

Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến mức độ biến mỏng của sản phẩm trong quá trình dập thủy tĩnh phiê tằm

Research on effect of technological parameters on the thinning of the sheet metal in hydrostatic forming

Nguyễn Thị Thu^{1,*}, Nguyễn Văn Thành²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyenthithu1986@gmail.com

Tóm tắt

Từ khóa:

Áp suất chất lỏng tạo hình;
Dập thủy tĩnh phiê tằm;
Lực chặn phiê; Thông số công nghệ.

Công nghệ dập thủy tĩnh là một trong những công nghệ tối ưu trong việc tạo hình các chi tiết vỏ mỏng hiện nay. Bằng việc sử dụng chất lỏng có áp suất cao tác dụng lên bề mặt phiê, khiến phiê biến dạng theo biên dạng của lòng cối, công nghệ này có thể tạo ra những sản phẩm dạng tằm có biên dạng phức tạp với một chu trình đơn giản. Tuy nhiên, dưới sự tác động của chất lỏng cao áp, phiê bị biến mỏng liên tục trong suốt quá trình tạo hình. Trong nghiên cứu này, sử dụng mô phỏng số với phần mềm Dynaform để khảo sát mức độ biến mỏng của chi tiết hình trụ từ vật liệu thép DC04, tiến hành trên 03 loại chiều dày vật liệu khác nhau: 0.8, 1.0 và 1.2mm. Kết quả nghiên cứu mô phỏng cho thấy, mức độ biến mỏng phụ thuộc rất nhiều vào áp suất chặn và áp suất tạo hình, khi tăng áp suất chặn thì áp suất tạo hình tăng theo và mức độ biến mỏng thành sản phẩm sẽ tăng lên.

Abstract

Keywords:

Blank holder pressure;
Forming fluid pressure;
Hydrostatic forming for sheet metal; Technological parameters.

Hydrostatic forming is one of optimal technologies applied for forming thin-shell parts. Using high-pressure fluid to deform sheet metal in accordance with die cavity profile, this technology is able to manufacture sheet products with complicated profile by a simple stroke. However, under the action of high-pressure fluid, the sheet metal is continuously thinned during forming process. In this study, Dynaform software was used to investigate the thinning of the cylindrical parts from DC04 steel material, on three different thicknesses: 0.8, 1.0 and 1.2mm. The simulation results show that the thinning depends much on the blank holder pressure and the forming fluid pressure. In particular, when the blank holder pressure increase, forming fluid pressure will rise and the thinning will grow.

Ngày nhận bài: 23/7/2018

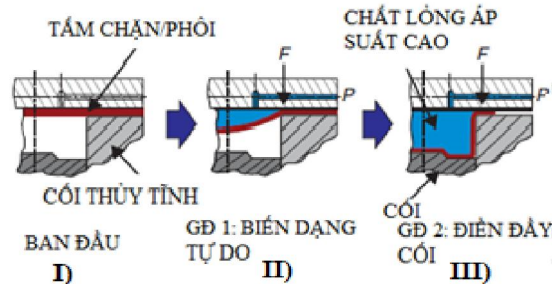
Ngày nhận bài sửa: 13/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 13/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Dập thủy tĩnh (DTT) là công nghệ sử dụng chất lỏng áp suất cao tác dụng lên bề mặt phiê, làm phiê tạo hình theo biên dạng của cối [1] (hình 1). Đây là công nghệ hiện được dùng để chế

tạo rất nhiều chi tiết từ phôi tấm đơn, tấm cặp và phôi ống mà công nghệ khác khó tạo hình được [2]. Đặc biệt, trong tạo hình chi tiết từ phôi tấm như vỏ xe ô tô, các dạng chi tiết biên dạng phức tạp, công nghệ này có những ưu điểm vượt trội.



Hình 1. Các giai đoạn của quá trình DTT phôi tấm [3]

Khác với công nghệ dập vuốt truyền thống, ở đây phôi chịu tác dụng trực tiếp của chất lỏng áp suất cao, luôn ở trạng thái kéo căng trong quá trình tạo hình, nên hiện tượng biến mỏng xảy ra mãnh liệt, đặc biệt trong giai đoạn tạo hình tự do. Lượng biến mỏng này khi vượt quá giới hạn cho phép có thể gây phá hủy sản phẩm.

Mức độ biến mỏng phụ thuộc vào nhiều thông số, đặc biệt là các thông số công nghệ như áp suất chặn, áp suất chất lỏng tạo hình. Trong phần nội dung bài báo dưới đây sẽ đề cập cụ thể mối quan hệ này.

2. XÂY DỰNG BÀI TOÁN KHẢO SÁT

2.1. Phương pháp khảo sát

- Sử dụng phương pháp mô phỏng số với phần mềm Dynaform để khảo sát.
- Mức độ biến mỏng được xác định:

$$\gamma_i = \frac{|\Delta S|}{S_0} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

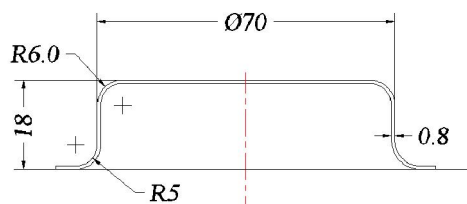
Với $|\Delta S| = |S_i - S_0|$

Trong đó: γ_i - Mức độ biến mỏng

S_0 - chiều dày phôi ban đầu; S_i - chiều dày tại các vị trí đo.

2.2. Chi tiết khảo sát

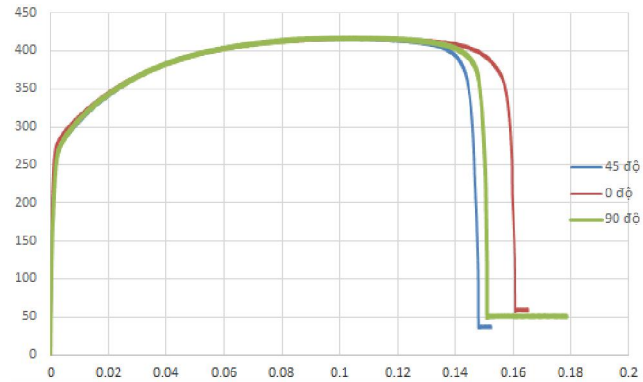
Chi tiết hình trụ (hình 2) - chi tiết điển hình trong công nghệ dập vuốt nói chung, được lựa chọn để khảo sát mức độ biến mỏng phụ thuộc vào các thông số công nghệ.



Hình 2. Chi tiết khảo sát

Vật liệu phôi: DC04 (tương đương 08kII), có đường cong thực nghiệm ứng suất - biến dạng như hình 3.

Đây là đồ thị thử kéo mẫu phôi thực tế của nghiên cứu theo 3 phương 0° , 45° , 90° . Đồ thị này được nhập vào phần mềm mô phỏng để cho kết quả chính xác so với thực tế.



Hình 3. Đường cong ứng suất - biến dạng của thép DC04

Chiều dày phôi khảo sát: $S_0 = 0,8; 1,0; 1,2$ mm. Đây là dải chiều dày tấm và là vật liệu phổ biến dùng trong dập vỏ mỏng.

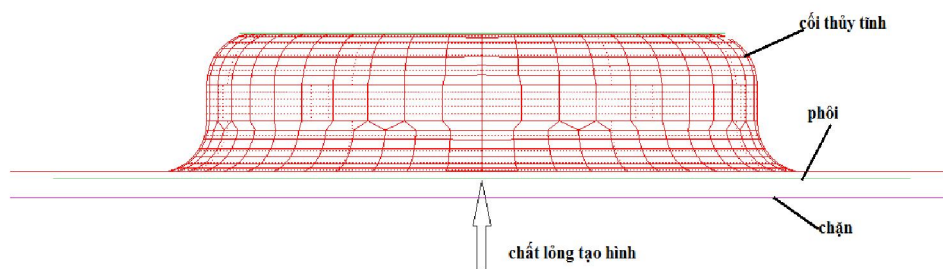
Với đường kính phôi tính được $D_0 = 110$ mm, chiều dày tương đối của phôi quy đổi là:

$$S^* = \frac{S_0}{D_0} * 100 \quad (2)$$

Như vậy, $S^* = 0,73; 0,91; 1,09$

2.3. Các điều kiện biên

Mô hình hình học của bài toán:



Hình 4. Mô hình hình học

Điều kiện tiếp xúc: Do đây là bài toán dập vuốt bằng chất lỏng cao áp nên việc kéo phôi vào từ vành phôi rất quan trọng nhằm giảm biến mỏng và tạo điều kiện thuận lợi cho ép sát lòng khuôn, nên hệ số ma sát giữa phôi và bề mặt cối cũng như giữa phôi là tấm chặn lựa chọn là $\mu = 0,2$.

Điều kiện biên chuyển vị:

Cối đứng yên;

Phôi bị kéo vào lòng cối dưới tác dụng của áp suất chất lỏng;

Quá trình kết thúc khi phôi điền đầy lòng cối.

Điều kiện biên áp suất:

Áp suất chặn Q_{ch} là áp suất xi lanh chặn tác dụng lên vành phôi, giữ cho phôi ổn định trong quá trình kéo phôi vào lòng cối, đồng thời giữ cho chất lỏng cao áp không thoát ra ngoài. Thay đổi áp suất chặn Q_{ch} sẽ làm thay đổi lực chặn.

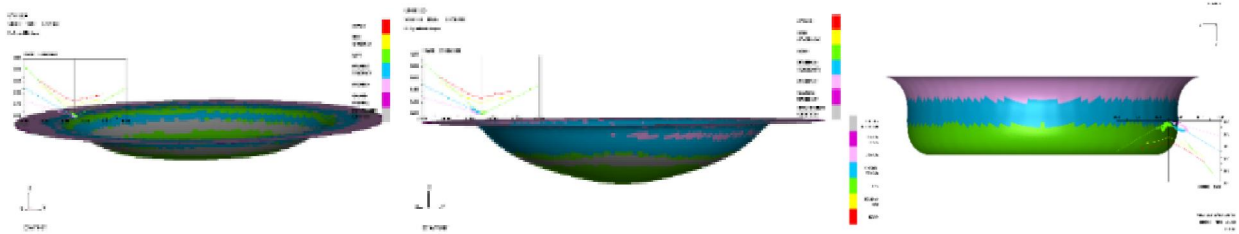
3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN MỨC ĐỘ BIẾN MỎNG CỦA SẢN PHẨM TRONG CÔNG NGHỆ DTT PHÔI TẮM

3.1. Xác định miền áp suất chặn và áp suất tạo hình thích hợp

Chỉ tiêu sản phẩm đạt yêu cầu:

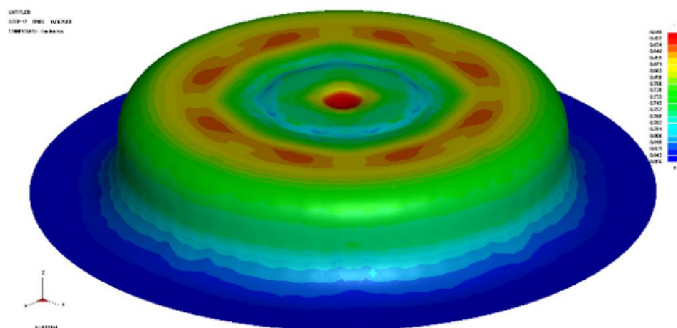
- Bán kính miệng cối, chiều cao, đường kính sản phẩm đạt kích thước như bản vẽ hình 5.
- Bán kính đáy cối $R_d = (6,0 \div 6,6)$ mm.
- Mức độ biến mỏng lớn nhất $\gamma_{max} \leq 20$ (%)

Quá trình tạo hình bằng công nghệ DTT phôi tẩm như sau:



Hình 5. Quá trình hình thành sản phẩm

Hình 5 cho thấy quá trình hình thành sản phẩm trong công nghệ DTT phôi tẩm bằng mô phỏng số. Phôi được biến dạng tự do, phồng lên đến khi chạm đáy thì bắt đầu tạo hình dạng trụ. Bởi quá trình tạo hình luôn có chất lỏng áp suất cao tác dụng lên bề mặt phôi, giữ phôi luôn ở trạng thái ứng suất kéo, nên sản phẩm biến mỏng mãnh liệt. Do vậy, sản phẩm bị biến mỏng nhiều phần đáy, biểu thị qua chỉ thị màu trên biểu đồ phân bố biến mỏng (hình 6).



Hình 6. Biểu đồ phân bố biến mỏng

Phần mềm mô phỏng số Dynaform sẽ hiển thị phân bố chiều dày sản phẩm, trong đó vị trí cao nhất màu đỏ trên cột phân bố hình 6 chỉ thị vị trí biến mỏng nhiều nhất. Dựa vào đây có thể xác định được mức độ biến mỏng lớn nhất trong từng trường hợp khảo sát.

Tiến hành mô phỏng lần lượt với các giá trị áp suất chặn trong khoảng khảo sát, với mỗi bước nhảy là $Q = 5$ bar, xác định được miền áp suất chặn hợp lý là:

$Q_{ch} = (80 \div 115)$ bar lựa chọn khoảng này vì phụ thuộc vào máy ép thực tế. Sau khi mô phỏng xác định xu hướng, nghiên cứu sẽ tiếp tục phát triển sang hướng thực nghiệm.

Tương ứng với mỗi giá trị áp suất chặn sẽ có được một giá trị áp suất tạo hình; miền áp suất tạo hình hợp lý là:

$$P_{th} = (355 \div 495) \text{ bar}$$

3.2. Khảo sát mối quan hệ giữa mức độ biến mỏng lớn nhất và các thông số công nghệ

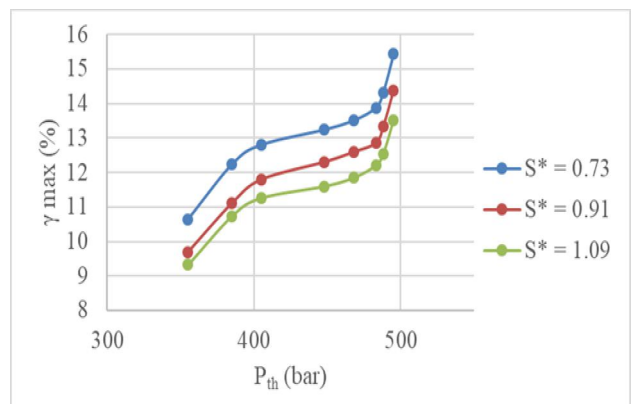
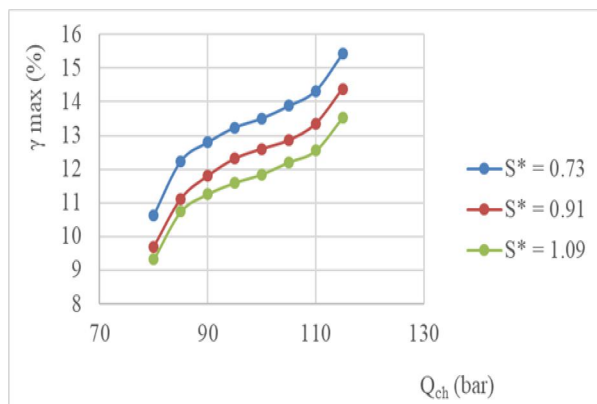
Trên biểu đồ phân bố chiều dày sản phẩm hình 6, xác định được vị trí biến mỏng lớn nhất là vùng đáy sản phẩm. Đây cũng là một đặc điểm khác với sản phẩm của công nghệ dập vuốt truyền thống (chày cứng - cối cứng).

Tiến hành mô phỏng, xác định mức độ biến mỏng lớn nhất của từng chiều dày vật liệu, kết quả đạt được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Mức độ biến mỏng lớn nhất của sản phẩm γ_{max}

Q_{ch} (bar)	P_{th} (bar)	$S^* = 0,73$	$S^* = 0,91$	$S^* = 1,09$
80	355	10,64	9,70	9,32
85	385	12,24	11,12	10,74
90	405	12,80	11,80	11,26
95	448	13,24	12,31	11,60
100	468	13,51	12,60	11,85
105	483	13,88	12,86	12,21
110	488	14,33	13,35	12,55
115	495	15,43	14,39	13,53

Từ kết quả được trình bày trong bảng 1, xây dựng được đồ thị biểu diễn mối quan hệ như hình 7.



Hình 7. Mức độ biến mỏng phụ thuộc vào áp suất chặn **Hình 8.** Mức độ biến mỏng phụ thuộc vào áp suất tạo hình

Đồ thị hình 7 và hình 8 cho thấy xu hướng quan hệ đồng biến giữa mức độ biến mỏng và các thông số công nghệ, cụ thể là áp suất chặn Q_{ch} và áp suất tạo hình P_{th} .

Khi tăng áp suất chặn và áp suất tạo hình thì mức độ biến mỏng sẽ tăng. Mức độ biến mỏng tăng nhanh ở giai đoạn đầu ($Q_{ch} < 90$ bar và $P_{th} < 400$ bar) và giai đoạn cuối tạo hình ($Q_{ch} > 110$ bar và $P_{th} > 480$ bar). Hiện tượng này được giải thích như sau: tại miền giá trị áp suất chặn $Q_{ch} = (90 \div 110)$ bar tương ứng miền giá trị áp suất tạo hình $P_{th} = (400 \div 480)$ bar, phôi thuận lợi kéo vào lòng cối do vậy mức độ biến mỏng không có nhiều thay đổi, với các miền còn lại, phôi kéo vào khó khăn hơn, do vậy mức độ biến mỏng tăng nhiều hơn, thể hiện ở đường đồ thị dốc hơn.

Các đồ thị cũng chỉ ra rằng, với phôi có chiều dày tương đối lớn hơn thì mức độ biến mỏng sẽ nhỏ hơn.

4. KẾT LUẬN

Qua quá trình khảo sát, kết quả mô phỏng cho thấy sự phân bố chiều dày sản phẩm trong quá trình DTT phôi tấm. Biến mỏng xảy ra trên toàn bộ phần thân và đáy sản phẩm, đặc biệt nhiều nhất tại vùng chuyển tiếp từ đáy sang bán kính góc lượn đáy sản phẩm.

Kết quả khảo sát cũng cho thấy xu hướng phụ thuộc của mức độ biến mỏng lớn nhất vào các thông số công nghệ. Mức độ biến mỏng càng lớn khi áp suất chặn lớn hoặc khi áp suất tạo hình lớn.

Ngoài ra, trong điều kiện khảo sát, chiều dày tương đối của phôi có ảnh hưởng đến mức độ biến mỏng. Chiều dày tương đối của phôi càng lớn thì mức độ biến mỏng càng giảm.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Bộ môn Gia công áp lực - Viện Cơ khí - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trong nghiên cứu.

DANH MỤC DANH PHÁP/KÝ HIỆU

S^*	: Chiều dày tương đối của phôi (%)
S_o	: Chiều dày ban đầu của phôi (mm)
S_i	: Chiều dày tại vị trí đo của sản phẩm (mm)
Q_{ch}	: Áp suất chặn (bar)
P_{th}	: Áp suất tạo hình (bar)
γ_{max}	: Mức độ biến mỏng lớn nhất (%)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Văn Nghệ, *Công nghệ dập thủy tĩnh*. NXB Bách khoa HN (2006)
- [2]. Koç, M. and Cora, O. N. *Introduction and state of the art of hydroforming*. in Koç, Muammer, Editor, *Hydroforming for Advanced Manufacturing*, Woodhead Publishing (2008), pp. 1-29.
- [3]. Altan, T. and Tekkaya, A.E. *Sheet metal forming process and applications*. ASM International, (2012).