

# ỨNG XỬ KHÁC NHAU CỦA VẬT LIỆU ĐỒNG VÀ THÉP TRONG DẬP THỦY TĨNH PHÔI TẮM

## DIFFERENT BEHAVIORS OF COPPER AND STEEL IN HYDROSTATIC FORMING FOR SHEET METAL

Nguyễn Thị Thu<sup>1,\*</sup>,  
Nguyễn Văn Thành<sup>2</sup>, Đinh Văn Duy<sup>1</sup>

### TÓM TẮT

Trong công nghệ dập thủy tĩnh chi tiết dạng vỏ mỏng, vật liệu là một trong những yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến quá trình tạo hình cũng như chất lượng sản phẩm. Vì vậy, nghiên cứu để thấy ứng xử của vật liệu khi tạo hình bằng dập thủy tĩnh cũng là một hướng nghiên cứu cần quan tâm sâu sắc. Hiện nay, các chi tiết dạng vỏ mỏng của xe ô tô phổ biến được chế tạo bằng vật liệu thép dập, một số chi tiết nhỏ khác được chế tạo bằng đồng. Việc tìm ra phương pháp tối ưu, thích hợp để biến dạng các loại vật liệu trên cũng là một trong những giải pháp tiết kiệm năng lượng và giá thành - điều mà các nhà sản xuất quan tâm hàng đầu. Với những lí do trên, chúng tôi sử dụng hai loại vật liệu này để khảo sát ứng xử hay nói cách khác là quá trình biến dạng của chúng bằng phương pháp dập thủy tĩnh phôi tấm.

**Từ khóa:** Phương pháp dập thủy tĩnh, phôi tấm, vỏ mỏng, đồng, thép.

### ABSTRACT

In hydrostatic forming for thin-shell part, material is one of the factors influencing forming process and part quality. Thus, research on material behavior in hydrostatic forming process needs to be paid attention. At present, typical thin-shell parts in a car are manufactured of steel, some other small parts are of copper. Finding an optimal suitable method for forming parts of these materials is also a solution to reduce energy consumption and production cost, which are interested in the most. Therefore, these two kinds of material are used to investigate their behavior, or their deformation by hydrostatic forming for sheet metal. Comparison between their deformation partly explains why steel is used more widely than copper.

**Keywords:** Hydrostatic forming, sheet metal, thin shell, copper, steel.

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: nguyenthithu1986@gmail.com

Ngày nhận bài: 14/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/04/2018

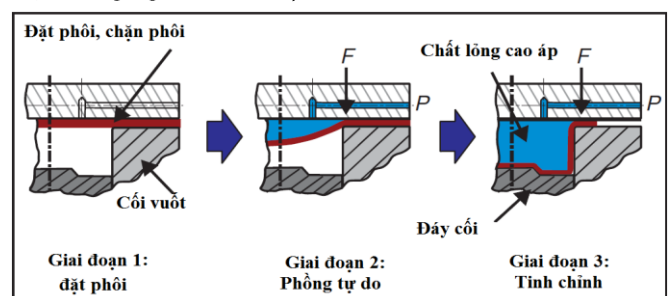
Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dập thủy tĩnh là công nghệ sử dụng chất lỏng áp suất cao để tạo hình sản phẩm theo biên dạng của cối (hình 1). Đây là một công nghệ tiên tiến, xuất hiện từ đầu thế kỉ 20 nhưng đến những năm 1990 mới bắt đầu được ứng dụng và phát triển mạnh mẽ đặc biệt trong ngành ô tô tại những

nước Bắc Mỹ và Châu Âu [1]. Công nghệ này phù hợp với sản xuất các chi tiết vỏ mỏng có biên dạng phức tạp dạng ống hoặc dạng tấm (hình 2). Ngày nay, sự bùng nổ của công nghiệp ô tô đã cho thấy tính đúng đắn và ưu việt khi áp dụng công nghệ này trong sản xuất.

Vật liệu được sử dụng trong công nghệ dập thủy tĩnh rất đa dạng, tuy nhiên đều có đặc điểm chung đó là kim loại hoặc hợp kim có tính dẻo, tức là có độ dẻo nhất định. Vật liệu được dùng để sản xuất các chi tiết vỏ mỏng thuộc xe ô tô phổ biến đó là thép (thép dập), nhôm, hợp kim nhôm, đồng, một số dòng xe cao cấp được sản xuất bằng vật liệu composit hoặc vật liệu nano. Ở đây, chúng tôi muốn đề cập tới loại vật liệu phổ biến hiện nay đó là thép và đồng. Đây là hai vật liệu được sử dụng nhiều không chỉ trong công nghiệp sản xuất ô tô, nó còn được ứng dụng rất nhiều trong thực tế các ngành khác như quân sự, y tế, hóa học. Vậy ứng xử của hai vật liệu này có gì giống và khác nhau trong quá trình dập thủy tĩnh? Vấn đề đó sẽ được bàn luận trong nghiên cứu này.



Hình 1. Quá trình dập thủy tĩnh phôi tấm [2]

Hình 1 thể hiện quá trình dập thủy tĩnh phôi tấm được chia làm ba giai đoạn:

- Giai đoạn 1 đóng khuôn: Lực đóng khuôn được tạo ra từ máy ép sẽ có tác dụng chống nhả phần vành phôi và làm kín tránh rò rỉ chất lỏng trong quá trình tạo hình thủy tĩnh.
- Giai đoạn 2 tạo hình tự do: Sau khi đóng khuôn chất lỏng cao áp sẽ được bơm vào lòng cối, áp suất thủy tĩnh sẽ tác dụng đều lên toàn bộ bề mặt phôi, phôi sẽ biến dạng tự do trong lòng cối đến khi chạm đáy cối.
- Giai đoạn 3 hiệu chỉnh: Chất lỏng tiếp tục được tăng áp suất, đến một giá trị áp suất nào đó phôi sẽ biến dạng

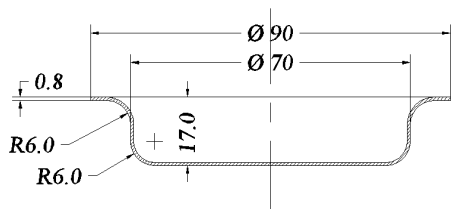
đẻo theo đầy đủ biên dạng của lòng cối, giá trị áp suất phải đủ lớn để phôi có thể điền đầy hoàn toàn theo các bán kính lượn của cối.



Hình 2. Một vài chi tiết vỏ xe ô tô [3]

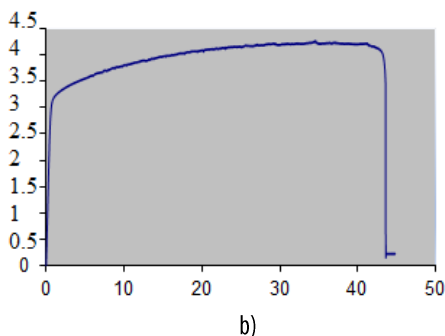
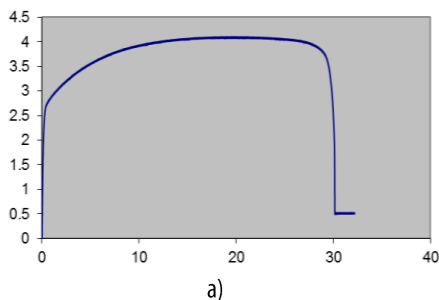
**2. BÀI TOÁN**

Cho chi tiết cốt trụ như hình 3.



Hình 3. Chi tiết cốt trụ sử dụng trong mô hình thí nghiệm

Vật liệu để tạo hình ra chi tiết: thép DC04 và đồng laton (loại phổ biến) có đồ thị ứng suất biến dạng như hình 4 a,b.



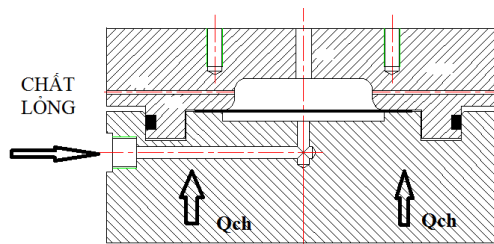
Hình 4. Đường cong ứng suất - biến dạng của thép DC04 (a) và đồng Laton (b)

Yêu cầu bài toán đặt ra: sử dụng công nghệ dập thủy tĩnh khảo sát khả năng biến dạng của chi tiết trên với hai vật liệu đưa ra, đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ ảnh hưởng tới khả năng biến dạng trong quá trình dập thủy tĩnh.

Sử dụng mô phỏng kết hợp thực nghiệm đang là phương pháp được sử dụng trong nhiều khảo sát hiện nay, nhất là trong lĩnh vực về gia công áp lực. Ở đây chúng tôi sử dụng phần mềm mô phỏng số LS Dynaform (phần mềm

chuyên dụng để mô phỏng quá trình dập tấm) kết hợp thực nghiệm để khảo sát, đánh giá sản phẩm.

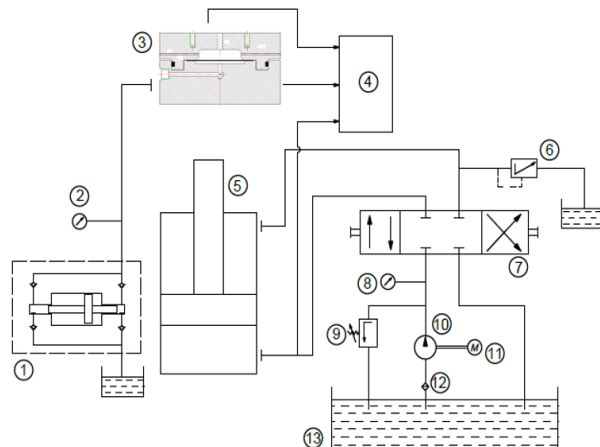
Xuất phát từ những yêu cầu trên, mô hình khuôn được đưa ra như hình 5.



Hình 5. Mô hình khuôn dập thủy tĩnh chi tiết trụ

Hệ thống thí nghiệm gồm 4 mô-đun được xây dựng như hình 6, bao gồm:

- Máy ép thủy lực
- Bơm tăng áp
- Hệ thống đo
- Khuôn thủy tĩnh



Hình 6. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Bơm cao áp                | 7. Van phân phối      |
| 2. Đồng hồ đo của bơm        | 8. Đồng hồ đo của máy |
| 3. Khuôn thủy tĩnh           | 9. Van tràn của máy   |
| 4. Hệ thống xử lý kết quả đo | 10. Bơm của máy       |
| 5. Máy ép                    | 11. Động cơ           |
| 6. Van an toàn               | 12. Lọc               |

Hệ thống thí nghiệm được xây dựng tại bộ môn Gia công áp lực - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (hình 7).



Hình 7. Hệ thống thí nghiệm

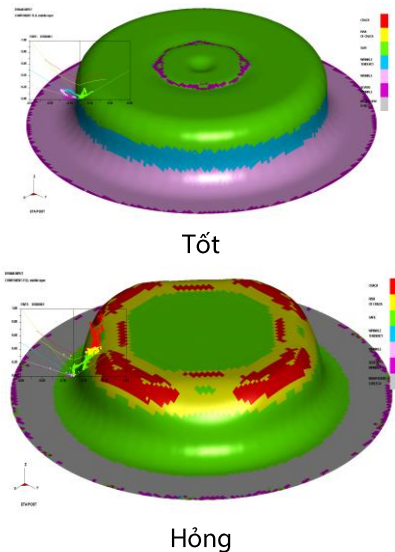
Khảo sát quá trình tạo hình sản phẩm bằng phương pháp dập thủy tĩnh trong hai trường hợp vật liệu thép DC04 và đồng Laton cho thấy ứng xử khác nhau khi tương tác với áp lực truyền từ chất lỏng của hai vật liệu trên.

**3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT**

**3.1. Ảnh hưởng của áp lực tạo hình P<sub>th</sub> và lực chặn Q<sub>ch</sub> đối với phôi thép DC04**

Tiến hành mô phỏng và thực nghiệm ảnh hưởng của áp lực tạo hình và lực chặn với chi tiết cốc trụ làm từ phôi thép DC04.

Hình ảnh mô phỏng cho chi tiết sử dụng phôi thép như trong hình 8.



Hình 8. Hình ảnh sản phẩm DC04 sau khi mô phỏng

Hình ảnh thực nghiệm cho chi tiết sử dụng phôi thép như hình 9.



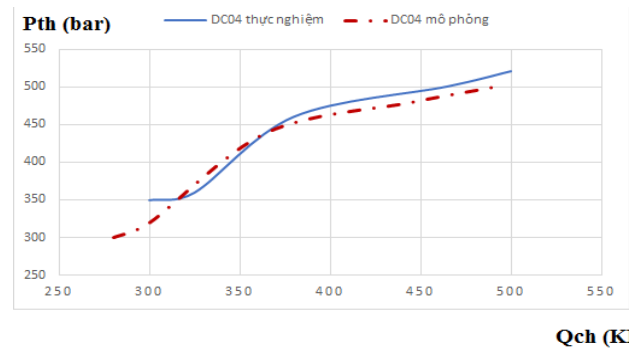
Hình 9. Hình ảnh sản phẩm DC04 sau khi thực nghiệm

Dựa vào kết quả mô phỏng và thực nghiệm, xây dựng được kết quả áp suất tạo hình và lực chặn thích hợp như trong bảng 1.

Bảng 1. Mối quan hệ giữa lực chặn và áp suất chất lỏng tạo hình trong trường hợp mô phỏng và thực nghiệm của thép DC04

Kết quả mô phỏng		Kết quả thực nghiệm	
Lực chặn Q <sub>chDC04</sub> (KN)	Áp suất tạo hình P <sub>thDC04</sub> (bar)	Lực chặn Q <sub>chDC04</sub> (KN)	Áp suất tạo hình P <sub>thDC04</sub> (bar)
280	300	300	350
300	320	325	360
365	440	380	460
445	480	465	500
490	500	500	520

Từ những kết quả trên, xây dựng đồ thị quan hệ đường cong áp suất tạo hình và lực chặn đối với phôi dập từ vật liệu thép (hình 10).



Hình 10. Quan hệ giữa lực chặn và áp suất chất lỏng tạo hình của thép DC04

Từ đồ thị hình 10 cho thấy xu hướng của mối quan hệ giữa lực chặn Q<sub>ch</sub> và áp suất chất lỏng tạo hình P<sub>th</sub>: lực chặn phôi tăng lên thì áp suất để tạo hình phôi theo biên dạng lòng cốc cũng tăng. Đồ thị hình 10 còn cho thấy kết quả khảo sát giữa mô phỏng và thực nghiệm là khá tương đồng với sai khác thấp. Điều này cho thấy độ tin cậy cao về kết quả cũng như phương pháp khảo sát. Dựa vào phương pháp nội suy, xây dựng được phương trình thực nghiệm của phôi DC04:

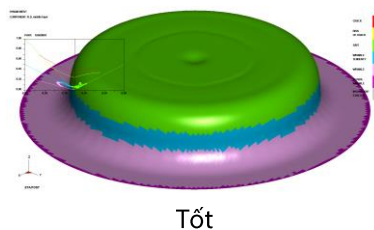
$$Y = -0,0038x^2 + 3,8978x - 489,98 \tag{1}$$

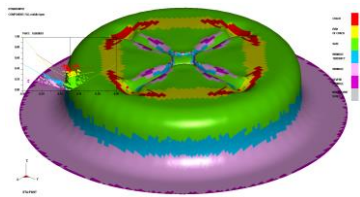
với hệ số tin cậy cao: R<sup>2</sup> = 0,9724

(xét trong miền Y = (350÷520) bar và x = (300÷500) KN)

**3.2. Ảnh hưởng của áp lực tạo hình P<sub>th</sub> và lực chặn Q<sub>ch</sub> đối với phôi đồng laton**

Tiến hành mô phỏng và thực nghiệm ảnh hưởng của áp lực tạo hình và lực chặn với chi tiết cốc trụ làm từ phôi đồng Laton.





Rách

Hình 11. Hình ảnh sản phẩm đồng sau khi mô phỏng

Hình ảnh mô phỏng cho chi tiết làm bằng đồng như trong hình 11.

Hình ảnh thực nghiệm cho chi tiết làm bằng đồng như trong hình 12.



Tốt

Rách

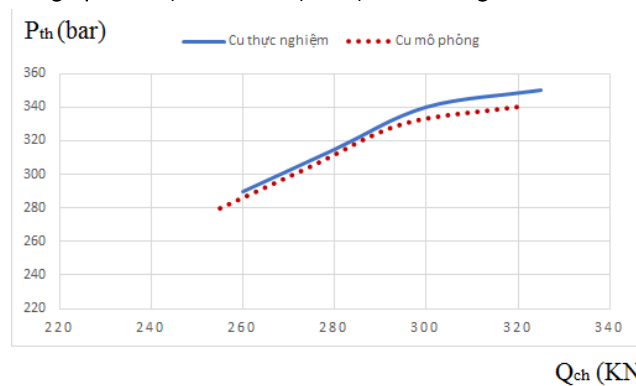
Hình 12. Hình ảnh sản phẩm đồng sau khi thực nghiệm

Dựa vào kết quả mô phỏng và thực nghiệm, xây dựng được kết quả áp suất tạo hình và lực chặn thích hợp như trong bảng 2.

Bảng 2. Mối quan hệ giữa lực chặn và áp suất chất lỏng tạo hình trong trường hợp mô phỏng và thực nghiệm của đồng

Kết quả mô phỏng		Kết quả thực nghiệm	
Lực chặn $Q_{chDCO4}(KN)$	Áp suất tạo hình $P_{thDCO4}(bar)$	Lực chặn $Q_{chDCO4}(KN)$	Áp suất tạo hình $P_{thDCO4}(bar)$
255	280	260	290
275	305	280	315
295	330	300	340
320	340	325	350

Từ những kết quả trên, xây dựng đồ thị quan hệ đường cong áp suất tạo hình và lực chặn của đồng (hình 13).



Hình 13. Quan hệ giữa lực chặn và áp suất chất lỏng tạo hình của phôi đồng.

Từ kết quả đồ thị hình 13 cho thấy xu hướng về mối quan hệ lực chặn tỷ lệ thuận với áp suất tạo hình giống như phôi thép DC04 đã khảo sát phần 3.1. Đồ thị cho thấy sự tương đồng cũng như sự sai khác không nhiều giữa mô phỏng và thực nghiệm nên cũng giống như trường hợp của phôi thép, việc khảo sát bằng phương pháp này cho độ tin cậy cao. Bằng phương pháp nội suy, xây dựng được hàm quan hệ thực nghiệm giữa lực chặn và áp suất chất lỏng, với miền khảo sát  $Y = (290 \div 350)$  bar và  $x = (260 \div 325)$  KN

$$Y = -0,0107x^2 + 7,1852x - 858,2 \quad (2)$$

với hệ số tin cậy cao:  $R^2 = 0,9937$

#### 4. KẾT LUẬN

Để biết được ứng xử của kim loại trong quá trình dập thủy tĩnh xảy ra như thế nào, chúng tôi đã tiến hành khảo sát hai loại phôi: thép và đồng với tính dẻo khác nhau. Kết quả khảo sát bằng phương pháp mô phỏng số kết hợp thực nghiệm cho thấy:

- Ứng xử của phôi thép và phôi đồng trong quá trình dập thủy tĩnh là giống nhau. Chúng ta thấy, xu hướng của các đường quan hệ giữa lực chặn và áp suất tạo hình ở hình 10 và hình 13 là giống nhau. Với mỗi loại phôi, chúng tôi đều tìm được miền giá trị thích hợp để tạo hình chi tiết thành công.

- Từ hai bảng khảo sát (bảng 1 và 2) ta thấy miền giá trị của lực chặn và áp suất tạo hình của phôi đồng nhỏ hơn của phôi thép. Điều này hoàn toàn hợp lý bởi khả năng biến dạng của phôi đồng tốt hơn của phôi thép, do vậy quá trình tạo hình diễn đầy lòng cối sẽ dễ dàng hơn, tổn ít công hơn.

- Xây dựng được các mối quan hệ giữa lực chặn và áp suất tạo hình của phôi thép và phôi đồng qua 2 hàm nội suy (1) và (2).

Tóm lại, kết quả khảo sát cho chúng ta có nhìn nhận một cách cụ thể về ứng xử của vật liệu thép và đồng. Cũng giống như trong dập vuốt thông thường, vật liệu nào dễ biến dạng, có tính dẻo tốt hơn thì khả năng dập tạo hình bằng chất lỏng cũng sẽ tốt hơn. Cũng với phương pháp mô phỏng kết hợp thực nghiệm này, chúng tôi có thể đưa vào khảo sát những yếu tố khác như biến mỏng, chiều sâu tạo hình, chiều dày phôi,... hoặc thay đổi vật liệu khảo sát. Đây cũng chính là hướng phát triển của những nghiên cứu sau này và sẽ được trình bày ở những công trình sau.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Koç, M. and Cora, O. N., 2008. "1 - Introduction and state of the art of hydroforming". in Koç, Muammer, Editor, Hydroforming for Advanced Manufacturing, Woodhead Publishing, pp. 1-29.  
 [2]. Taylan Altan, 2006. Processes for hydroforming sheet metal 1. Stamping Journal, (Feb 2006), Pages 40-41  
 [3]. A. KOCANĐA, H. SADŁOWSKA, 2008. Automotive component development by means of hydroforming. Archives of civil and mechanical engineering - Vol VIII.