TỐI ƯU HÓA CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ MỎNG QUÁ TRÌNH DẬP TẤM THÔNG QUA MÔ PHỎNG VÀ TAGUCHI KẾ HOẠCH THÍ NGHIỆM

OPTIMIZATION OF FACTORS AFFECTING THINNESS THROUGH SHEET FORGING PROCESS THROUGH SIMULATION AND TEST PLAN TAGUCHI

Tống Hải Yến, Ngô Thị Tuyết*
Trường Đại học Nông – Lâm Bắc Giang

TÓM TẮT

Nghiên cứu khám phá động lực phức tạp của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình làm mỏng trong quá trình dập sâu tấm phẳng, đi sâu vào việc tối ưu hóa các thông số quan trọng hình thành nên kết quả của quá trình kéo sâu, bao gồm bán kính chày (Rp), bán kính khuôn (Rd) và lực kẹp phôi (F). Nhóm tác giả sử dụng phần mềm CAE (Kỹ thuật hỗ trợ máy tính) tiên tiến, nghiên cứu này khai thác phân tích phần tử hữu hạn để mô phỏng biến dạng gặp phải trong quá trình dập. Ngoài mô phỏng, nghiên cứu này sử dụng phương pháp lập kế hoạch thử nghiệm mảng trực giao Taguchi và sử dụng phân tích phương sai (ANOVA) để đánh giá ảnh hưởng của các tham số, định lượng tác động của chúng theo tỷ lệ phần trăm.

Từ khóa: *Dập tấm; Phương sai; Kỹ thuật hỗ trợ máy tính; Thí nghiệm Taguchi; Phần tử hữu hạn.*

ABSTRACT

The study explores the complex dynamics of factors affecting the thinning process in flat sheet deep drawing, delving into the optimization of important parameters that shape the process results deep drawing, including punch radius (Rp), die radius (Rd) and workpiece clamping force (F). Using advanced CAE (Computer Aided Engineering) software, this study exploits finite element analysis to simulate the deformation encountered during the stamping process. In addition to simulation, this study uses the Taguchi orthogonal array test planning method and uses analysis of variance (ANOVA) to evaluate the influence of parameters, quantifying their impact as a fraction hundred.

Keywords: *Plate stamping; Variance; Computer Aided Engineering; Taguchi Experiment; Finite Element.*

1. GIỚI THIỆU

Với sự ra đời của công nghệ tính toán, các phương pháp mô phỏng sử dụng phần mềm Kỹ thuật hỗ trợ máy tính (CAE) đã trở nên phổ biến vì chúng giảm thiểu những hạn chế của phương pháp thử nghiệm. Phần mềm CAE, dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), tách miền vấn đề thành nhiều miền con hoặc phần tử [1]. Các gói phần mềm CAE nổi bật như Abaqus, ANSYS và Hyperworks được sử dụng rộng rãi để hỗ trợ các mô phỏng này [2]. Trong nghiên cứu này, phần mềm Abaqus được sử dụng để tiến hành mô phỏng phần tử hữu hạn của quá trình dập.

Phương pháp Taguchi đã nổi lên như một cách tiếp cận ngày càng được áp dụng trong lập kế hoạch thực nghiệm [3]. Phương pháp này mang lại những lợi thế đáng kể trong việc nâng cao năng suất trong giai đoạn nghiên cứu và phát triển đồng thời cung cấp các sản phẩm chất lượng cao với chi phí giảm. Đồng thời đưa ra cách hợp lý hóa các tham số thử nghiệm bằng cách cấu hình tối ưu các yếu tố có thể kiểm soát được trong khi vẫn kiểm tra mức độ ảnh hưởng của từng tham số đến kết quả đầu ra.

Mô phỏng để xác định các thông số tối ưu giúp tránh các khuyết tật như nếp nhăn, vết rách [4], độ mỏng quá mức trong quá trình sản xuất thực tế. Trong nghiên cứu này, chúng tôi điều tra ba yếu tố chính: Bán kính chày, bán kính khuôn, lực chặn phôi và độ mỏng của vật liệu sau tạo hình. Nghiên cứu trước đây đã khám phá độ dày sản phẩm bằng cách sử dụng CAE [5, 6] để nghiên cứu các yếu tố như hệ số ma sát và tác động của nó đến độ mỏng.

Ngoài ra, những người khác đã sử dụng thí nghiệm và lập kế hoạch thí nghiệm Taguchi [7] để điều tra bán kính khuôn và chày, lực kẹp và xác định các thông số tối ưu cho độ dày sản phẩm.

2. MÔ HÌNH VẬT LIỆU

Vật liệu được chọn cho nghiên cứu này là thép EN10130 FeP01 và các đặc tính của nó được mô tả chi tiết như sau:

Thép EN10130 FeP01 có mật độ 7850 kg/m³, mô-đun đàn hồi 204.000 MPa, hệ số Poisson là 0,33 và ứng suất chảy là 210 MPa. Những đặc tính vật liệu này rất quan trọng trong việc hiểu cách vật liệu phản ứng với quá trình dập.

3. MÔ PHỎNG BẰNG MẢNG TRỰC GIAO TAGUCHI

Để tiến hành điều tra một cách có hệ thống về quy trình vẽ sâu, chúng tôi đã sử dụng phần mềm Abaqus để mô phỏng, mô phỏng quy trình vẽ sâu trên tấm phẳng. Mô phỏng CAD 3D của quá trình kéo sâu được minh họa trong Hình 1, trong đó khuôn vẫn cố định và chày có khả năng di chuyển theo chiều dọc.

Hình 1. Mô phỏng CAD 3D của quá trình dập tấm

Bảng 1. Các thông số sử dụng trong quá trình vẽ sâu

Tham số	Giá trị
Đường kính tấm gốc	76mm
Độ dày tấm	1mm
Đường kính chày	39,4
Đường kính trong của khuôn	41,7mm
Bán kính cong của khuôn và chày	2-8 mm
Lực giữ	11-18 kN

Bảng 2. Các hệ số và mức độ trong mô phỏng mức độ

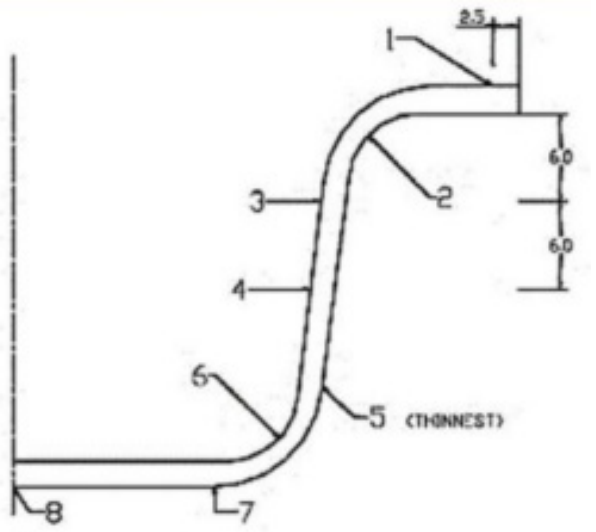
Hệ số	Mức độ		
	1	2	3
Bán kính chày, Rp (mm)	2	5	…
Bán kính khuôn, Rd (mm)	2	5	…
Lực chặn, F (KN)	11	14,5	18

Theo phương pháp Taguchi, một mảng trực giao được tạo ra dựa trên các tham số này và các mức tương ứng của chúng, dẫn đến mảng trực giao L9 được hiển thị trong Bảng 3.

Bảng 3. Mảng trực giao L9

Các thí nghiệm	Hệ số		
	Rp (mm)	Đường (mm)	F (kN)
1	1(2)	1(2)	1(11)
2	1(2)	2(5)	2(14,5)
3	1(2)	3(8)	3(18)
4	2(5)	1(2)	2(14,5)
5	2(5)	2(5)	3(18)
6	2(5)	3(8)	1(11)
7	3(8)	1(2)	3(18)
8	3(8)	2(5)	1(11)
9	3(8)	3(8)	2(14,5)

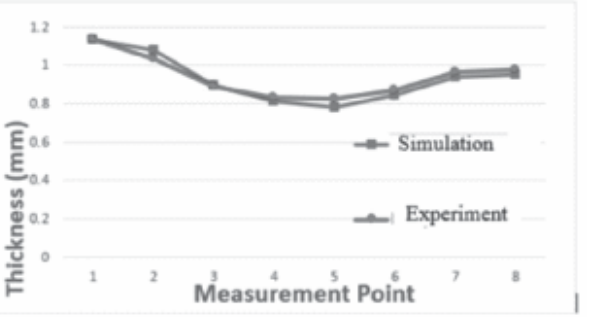
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 2. Các điểm đo độ dày

Để xác thực kết quả mô phỏng so với các thử nghiệm thực tế, độ dày của sản phẩm sau khi dập được đo tại tám điểm riêng biệt, như mô tả trong Hình 3 [8].

Đối với trường hợp liên quan đến bán kính chày và khuôn 2 mm và lực kẹp 18 kN, việc so sánh các kết quả trong Hình 4 và Bảng 4 cho thấy độ lệch lớn nhất giữa giá trị mô phỏng và giá trị thử nghiệm là khoảng 5%, với độ lệch độ dày trung bình trên tất cả các phép đo chỉ chiếm 1,23%. Đáng chú ý là điểm mỏng nhất trong số 8 vị trí đo nằm ở điểm 5.



Hình 3. Đo độ dày giữa mô phỏng và thực nghiệm

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 314, tháng 4 năm 2024
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

Bảng 4. So sánh phân bố độ dày giữa thực nghiệm và mô phỏng

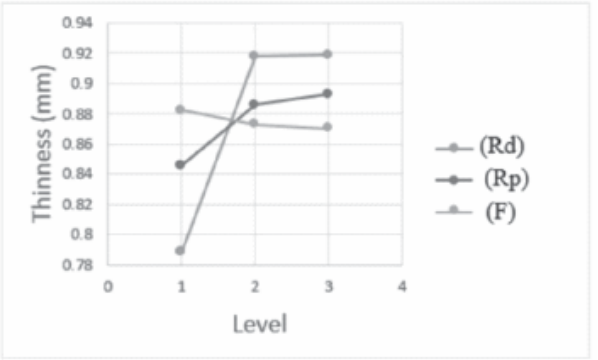
Điểm đo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	TB
Mô phỏng	1.131	1,079	0,895	0,812	0,782	0,842	0,936	0,951	0,928
Thí nghiệm	1,132	1,032	0,888	0,83	0,823	0,871	0,966	0,979	0,94012

Để đánh giá tác động của những biến thể này, tỷ lệ Tín hiệu trên Nhiễu (S/N) được tính theo tiêu chí "Lớn hơn là tốt hơn" trong phương pháp Taguchi sử dụng Phương trình (2), trong đó Smin biểu thị độ dày tối thiểu của sản phẩm.

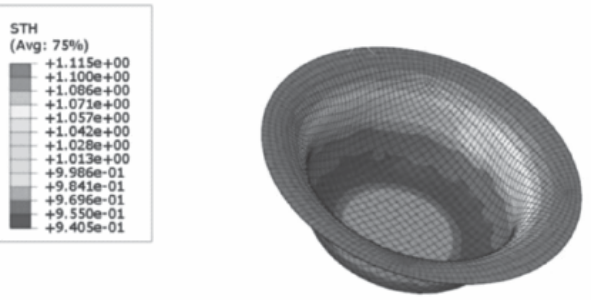
$$S_{min} = -10*\log(1/Smin^2) \quad (2)$$

Theo phương pháp Taguchi, một phân tích phương sai (ANOVA) đã được tiến hành để phân định mối quan hệ giữa các tham số và giá trị độ mỏng quan sát được

Khi so sánh, bán kính chày (Rp) có tác động đáng kể nhưng ít rõ rệt hơn, đóng góp 9,56% vào độ biến thiên. Lực chặn (F) thể hiện ảnh hưởng tối thiểu, chỉ chiếm 0,42% phương sai quan sát được.



Hình 4. Sự thay đổi độ mỏng liên quan đến thay đổi tham số



Hình 5. Độ dày tối ưu mô phỏng

Kết quả mô phỏng kết hợp với các phép tính mảng trực giao Taguchi, chúng tôi đã tiến hành phân tích chuyên sâu về các yếu tố ảnh hưởng đến độ mỏng của sản phẩm xác định sự kết hợp tối ưu của các thông số, cụ thể là bán kính chày (Rp) = 8 mm, bán kính khuôn (Rd) = 8 mm và lực chặn phôi (F) = 11 kN.

Mô phỏng với các thông số tối ưu này mang lại độ dày mô phỏng ở vị trí mỏng nhất là 0,9405 mm (Hình 5). Kết quả này gần giống với giá trị lớn nhất thu được từ chín thí nghiệm được tiến hành sử dụng mảng trực giao Taguchi là 0,9401 mm. Độ lệch không đáng kể củng cố tính chắc chắn của những phát hiện của chúng tôi.

Tóm lại, phân tích toàn diện này củng cố những đóng góp mới trong nghiên cứu của chúng tôi, nhấn mạnh vai trò then chốt của bán ☞

kính khuôn trong việc xác định độ mỏng và tính đồng nhất của sản phẩm, có ý nghĩa thực tế đối với việc tối ưu hóa quy trình dập sâu tấm phẳng.

5. KẾT LUẬN

- Đã xác định các thông số tối ưu cho quy trình dập tấm phẳng, bao gồm bán kính đột (Rp) là 8 mm, bán kính khuôn (Rd) là 8 mm và lực chặn (F) là 11 kN;

- Bằng cách tích hợp mô phỏng, thử nghiệm và phân tích thống kê nâng cao, chúng tôi đã tiết lộ một cách tiếp cận mới để cải thiện chất lượng sản phẩm.❖

Ngày nhận bài: **22/02/2024**
Ngày phản biện: **15/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Đức Toàn, Vũ Đức Thuyên; "*Nghiên cứu mô phỏng về cải thiện khả năng định dạng của SUS304 Quy trình vẽ sâu kim loại tấm.*" (2018).
[2]. "*Hướng dẫn sử dụng ABAQUS/CAE*."
[3]. Taguchi, G. "*Hiệp hội Tiêu chuẩn Nhật Bản, Tokyo (1981)*".
[4]. Bouchaâla, K., Ghanameh, M. F., Faqir, M., Mada, M., &Essadiqi, E. "*Prediction of the Impact of Friction's Coefficient in Cylindrical Deep Drawing for AA2090 Al-Li Alloy Using FEM and Taguchi Approach.*" (2019).
[5]. Bouchaâla, Kenza, Mada, Mohammed, and Faqir, Mustapha. "*Friction Behavior of Aluminum-Lithium Sheet Through Deep Drawing Analysis.*" (2019).
[6]. Reddy, A. C. S., Rajesham, S., Reddy, P. R., Kumar, T. P., &Goverdhan, J. "*An Experimental Study on the Effect of Process Parameters in Deep Drawing Using Taguchi Technique*." (2015).