



## ANALYSIS OF INFLUENCE OF DRAWBEAD ABOUT THINNING AND WRINKLE IN LOW-CONICAL PART STAMPING PROCESS

Nguyen Van Huong

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 16/06/2021

Revised: 07/09/2021

Accepted: 14/09/2021

Published online: 15/10/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.8.9>

\* *Corresponding author*

Email: huongnv@utc.edu.vn; Tel: +84 986682350

**Abstract.** Using drawbeads plays an important role in sheet stamping technology because they have an effect on the quality of the sheet metal part. Drawbeads are often used when stamping parts with asymmetrical shapes, complex shapes, and deep drawing to improve the flow of material into the die. Although the low cone is a symmetric part, the relatively small height causes strong elasticity, so during the forming process, the sheet metal is not completed in contact with the surface of the tool. As a result, it is easy to appear wrinkles on the surface causing waste. Therefore, the blank must be stretched by the drawbeads to ensure contact with the punch. The article presents the results of the study of the drawbeads for stamping low-conical details with its specific dimensions for three cases such as without the drawbeads on the blankholder system, with circular drawbead and with rectangular drawbead through numerical simulation using Dynaform 5.9 software and experimenting with the stamping mold with the results given from the simulation to determine the reasonable parameters of the drawbeads.

**Keywords:** low-conical part, drawbead, dynaform, sheet metal forming.



# PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA GÂN VUỐT ĐẾN SỰ BIẾN MỎNG THÀNH VÀ NHẢY TRONG QUÁ TRÌNH DẬP CHI TIẾT HÌNH CÔN THẤP

Nguyễn Văn Hưởng

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 16/06/2021

Ngày nhận bài sửa: 07/09/2021

Ngày chấp nhận đăng: 14/09/2021

Ngày xuất bản Online: 15/10/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.8.9>

\* Tác giả liên hệ

Email: huongnv@utc.edu.vn; Tel: +84 986682350

**Tóm tắt.** Sử dụng gân vuốt có vai trò quan trọng trong công nghệ dập tấm bởi vì nó có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm kim loại tấm. Gân vuốt thường được sử dụng khi dập các chi tiết dạng không đối xứng, hình dạng phức tạp và dập vuốt sâu để cải thiện dòng chảy của vật liệu vào cối. Tuy hình côn thấp là một dạng chi tiết đối xứng nhưng chiều cao tương đối nhỏ nên gây ra sự đàn hồi mạnh do đó trong quá trình tạo hình vật liệu không được tiếp xúc hoàn toàn với bề mặt của dụng cụ. Kết quả là rất dễ xuất hiện nhả trên bề mặt gây ra phế phẩm. Vì vậy phôi tấm phải được kéo căng bằng gân vuốt. Bài báo đưa ra kết quả nghiên cứu gân vuốt khi dập chi tiết hình côn thấp với các kích thước cụ thể của nó cho ba trường hợp như không sử dụng gân vuốt trên hệ thống chận, với gân vuốt hình tròn và với gân vuốt hình chữ nhật thông qua mô phỏng số bằng phần mềm Dynaform 5.9 và thực nghiệm với khuôn dập được chế tạo với các kết quả đưa ra từ mô phỏng để xác định được các thông số hợp lý của gân vuốt.

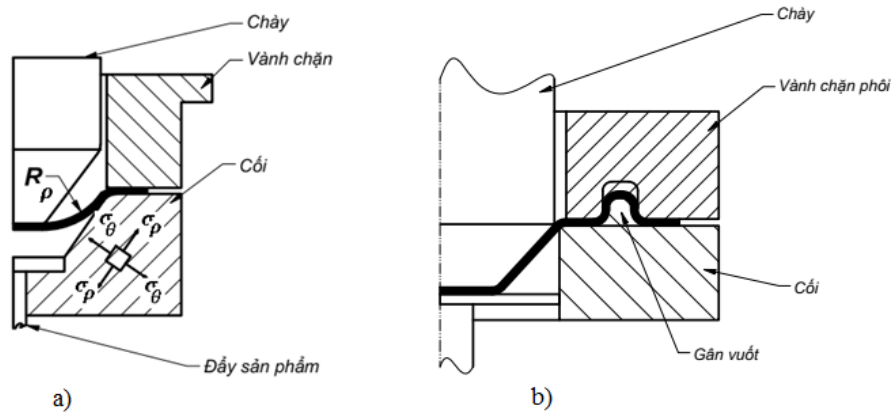
**Từ khóa:** chi tiết hình côn thấp, gân vuốt, tạo hình kim loại tấm.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gân vuốt thường được sử dụng trong quá trình dập vuốt sâu hoặc dập với các chi tiết hình dạng không đối xứng để làm đồng đều sự chảy của phôi tấm vào trong cối do đó giảm nhả, rách cho sản phẩm khi tạo hình [1]. Tuy nhiên vấn đề ứng dụng gân vuốt khi dập chi tiết hình côn là chưa được công bố, mà các chi tiết dạng này được dùng rất phổ biến trong thực tế. Các

ngiên cứu về gân vuốt xoay quanh các chi tiết dạng trụ tròn xoay [2], chi tiết hình bán cầu [3], chi tiết dạng hộp sử dụng gân vuốt để giảm biến dạng đàn hồi [4], trong quá trình dập vuốt sâu [5]. Hình dạng gân vuốt có ảnh hưởng đáng kể khi dập [6]. Khi sử dụng gân vuốt trở lực kéo phôi vào trong cối tăng lên [7, 8]. Việc này có lợi vì nó làm sản phẩm không bị nhăn rất phù hợp dập chi tiết hình côn. Hơn nữa, theo [9] chi tiết hình côn thấp được dập trong cối có gân vuốt, tuy nhiên tác giả chỉ đưa ra phương pháp dập không nêu rõ các thông số của gân vuốt cụ thể như vị trí, hình dạng, kích thước.



Hình 1. Sơ đồ dập chi tiết hình côn thấp

Chi tiết hình côn thấp là chi tiết có chiều cao tương đối từ 0,1 đến 0,25 và góc giữa đường sinh với phương thẳng đứng từ  $50^0$  đến  $80^0$ . Trong quá trình dập thì chày chỉ tiếp xúc với phôi một diện tích nhỏ tại vùng tâm phôi, phần lớn vành phôi được tự do không tiếp xúc với chày và vành chặn (hình 1a). Vì vậy khi chày kéo phôi vào trong cối để tạo thành chi tiết thì tại vùng này phát sinh ứng suất kéo theo phương hướng kính  $\sigma_\rho$  và ứng suất nén theo phương tiếp tuyến  $\sigma_\theta$ . Điều kiện cân bằng của phần tử nằm trong vùng khảo sát được đưa ra nhờ chiếu các lực lên phương pháp tuyến với mặt trung bình của phần tử.

Khi  $\sigma_n = 0$  phương trình cân bằng có dạng:

$$\frac{\sigma_\rho}{R_\rho} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} = 0 \quad (1)$$

$$\text{từ đó ta có } R_\rho = -\frac{R_\theta \sigma_\rho}{\sigma_\theta} \quad (2)$$

Trong đó  $R_\rho$ ,  $R_\theta$  là các bán kính cong của bề mặt trung bình của phần tử phôi trong mặt cắt kinh tuyến (dọc) và vĩ tuyến (ngang).

$$\text{Khi } \sigma_\theta = 0 \text{ thì } R_\rho = \infty \quad (3)$$

Nghĩa là chỉ khi không có ứng suất tiếp tuyến thì đường sinh của chi tiết mới là đường thẳng còn trong mọi trường hợp khác thì đều là đường cong. Khi  $\sigma_\rho$ ,  $\sigma_\theta$  khác dấu nhau đường sinh có dạng lồi, nếu cùng dấu độ cong của nó như độ cong của nó giống như độ cong của mặt cắt ngang (hình 1a).

Theo [9] ta có điều kiện dẻo:

$$\sigma_\rho + \sigma_\theta = \beta \sigma_s \quad (4)$$

Theo (4) nếu  $\sigma_\theta = 0$  thì  $\sigma_\rho = \beta\sigma_s$  (5)

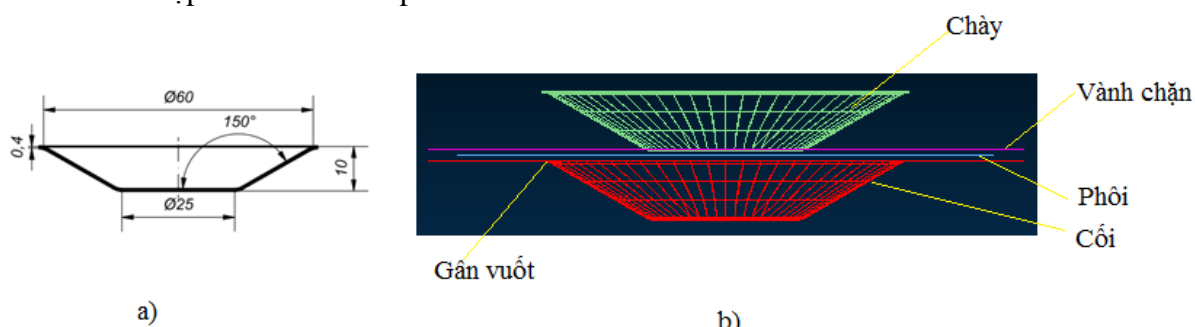
Theo (5) dập vuốt không cho phép vì gây đứt đáy. Vì vậy muốn nhận được chi tiết có đường sinh thẳng thì phải có nguyên công nắn lại phần côn sau khi dập. Dưới tác dụng của  $\sigma_\theta$  phần côn của chi tiết có thể bị mất ổn định và tạo thành sóng nhăn. Để giảm ứng suất nén phải tìm cách tăng ứng suất kéo bằng cách sử dụng gân vuốt. Gân vuốt được đặt trong các rãnh trên bề mặt cối hoặc vành chặn (hình 1b). Vấn đề gân vuốt cũng đã được đưa ra nghiên cứu ở trong nước nhưng chưa phù hợp với chi tiết hình côn, nếu lực kéo qua gân vuốt quá lớn sẽ làm phôi bị biến mỏng dẫn tới rách, vị trí hình dạng gân vuốt cũng ảnh hưởng tới lực kéo [3,4,6,7]. Vì vậy việc nghiên cứu để đưa ra các thông số cụ thể là rất cần thiết.

## 2. MÔ PHỎNG SỐ

Tác giả sử dụng phần mềm Dynaform 5.9 để xác định ảnh hưởng của gân vuốt khi dập chi tiết hình côn thấp.

### 2.1. Mô hình dụng cụ và phôi

Chi tiết dập là hình côn thấp với các kích thước trên hình 2a.



Hình 2. Chi tiết dập và mô hình dụng cụ trên phần mềm

Vật liệu chi tiết là inox 201 (SS201) với các thông số đưa vào phần mềm như bảng 1

Bảng 1. Đặc tính của inox 201.

Vật liệu	Mô đun đàn hồi (GPa)	Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )	Hệ số Poisson	Ứng suất chảy (MPa)
SS201	207	7850	0,28	292

Chày, cối, chặn, phôi được mô hình hóa và chia lưới trên phần mềm (hình 2b).

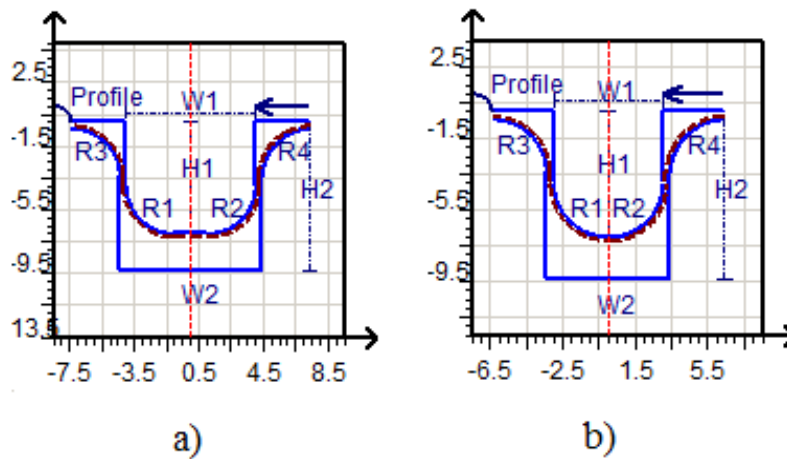
Các điều kiện biên khi mô phỏng bằng Dynaform:

Chày hình côn có đường kính lớn là 60 mm và đường kính cối là 60,88 mm. Phôi tấm có đường kính là 90 mm dày 0,4 mm. Gân vuốt là một vành hình tròn được mô hình hóa trên mặt cối với các kích thước ở bảng 2 và biên dạng của nó cho ở hình 3. Lực chặn là 6000 N.

Bảng 2. Các kích thước của gân vuốt

Loại gân vuốt	Biên dạng tròn	Biên dạng chữ nhật
Chiều sâu H1 (mm)	3,5	3,5
Chiều rộng W1 (mm)	6	6
Bán kính vào R3 = R4 (mm)	1,5	1,5
Bán kính dưới R1 = R2 (mm)	1,5	1,5

Tác giả đã tiến hành mô phỏng bằng phần mềm Dynaform 5.9 với các kích thước gân vuốt khác nhau để chọn được các thông số như bảng 2.



Hình 3. Biên dạng của gân vuốt hình chữ nhật (a) và tròn (b)

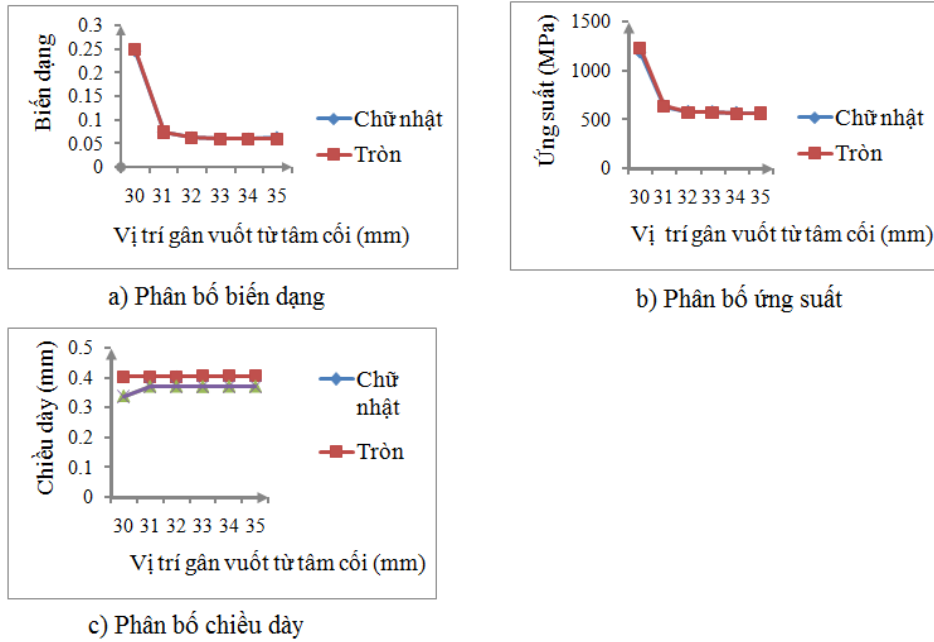
## 2.2. Ảnh hưởng của vị trí và biên dạng gân vuốt

Việc xác định vị trí gân vuốt là rất quan trọng đối với chất lượng sản phẩm dập. Gân vuốt nên đặt gần khu vực cần hạn chế và hướng lực của nó vuông góc với dòng chảy vật liệu [10]. Vị trí đầu tiên của gân vuốt được cách tâm của cối là 30 mm (sát mép cối). Các vị trí tiếp theo tác giả khảo sát tương tự nhưng cách tâm cối một khoảng từ 31 mm đến 35 mm. Với mỗi vị trí của gân vuốt tác giả sử dụng phần mềm Dynaform để mô phỏng cho hai loại biên dạng như hình 4 để xác định các thông số về phân bố chiều dày sau biến dạng, ứng suất, biến dạng được cho trong bảng 3. Từ các kết quả đó tác giả xây dựng các đồ thị phân bố biến dạng lớn nhất khi dập, phân bố chiều dày, phân bố ứng suất lớn nhất lần lượt theo hình 4a, hình 4b và hình 4c.

Bảng 3. Kết quả mô phỏng theo vị trí và biên dạng gân vuốt.

Vị trí gân vuốt (mm)	Biến dạng lớn nhất		Ứng suất lớn nhất (MPa)		Chiều dày lớn nhất (mm)		Chiều dày nhỏ nhất (mm)	
	Chữ nhật	Tròn	Chữ nhật	Tròn	Chữ nhật	Tròn	Chữ nhật	Tròn
30	0,2455	0,2482	1182	1230	0,402	0,402	0,3360	0,3370
31	0,0734	0,0734	633	633	0,403	0,403	0,3703	0,3703
32	0,0625	0,0625	576	573	0,403	0,403	0,3707	0,3707
33	0,0595	0,0595	573	576	0,404	0,406	0,3698	0,3698
34	0,0598	0,0598	565	561	0,405	0,405	0,3704	0,3704
35	0,0629	0,0629	563	565	0,406	0,406	0,3701	0,3702

Từ bảng 3 và hình 4 có thể thấy rằng vị trí gân vuốt càng xa tâm cối thì biến dạng giảm, ứng suất giảm trong khi chiều dày tăng nhưng trị số thay đổi không đáng kể. Theo [3] khi dập chi tiết hình bán cầu thì gân vuốt hình chữ nhật gây ra ứng suất và biến dạng lớn hơn gân vuốt hình tròn tuy nhiên trong trường hợp dập chi tiết côn thấp thì sự sai khác này không đáng kể, biến dạng như nhau chỉ dao động khoảng 5% (hình 4a). Giữa gân vuốt hình tròn và gân vuốt hình chữ nhật các trị số tương đối giống nhau sai khác chỉ khoảng 4,5% (bảng 3).

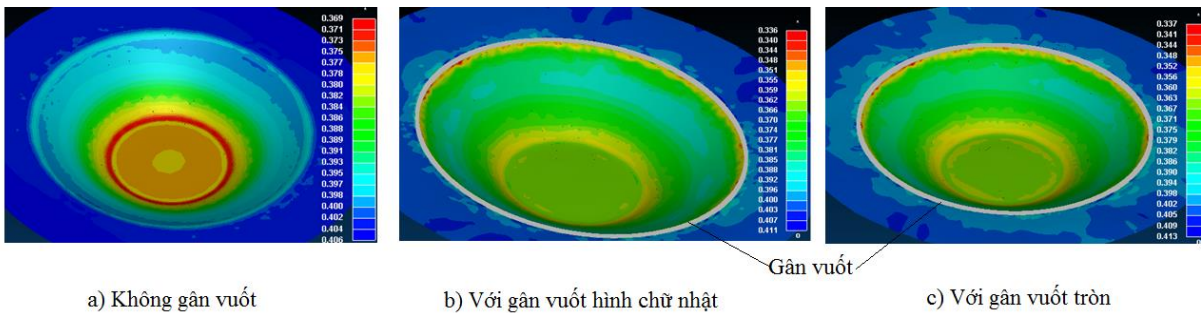


Hình 4. Biểu đồ phân bố biến dạng, ứng suất và chiều dày tương ứng các vị trí gân vuốt

Vị trí gân vuốt cách tâm cốt 30 mm có biến dạng, ứng suất lớn nhất, khoảng thay đổi chiều dày lớn nhất do đó vị trí này sẽ có ứng suất kéo lớn nhất nên đường sinh của bề mặt chi tiết sau dập sẽ thẳng nhất theo (3). Tác giả chọn vị trí này để thiết kế khuôn.

### 2.3. Kết quả mô phỏng

Mô phỏng số được thực hiện trong 3 trường hợp cho chi tiết côn thấp ở hình 2a: không sử dụng gân vuốt, gân vuốt biên dạng chữ nhật, gân vuốt biên dạng tròn xét tại vị trí cách tâm cốt 30 mm. Khi dập không gân vuốt (hình 5a) màu sắc trên phần côn không đều, vùng chiều dày nhỏ (vùng màu đỏ) chỉ xuất hiện ở đáy chi tiết tức là biến dạng chỉ xảy ra tại diện tích nhỏ quanh mép chày, điều này cũng tương đồng với mục 1. Khi dập có gân vuốt (hình 5b, 5c) màu sắc trên phần côn đều hơn, vùng màu xanh lá cây (vùng an toàn) nhiều hơn, vùng có chiều dày nhỏ nhất không chỉ ở đáy mà còn tại vị trí mép cốt vì phôi đi qua gân vuốt, đồng thời phân bố chiều dày đồng đều hơn trường hợp dập không gân vuốt. So sánh giữa gân vuốt hình tròn và hình chữ nhật thì phân bố chiều dày khá tương đồng.



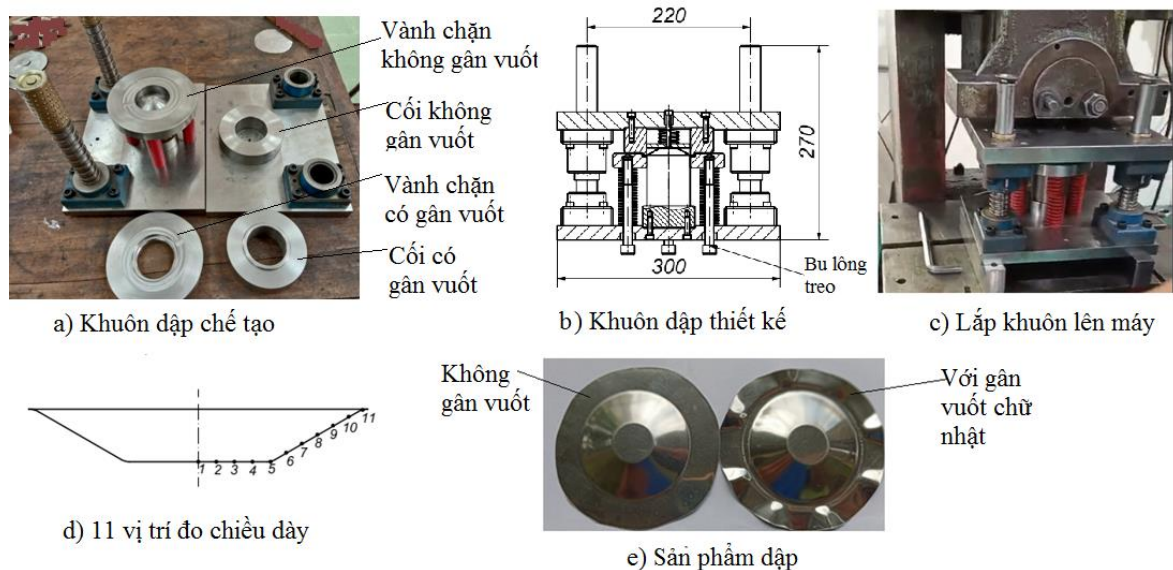
Hình 5. Kết quả mô phỏng về phân bố chiều dày

Phần có chiều dày nhỏ nhất (vùng màu đỏ trên hình 5b, hình 5c) là tại vị trí phôi qua gân vuốt chỉ là các điểm nhỏ.

### 3. THỰC NGHIỆM

#### 3.1. Chế tạo khuôn và dập thử nghiệm

Khuôn dập được tính toán thiết kế như hình 6b theo [11] dựa vào dựa vào kết quả mô phỏng trong mục 2.2 và mục 2.3, gân vuốt được thiết kế ở vị trí sát mép cối và nằm trên bề mặt cối, rãnh gân vuốt bố trí trên tấm chặn. Để đơn giản khi chế tạo khuôn, lực chặn trong quá trình dập có thể điều chỉnh bằng bu lông treo như hình 6b. Chi tiết dập là hình côn thấp có tỷ lệ về chiều cao tương đối rất nhỏ như đã phân tích trong mục 1 nên khi dập rất khó rõ nét về hình dạng tức là biến dạng chỉ tập trung tại xung quanh mép chày như hình 5a, tác giả dập thử với chi tiết nhỏ như hình 2a với chiều cao 10 mm. Phôi được kéo qua gân vuốt nên hình dáng mới rõ nét như hình 6e. Sau đó, tác giả tiến hành chế tạo khuôn (hình 6a) và dập thử nghiệm được các sản phẩm hình 6e. Tác giả tận dụng bộ dẫn hướng có sẵn nên khi lắp phải xoay ngược khuôn để không đâm vào đầu trượt như hình 6c.



Hình 6. Khuôn dập và các sản phẩm dập.

Sản phẩm sau dập được đo chiều dày theo các vị trí như hình 6d: Đo bằng máy quét 3D, sau đó đưa dữ liệu vào phần mềm vẽ để đo chiều dày.

#### 3.2. So sánh kết quả

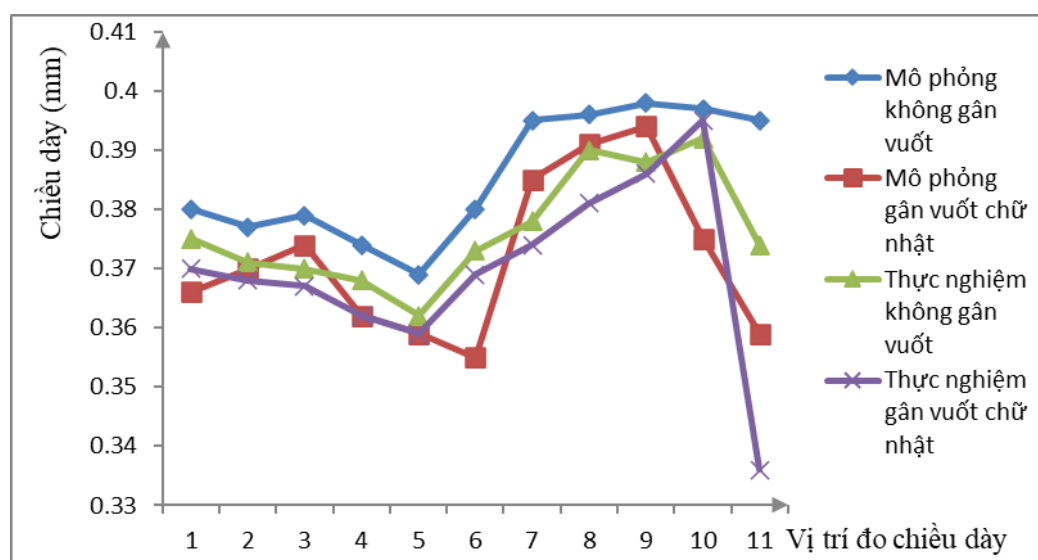
Tiến hành đo độ dày sản phẩm dập ở hình 6e tại 11 vị trí trên sản phẩm như hình 6d cùng với kết quả mô phỏng về phân bố chiều dày trên sản phẩm trong hình 5 được bảng 4. Tác giả không tiến hành thực nghiệm với gân vuốt hình tròn vì theo bảng 3 các kết quả tương đương.

Theo bảng 4, khi không sử dụng gân vuốt độ dày thành chi tiết thay đổi từ 0,362 mm đến 0,392 mm với các số liệu thực nghiệm, trong khi với các số liệu mô phỏng độ dày thay đổi từ 0,369 mm đến 0,398 mm. Đồ thị so sánh chiều dày cho các giá trị mô phỏng và thực nghiệm thể hiện trong hình 7a, hình 7b

Bảng 4. So sánh phân bố chiều dày

Vị trí	Chiều dày (mm)			
	Không gân vuốt		Gân vuốt chữ nhật	
	Mô phỏng	Thực nghiệm	Mô phỏng	Thực nghiệm
1	0,380	0,375	0,366	0,370
2	0,377	0,371	0,370	0,368
3	0,376	0,370	0,374	0,367
4	0,374	0,368	0,362	0,362
5	0,369	0,362	0,359	0,359
6	0,380	0,373	0,355	0,369
7	0,395	0,378	0,385	0,374
8	0,396	0,390	0,391	0,381
9	0,398	0,388	0,394	0,386
10	0,397	0,392	0,375	0,390
11	0,395	0,374	0,351	0,376

Theo hình 7 trong trường hợp sử dụng gân vuốt thì chiều dày nhỏ nhất ở cả mô phỏng và thực nghiệm xuất hiện ở vị trí số 5 và số 11 của sản phẩm sau dập. Vị số 5 là tại bán kính lượn của chày, số 11 tương ứng tại vị trí phôi đi qua gân vuốt. Điều này chứng tỏ gân vuốt giúp tăng trở lực kéo phôi làm cho biên dạng côn của chi tiết được rõ nét và chống nhăn.



Hình 7. Đồ thị so sánh chiều dày

Hiện tượng nhăn chỉ xuất hiện bên ngoài gân vuốt, phần này sẽ được cắt bỏ sau khi dập. Khi không dùng gân vuốt thì chiều dày nhỏ nhất ở vị trí số 5 tức là phôi chỉ được kéo căng tại vị trí lân cận bán kính lượn của chày nên đường sinh chi tiết sẽ không được rõ nét. Cả mô phỏng và thực nghiệm đều cho thấy không dùng gân vuốt đường phân bố chiều dày luôn nằm phía trên tức phôi tấm ít bị biến dạng. Các số liệu mô phỏng và thực nghiệm khá tương đồng. Theo [3] khi dập chi tiết hình bán cầu, theo [8] khi dập chi tiết hình dạng phức tạp như tấm ốp



bầu lọc gió xe máy, vị trí gân vuốt là ở giữa mặt cối hoặc vành chặn nhưng khi dập hình côn thấp vị trí hợp lý lại sát mép cối còn các vị trí khác thì biến dạng quá nhỏ (bảng 3 và hình 4) nên không đảm bảo kéo căng phôi từ đó biến dạng hình côn sẽ không rõ nét.

Theo hình 6e và [3] khi dập có gân vuốt sản phẩm bị nhăn ở phía ngoài gân vuốt sẽ được cắt bỏ đi sau dập, còn ở phần côn hoàn toàn giống như thiết kế hình 2a và các phân tích ở hình 7 cho thấy sản phẩm không bị rách và không bị biến mỏng quá mức cho phép. Muốn phần ngoài gân vuốt không bị nhăn phải tăng lực chặn nhưng sẽ làm phôi bị rách ở phần gân vuốt.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả trên tác giả rút ra kết luận như sau:

Chi tiết hình côn thấp là chi tiết có sự đàn hồi lớn sau dập do chiều cao tương đối nhỏ (tác giả lựa chọn chi tiết hình có đường kính đáy lớn là 60 mm, chiều sâu 10 mm nên việc sử dụng gân vuốt là rất cần thiết.

Tác giả đã chọn được vị trí hợp lý của gân vuốt là ở sát mép cối còn các vị trí khác đều không hiệu quả vì biến dạng như nhau chỉ khoảng 5%, phân bố ứng suất và chiều dày gần như nhau, điều này khác với các nghiên cứu khác như [2, 3,10] gân vuốt ở vị trí giữa cối. Tác giả cũng lựa chọn được hình dạng và kích thước của gân vuốt đối với chi tiết hình côn thấp

Việc giảm chiều dày thành cho thấy gân vuốt cung cấp lực giữ lại để hạn chế dòng chảy kim loại tằm.

Tác giả mô phỏng và thực nghiệm với chi tiết hình côn thấp với chi tiết cụ thể cho thấy biến dạng gân vuốt có ảnh hưởng đến quá trình dập nhưng không đáng kể lượng sai khác chỉ khoảng 4,5%

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài cấp trường mã số T2021-CK-013.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Z. Marciniak, J.L. Duncan, S.J. Hu, *Mechanics of Sheet Metal Forming*, Butterworth-Heinemann, 2002.
- [2]. Narmeen Zuhair Hussein, Hani Aziz Ameen, Ali Hassan Saleh, Effect of the location of draw bead and its profile in cylindrical cup forming, 3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques, 881 (2020) 1-19. <https://doi.org/0.1088/1757-899X/881/1/012054>
- [3] G. Murali, M. Gopal, A. Rajadurai, Effect of circular and rectangular drawbeads in hemispherical cup forming, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 4 (2010) 356 - 360.
- [3]. Meng Bao, Wan Min, Wu Xiangdong, Yuan Sheng, Xu Xudong, Liu Jie, Inner wrinkling control in hydrodynamic deep drawing of an irregular surface part using drawbeads, *Chinese Journal of Aeronautics*, 27 (2014) 697 -707.
- [5]. R. Dwivedi, G. Agnihotri, Study of deep drawing process parameters, *Materialstoday Proceedings*, 4 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.091>

- [6]. I. Gil, L. Galdos, J. Mendiguren, N. Otegi, E. Saenz de Argandona, Drawbead uplift force analytical model for deep drawing operations, IOP Publishing, 1063 (2018) 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1063/1/012177>
- [7]. Nguyễn Đắc Trung, Phạm Văn Nghệ, Phạm Hà Dương, Ứng dụng gân vuốt trong công nghệ dập tạo hình các chi tiết phức tạp, Tạp chí Khoa học & Công nghệ các trường đại học, 56 (2006) 74-78.
- [8]. Nguyễn Văn Hưởng, Nghiên cứu ảnh hưởng của gân vuốt khi dập tạo hình chi tiết hình dạng phức tạp và mô phỏng bằng phần mềm Dynaform 5.6, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Số đặc biệt, 2015.
- [9]. Nguyễn Mậu Đăng, Công nghệ tạo hình kim loại tấm, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2004.
- [10]. R.H. Wagoner, H. Lim, M.G. Lee, Advanced issues in springback, International Journal of Plasticity, 45 (2013) 3-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijplas.2012.08.006>
- [11]. V.L Martrenco, Võ Trần Khúc Nhã biên dịch, Sổ tay thiết kế khuôn dập tấm, Nhà xuất bản Hải Phòng, 2005.