

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN KÍCH THƯỚC “TAI” KHI DẬP VUỐT LẦN ĐẦU CHI TIẾT HÌNH TRỤ TỪ VẬT LIỆU DỊ HƯỚNG SUS-304 BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

Lại Đăng Giang<sup>1,\*</sup>, Trần Đức Hoàn<sup>1</sup>, Lê Quốc Dũng<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Chính<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

<sup>2</sup>Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

DOI: 10.56651/lqdtu.jst.v18.n02.683

## Tóm tắt

Dị hướng là tính chất cố hữu của vật liệu tấm, đặc biệt là các loại tấm cán nguội. Khi dập vuốt chi tiết dạng hình trụ, các loại tấm này luôn xuất hiện “tai” trên miệng chi tiết, nghĩa là chiều cao chi tiết không đều theo các hướng khác nhau so với hướng cán. Dự đoán chính xác sự hình thành “tai” khi dập vuốt có ý nghĩa quan trọng đối với thiết kế công nghệ chế tạo các chi tiết dạng trụ. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ bao gồm khe hở dập vuốt, hệ số ma sát tiếp xúc và lực ép biên đến kích thước “tai” khi dập vuốt chi tiết dạng trụ từ vật liệu dị hướng SUS-304. Phương pháp quy hoạch Taguchi được sử dụng trong đó mô hình vật liệu được xây dựng trên cơ sở các thí nghiệm thử kéo mẫu vật liệu thực. Kết quả cho thấy lực ép biên có ảnh hưởng lớn nhất đến chiều cao “tai” lớn nhất (48,53%), tiếp đó đến hệ số ma sát tiếp xúc (38,71%) và khe hở dụng cụ (12,76%).

*Từ khóa:* Dị hướng; dập vuốt; quy hoạch Taguchi; mô phỏng số.

## 1. Đặt vấn đề

Trong chế tạo máy chính xác, thiết bị đo đạc, điện tử, ô tô, máy kéo, kỹ thuật nông nghiệp và các ngành công nghiệp khác, các sản phẩm hình trụ được chế tạo bằng công nghệ dập vuốt từ vật liệu tấm được sử dụng rộng rãi. Các chi tiết thường yêu cầu nâng cao cơ tính, độ chính xác về kích thước và chất lượng bề mặt. Nguyên công dập vuốt lần đầu đóng một vai trò quan trọng trong việc hình thành các chỉ số chất lượng của chi tiết hình trụ được sản xuất.

Kim loại dùng trong dập tấm được sản xuất bằng phương pháp cán tấm. Cấu trúc kim loại sau cán thay đổi so với cấu trúc ban đầu. Các hạt kim loại bị kéo dài theo hướng cán, với mức độ biến dạng lớn sẽ tạo nên tổ chức thớ làm cho cơ tính dọc theo thớ lớn hơn rất nhiều so với các hướng khác. Đó là nguyên nhân dẫn đến tính dị hướng cơ học. Tính dị hướng về các tính chất cơ học của vật liệu phi có thể có cả tác động tích cực và

\* Email: danggiang248@gmail.com

tiêu cực đến sự ổn định của các quy trình công nghệ gia công áp lực, đặc biệt là các nguyên công dập vuốt sâu.

Do tính dị hướng của tấm kim loại nên dẫn đến khi dập vuốt, kim loại theo hướng nào có khả năng chịu biến dạng tốt hơn sẽ được thu vào lòng cối nhiều hơn so với hướng khác. Điều này hình thành nên sự chênh lệch về độ cao theo chu vi của vật dập và hình thành nên hiện tượng “tai” khi dập vuốt. Sự hình thành “tai” là một yếu tố tự nhiên khi dập vuốt vật liệu dị hướng, tuy nhiên mức độ cao và số lượng của các “tai” sẽ phụ thuộc vào các điều kiện dập vuốt cụ thể như: Áp lực ép biên; bán kính lượn và khe hở của chày cối dập; điều kiện bôi trơn; tốc độ dập vuốt...

Khi dập vuốt, sự hình thành các “tai”, đòi hỏi phải thêm một nguyên công xén miệng, đồng thời làm giảm hệ số sử dụng vật liệu. Sự hình thành các “tai” có liên quan đến chiều dày không đồng đều của thành chi tiết và những khó khăn liên quan đến việc tháo chúng khỏi chày sau khi dập vuốt, đồng thời dẫn đến các vết trên miệng hoặc có thể để lại vết xước trên thành chi tiết [1, 2].

Trong việc xây dựng các quy trình công nghệ dập vuốt sâu từ các tấm kim loại có tính chất dị hướng thường sử dụng các mối quan hệ thực nghiệm từ các tài liệu tham khảo khác nhau, cũng như kết quả của các nghiên cứu lý thuyết không tính đến đầy đủ thông số công nghệ của quá trình dập vuốt. Trong nhiều trường hợp, điều này dẫn đến nhu cầu kiểm tra thử nghiệm quy trình dập vuốt, kéo dài thời gian chuẩn bị cho sản xuất sản phẩm [2]. Hiện nay, các phần mềm mô phỏng số cung cấp những tính toán mô phỏng chính xác các quá trình dập tấm, giúp giảm thiểu việc thử nghiệm thực tế. Trong nghiên cứu [1], mô phỏng số và dự đoán sự hình thành “tai” trong dập vuốt chi tiết dạng trụ từ tấm hợp kim nhôm AA-1100 và AA-1050 có tính dị hướng. Nghiên cứu này được thực hiện bằng phần mềm ABAQUS/Explicit với việc áp dụng mô hình tiêu chí dẻo Hill-1948. So sánh giữa các kết quả đã công bố (thực nghiệm và mô phỏng) và phân tích phần tử hữu hạn cho thấy sự phù hợp với các kết quả đạt được của bài báo về số lượng và kích thước “tai”.

Việc sử dụng các tiêu chí dẻo dị hướng khác nhau để dự đoán về số lượng và chiều cao “tai” khi dập vuốt đối với các loại vật liệu khác nhau bằng mô phỏng số đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu [2, 3]. Các tiêu chí dẻo dị hướng phổ biến được sử dụng Hill-1948, Hill-1990, Barlat-1989, Barlat-1996, Banabic–Balan–Comsa (BBC)-2000, BBC-2003,... Có thể thấy rằng, tiêu chí Hill-1948 nổi bật nhờ tính đơn giản, thân thiện với người dùng và chỉ yêu cầu bốn tham số cơ học, còn BBC-2000 mang lại độ chính xác và tính linh hoạt cao hơn, nhưng số lượng các hệ số của nó lớn (8 hệ số). Barlat-1989 và Hill-1990 là hai tiêu chí dẻo dị hướng tạo thành sự cân bằng giữa tính thân thiện với người dùng và độ chính xác, trong đó Barlat-1989 có lợi thế hơn Hill-1990 về chỉ số chất lượng của nó [2-4].

Trong công trình [5] của cùng nhóm tác giả đã xây dựng mô hình thực nghiệm và mô phỏng số quá trình dập vuốt chi tiết dạng trụ từ thép tấm SUS-304 có tính dị hướng và kiểm chứng so sánh kết quả hình thành “tai” và kích thước “tai” trong một số trường hợp cụ thể. Mô phỏng số sử dụng tiêu chí dẻo dị hướng Barlat-1989 với các hệ số dị hướng và đường cong chảy được xác định bằng thực nghiệm thử kéo mẫu tấm SUS-304 theo các hướng 0°, 45° và 90° so với hướng cán. Kết quả bài báo cho thấy sự phù hợp giữa mô phỏng và thực nghiệm về số lượng “tai” và sai lệch không đáng kể ở vị trí “tai” cao nhất và thấp nhất.

A. C. S. Reddy và cộng sự [6] đã thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số lực ép biên, bán kính lượn của chày và cối đến sự phân bố chiều dày chi tiết khi dập vuốt chi tiết dạng trụ có vành. Kết quả của A. C. S. Reddy và cộng sự cho thấy lực ép biên có mức độ ảnh hưởng lớn nhất 56,98%, tiếp theo là bán kính lượn của chày 30,12%, bán kính lượn của cối thể hiện ảnh hưởng ít nhất 12,90%.

A. R. Joshi và cộng sự [7] đã trình bày các tham số chính ảnh hưởng đến quá trình dập vuốt bao gồm bán kính lượn của cối, bán kính lượn của chày, khe hở giữa chày và cối, lực ép biên, hệ số ma sát, tốc độ dập, chất bôi trơn. Các nghiên cứu của các tác giả trên đây cho thấy các thông số công nghệ khi dập vuốt lần đầu có ảnh hưởng đến sự phân bố chiều dày, điều này dẫn đến kích thước chiều cao “tai” khi dập vuốt vật liệu dị hướng cũng bị thay đổi. Trong các nghiên cứu này cũng chỉ ra sự ảnh hưởng lớn nhất đến mức độ biến mỏng chiều dày là lực ép biên. Lực ép biên tăng lên cũng làm lực ma sát giữa phôi và dụng cụ tăng lên. Khe hở dập vuốt cũng làm thay đổi diện tích tiếp xúc giữa phôi và dụng cụ trong quá trình biến dạng tạo hình, cũng dẫn đến thay đổi lực ma sát. Do đó, các thông số lực ép biên, hệ số ma sát giữa phôi và dụng cụ, khe hở dập vuốt có ảnh hưởng đến quá trình biến dạng của phôi khi dập vuốt, ảnh hưởng đến sự phân bố chiều dày và kích thước chiều cao “tai” hình thành trên miệng chi tiết. Bài báo này tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ này đến kích thước chiều cao “tai” khi dập vuốt lần đầu từ vật liệu dị hướng SUS-304 bằng mô phỏng số, trong đó sử dụng phần mềm Dynaform version 5.9.4 với mô hình tiêu chí dẻo dị hướng Barlat-1989.

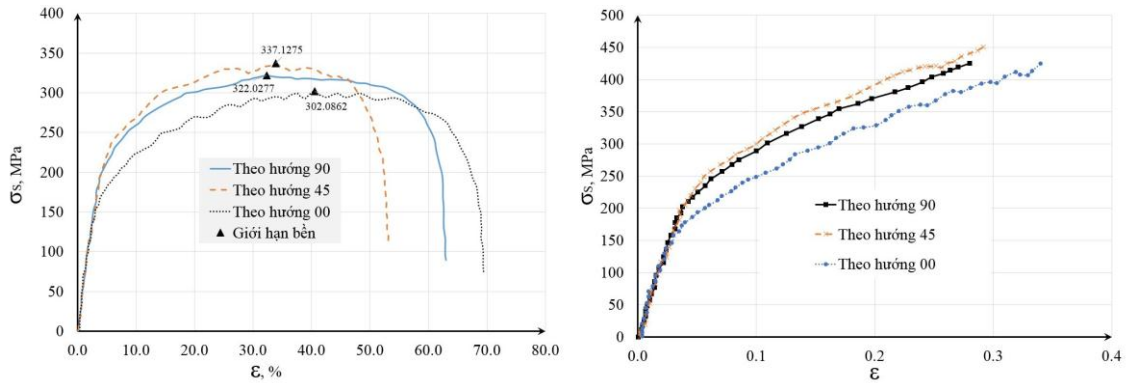
## 2. Thực nghiệm và mô phỏng

Vật liệu được lựa chọn nghiên cứu là thép không gỉ SUS-304. Thành phần hóa học và cơ tính của vật liệu SUS-304 theo JIS G 4303:2005 như trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép không gỉ SUS-304

Mác thép	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Khác
SUS-304	0,08 max	1,00 max	2,00 max	0,045 max	0,03 max	8,00- 10,50	18,00- 20,00	-	-

Các đặc trưng cơ học của vật liệu tấm SUS-304 được xác định theo TCVN 197-1:2014. Mẫu thử được cắt từ tấm SUS-304 có chiều dày 1,2 mm theo các hướng 0°, 45° và 90° so với hướng cán. Quá trình thử kéo được thực hiện trên máy thử cơ tính MTS Landmark 810 với tốc độ đầu kéo mẫu 05 mm/phút để mẫu thử biến dạng cho đến khi đứt. Đường cong ứng suất biến dạng của mẫu sau thử kéo được xây dựng lại trên hình 1 [5].



Hình 1. Đường cong ứng suất kỹ thuật (a), đường cong ứng suất thực (b).

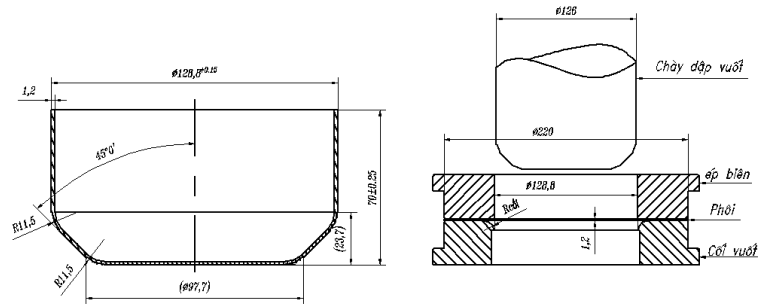
Tính chất dị hướng của vật liệu tấm được đặc trưng bởi hệ số dị hướng tính theo công thức Lankford bằng tỉ lệ biến dạng lô-ga-rít theo chiều rộng và chiều dày của mẫu thử kéo [3]. Vì biến dạng theo chiều dày của tấm khi thực hiện đo có thể gây ra sai số lớn, nên công thức của Lankford được biến đổi phụ thuộc vào biến dạng lô-ga-rít theo chiều dài và chiều rộng. Để xác định các hệ số dị hướng Lankford tại các hướng góc 0°, 45° và 90° so với hướng cán, thực hiện biến dạng kéo 10%, đo chiều dài và chiều rộng mẫu sau biến dạng và xác định được các hệ số dị hướng theo các hướng góc như trong bảng 2.

Bảng 2. Hệ số dị hướng vật liệu SUS-304 theo các hướng góc [5]

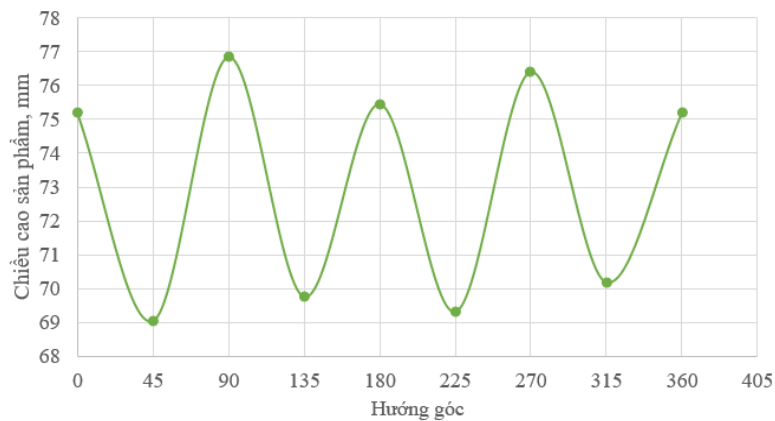
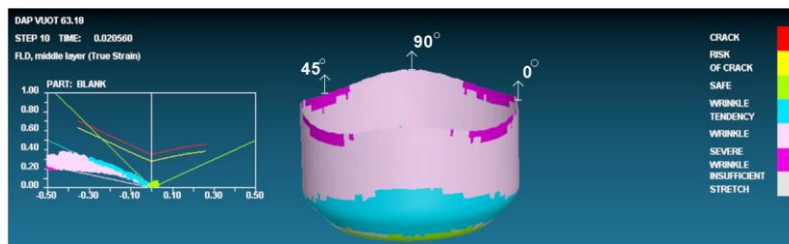
Hệ số dị hướng theo các hướng	$r_0$	$r_{45}$	$r_{90}$
	0,86	0,67	1,29

Mô hình hình học của quá trình dập vượt lần đầu được thể hiện trên hình 2 với các thông số hình học của phôi: đường kính  $D_0 = 220$  mm, chiều dày  $s_0 = 1,2$  mm. Chày và cối sử dụng trong mô phỏng được giả thiết là các thành phần cứng tuyệt đối. Ma sát giữa phôi và dụng cụ được mô hình hóa bằng mô hình ma sát Coulomb.

Mô hình vật liệu được lựa chọn trong phần mềm Dynaform là mô hình Mat\_3parameter\_Barlat đối với SUS-304 với đường cong ứng suất – biến dạng (Hình 2) và các hệ số dị hướng (Bảng 2).



Hình 2. Mô hình chi tiết (a) và khuôn (b) trong mô phỏng.



Hình 3. Sản phẩm sau dập vuốt và chiều cao sản phẩm ở các hướng góc khác nhau so với hướng cán.

Kết quả mô phỏng cho thấy có 4 “tai” được tạo thành ở 2 hướng góc 0° và 90°, có thể xác định chiều cao “tai” lớn nhất bằng cách đo trên mô hình sản phẩm sau dập vuốt lần đầu (Hình 3). Chiều cao “tai” lớn nhất được xác định theo công thức:

$$\Delta H_{\max} = H_{\max} - H_{\min} , \quad (1)$$

ở đây,  $H_{\max}$ ,  $H_{\min}$  tương ứng là chiều cao lớn nhất và nhỏ nhất của chi tiết sau dập vuốt.

Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chiều cao “tai” lớn nhất được thực hiện bằng phương pháp quy hoạch mô phỏng theo Taguchi với 3 biến đầu vào

và 3 mức biến đổi như bảng 3. Các thông số này bao gồm: khe hở giữa chày và cối ( $z$ , mm); hệ số ma sát giữa phôi và dụng cụ ( $\mu$ ) và lực ép biên ( $P_{eb}$ , N). Các thông số công nghệ tối ưu cần thỏa mãn điều kiện chiều cao “tai” lớn nhất,  $\Delta H_{max}$  nhỏ hơn, tốt hơn (smaller is better).

Khe hở giữa chày và cối được mã hóa  $x_1$ , lựa chọn 3 mức biến đổi:  $z_1 = 1,1.s_0 = 1,32$  mm;  $z_2 = 1,2.s_0 = 1,44$  mm;  $z_3 = 1,3.s_0 = 1,56$  mm đối với nguyên công dập vuốt lần đầu [8]. Hệ số ma sát giữa phôi và dụng cụ ( $\mu$ ) được mã hóa  $x_2$  với 3 mức biến đổi: 0,024; 0,062; 0,1. Lực ép biên ( $P_{eb}$ , N) được mã hóa  $x_3$  với 3 mức biến đổi: 200.000 N; 210.000 N; 220.000 N. Các mức biến đổi được lựa chọn trên cơ sở nghiên cứu trước của nhóm tác giả [5].

Bảng 3. Biến đầu vào, biến mã hóa và mức biến đổi

Biến đầu vào	Biến mã hóa	Mức biến đổi		
		1	2	3
Khe hở giữa chày và cối, mm	$x_1$	1,32	1,44	1,56
Hệ số ma sát	$x_2$	0,024	0,062	0,1
Lực ép biên, N	$x_3$	200000	210000	220000

Tiến hành mô phỏng số theo bảng ma trận quy hoạch mô phỏng theo Taguchi (L9) và thu thập số liệu chiều cao “tai” lớn nhất theo công thức (1) từ các mô phỏng số nhận được dữ liệu như bảng 4.

Bảng 4. Ma trận mô phỏng Taguchi

STT thí nghiệm	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\Delta H_{max}$
1	1	1	1	6,82
2	1	2	2	6,84
3	1	3	3	4,86
4	2	1	2	6,26
5	2	2	3	5,83
6	2	3	1	6,42
7	3	1	3	6,40
8	3	2	1	6,39
9	3	3	2	6,20

### 3. Kết quả và thảo luận

Theo phương pháp Taguchi, lựa chọn tiêu chí “nhỏ hơn, tốt hơn” thì tỉ số nhiễu được xác định theo công thức (2):

$$(S/N)_i = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 \right); i = 1 \dots 9 \quad (2)$$

Bảng 5. Bảng phân tích đánh giá kết quả

Mức biến đổi	S/N trung bình theo các mức		
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1	-15,70	-16,24	-16,31
2	-15,80	-16,05	-16,16
3	-16,03	-15,24	-15,06
Mean	-15,84	-15,84	-15,84
Max	-15,70	-15,24	-15,06
Delta	0,33	1,00	1,25
% ảnh hưởng	12,76	38,71	48,53

Từ bảng phân tích kết quả, ta có:

- Phương án công nghệ tối ưu sẽ là phương án với các mức biến đổi của thông số công nghệ có tỉ số S/N trung bình là lớn nhất. Đó là phương án tương ứng với:

Khe hở giữa chày và cối: 1,32 mm

Hệ số ma sát giữa phôi và dụng cụ ( $\mu$ ): 0,1

Lực ép biên: 220.000 N

Khi đó tỉ số nhiễu của phương án tối ưu sẽ là:

$$\begin{aligned} (S/N)_{tu} &= m + [(S/N)_{\max 1} - m] + [(S/N)_{\max 2} - m] + [(S/N)_{\max 3} - m] \\ &= -15,70 - 15,24 - 15,06 + 2.15,84 = -14,31 \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra: } \delta_{s(tu)} = 10^{\frac{[(S/N)_m]}{20}} = 10^{\frac{(-17,03)}{20}} = 5,19 \text{ (mm)}$$

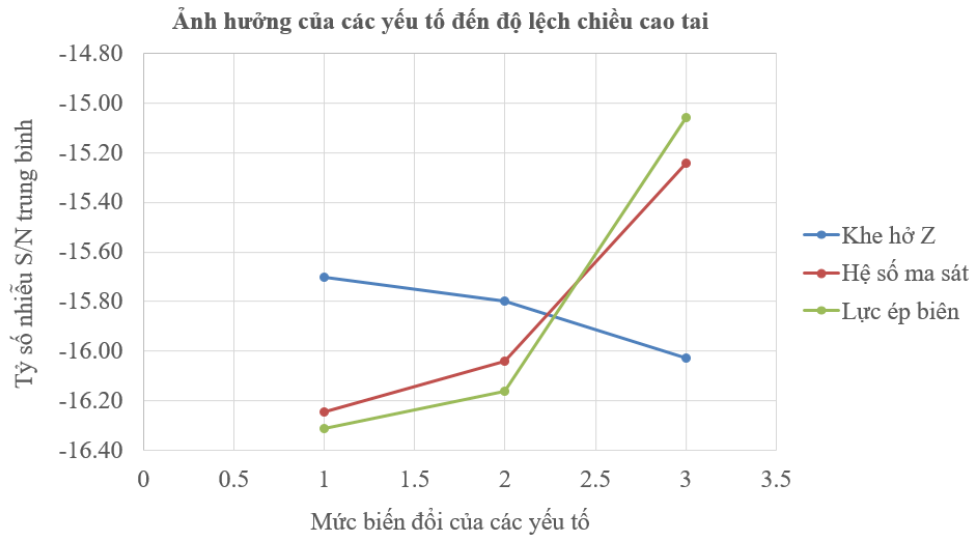
- Mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến lượng chênh lệch chiều cao “tai” của chi tiết được sắp xếp theo thứ tự như sau:

Lực ép biên ( $P_{eb}$ ) chiếm 48,53%

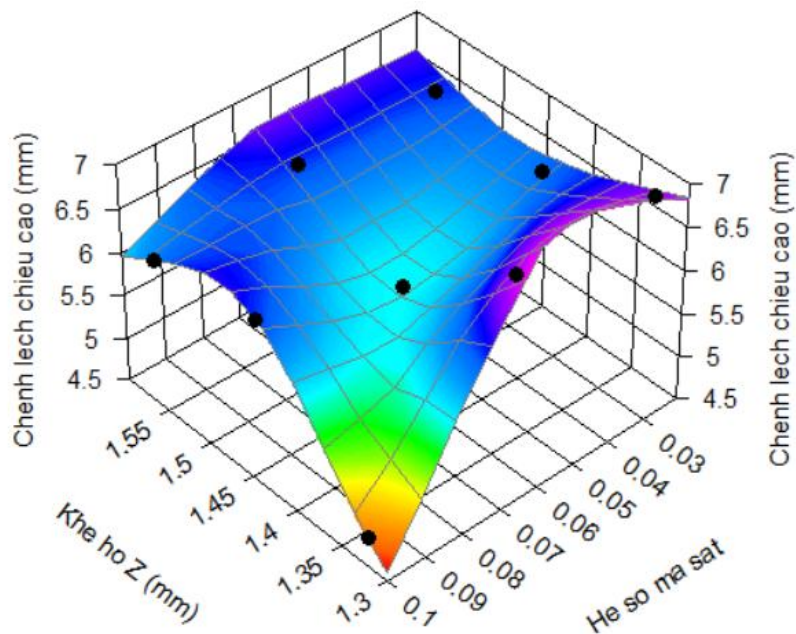
Hệ số ma sát ( $\mu$ ) chiếm 38,71%

Khe hở giữa chày và cối ( $z$ ) chiếm 12,76%

- Xây dựng đồ thị đánh giá ảnh hưởng riêng rẽ của các thông số công nghệ đến lượng chênh lệch chiều cao “tai” của chi tiết ( $\Delta H$ , mm) như hình 4-7.

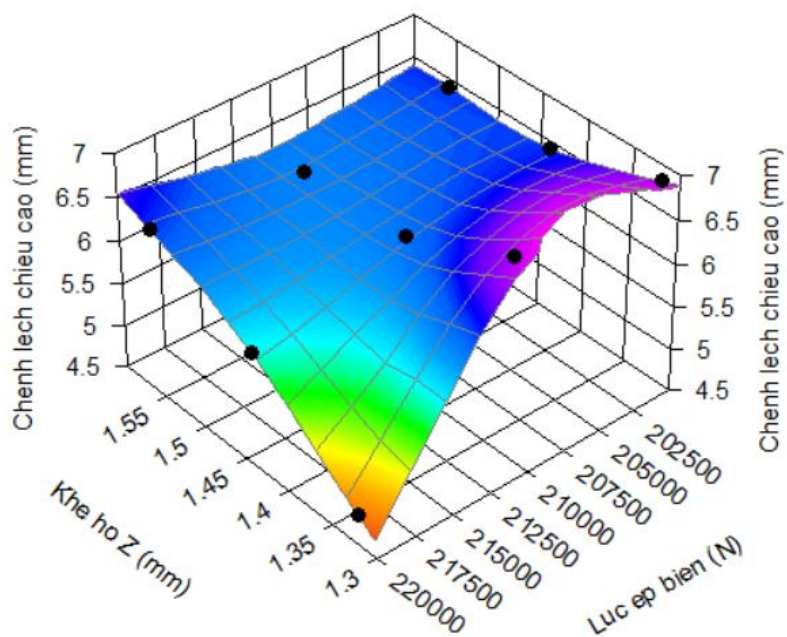


Hình 4. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến độ lệch chiều cao tai.

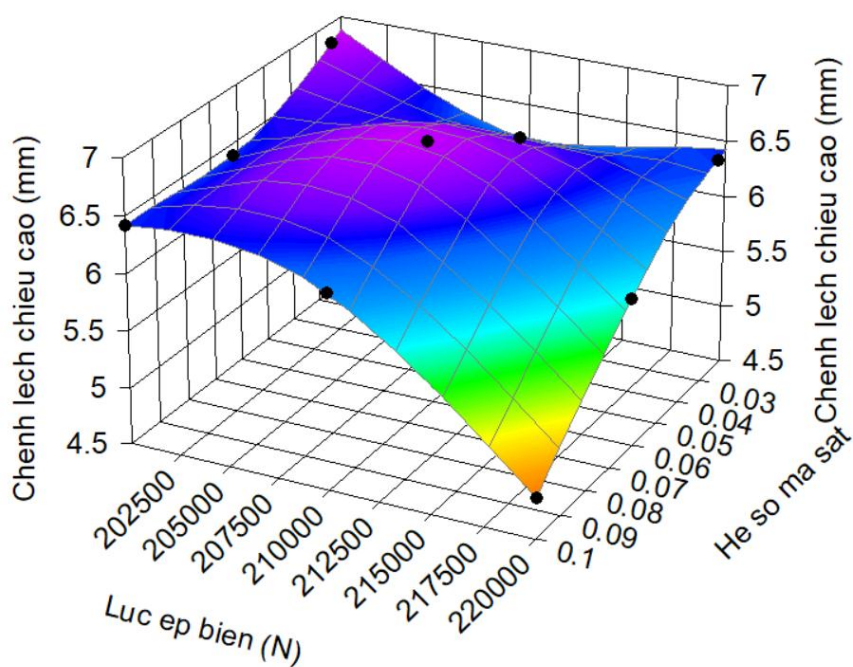


Hình 5. Ảnh hưởng của khe hở giữa chày - cối ( $z$ ) và hệ số ma sát ( $\mu$ ) tới lượng chênh lệch chiều cao “tai” của chi tiết (mm).





Hình 6. Ảnh hưởng của khe hở giữa chày - cối ( $z$ ) và lực ép biên ( $P_{eb}$ ) tới lượng chênh lệch chiều cao “tai” của chi tiết (mm).



Hình 7. Ảnh hưởng của hệ số ma sát ( $\mu$ ) và lực ép biên ( $P_{eb}$ ) tới lượng chênh lệch chiều cao “tai” của chi tiết (mm).

Từ hình 4 có thể thấy rõ được sự phụ thuộc của độ lệch chiều cao “tai” vào sự thay đổi của các yếu tố đầu vào. Cụ thể là:

- Sự thay đổi độ lệch chiều cao “tai” tỉ lệ thuận với sự tăng của hệ số ma sát và lực ép biên, tỉ lệ nghịch với sự tăng khe hở giữa chày và cối.

- Độ lệch chiều cao “tai” sẽ tăng lên khi tăng áp lực ép biên và hệ số ma sát.

- Độ lệch chiều cao “tai” sẽ giảm khi tăng khe hở giữa chày và cối.

Từ bảng 5 và các đồ thị hình 5-7 có thể thấy rằng khi tăng khe hở dập vượt trong khoảng nghiên cứu từ 1,32 mm đến 1,56 mm thì chiều cao “tai” lớn nhất cũng tăng lên; khi tăng áp lực ép biên từ 200000 N đến 220000 N thì chiều cao “tai” lớn nhất giảm; trong khi đó nếu tăng hệ số ma sát từ 0,024 đến 0,1 thì chiều cao “tai” lớn nhất giảm.

#### 4. Kết luận

Từ các kết quả thu được, nhận thấy rằng:

- Lực ép biên, hệ số ma sát và khe hở giữa chày và cối đều có ảnh hưởng đến lượng chên lệch chiều cao “tai” của chi tiết sau khi dập.

- Khe hở giữa chày và cối ( $z$ ) tỉ lệ thuận với lượng chên lệch chiều cao “tai” của chi tiết, khe hở ( $z$ ) tăng thì lượng chên lệch chiều cao “tai” của chi tiết cũng tăng. Ngược lại, lượng chên lệch chiều cao “tai” của chi tiết tỉ lệ nghịch với hệ số ma sát và lực ép biên, hai hệ số này tăng thì mức độ chên lệch chiều cao chi tiết sẽ giảm.

- Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố giảm dần theo thứ tự: Lực ép biên ( $P_{eb}$ ) chiếm 48,53%, hệ số ma sát ( $\mu$ ) chiếm 38,71%, khe hở giữa chày và cối ( $z$ ) chiếm 12,76%.

- Chiều cao “tai” lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất là 5,19 mm.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Kenza Bouchaâla, Elhachmi Essadiqi, Mohamed Mada, Mohamad Fathi Ghanameh, Mustapha Faqir, Mohamed Meziane, “Prediction of earing in cylindrical deep drawing of aluminum alloys using Finite Element Analysis”, *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 2018, ISSN(p): 2320-2092, ISSN(e): 2321-2071, Volume 6 Issue 10.
- [2] Dorel Banabic, *Sheet Metal Forming Processes: Constitutive Modelling and Numerical Simulation*, Springer, 2010, 317p.
- [3] S. Izadpanah, S. H. Ghaderi, M. Gerdooei, “Prediction of earing in deep drawing of anisotropic aluminum alloy sheet using BBC2003 yield criterion”, *Journal of Computational and Applied Research in Mechanical Engineering*, Vol. 6 No. 2, pp. 47-55, 2017.

- [4] S. P. Sundar Singh Sivam, V. G Uma Sekar, K. Saravanan, S. RajendraKumar, P. Karthikeyan and K. Sathiya Moorthy, “Frequently used Anisotropic Yield Criteria for Sheet Metal Applications: A Review”, *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 9(47), December 2016. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i47/92107
- [5] Lại Đăng Giang, Trần Đức Hoàn, Lê Quốc Dũng, Nguyễn Văn Chinh, “Dự đoán sự tạo thành tai khi dập vuốt chi tiết hình trụ từ thép SUS-304 bằng mô phỏng số”, *Tap chí Nghiên cứu KH&CN quân sự*, số 86, tr. 129-136, 2023.
- [6] A. C. S. Reddy, S. Rajesham, P. R. Reddy, T. P. Kumar, J. Goverdhan, “An experimental study on effect of process parameters in deep drawing using Taguchi technique”, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 7 No. 1, pp. 21-32, 2015.
- [7] A. R. Joshi, K. D. Kothari, Dr. R. L. Jhala, “Effects of Different Parameters on Deep Drawing Process: Review”, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 2 Issue 3, March 2013.
- [8] V. P. Romanovsky, *Cold Stamping Handbook*, Mashinos-troenie, Leningrad, 1979, 520p (in Russian).

## THE EFFECT OF TECHNOLOGY PARAMETERS ON THE SIZE OF THE "EAR" WHEN DEEP DRAWING FOR THE FIRST TIME OF ANISOTROPIC CYLINDRICAL USING SIMULATION

**Abstract:** Anisotropy is an inherent property of sheet materials, especially cold-rolled sheets. When stamping cylindrical parts, these plates always appear "ears" on the mouth of the part, that is, the height of the part is uneven in different directions compared to the rolling direction. Accurately predicting the size of the "ear" when stamping is important for the design of the technology to manufacture cylindrical parts. This article studies the influence of technological parameters including the tool clearance, the coefficient of contact friction and the blank holder force on the "ear" size when deep drawing cylindrical parts from anisotropic materials SUS-304. The Taguchi planning method is used in which the material model is built on the basis of real material sample tensile tests. The results show the blank holder force (48.53%) has the greatest influence on the maximum "ear" height, followed by the coefficient of contact friction (38.71%) and the tool clearance (12.76%).

**Keywords:** Anisotropy; deep drawing; Taguchi planning; numerical simulation.

Nhận bài: 16/05/2023; Hoàn thiện sau phản biện: 19/06/2023; Chấp nhận đăng: 31/07/2023

