

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN KHẢ NĂNG GIA CÔNG VẬT LIỆU DA BẰNG PHƯƠNG PHÁP DÂY NÓNG

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE ABILITY TO PROCESS LEATHER MATERIALS BY HOT WIRE METHOD

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 quá trình khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng gia công vật liệu da bằng phương pháp dây nóng. Kỹ thuật gia công nhiệt không tiếp xúc sử dụng dây kim loại gia nhiệt để cắt các vật liệu mềm như xốp hoặc da công nghiệp [1]. Nghiên cứu thực hiện trên hệ thống dây nóng điều khiển bằng Arduino, sử dụng cảm biến nhiệt để kiểm soát nhiệt độ dây cắt [2]. Các thông số được khảo sát bao gồm: dòng điện qua dây, tốc độ tiến dao và chu kỳ làm việc [3]. Kết quả thực nghiệm cho thấy dòng điện có ảnh hưởng lớn nhất đến tỷ lệ carbon hóa trên vật liệu, trong khi tốc độ tiến dao và chu kỳ làm việc ảnh hưởng đến độ mịn bề mặt và hiệu suất cắt. Bài viết đề xuất mô hình thực nghiệm và phân tích định tính, tạo nền tảng cho nghiên cứu tối ưu hóa quá trình gia công bằng dây nóng đối với vật liệu da trong tương lai.

Từ khóa: Dây nóng; Gia công nhiệt; Vật liệu da; Carbon hóa; Cảm biến nhiệt.

ABSTRACT

The paper presents the process of investigating the influence of technological parameters on the ability to process leather materials by hot wire method. Non-contact thermal processing technique uses heated metal wire to cut soft materials such as foam or industrial leather [1]. The study was conducted on a hot wire system controlled by Arduino, using a temperature sensor to control the cutting wire temperature [2]. The parameters investigated include: wire current, feed rate and working cycle [3]. Experimental results show that the current has the greatest influence on the carbonization rate of the material, while the feed rate and working cycle affect the surface smoothness and cutting efficiency. The paper proposes an experimental model and qualitative analysis, creating a foundation for future research on optimizing the hot wire processing process for leather materials.

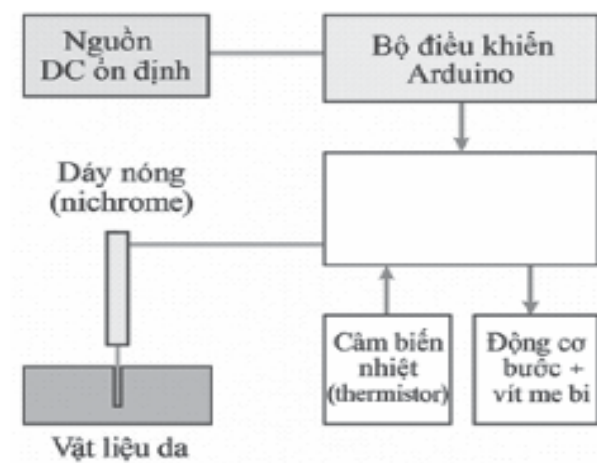
Keywords: Hot wire; Thermal processing; Leather materials; Carbonization; Temperature sensor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu da được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp như ô tô, hàng không, đồ nội thất với vai trò làm vỏ bọc ghế, lớp cách âm, hoặc chi tiết trang trí. Tuy nhiên, việc gia công da bằng phương pháp truyền thống (cắt tay, dập khuôn) bộc lộ nhiều nhược điểm như năng suất thấp, độ chính xác không ổn định và chi phí bảo trì cao.

Phương pháp cắt bằng dây nóng là kỹ thuật không tiếp xúc, thường dùng trong tạo hình vật liệu xốp, khả năng cắt theo biên dạng phức tạp và tiết kiệm chi phí thiết bị. Việc áp dụng kỹ thuật này cho gia công vật liệu da là hướng đi mới. Để đảm bảo chất lượng cắt, cần nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ như dòng điện, tốc độ tiến dao và chu kỳ làm việc đến hiện tượng carbon hóa và hiệu quả bóc tách vật liệu [4].

2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG GIA CÔNG



Hình 1. Sơ đồ hệ thống máy cắt dây nóng

Hệ thống gia công bằng dây nóng được thiết kế gồm các thành phần chính:

- Dây nóng: Có khả năng chịu nhiệt cao

và ổn định trong quá trình cắt.

- Nguồn DC ổn định: Cấp dòng điện gia nhiệt cho dây.

- Bộ điều khiển Arduino: Điều khiển tín hiệu tới các động cơ bước, nhận dữ liệu từ cảm biến nhiệt.

- Cảm biến nhiệt: Theo dõi nhiệt độ dây cắt, truyền tín hiệu về Arduino để điều chỉnh dòng.

- Khung máy: Chế tạo từ thanh inox, đảm bảo độ cứng và ổn định.

- Động cơ bước và vít me bi: Tạo chuyển động chính xác theo trục X và Y.

3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Dây nóng hoạt động theo nguyên lý chuyển hóa điện năng thành nhiệt năng theo định luật Joule, [5]:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Trong đó:

- Q là nhiệt lượng sinh ra (J);
- I là dòng điện chạy qua dây (A);
- R là điện trở dây (Ω);
- t là thời gian (s).

Để dây cắt đạt hiệu quả, cần đảm bảo nhiệt lượng đủ để làm mềm vật liệu da tại vùng tiếp xúc mà không gây cháy lan hoặc tổn hại lớp bề mặt. Vì vậy, dây phải được giữ ở mức nhiệt ổn định nhờ cảm biến nhiệt và điều khiển dòng điện hợp lý.



4. THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM

4.1. Các thông số khảo sát

- Dòng điện (IW): 2 A, 3 A, 4 A;
- Tốc độ tiến dao (FR): 100 mm/phút, 150 mm/phút, 200 mm/phút;
- Chu kỳ làm việc (DC): 50%, 60%, 70%.

4.2. Phương pháp đo

- Tỷ lệ carbon hóa (CW): Đo bằng xử lý ảnh vùng cắt (tính số điểm đen/trắng).
- Hiệu suất bóc tách (MRR): Khối lượng vật liệu da cắt được trên mỗi phút, tính bằng:

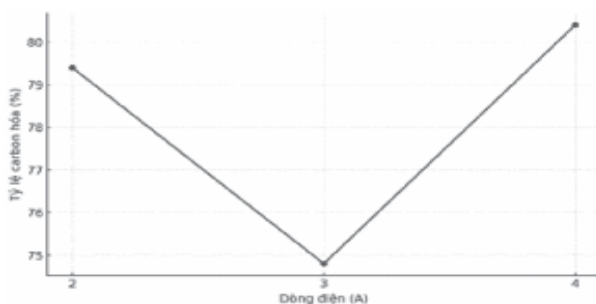
$$MRR = \frac{m}{t}$$

Trong đó: m là khối lượng vật liệu cắt được (g); t là thời gian cắt (phút).

5. XỬ LÝ CÁC DỮ LIỆU

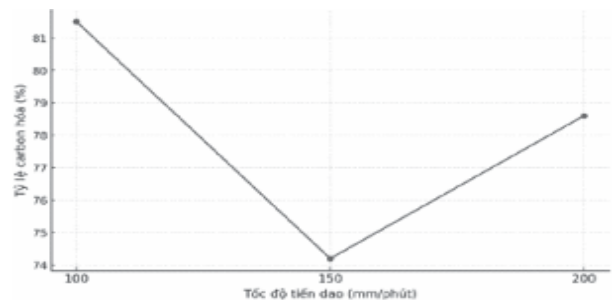
5.1. Tác động của dòng điện

Khi tăng dòng điện từ 2 A lên 4 A, hiện tượng carbon hóa tăng rõ rệt do nhiệt độ dây tăng nhanh. Với dòng lớn, dây dễ bị quá nhiệt, sinh khói và làm cháy sém vùng cắt.



Hình 2. Tác động của dòng điện đến tỷ lệ các bon hóa

5.2. Tác động của tốc độ tiến dao

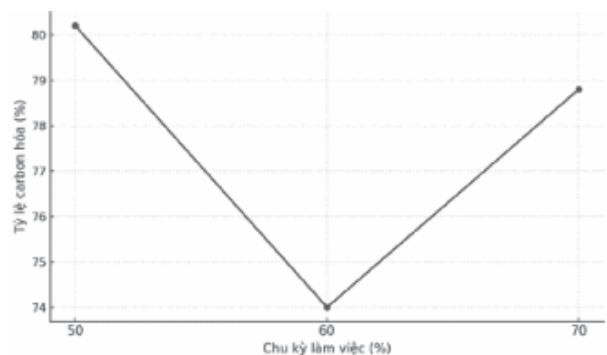


Hình 3. Tác động của tốc độ tiến dao đến tỷ lệ các bon hóa

Tốc độ thấp (100 mm/phút) làm vùng tiếp xúc kéo dài thì tăng nhiệt tích tụ dẫn đến carbon hóa cao. Tốc độ quá nhanh (200 mm/phút) lại gây đứt đoạn nếu dây chưa kịp nung chảy vật liệu. Mức trung bình (150 mm/phút) là tối ưu về độ mịn.

5.3. Tác động của chu kỳ làm việc

Chu kỳ thấp (50%) làm dây không đủ nóng đều, trong khi chu kỳ quá cao (70%) dễ gây quá nhiệt. Mức 60% là tối ưu để duy trì ổn định nhiệt độ dây trong quá trình cắt.



Hình 4. Tác động của chu kỳ đến tỷ lệ các bon hóa

6. KẾT LUẬN

- Phương pháp dây nóng là lựa chọn hiệu quả cho cắt vật liệu da với điều kiện kiểm soát chặt chẽ dòng điện và tốc độ tiến dao.

- Dòng điện là thông số ảnh hưởng mạnh nhất đến chất lượng cắt (carbon hóa), tiếp đến là tốc độ tiến dao.

- Chu kỳ làm việc ảnh hưởng đến độ ổn định nhiệt cần được điều chỉnh theo từng loại da.

- Hệ thống thí nghiệm sử dụng Arduino và cảm biến nhiệt cho phép kiểm soát tốt quá trình gia công. ❖

Ngày nhận bài: **09/5/2025**

Ngày phản biện: **02/6/2025**

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 cutting*”.
- [3]. Vasanth, S.&Muthuramalingam, T. (2021), “*Application of laser diode on leather cutting*”.
- [4]. Thangaraj, M.et al. (2021), “*Optimization using Taguchi – DEAR*”. Materials, 14(6250).
- [5]. D.Aitchison et al. (2006), “*Transient Temperature Effects in Hot-wire Cutting*”.