b80/sist-ts-cen-iso-ts-12781-1-2008>

[2]. K. A. Mohamad Said, M. A. Mohamed Amin, 2016. *Overview on the Response Surface Methodology (RSM) in Extraction Processes*. J. Appl. Sci. Process Eng., vol. 2, no. 1, doi: 10.33736/jaspe.161.2015.

[3]. J. Lu, 2022. *Gradient Descent, Stochastic Optimization, and Other Tales*.

[4]. R. Larson, 2013. *9.3 the Simplex Method: Maximization*. in *Elementary Linear Algebra*, pp. 494–509.

[5]. V. T. Le, Van-Canh Nguyen, Thuy Duong Nguyen, 2022. *Optimization of sustainable milling of SKD11 steel under minimum quantity lubrication*. Proc IMechE Part E J Process Mech. Eng., vol. 1, no. 10, doi: 10.1177/09544089221110978.

[6]. V. H. Pham, T. D. Nguyen, V. T. Le, D. H. Tien, 2021. *Optimization of cutting parameters in MQL flat surface milling of SKD11 steel*. Proceedings of the International Conference on Advanced Mechanical Engineering, Automation, and Sustainable Development 2021 (AMAS2021) pp 261–266

[7]. L. Cassettari, R. Mosca, R. Revetria, F. Rolando, 2013. *Effectiveness and limits of response surface methodology in application to discrete and stochastic simulation of manufacturing plants*. Appl. Math. Sci., vol. 7, no. 81–84, pp. 4137–4172, doi: 10.12988/ams.2013.212634.

[8]. Y. Ic, S. Yildirim, Y. T. İç, S. Yildirim, 2013. *MOORA-based Taguchi optimisation for improving product or process quality*. Int. J. Prod. Res., vol. 51, no. 11, pp. 3321–3341, doi: 10.1080/00207543.2013.774471.

[9]. Willem Karel Brauers, E. Kazimieras Zavadskas, 2006. *The MOORA method and its application to privatization in a transition economy*. Control Cybern., vol. 35, no. 2, pp. 445–469.

[10]. C. Hwang, Yoon, 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application*. Springer Berlin.

[11]. A. Gupta, R. Kumar, H. Kumar, H. Garg, 2020. *Optimization of mql machining parameters using combined taguchi and topsis method*. Springer Singapore, doi: 10.1007/978-981-15-4565-8_9.

[12]. M. R. Phate, S. B. Toney, V. R. Phate, 2019. *Optimization performance parameters of OHNS die steel using dimensional analysis integrated with desirability function*. Int. J. Ind. Eng. Prod. Res., vol. 30, no. 1, pp. 11–23, doi: 10.22068/ijiepr.30.1.11.

[13]. O. O. Daramola, et al., 2019. *Process Design for Optimal Minimization of Resultant Cutting Force during the Machining of Ti-6Al-4V: Response Surface Method and Desirability Function Analysis*. Procedia CIRP, vol. 84, pp. 854–860, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.185>.

[14]. J. Huang, 2008. *Combining Entropy Weight and TOPSIS Method for Information System Selection*. in CIS 2008, pp. 1281–1284. doi: 10.1109/ICIS.2008.4670971.

[15]. S. V Alagarsamy, M. Ravichandran, H. Saravanan, 2020. *Development of Mathematical Model for Predicting the Electric Erosion Behavior of TiO2 Filled Al-Zn-Mg-Cu (AA7075) Alloy Composite Using RSM-DFA Method*. J. Adv. Manuf. Syst., vol. 20, no. 01, pp. 1–26, doi: 10.1142/S0219686721500013.

[16]. Wu X., Yan Y., Chen X., Zhang H, 2018. *Research on Machining Technology for Thin-walled Parts Based on Machining Deformation*. IEEE Access, 6, 73705-73712. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2881500.

[17]. Wang Y., Zhang W., Cheng C., Zhang D, 2020. *Research on machining distortion prediction and optimization for thin-walled parts*. IEEE Access, 8, 208416-208426. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3037346

[18]. Wang Y., Cheng C., Zhang W., Zhang D, 2021. *A review of machining thin-walled parts based on deformation characteristics*. IEEE Access, 9, 47112-47126. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3060789

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Van Que, Hoang Tien Dzung, Pham Thi Thieu Thoa, Le Ngoc Duy, Nguyen Van Canh
Hanoi University of Industry, Vietnam