

Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng sản phẩm trong công nghệ dập thủy tĩnh phiêi tấm bằng mô phỏng số

Research on the effect of technology parameters on the product quality in hydrostatic forming for sheet metal by simulation

Trần Hải Đăng¹, Vũ Hoa Kỳ¹, Nguyễn Thị Liễu¹, Nguyễn Thị Thu²

*Email: dangctts@gmail.com

¹Trường Đại học Sao Đỏ

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài: 12/4/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2021

Tóm tắt

Dập thủy tĩnh phiêi tấm là công nghệ tạo hình ấn tượng được sử dụng phổ biến trong tạo hình các chi tiết vỏ mỏng trong công nghiệp ô tô. Với những đặc tính ưu việt như giảm số nguyên công, đảm bảo chất lượng bề mặt, tăng độ cứng vững,... công nghệ này đang được chú trọng phát triển trên thế giới. Trong công nghệ này, áp suất chất lỏng và áp suất chặn có vai trò quan trọng trong việc tạo hình sản phẩm. Tuy nhiên, các yếu tố này lại có mối quan hệ phụ thuộc lẫn nhau và với một số yếu tố khác, có thể kể đến vật liệu phiêi, hình dạng hình học của khuôn, khả năng làm kín của khuôn,... Những mối quan hệ này tương tác qua lại nhau và ảnh hưởng đến việc tạo hình cũng như độ chính xác của sản phẩm. Bằng phương pháp mô phỏng số, mối quan hệ giữa áp suất chất lỏng với các thông số công nghệ bao gồm áp suất chặn vành phiêi và bán kính tương đối tại đáy của sản phẩm sẽ được thể hiện trong bài báo này. Kết quả có ý nghĩa trong việc dự đoán và kiểm soát quá trình tạo hình nhằm đạt được chất lượng sản phẩm tốt.

Từ khóa: Dập thủy tĩnh; áp suất chất lỏng; áp suất chặn.

Abstract

In recent years, hydrostatic forming for sheet metal has emerged as an impressive technology applied in the manufacture of shell parts in automobile industry due to its outstanding advantages. The technology can create products with good surface quality, reduce the number of forming tasks, as well as improve the rigidity of the product. In this technology, fluid pressure and blank holder pressure play an important role in product forming. However, these factors are interdependent and with a number of other factors, such as the workpiece material, geometry of the die, sealing ability of the die, etc. These relationships interact with each other and affect geometry and accuracy of product. In this study, the relationship between the liquid pressure and the blank holder pressure and the relative radius at the bottom of the product will be shown by graphs and functions. The results are meaningful in predicting and controlling the forming process to achieve good product quality.

Keywords: Hydrostatic forming; blank holder pressure; fluid forming.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

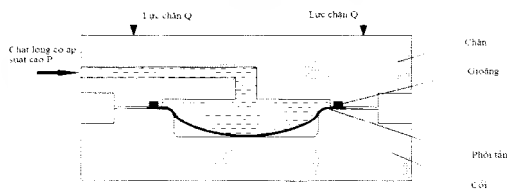
Dập thủy tĩnh (DTT) là công nghệ sử dụng nguồn chất lỏng công tác có áp suất cao (dầu, nước) có chức năng như chày dập tạo hình, tác dụng trực tiếp vào bề mặt phiêi tấm hoặc phiêi ống làm biến dạng dẻo phiêi

theo biên dạng của lòng cối để tạo hình chi tiết (chày chất lỏng - cối cứng) [1].

Dập thủy tĩnh phiêi tấm đơn giản hơn so với dập vượt thông thường (chày cứng - cối cứng) vì chỉ cần biên dạng của cối còn chất lỏng đóng vai trò là chày, chất lỏng cao áp sẽ tác dụng vào bề mặt phiêi, tạo hình các biên dạng góc ngách phức tạp mà công nghệ dập tạo hình truyền thống khó có thể thực hiện được [2-5].

Nguyên lý quá trình DTT phiêi tấm đơn được thể hiện trên Hình 1.

Người phản biện: 1. PGS. TS. Lê Thu Quý
2. PGS. TS. Trần Văn Địch



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý dập thủy tĩnh phiêi tằm

Trong công nghệ dập thủy lực, áp suất chất lỏng tạo hình là một trong những yếu tố quan trọng quyết định đến quá trình hình thành và chất lượng sản phẩm. Khác với quá trình tạo hình thông thường (chày cứng - cối cứng), trong công nghệ dập thủy lực cao áp, yếu tố này phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như vật liệu, chiều dày phiêi, hình dáng sản phẩm. Đặc biệt, trong công nghệ dập thủy tĩnh (một loại hình công nghệ dập thủy lực), chất lỏng này thay cho chày, có chức năng tạo hình phiêi theo biên dạng của cối, do đó, nó cần đạt một giá trị áp suất đủ lớn. Yếu tố này được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu với nhiều kết quả điển hình, đáng tin cậy.

Các nghiên cứu đến áp suất chất lỏng tạo hình đã được thực hiện bao gồm các phân tích, thí nghiệm, số, toán học và các phân tích khác của các quá trình xử lý khác nhau [6-8]. Karabegović, E., Poljak, J. [9] đã nghiên cứu mô hình toán học của áp suất chất lỏng tạo hình phụ thuộc vào 2 yếu tố là chiều dày và vật liệu khác nhau. Kết quả này có thể ứng dụng trong phạm vi nghiên cứu của bài báo. Liu Wei và cộng sự [10] cũng đưa ra đường cong áp suất tạo hình trong trường hợp

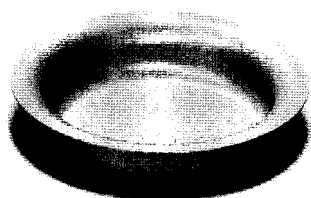
tạo hình chi tiết cặp dạng cầu, tuy nhiên mới dừng lại ở việc đưa ra các vùng áp suất tương ứng với các loại hình sản phẩm nhân, rách và sản phẩm đạt yêu cầu. Krux và cộng sự [11] cũng đã nghiên cứu quá trình tạo hình phiêi tằm, trong đó phiêi bị kéo từ phần vành vào lòng cối dưới tác dụng của áp suất chất lỏng tạo hình. Assempour và Emami (2009) [12] cũng đã nghiên cứu về điều khiển áp suất tạo hình trong dập bằng chất lỏng ứng dụng trong phạm vi của nghiên cứu.

Ở Việt Nam, công nghệ này đã được nghiên cứu cũng trên 20 năm, tuy nhiên do điều kiện trang thiết bị, công nghệ này gần đây mới được chú ý nhiều hơn. Do vậy, muốn khai thác tốt tính ứng dụng của nó, chúng ta cần nghiên cứu nhiều hơn, cụ thể hơn nữa về các đặc tính của công nghệ này. Hiện tại, cũng có một số nghiên cứu về công nghệ này cho tạo hình chi tiết dạng cầu, côn, bắt đối xứng. Trong khi đó, chi tiết có tính khái quát hơn là dạng trụ thì chưa có những nghiên cứu cụ thể. Vì vậy, để nắm được công nghệ này, chúng tôi nghiên cứu chi tiết dạng trụ thấp để khảo sát một số yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Với phương tiện là mô phỏng số, chúng tôi xét đến cụ thể ảnh hưởng của áp suất chất lỏng, áp lực chặn vành phiêi tới bán kính góc lượn tương đối ở đáy sản phẩm.

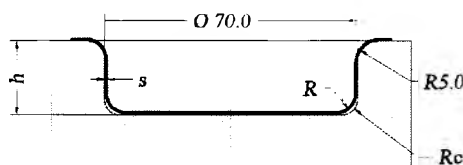
2. THIẾT LẬP BÀI TOÁN

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là chi tiết dạng trụ như Hình 2a. Trong công nghệ dập thủy tĩnh, sản phẩm được tạo hình theo biên dạng của cối Hình 2b. Đây là hình dạng cơ bản, điển hình trong các nghiên cứu về công nghệ tạo hình nói chung.



a. Sản phẩm



b. Cối thủy tĩnh

Hình 2. Sản phẩm được lựa chọn [13]

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng ở đây là mô phỏng số. Phần mềm Dynaform là phần mềm chuyên dụng cho mô phỏng dập tấm bởi tính tiện ích và kết quả chính xác cao. Do vậy, phần mềm này được lựa chọn để nghiên cứu bài toán dập thủy tĩnh trong bài báo này.

Mục tiêu của nghiên cứu: Xác định mối quan hệ giữa áp suất tạo hình và áp suất chặn, mối quan hệ giữa áp suất chặn và bán kính đáy sản phẩm.

Vật liệu sử dụng để nghiên cứu thực nghiệm là thép DC04 có chiều dày $S_0 = 0.8; 1.0; 1.2$ mm. Đây là vật

liệu chuyên dùng trong dập tấm và được sử dụng rất phổ biến trong công nghiệp ô tô, các tính chất của vật liệu như Bảng 1 và Bảng 2.

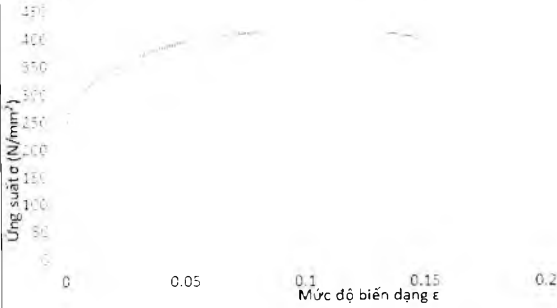
Bảng 1. Thành phần hóa học của thép DC04

Mác thép	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
DC04	max 0.08	max 0.4	max 0.03	max 0.03

Vật liệu DC04 đang xét có hệ số dập vượt tới hạn $m = 0.53$, như vậy việc lựa chọn kích thước sản phẩm và phiêi có hệ số dập vượt $m = 0.63$ là hợp lý để đủ dập 1 lần.

Bảng 2. Đặc tính kỹ thuật của thép DC04

Mác thép	Cơ tính				Mác thép tương đương
	σ_m (MPa)	σ_f (MPa)	δ (%)	ρ (kg/cm ³)	
DC04	314-412	210-280	38	$7.8 \cdot 10^{-3}$	Russia-GOST 08kp Japan- JIS SPCE



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

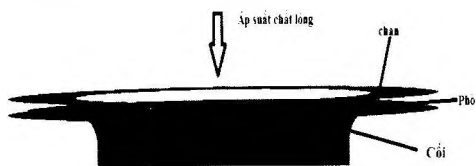
Vật liệu luôn là yếu tố đầu vào hết sức quan trọng và quyết định tính chính xác cũng như độ tin cậy của một quá trình công nghệ. Trong mô phỏng số cần đưa vào đường cong chảy và các thông số cơ học của vật liệu.

Phôi tấm được cán nguội, sau đó được ủ để đồng đều lại ứng suất. Giả thiết rằng vật liệu đẳng hướng. Khi thực hiện thí nghiệm thử cơ tính đối với vật liệu DC04, xác định được đường cong ứng suất và biến dạng của vật liệu như trên Hình 3.

2.2. Các thông số điều kiện biên và đầu ra của bài toán mô phỏng

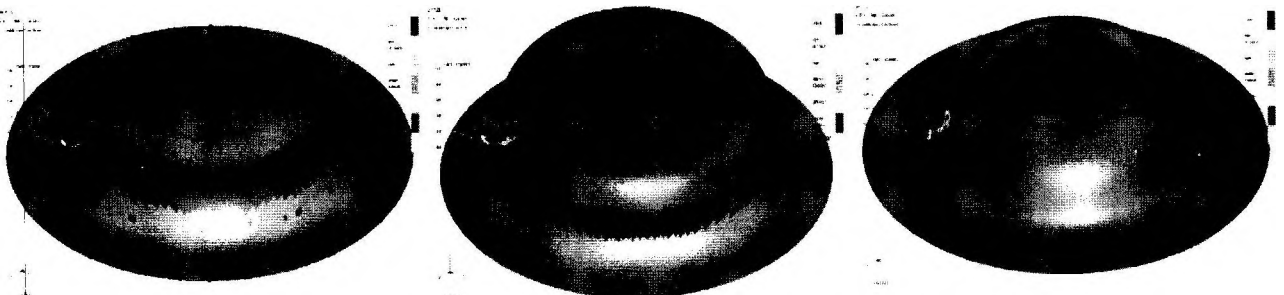
* Mô hình hình học

Mô hình hình học (bao gồm phôi, cối và chặn) dựa trên yêu cầu chính xác của sản phẩm và bề mặt khuôn dập tạo hình thực tế (Hình 4).



Hình 4. Mô hình hình học

Mô hình sau khi được thiết lập vào phần mềm Dynaform có thể tiến hành tính toán mô phỏng. Mô hình bài toán DTT tấm đơn được lựa chọn trong phần mềm.



Hình 5. Quá trình tạo hình sản phẩm

* Điều kiện chuyển vị

- Cối đứng yên;
- Phôi đặt trên bề mặt cối;
- Chặn đi xuống để chặn phôi;
- Quá trình kết thúc khi phôi được áp sát vào lòng cối.

* Các điều kiện về phôi và cối chất lỏng

Các thông số về phôi được cho trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số phôi

Vật liệu	DC04
Đường kính phôi D_0	110 mm
Chiều dày S_0	0.8 mm; 1.0 mm; 1.2 mm
Chiều dày tương đối $S^* = S_0 D_0 \cdot 100$	0.73; 0.91; 1.09

Sản phẩm được tạo hình bằng công nghệ DTT, do đó kích thước sản phẩm sẽ phụ thuộc vào kích thước của cối. Thay đổi kích thước về chiều sâu của cối, ta được các sản phẩm với mức độ tạo hình khác nhau.

Các thông số của cối chất lỏng được cho trong Bảng 4.

Bảng 4. Thông số của cối chất lỏng

Đường kính lòng cối d	70 mm
Chiều sâu cối h_i	16, 18, 20 mm
Bán kính miệng cối R_{mc}	5 mm
Bán kính đáy cối R_{dc}	6 mm
Chiều sâu tương đối của cối H^*	23; 26; 29

Áp suất tạo hình và áp suất chặn vành phôi có quan hệ mật thiết với nhau. Với một áp suất tạo hình xác định, sẽ tồn tại một giá trị lực chặn tối đa để chất lỏng không bị mất áp. Do vậy, thực tế việc tạo hình bán kính đáy sản phẩm R_d sẽ phụ thuộc vào các yếu tố như: Áp suất chặn (hay lực chặn), chiều sâu cối, chiều dày phôi, ma sát,...

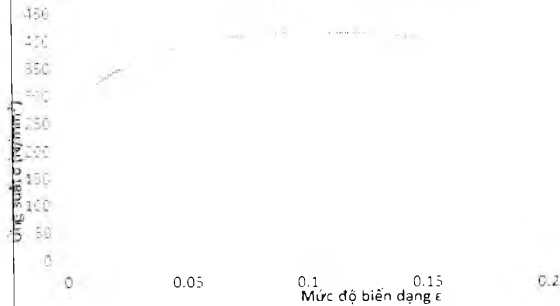
* Điều kiện tiếp xúc

Trong các mô phỏng dưới đây, để tình trạng bôi trơn tốt, hệ số ma sát được lấy là $\mu = 0.2$.

Quá trình tạo hình sản phẩm bằng mô phỏng số thể hiện qua Hình 5.

Bảng 2. Đặc tính kỹ thuật của thép DC04

Mác thép	Cơ tính				Mác thép tương đương
	σ_m (MPa)	σ_f (MPa)	δ (%)	ρ (kg/cm ³)	
DC04	314-412	210-280	38	$7.8 \cdot 10^{-3}$	Russia-GOST 08kp Japan- JIS SPCE



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

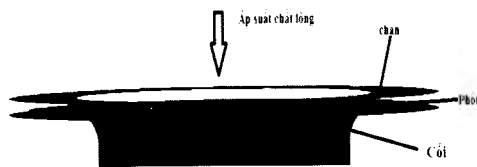
Vật liệu luôn là yếu tố đầu vào hết sức quan trọng và quyết định tính chính xác cũng như độ tin cậy của một quá trình công nghệ. Trong mô phỏng số cần đưa vào đường cong chảy và các thông số cơ học của vật liệu.

Phôi tấm được cán nguội, sau đó được ủ để đồng đều lại ứng suất. Giả thiết rằng vật liệu đẳng hướng. Khi thực hiện thí nghiệm thử cơ tính đối với vật liệu DC04, xác định được đường cong ứng suất và biến dạng của vật liệu như trên Hình 3.

2.2. Các thông số điều kiện biên và đầu ra của bài toán mô phỏng

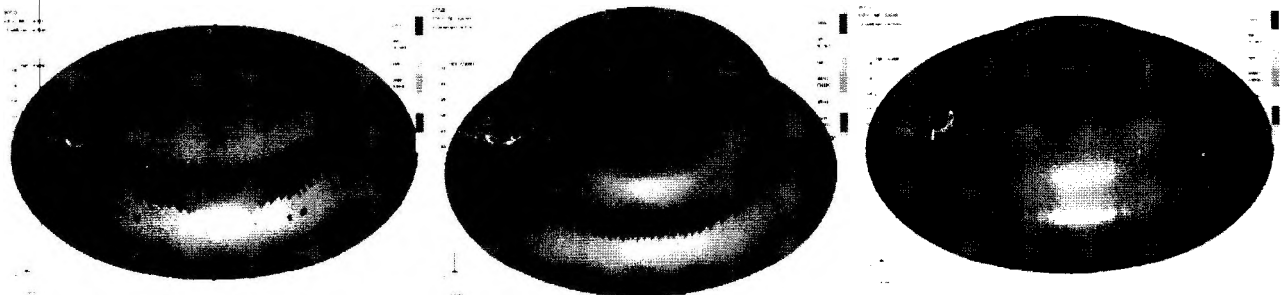
* Mô hình hình học

Mô hình hình học (bao gồm phôi, cối và chặn) dựa trên yêu cầu chính xác của sản phẩm và bề mặt khuôn dập tạo hình thực tế (Hình 4).



Hình 4. Mô hình hình học

Mô hình sau khi được thiết lập vào phần mềm Dynaform có thể tiến hành tính toán mô phỏng. Mô hình bài toán DTT tấm đơn được lựa chọn trong phần mềm.



Hình 5. Quá trình tạo hình sản phẩm

* Điều kiện chuyển vị

- Cối đứng yên;
- Phôi đặt trên bề mặt cối;
- Chặn đi xuống để chặn phôi;
- Quá trình kết thúc khi phôi được áp sát vào lòng cối.

* Các điều kiện về phôi và cối chất lỏng

Các thông số về phôi được cho trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số phôi

Vật liệu	DC04
Đường kính phôi D_0	110 mm
Chiều dày S_0	0.8 mm; 1.0 mm; 1.2 mm
Chiều dày tương đối $S^* = S_0 / D_0 \cdot 100$	0.73; 0.91; 1.09

Sản phẩm được tạo hình bằng công nghệ DTT, do đó kích thước sản phẩm sẽ phụ thuộc vào kích thước của cối. Thay đổi kích thước về chiều sâu của cối, ta được các sản phẩm với mức độ tạo hình khác nhau.

Các thông số của cối chất lỏng được cho trong Bảng 4.

Bảng 4. Thông số của cối chất lỏng

Đường kính lòng cối d	70 mm
Chiều sâu cối h_l	16, 18, 20 mm
Bán kính miệng cối R_{mc}	5 mm
Bán kính đáy cối R_{dc}	6 mm
Chiều sâu tương đối của cối H^*	23; 26; 29

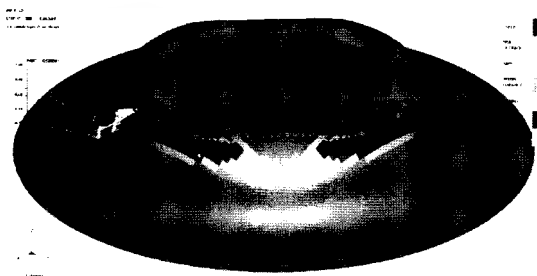
Áp suất tạo hình và áp suất chặn vành phôi có quan hệ mật thiết với nhau. Với một áp suất tạo hình xác định, sẽ tồn tại một giá trị lực chặn tối đa để chất lỏng không bị mất áp. Do vậy, thực tế việc tạo hình bán kính đáy sản phẩm R_d sẽ phụ thuộc vào các yếu tố như: Áp suất chặn (hay lực chặn), chiều sâu cối, chiều dày phôi, ma sát,...

* Điều kiện tiếp xúc

Trong các mô phỏng dưới đây, để tình trạng bôi trơn tốt, hệ số ma sát được lấy là $\mu = 0.2$.

Quá trình tạo hình sản phẩm bằng mô phỏng số thể hiện qua Hình 5.

Khi áp suất chặn tăng trên giá trị $Q_{ch} = 125$ bar kết quả mô phỏng Hình 6 cho thấy có sự thay đổi về màu sắc trên thân sản phẩm dập, vùng màu đỏ bắt đầu xuất hiện tại phần góc lượn chi tiết dập thể hiện sản phẩm có thể bị rách. Do đó, giá trị áp suất $Q_{ch} = 125$ bar được xác định là giới hạn tối đa của áp suất chặn.



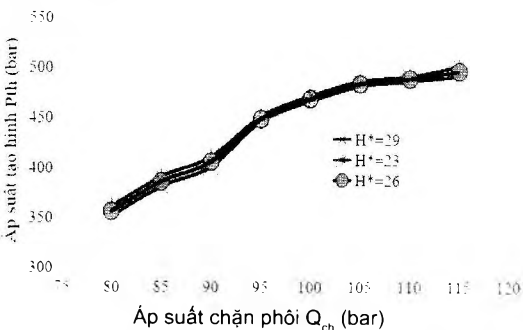
Hình 6. Sản phẩm bị rách tại áp suất chặn $Q_{ch} = 125$ bar

Qua nghiên cứu bằng mô phỏng, miền áp suất chặn được lựa chọn thích hợp để khảo sát cả 3 loại chiều dày phôi tương đối của phôi và 3 loại chiều sâu tương đối của cối là $Q_{ch} = (80 \div 115)$ bar.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và áp suất tạo hình P_{th}

Từ kết quả khảo sát miền giá trị mô phỏng trên, mối quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và áp suất tạo hình P_{th} được thiết lập.



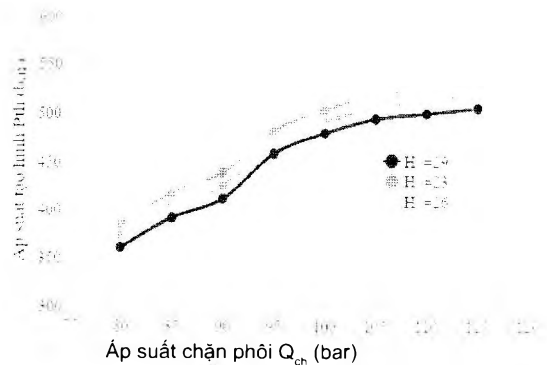
Hình 7. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa Q_{ch} và P_{th} khi $S^* = 0.73$

Đồ thị Hình 7 cho thấy trong quá trình DTT, áp suất chặn phôi tăng thì áp suất chất lỏng tạo hình tương ứng cũng tăng.

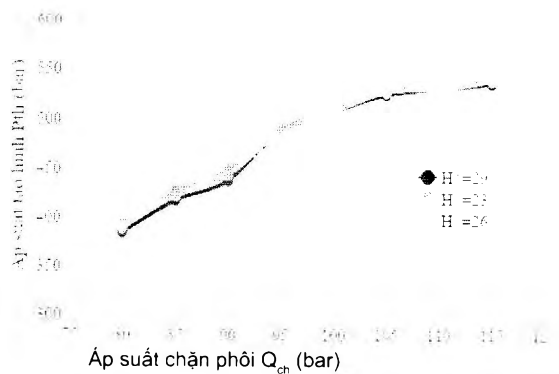
Ở cùng chiều sâu tương đối của cối, áp suất chặn Q_{ch} tỷ lệ thuận với áp suất chất lỏng tạo hình P_{th} . Ở các chiều sâu khác nhau, các đường đồ thị có dạng tương tự nhau, như vậy có nghĩa mối quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và áp suất tạo hình P_{th} luôn đồng biến trong các trường hợp được xét. Tuy nhiên, xét tại một giá trị áp suất chặn Q_{ch} , tương ứng với 3 mức chiều sâu

tương đối H^* sẽ có 3 giá trị áp suất tạo hình P_{th} . Ở chiều sâu tương đối H^* thấp hơn thì giá trị áp suất tạo hình P_{th} lại cao hơn.

Khảo sát tương tự cho các trường hợp khác chiều dày tương đối $S^* = 0.91$ và $S^* = 1.09$ xác định được giá trị áp suất tạo hình P_{th} cần thiết. Đồ thị quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và áp suất tạo hình P_{th} được xây dựng như trên Hình 8 và 9 như sau:



Hình 8. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa Q_{ch} và P_{th} khi $S^* = 0.91$



Hình 9. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa Q_{ch} và P_{th} khi $S^* = 1.09$

Qua các đồ thị Hình (7-9) cho thấy xu hướng áp suất chặn Q_{ch} tăng thì áp suất tạo hình P_{th} cũng tăng lên. Đồng thời các đồ thị cũng thể hiện rằng với cùng áp suất chặn, ở chiều sâu tương đối khác nhau thì giá trị áp suất chất lỏng tạo hình là khác nhau. Qua khảo sát, dải áp suất tạo hình phù hợp cho cả 3 loại chiều dày tương đối phôi được lựa chọn là $P_{th} = (350 \div 550)$ bar.

3.2. Xây dựng quan hệ áp suất chặn Q_{ch} với bán kính sản phẩm R_d

- Xét trường hợp $S^* = 0.73$ tại các cối có chiều sâu tương đối $H^* = 23; 26; 29$

Sau khi xác định được bán kính từng sản phẩm, đồ thị mối quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và bán kính đáy sản phẩm R_d , đồ thị giữa áp suất tạo hình P_{th} và

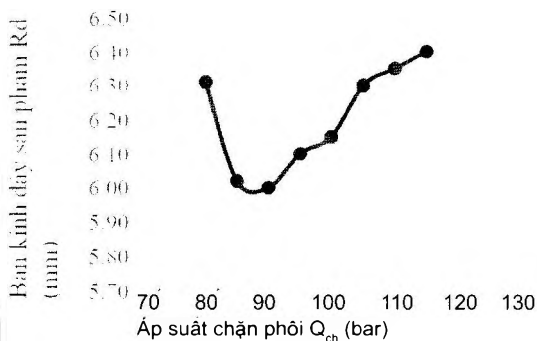
bán kính đáy sản phẩm R_d được xây dựng như trên Hình 10.

Qua các đồ thị Hình (7-9) cho thấy xu hướng áp suất chặn Q_{ch} tăng thì áp suất tạo hình P_{th} cũng tăng lên. Đồng thời các đồ thị cũng thể hiện rằng với cùng áp suất chặn, ở chiều sâu tương đối khác nhau thì giá trị áp suất chất lỏng tạo hình là khác nhau. Qua khảo sát, dải áp suất tạo hình phù hợp cho cả 3 loại chiều dày tương đối phù hợp được lựa chọn là $P_{th} = (350 \div 550)$ bar.

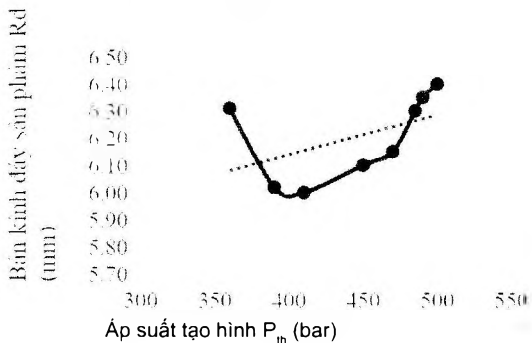
3.3. Xây dựng quan hệ áp suất chặn Q_{ch} với bán kính sản phẩm (R_d)

a. Xét trường hợp $S^* = 0.73$ tại các cối có chiều sâu tương đối $H^* = 23; 26; 29$

Sau khi xác định được bán kính từng sản phẩm, đồ thị mối quan hệ giữa áp suất chặn Q_{ch} và bán kính đáy sản phẩm R_d , đồ thị giữa áp suất tạo hình P_{th} và bán kính đáy sản phẩm R_d được xây dựng như trên Hình 10.



a. Q_{ch} và R_d



b. P_{th} và R_d

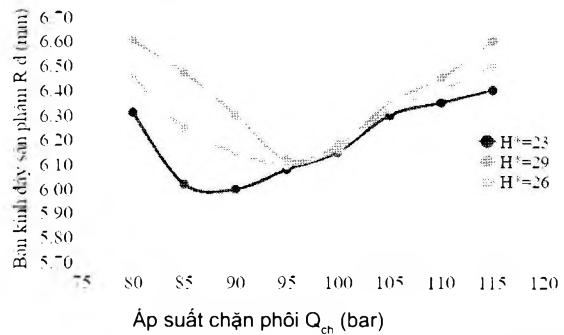
Hình 10. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa Q_{ch} và R_d ; P_{th} và R_d khi $H^* = 23$

Từ đồ thị Hình 10 cho thấy: Khi áp suất chặn $Q_{ch} = (80 \div 90)$ bar, tương ứng áp suất tạo hình $P_{th} = (360 \div 410)$ bar, áp suất tạo hình P_{th} càng cao thì bán kính đáy sản phẩm R_d hình thành càng nhỏ. Bởi áp suất chặn lúc này hợp lý, phù hợp cho việc thổi kéo vào và điền đầy đáy cối.

Khi áp suất chặn $Q_{ch} = (90 \div 115)$ bar tương ứng áp suất tạo hình $P_{th} = (410 \div 550)$ bar, áp suất tạo hình P_{th} càng cao thì bán kính đáy sản phẩm R_d cũng càng lớn theo. Nguyên nhân vì với áp suất tạo hình P_{th} cao, để tránh mất áp thì áp suất chặn Q_{ch} vành phôi khi đó cũng phải cao lên. Do đó, khi thổi kéo vào lòng cối sẽ khó khăn hơn, nên việc điền đầy vào đáy cối cũng khó hơn.

Giá trị áp suất chặn tối ưu cho trường hợp này để bán kính đáy đạt nhỏ là $Q_{ch} = 90$ bar tương ứng áp suất tạo hình $P_{th} = 410$ bar.

- Trường hợp $H^* = 26$ và $H^* = 29$: Tiến hành quá trình mô phỏng tương tự như trên, ta xây dựng được đồ thị quan hệ của áp suất chặn Q_{ch} và bán kính bán kính đáy sản phẩm R_d như trên Hình 11.



Hình 11. Mối quan hệ giữa Q_{ch} và R_d khi chiều dày tương đối của phôi $S^* = 0.73$

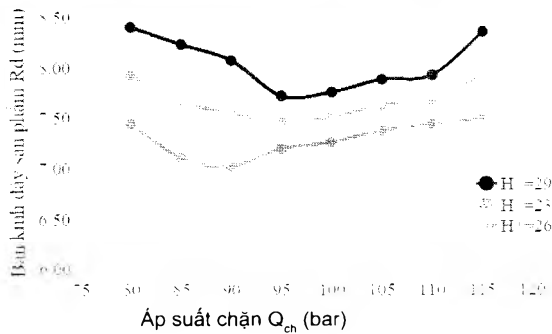
Từ đồ thị Hình 11 thấy rằng, mặc dù ở các chiều sâu tương đối H^* khác nhau, tuy nhiên quy luật phụ thuộc của bán kính góc lượn sản phẩm R_d vào áp suất chất chặn phôi Q_{ch} là tương tự như nhau.

Ở mỗi trường hợp chiều sâu tương đối H^* , đều tồn tại hai khoảng giá trị: R_d nghịch biến với Q_{ch} và R_d đồng biến với Q_{ch} . Điều này được giải thích tương tự như trường hợp $S^* = 0.73$ và $H^* = 23$, đó là ở khoảng giá trị ban đầu, áp suất chặn là phù hợp, vừa phải cho kim loại kéo vào. Dưới tác dụng của áp suất tạo hình P_{th} , việc điền đầy tạo bán kính đáy R_d nhỏ dần sẽ dễ dàng hơn. Ở giai đoạn sau, áp suất chặn Q_{ch} tăng cao, áp suất tạo hình P_{th} cũng tăng cao. Tuy nhiên, khi kéo phôi vào sẽ khó khăn hơn, do đó việc điền đầy bán kính đáy cối sẽ khó khăn hơn.

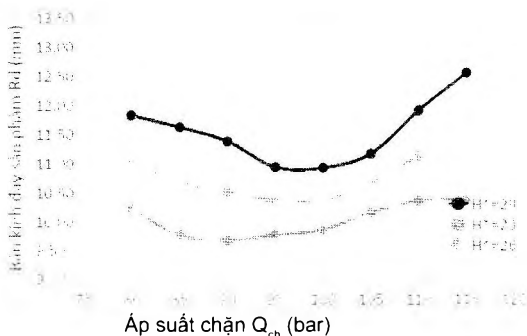
Như vậy, với mỗi chiều sâu tương đối của cối, luôn tồn tại giá trị áp suất chặn Q_{ch} tương ứng với áp suất tạo hình P_{th} phù hợp để sản phẩm đạt bán kính đáy R_d nhỏ nhất.

b. Xét trường hợp phôi có chiều dày tương đối $S^* = 0.91; 1.09$ tại các cối có chiều sâu tương đối $H^* = 23; 26; 29$

Tiến hành tương tự như phần (a), ảnh hưởng của áp suất chặn Q_{ch} đến việc tạo hình bán kính đáy sản phẩm R_d được xây dựng trên đồ thị Hình 12 và 13.



Hình 12. Mỗi quan hệ giữa Q_{ch} và R_d khi chiều dày tương đối của phôi $S^* = 0.91$



Hình 13. Mỗi quan hệ giữa Q_{ch} và R_d khi chiều dày tương đối của phôi $S^* = 1.09$

Tổng hợp từ 3 đồ thị Hình (11-13) cho thấy các dạng đường đồ thị thể hiện quan hệ giữa áp suất chặn phôi Q_{ch} và bán kính đáy R_d ở các trường hợp chiều dày tương đối thay đổi và chiều sâu tương đối thay đổi là tương tự như nhau.

Ảnh hưởng của áp suất chặn Q_{ch} đến bán kính đáy sản phẩm R_d chia làm 2 giai đoạn, bao gồm:

Giai đoạn 1: Áp suất chặn tăng thì bán kính đáy giảm thể hiện ở nửa đường đồ thị bên trái. Nguyên nhân do lực chặn hợp lý khi tăng dần, phôi dễ kéo vào lòng cối nên ngày càng áp sát theo biên dạng đáy cối.

Giai đoạn 2: Áp suất chặn tăng thì bán kính đáy tăng lên, thể hiện ở nửa đường đồ thị bên phải. Ở đây, nguyên nhân do áp suất chặn tăng, phôi khó kéo vào hơn nên việc áp sát biên dạng lòng cối cũng khó hơn.

4. KẾT LUẬN

Mô phỏng số cho thấy sự phụ thuộc, tác động qua lại lẫn nhau của các yếu tố công nghệ và ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến chất lượng sản phẩm trong quá trình dập thủy tĩnh phôi tấm.

Mô phỏng số với các điều kiện biên gần với thực tế sẽ giúp cho việc xác định miền làm việc của các thông số áp suất chặn Q_{ch} , áp suất lòng cối P_{th} cũng như đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số đầu vào (Q_{ch} , H^* , S^*) trong quá trình tạo hình.

Kết quả mô phỏng số cho phép xác định được mối quan hệ giữa các yếu tố được xét (Q_{ch} , H^* , S^*) với các yếu tố mục tiêu (R_d , P_{th}). Điều này giúp cho việc đánh giá kết quả về mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát khi dập thủy tĩnh.

Miền áp suất chặn hợp lý là $Q_{ch} = (80 \div 115)$ bar, tương ứng với miền áp suất tạo hình $P_{th} = (350 \div 550)$ bar sẽ làm cơ sở để xây dựng hệ thống thí nghiệm và khảo sát thực nghiệm ở các nghiên cứu khác.

Kết quả mô phỏng có thể dùng làm tài liệu tham khảo để xác định các mối quan hệ phụ thuộc giữa các yếu tố khảo sát khi dập thủy tĩnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J.Homberg, Werner (2000), *Untersuchungen zur Prozessführung und zum Fertigungssystem bei der Hochdruck-Blech-Umformung*, von der Fakultat Maschinenbau der Universität Dortmund zur Erlangung des Grades.
- [2]. J.Homberg, Werner (2000), *Untersuchungen zur Prozessführung und zum Fertigungssystem bei der Hochdruck-Blech-Umformung*, von der Fakultat Maschinenbau der Universität Dortmund zur Erlangung des Grades.
- [3]. Klaus Siegert*, Markus HaËussermann, Bruno LoËsch, Ralf Rieger (2000), *Recent developments in hydroforming technology*, Journal of Materials Processing Technology 98 251±258.
- [4]. Tolazzi M (2010), *Hydroforming applications in automotive: a review*, International, Journal of Material Forming. 3: 307-310. doi:10.1007/s12289-010-0768-2.
- [5]. Huiwen, H., Wang, J.-F, Fan, K.-T., Chen, T.-y., Wang, S.-Y. (2015), *Development of sheet hydroforming for making an automobile fuel tank*, In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture, Vol. 229, Doi: 10.1177/0954405414554666.
- [6]. Kocanda, A., Sadlowska, H. (2008), *Automotive component development by means of hydroforming*, Archives of civil and mechanical engineering, Vol. 8, No. 3, 55-72.
- [7]. Yaghoobi, A., Bakhshi-Jooybari, M., Gorji, A., Baseri, H. (2016), *Application of adaptive neuro fuzzy inference system and genetic algorithm for*

- pressure path optimization in sheet hydroforming process*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 86, No. 9, 2667-2677, doi: 10.1007/s00170-016-8349-2.
- [8]. Ashrafi, A., Khalili, K. (2016), *Investigation on the effects of process parameters in pulsating hydroforming using Taguchi method*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 230, No. 7, 1203-1212, doi: 10.1177/0954405415597831.
- [9]. Yang, L., Tao, Z., He, Y. (2015), *Prediction of loading path for tube hydroforming with radial crushing by combining genetic algorithm and bisection method*, Journal of engineering manufacture, Vol. 229, No. 1, 110-121, doi: 10.1177/0954405414523752.
- [10]. Karabegović, E., Poljak, J. (2016), *Experimental modeling of fluid pressure during hydroforming of welded plates*, Advances in Production Engineering & Management, Vol. 11, 345-354, doi: 10.14743/apem2016.4.232.
- [11]. LIU Wei, Gang LIU, Xiao-lei CUI, Yong-chao XU, Shi-jian YUAN (2011), *Formability influenced by process loading path of double sheet hydroforming*, Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 21: 465-469.
- [12]. Rainer Krux, Homberg Werner, Kalveram M., Trompeter Michael, Kleiner Matthias, Weinert Klaus (2005), *Die Surface Structures and Hydrostatic Pressure System for the Material Flow Control in High-Pressure Sheet Metal Forming*, Advanced Materials Research. 6-8: 385-392. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.68.385.
- [13]. Assempour, A., Emami, R.M. (2009), *Pressure estimation in the hydroforming process of sheet metal pairs with the method of upper bound analysis*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 209, No. 5, 2270-2276, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.05.020.
- [14]. Nguyễn Thị Thu, Nguyễn Văn Thành (2018), *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến mức độ biến mỏng của sản phẩm trong quá trình dập thủy tĩnh phiêu tằm*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí lần thứ V - VCME 2018.

THÔNG TIN TÁC GIẢ



Trần Hải Đăng

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2006: Tốt nghiệp Đại học ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên.
- + Năm 2010: Tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Công nghệ chế tạo máy, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Năm 2016: Tốt nghiệp Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Giảng viên khoa Cơ khí, Trường phòng Tuyển sinh, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Lĩnh vực quan tâm: Công nghệ vật liệu, công nghệ tạo hình vật liệu mới.
- Email: dangctts@gmail.com.
- Điện thoại: 0983 884 182.



Vũ Hoa Kỳ

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2004: Tốt nghiệp Đại học ngành Cơ khí nông nghiệp, Đại học Nông nghiệp I, Hà Nội (nay là Học viện Nông nghiệp Việt Nam).
- + Năm 2011: Tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Năm 2017: Tốt nghiệp Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Tổng hợp Kỹ thuật lâm nghiệp Saint Petersburg mang tên S.M. Kirov, LB Nga.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Giảng viên khoa Cơ khí, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Lĩnh vực quan tâm: Thiết kế máy, rung động máy.
- Email: kyhoavu@gmail.com.
- Điện thoại: 0905 402 122.



Nguyễn Thị Liễu

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2008: Tốt nghiệp Trường Đại học Nha Trang, ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí.
- + Năm 2013: Tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Công nghệ chế tạo máy, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Giảng viên khoa Cơ khí, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Lĩnh vực quan tâm: Cơ sở thiết kế máy và công nghệ chế tạo máy.
- Email: utlieu84@gmail.com.
- Điện thoại: 0936 587 695.



Nguyễn Thị Thu

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2009: Tốt nghiệp Đại học ngành Gia công áp lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Năm 2011: Tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Gia công áp lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Năm 2019: Tốt nghiệp Tiến sĩ ngành Kỹ thuật vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Giảng viên bộ môn Gia công áp lực, Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- Lĩnh vực quan tâm: Công nghệ tạo hình tấm; tạo hình các chi tiết bằng chất lỏng cao áp và chi tiết dạng micro.
- Email: thu.nguyenthi@hust.edu.vn.
- Điện thoại: 0976 512 385.