

TỐI ƯU HÓA ĐA MỤC TIÊU QUÁ TRÌNH GIA CÔNG DA BẰNG DÂY NÓNG SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TAGUCHI – DEAR

MULTI OBJECTIVE OPTIMIZATION OF HOT WIRE LEATHER PROCESSING
USING TAGUCHI METHOD - DEAR

Trần Văn Mạnh

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

Email: tvmanh@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu cho quá trình gia công vật liệu da bằng dây nóng sử dụng kỹ thuật Taguchi kết hợp với phương pháp DEAR (Data Envelopment Analysis based Ranking). Hai thông số chất lượng được xem xét là tỷ lệ carbon hóa [1] và tốc độ bóc vật liệu [2]. Dựa trên ma trận thực nghiệm trực giao L9, các giá trị MRPI (chỉ số tổng hợp hiệu suất) được tính toán nhằm tìm ra tổ hợp thông số tối ưu [3]. Kết quả cho thấy tổ hợp gồm dòng điện 4A, tốc độ tiến dao 200 mm/phút và chu kỳ làm việc 70% đạt chỉ số MRPI cao nhất với sai số dự đoán 3,7%.

Từ khóa: *Tối ưu đa mục tiêu; DEAR; Taguchi; Gia công dây nóng; Vật liệu da; Carbon hóa.*

ABSTRACT

The paper presents a multi-objective optimization method for hot wire machining of leather materials using the Taguchi technique combined with the DEAR (Data Envelopment Analysis based Ranking) method. The two quality parameters considered are the carbonization ratio [1] and the material removal rate [2]. Based on the L9 orthogonal experimental matrix, the MRPI (composite performance index) values were calculated to find the optimal parameter combination [3]. The results show that the combination of 4A current, 200 mm/min feed rate and 70% duty cycle achieves the highest MRPI index with a prediction error of 3.7%.

Keywords: *Multi-objective optimization; DEAR; Taguchi; Hot wire machining; Leather materials; Carbonization.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gia công vật liệu da trong công nghiệp thường yêu cầu độ chính xác cao và hạn chế các tác động nhiệt không mong muốn. Phương pháp gia công bằng dây nóng là một lựa chọn tiềm năng, tuy nhiên để đạt được hiệu suất tối ưu cần phải điều chỉnh các thông số công nghệ như dòng điện (IW), tốc độ tiến dao (FR) và chu kỳ làm việc (DC) [4].

Việc tối ưu hóa một lúc nhiều chỉ tiêu (vừa giảm carbon hóa, vừa tăng tốc độ bóc vật liệu) đặt ra yêu cầu sử dụng kỹ thuật tối ưu hóa đa mục tiêu. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp DEAR trên nền tảng ma trận thực nghiệm Taguchi L9, nhằm tìm ra tổ hợp thông số tốt nhất cho chất lượng cắt và hiệu suất.

2. THIẾT KẾ THỰC NGHIỆM VÀ MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

2.1. Ma trận thực nghiệm Taguchi L9

Ba thông số công nghệ được khảo sát ở ba mức, sắp xếp theo ma trận trực giao L9.

Bảng 1. Ba thông số công nghệ đầu vào

Thí nghiệm	IW (A)	FR (mm/phút)	DC (%)
1	2	100	50
2	2	150	60
3	2	200	70
4	3	100	60
5	3	150	70
6	3	200	50
7	4	100	70
8	4	150	50
9	4	200	60

2.2. Các chỉ số đầu ra

Tỷ lệ carbon hóa (CW): Tính toán bằng tỷ lệ ảnh điểm đen trong vùng cắt qua xử lý ảnh.

MRR (g/phút): Khối lượng da cắt được chia cho thời gian gia công.

Bảng 2. Dữ liệu đầu ra

Thí nghiệm	CW (%)	MRR (g/phút)
1	80.890	0.063
2	79.893	0.079
3	77.364	0.099
4	72.430	0.075
5	70.548	0.134
6	79.483	0.102
7	81.232	0.145
8	77.647	0.134
9	82.354	0.174

3. PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA DEAR

3.1. Cơ sở lý thuyết

Phương pháp DEAR là biến thể đơn giản của kỹ thuật đánh giá hiệu suất, áp dụng tốt cho các bài toán có cả chỉ tiêu cần tối đa hóa (MRR) và tối thiểu hóa (CW), [5].

- Với chỉ tiêu cần tối thiểu hóa (CW), sử dụng công thức:

$$CW_{\text{norm}} = \frac{1}{CW_i} / \sum_{j=1}^n \frac{1}{CW_j}$$



- Với chỉ tiêu cần tối đa hóa (MRR), sử dụng:

$$MRR_{norm} = \frac{MRR_i}{\sum_{j=1}^n MRR_j}$$

- Chỉ số MRPI cho mỗi thí nghiệm được tính theo:

$$MRPI_i = CW_{norm(i)} + MRR_{norm(i)}$$

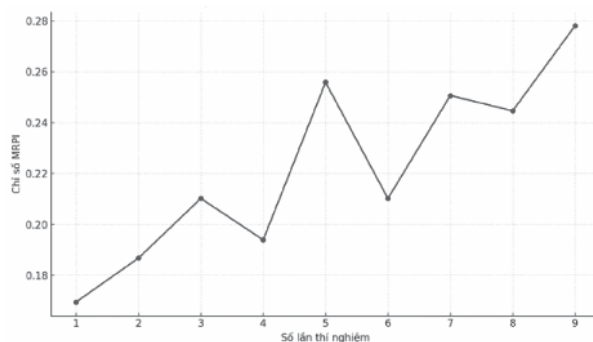
3.2. Kết quả tính toán

Bảng 3. Kết quả các thí nghiệm

Thí nghiệm	CWnorm	MRRnorm	MRPI
1	0.1068	0.0627	0.1695
2	0.1082	0.0786	0.1868
3	0.1117	0.0985	0.2102
4	0.1193	0.0746	0.1939
5	0.1225	0.1333	0.2558
6	0.1087	0.1015	0.2102
7	0.1064	0.1443	0.2507
8	0.1113	0.1333	0.2446
9	0.1049	0.1731	0.2780

4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ TỐI ƯU HÓA

4.1. Biểu đồ chỉ số MRPI theo từng thí nghiệm



Hình 1. Biểu đồ chỉ số MRPI

4.2. Tổ hợp thông số tối ưu

Dựa trên giá trị MRPI lớn nhất (Thí nghiệm số 9), ta xác định tổ hợp thông số tối ưu như sau:

Bảng 4. Thông số tối ưu hóa

Thông số	Giá trị tối ưu
Dòng điện IW (A)	4 A
Tốc độ tiến dao FR (mm/phút)	200
Chu kỳ làm việc DC (%)	70

4.3. Kiểm tra sai số dự đoán

Giá trị MRPI cao nhất là 0,2780, giá trị MRPI dự đoán trung bình là 0,2678, sai số:

$$\epsilon = \frac{0,2780 - 0,2678}{0,2780} \times 100\% \approx 3,7\%$$

Từ giá trị ϵ chỉ ra nhỏ hơn ngưỡng 5% thì đảm bảo độ chính xác của mô hình tối ưu.

5. KẾT LUẬN

- Phương pháp Taguchi - DEAR là công cụ đơn giản, hiệu quả trong tối ưu hóa đa mục tiêu cho gia công dây nóng.

- Tổ hợp thông số tối ưu giúp đồng thời giảm hiện tượng cháy (CW) và tăng năng suất bóc vật liệu (MRR).

- Sai số dự đoán dưới 5% cho thấy độ tin cậy cao của mô hình.

- Phương pháp này mở rộng áp dụng cho nhiều bài toán gia công vật liệu phi truyền thống khác. ❖

Ngày nhận bài: **12/5/2025**

Ngày phản biện: **03/6/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Brooks, H. & Aitchison, D. (2008), “*Thermal Plastic Foam Cutting Mechanics*”.
- [2]. Ahn, D.G. et al. (2002), “*Investigation into thermal characteristics of hotwire system*”.
- [3]. Vasanth, S. & Muthuramalingam, T. (2021), “*Application of laser diode on leather cutting*”.
- [4]. Thangaraj, M. et al. (2021), “*Optimization of AWJM using Taguchi – DEAR*”. Materials, 14(6250).
- [5]. Aitchison, D. et al. (2006), “*Feed-force Relationships in Hot-wire Cutting*”.