

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP LỰC CHẶN PHÔI KHI DẬP VUỐT THÉP KHÔNG GỈ 316L

Phạm Thị Hằng^{1*}, Nguyễn Công Nguyên¹

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, quá trình dập vuốt thép không gỉ 316L được mô hình hóa và mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Ảnh hưởng của áp lực chặn phôi đến chất lượng sản phẩm dập vuốt được đánh giá thông qua biên dạng chi tiết sau khi biến dạng, phân bố ứng suất, biến dạng dẻo, biến số phá hủy và hiện tượng biến mỏng, phá hủy, hình thành nếp nhăn trên sản phẩm khi tốc độ dịch chuyển của chày là 20 mm/s và hệ số ma sát giữa các chi tiết tiếp xúc là 0.05. Các kết quả thu được cho thấy áp lực chặn phôi ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng chi tiết dập vuốt. Khi áp lực chặn phôi lớn khoảng 1 MPa sẽ xuất hiện hiện tượng biến mỏng ở vùng chi tiết tiếp xúc với mép chày và dự đoán vật liệu sẽ phá hủy nếu tiếp tục tăng chiều sâu dập. Khi giảm áp lực chặn phôi xuống còn 0.2 MPa, hiện tượng biến mỏng giảm dần nhưng chi tiết gia công bị biến dạng nhiều nhất ở vùng bo góc của cối, trong khi đó vùng tiếp xúc với chày biến dạng dẻo ít hơn gây nên sự sai lệch biên dạng chi tiết gia công. Áp lực chặn phôi quá nhỏ sẽ làm xuất hiện các nếp nhăn ở vành của sản phẩm dập vuốt. Từ các kết quả thu được có thể đưa ra được thông số áp lực chặn phôi phù hợp cho trường hợp khảo sát trong nghiên cứu này là 0.5÷1 MPa.

Từ khóa: Dập vuốt, mô phỏng số, lực kẹp phôi, thép không gỉ 316L.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dập vuốt là một quá trình tạo hình kim loại tấm quan trọng, dùng để chế tạo các chi tiết rỗng có hình dạng cốc, hộp hoặc cong phức tạp từ tấm kim loại phẳng theo nguyên lý gia công áp lực (Tiwari et al., 2022; Kalujniy et al., 2025). Chi tiết dập vuốt được kẹp chặt trong một bộ khuôn gồm cối và tấm chặn chịu lực tác dụng của chày làm biến dạng dẻo vật liệu tạo hình sản phẩm theo biên dạng chày và cối. Phương pháp dập vuốt được sử dụng phổ biến do có nhiều ưu điểm như năng suất gia công lớn, không sinh ra phoi nên giảm thiểu lãng phí vật liệu và chi phí thấp hơn so với các phương pháp truyền thống như hàn hoặc gia công cắt gọt (Taskin et al., 2024). Tuy nhiên, chất lượng sản phẩm của quá trình dập vuốt phụ thuộc vào tính chất cơ học của vật liệu phôi và các thông số công nghệ như hình học của chày và cối, hệ số ma sát giữa các cặp chi tiết tiếp xúc, lực kẹp phôi, tốc độ chày và chiều cao dập vuốt (Müller et al., 2024). Trong số các yếu tố này, lực kẹp phôi đóng vai trò then chốt. Lực kẹp phôi có tác dụng ngăn chặn hiện tượng nhăn trên bề mặt sản phẩm. Tuy nhiên, khi lực kẹp phôi quá lớn sẽ làm tăng lực ma sát giữa tấm kẹp và phôi ở vùng bích có thể dẫn đến rách sản phẩm (Asgharpour et al., 2026). Do đó, nghiên cứu ảnh hưởng của lực kẹp phôi đến chất lượng sản phẩm dập vuốt là rất quan trọng.

Để có thể dự đoán được các lỗi hư hỏng sản phẩm với ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình dập vuốt, nhiều nghiên cứu mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn được thực hiện trong thời gian qua. Tác giả Chen et al. (2019) đã thực hiện mô hình hóa quá trình dập vuốt kim loại tấm với chi tiết đối xứng trục và mô phỏng xét đến ảnh hưởng của một số thông số công nghệ trong quá trình dập vuốt kim loại tấm cho hợp kim nhôm A6061. Tác giả Li et al. (2022) đã xem xét hiện tượng biến mỏng tại vị trí góc đáy của sản phẩm dạng hình chữ nhật bằng mô phỏng số cho hợp kim nhôm A2024. Ảnh hưởng của chiều sâu dập đến chất lượng của chi tiết không đối xứng trục với vật liệu được sử dụng là thép không gỉ 304 được nghiên cứu bởi Chen et al. (2022). Trong khi đó, Yoshihara et al. (2005) đã đánh giá ảnh hưởng của việc kiểm soát lực kẹp phôi trong quá trình dập tạo hình hợp kim magie bằng thực nghiệm và mô phỏng số. Demirci et al. (2008) đã tính toán và mô phỏng xác định khoảng lực kẹp phôi khi dập vuốt hợp kim nhôm A1050 để đảm bảo chi tiết dập vuốt không bị rách và bị nhăn. Trong nghiên cứu của Lazarescu và cộng sự (2015), ảnh hưởng của lực kẹp phôi đến lực dập vuốt trong quá trình dập vuốt chi tiết dạng trụ và dạng vuông đã được nghiên cứu thực nghiệm cho hợp kim nhôm AA6016-T4 và thép DC04.

Trong nghiên cứu này, quá trình dập vuốt thép không gỉ 316L được mô hình hóa và mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn áp dụng mô hình vật

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi

* Tác giả liên hệ

liệu biến dạng dẻo và mô hình phá hủy Johnson-Cook. Ảnh hưởng của áp lực chặn phôi đến chất lượng sản phẩm dập vuốt được đánh giá thông qua biến dạng chi tiết sau khi biến dạng, phân bố ứng suất, biến dạng dẻo, biến số phá hủy và hiện tượng biến mỏng, phá hủy, hình thành nếp nhăn trên sản phẩm. Nghiên cứu được thực hiện ở cùng các tốc độ dịch chuyển của chày là 20 mm/s và cùng hệ số ma sát giữa các chi tiết tiếp xúc là 0.05. Từ các kết quả thu được khi mô phỏng dập thép tấm bằng vật liệu AISI 316L sẽ đưa ra các nhận xét về ảnh hưởng của áp lực chặn phôi đến chất lượng sản phẩm dập vuốt

và lựa chọn được giá trị áp lực chặn phôi tối ưu để đạt chất lượng sản phẩm tốt hơn và khắc phục được các lỗi hư hỏng sản phẩm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

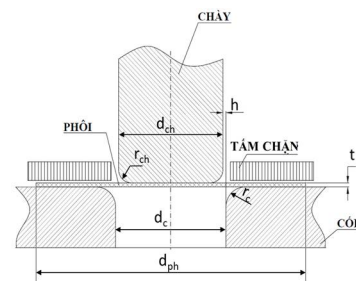
2.1. Mô hình hình học và thiết lập điều kiện biên

Hình 1 thể hiện mô hình dập vuốt bao gồm các chi tiết chính là chày, cối, tấm chặn và phôi. Phôi được kẹp chặt giữa tấm chặn và cối nhờ lực kẹp chặt có các thông số hình học thể hiện trên Bảng 1. Khi lực tác dụng xuống phôi thông qua chày làm cho phôi bị biến dạng theo biến dạng của cối và chày tác dụng tạo hình sản phẩm chi tiết gia công.

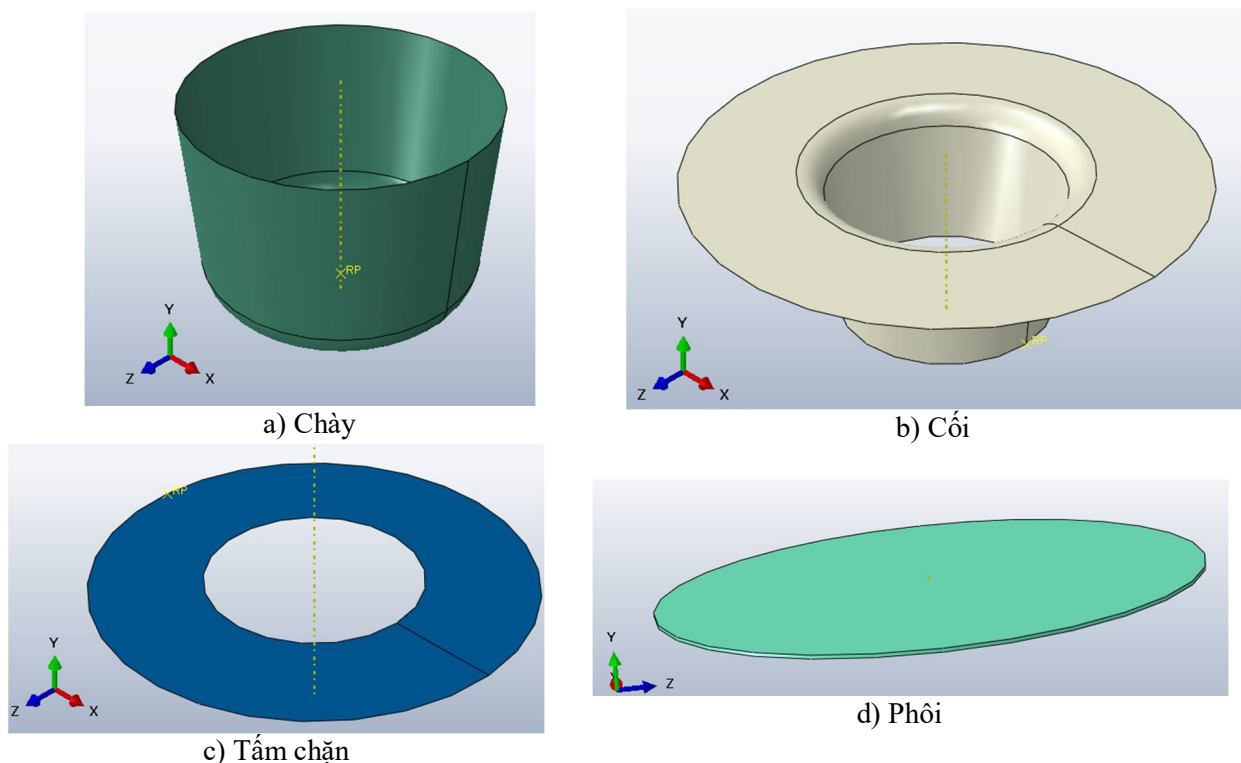
Bảng 1. Thông số hình học của mô hình dập vuốt

Thông số	Đường kính cối	Đường kính chày	Đường kính phôi	Bán kính góc bo chày	Bán kính góc bo cối	Khe hở chày và cối	Chiều dày phôi
Ký hiệu	d_c	d_{ch}	d_{ph}	r_{ch}	r_c	h	t
Giá trị (mm)	60	61	130	8	7	0.5	0.5

Từ mô hình dập vuốt trong thực tế, các chi tiết được mô hình hóa sử dụng trong mô phỏng và thể hiện trên Hình 2. Các chi tiết chày, cối, tấm chặn được thiết lập là vật cứng tuyệt đối, không gán vật liệu. Trong mô hình mô phỏng dập vuốt, chỉ có phôi được thiết lập là chi tiết có thể biến dạng có vật liệu là thép không gỉ 316L.



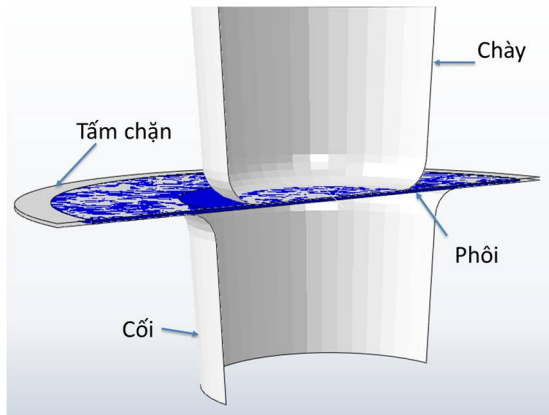
Hình 1. Mô hình dập vuốt



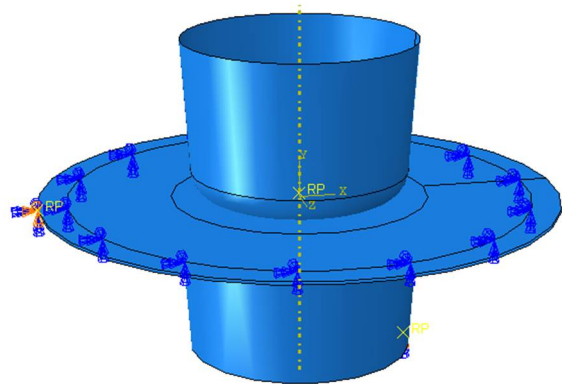
Hình 2. Mô hình hóa các chi tiết của mô hình mô phỏng

Từ các chi tiết được thiết lập trên Hình 2, lắp ghép lại để tạo ra được mô hình khuôn dập vuốt sử dụng cho quá trình mô phỏng dập vuốt kim loại tấm như Hình 3a với điều kiện biên được thể hiện trên Hình 3b. Trong mô hình mô phỏng, cối và tấm chặn được hạn chế 6 bậc tự do, coi là các chi tiết cố định. Chày được hạn chế 5 bậc tự do và có thể chuyển động tịnh tiến theo phương Y với tốc độ 20 mm/s tương ứng với tốc độ dập vuốt thường gặp trong thực tế. Phôi được hạn chế các bậc tự do xoay quanh 3 trục X, Y, Z và có thể chuyển động tịnh tiến theo 3 phương này. Các chi tiết chày, cối và tấm chặn được thiết lập dạng tấm và sử dụng dạng phần tử R3D4. Tấm chặn và cối có kích thước đường kính bằng

nhau. Còn phôi được thiết lập dạng khối có đường kính $\Phi 130$ mm và chiều dày 0.8 mm. Sử dụng dạng phần tử dạng khối 6 mặt, 8 nút C3D8R để chia lưới cho phôi. Hệ số ma sát giữa các cặp chi tiết trong mô hình được tham khảo trong nghiên cứu của Taskin et al. (2024) chày không thay đổi và đều được thiết lập là 0.05. Theo nghiên cứu này, lực chặn phôi trong thực nghiệm là khoảng $4000 \div 12000$ N khi dập vuốt thép không gỉ AISI430, tương đương với áp lực chặn phôi khoảng $0.3 \div 1$ MPa. Do đó, trong nghiên cứu này, áp lực chặn phôi ban đầu được lựa chọn ≤ 1 MPa để đánh giá ảnh hưởng của áp lực chặn phôi đến chất lượng dập vuốt áp dụng dập vuốt cho thép không gỉ 316L.



a) Mô hình lắp ghép



b) Thiết lập điều kiện biên

Hình 3. Mô hình dập vuốt khi mô phỏng

2.2. Mô hình vật liệu

Trong mô hình mô phỏng, chỉ có phôi là biến dạng với vật liệu là thép không gỉ AISI 316L có mô đun đàn hồi 193GPa và hệ số Poisson 0.3. Áp dụng mô hình biến dạng dẻo Johnson-Cook để mô phỏng quan hệ

ứng suất – biến dạng khi dập vuốt. Đây là mô hình biến dạng dẻo được dùng phổ biến cho vật liệu dẻo khi gia công áp lực, gia công cắt gọt. Theo mô hình Johnson-Cook (Johnson et al., 1983) quan hệ ứng suất – biến dạng được thể hiện qua công thức sau:

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n)(1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}) \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right] \quad (1)$$

Trong đó, σ là ứng suất, ε là tốc độ biến dạng dẻo, $\dot{\varepsilon}_0$ là tốc độ biến dạng tham khảo, T là nhiệt độ tuyệt đối, T_r là nhiệt độ phòng, T_m là nhiệt độ nóng chảy của vật liệu, A , B , C là các tham số vật liệu.

Ngoài ra, để nghiên cứu quá trình phá hủy của vật liệu khi gia công áp lực, mô hình phá hủy Johnson-Cook (Johnson et al., 1985) được áp dụng trong mô phỏng phần tử hữu hạn thông qua biến số phá hủy D được xác định theo công thức sau:

$$D = \sum \frac{\Delta \bar{\varepsilon}}{\bar{\varepsilon}_f} \quad (2)$$

$$\bar{\varepsilon}_f = [D_1 + D_2 \exp(D_3 \Sigma)] \left(1 + \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{D_4} \left(1 + D_5 \frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)$$

Trong đó, $\Delta \bar{\epsilon}$ là sự gia tăng độ biến dạng dẻo theo thời gian trong mô phỏng; $\bar{\epsilon}_f$ là độ biến dạng tương đương tại điểm phá hủy, $D_1 \sim D_5$ là các hằng số vật liệu.

Thông số biến dạng dẻo và thông số phá hủy Johnson-Cook được sử dụng cho vật liệu AISI 316L được tham khảo trong nghiên cứu của Elkaseer et al. (2019) với các thông số cho trong các Bảng 2 và 3.

Bảng 2. Thông số mô hình biến dạng dẻo

A(MPa)	B(MPa)	C	m	n	T _r (°K)	T _m (°K)	ϵ_0
490	600	0.015	0.6	0.21	1673	297	1

Bảng 3. Thông số mô hình phá hủy

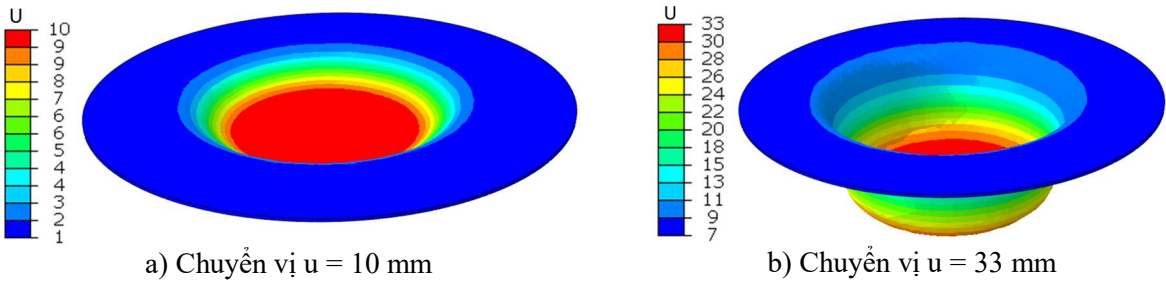
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	T _r (°K)	T _m (°K)
0.05	3.44	2.12	0.002	0	1673	297

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

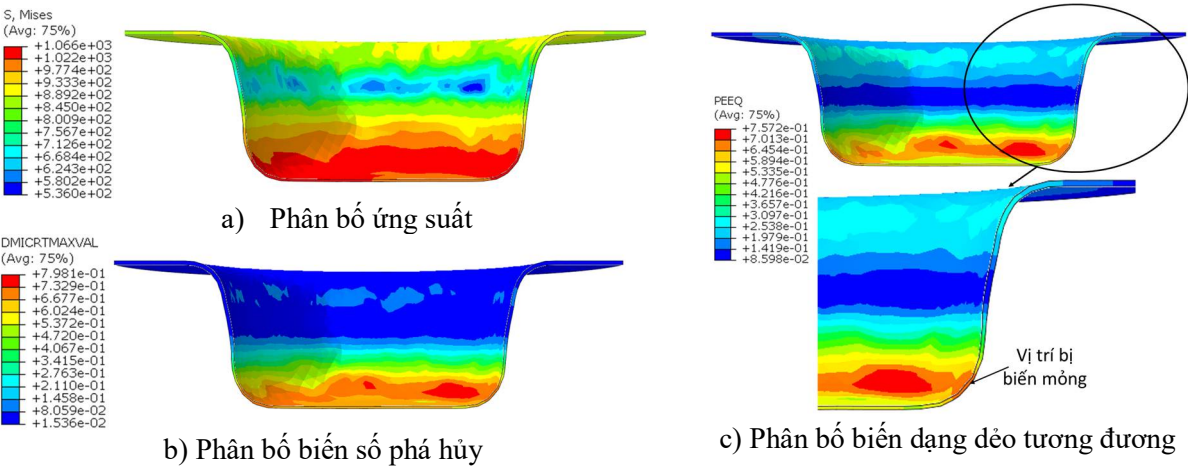
3.1. Kết quả mô phỏng với áp lực chặn phôi 1MPa

Trước hết, mô phỏng được thực hiện với hệ số ma sát giữa các cặp chi tiết tiếp xúc là 0.05 và áp lực chặn phôi là 1 MPa, tốc độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng của chày là 20 mm/s. Kết quả mô phỏng biến dạng của phôi trong quá trình dập vuốt ở các điểm chuyển vị khác nhau của chày được thể hiện trên Hình 4. Khi chày tác dụng lực xuống theo phương thẳng đứng, phôi sẽ bị biến dạng dẻo do ứng suất tác dụng vượt quá giới hạn chảy của thép không gỉ 316L. Biến dạng của phôi dần được hình thành theo biến dạng của chày và cuối cùng tạo nên sản phẩm dập vuốt.

Hình 5 thể hiện kết quả mô phỏng phân bố ứng suất, biến dạng dẻo tương đương và biến số phá hủy khi chày dịch chuyển xuống 33 mm. Có thể thấy rõ, ứng suất và biến dạng dẻo tập trung lớn nhất ở vùng đáy của sản phẩm gia công. Đáng chú ý, chi tiết bị biến mỏng lớn nhất ở vùng đáy khu vực tiếp xúc với mép chày. Tại vùng này, ứng suất kéo lớn nhất tập trung làm cho vật liệu dễ biến mỏng và dễ bị phá hủy nhất. Ngoài ra, biến số phá hủy lớn nhất cũng xuất hiện ở vùng này với giá trị 0.76. Như vậy có thể thấy sự tương đồng về mặt phân bố của ứng suất, biến dạng dẻo và biến số phá hủy thể hiện vùng nguy hiểm của vật liệu khi dập vuốt sâu xuống 33 mm.

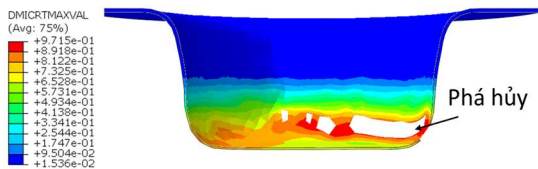


Hình 4. Biến dạng của phôi ở các điểm chuyển vị của chày



Hình 5. Phân bố ứng suất, biến số phá hủy và biến dạng dẻo tại u = 33mm

Hình 6 thể hiện phân bố biến số phá hủy tại điểm dịch chuyển của chày là 34 mm. Ở vị trí này, vết rách trên chi tiết gia công đã xuất hiện tại vùng tiếp xúc với mép chày nơi có ứng suất, biến dạng dẻo và biến số phá hủy lớn nhất như thể hiện trên Hình 5. Như vậy, với trường hợp áp lực chặn phôi là 1 MPa, phôi đã bị biến dạng với hình dạng mong muốn nhưng mức độ biến dạng bị giới hạn với chiều sâu sản phẩm khoảng 33 mm. Tiếp theo, chi tiết gia công sẽ bị biến mỏng và có thể dẫn đến phá hủy nếu chày tiếp tục dịch chuyển xuống.

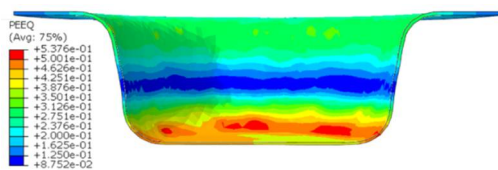


Hình 6. Phân bố biến số phá hủy tại $u = 34\text{mm}$

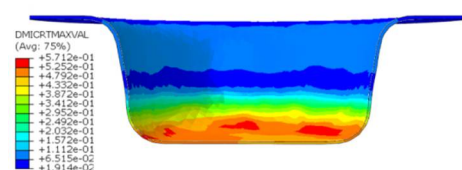
3.2. Kết quả mô phỏng khi thay đổi áp lực chặn phôi

Tiếp theo, mô phỏng thực hiện với sự thay đổi áp lực chặn phôi để xem xét ảnh hưởng của áp lực chặn

phôi đến chất lượng gia công. Hình 7 thể hiện kết quả phân bố biến dạng dẻo và biến số phá hủy khi chày dịch chuyển xuống 34 mm khi áp lực chặn phôi 0.5MPa. Rõ ràng là chi tiết gia công bị biến dạng và có hiện tượng biến mỏng giống như trường hợp áp lực chặn phôi 1 MPa nhưng khi giảm áp lực chặn phôi, sự phá hủy của chi tiết vẫn chưa xảy ra và độ biến mỏng chi tiết giảm khi cùng chuyển vị 34 mm. Tương tự hiện tượng này được quan sát trên Hình 8 với trường hợp áp lực chặn phôi giảm còn 0.2 MPa. Như vậy, khi giảm áp lực chặn phôi, cho phép gia công chi tiết với chiều sâu dập vuốt lớn hơn mà chi tiết không bị rách. Tuy nhiên, như thể hiện trên Hình 8, ứng suất và biến dạng dẻo đã thay đổi vùng phân bố tập trung khác biệt so với trường hợp áp lực chặn phôi 1 MPa và 0.5 MPa. Khi áp lực chặn phôi giảm còn 0.2 MPa, ứng suất và biến dạng dẻo tương đương tập trung ở vùng phía trên chi tiết gia công ở khu vực bo góc của cối. Điều này thể hiện phôi sẽ bị biến dạng dẻo lớn ở vùng này, sau đó độ biến dạng dẻo giảm dần. Như vậy, ở trường hợp áp lực chặn phôi này, biến dạng của chi tiết dập vuốt phụ thuộc rất lớn vào bán kính góc bo của cối.

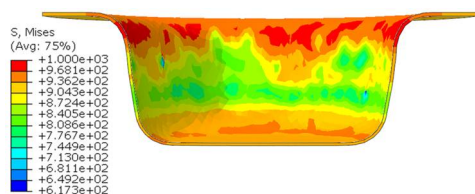


a) Phân bố biến dạng dẻo

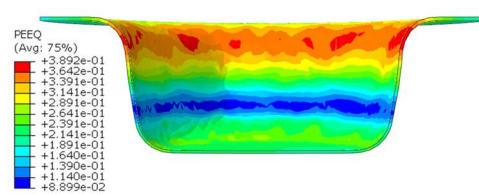


b) Phân bố biến số phá hủy

Hình 7. Phân bố biến dạng dẻo và biến số phá hủy tại $u = 34\text{ mm}$ khi áp lực chặn phôi 0.5MPa



a) Phân bố ứng suất



b) Phân bố biến dạng dẻo

Hình 8. Phân bố ứng suất và biến dạng dẻo tại $u = 34\text{mm}$ khi áp lực chặn phôi 0.2MPa

Như phân tích trên Hình 8, phôi bị biến dạng lớn ở vùng bán kính cong của cối và biến dạng nhỏ hơn ở vùng tiếp xúc với đầu chày. Do đó, biến dạng của chi tiết sau khi dập vuốt có thể bị sai khác so với biến dạng mong muốn tạo thành bởi biến dạng ngoài của chày và biến dạng trong của cối. Để làm rõ hơn ảnh hưởng của lực chặn phôi đến sự sai khác biến dạng chi tiết sau khi dập vuốt, kết quả mô phỏng được thể hiện trên Hình 9 trong các trường hợp áp lực chày khác nhau. Có thể thấy rõ, trường hợp áp lực chặn đủ lớn là 1 và 0.5 MPa cho kết quả biên

dạng chi tiết gia công khá sát với biên dạng của chày. Tuy nhiên, khi giảm áp lực chặn phôi xuống 0.2 MPa đã có sự sai khác biên dạng của chi tiết gia công và chày. Hiện tượng này rõ rệt hơn khi áp lực chặn phôi giảm còn 0.01 MPa.

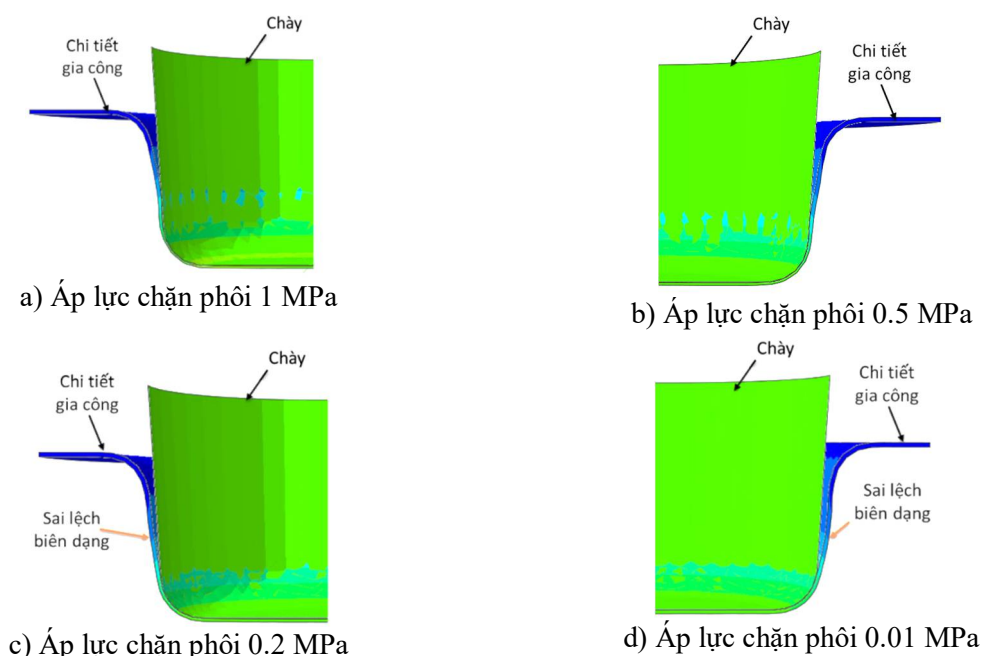
Hình 10 thể hiện kết quả mô phỏng phân bố biến dạng dẻo trên chi tiết gia công khi chày dịch chuyển xuống 34 mm và áp lực chặn phôi là 10 Pa. Trường hợp này hiện tượng biến mỏng của chi tiết giảm đáng kể, tuy nhiên đã xuất hiện rất nhiều nếp nhăn ở vùng kẹp phôi. Điều này chứng tỏ áp lực chặn phôi

quá nhỏ không đủ để kẹp chặt phôi giữa bề mặt phía trên của cối và tấm chặn làm cho vùng đó vật liệu bị biến dạng vòng vèo, tạo các nếp nhăn.

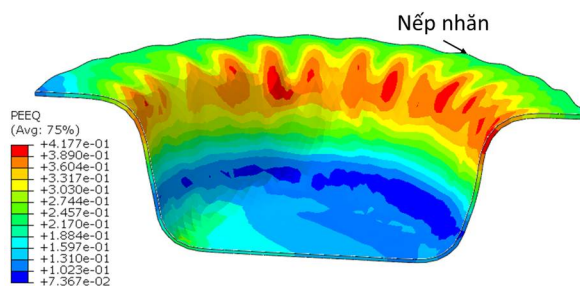
4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả nghiên cứu mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn có thể thấy áp lực chặn phôi ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng chi tiết tạo hình bằng phương pháp dập vuốt cho thép không gỉ 316L. Với trường hợp khảo sát trong nghiên cứu này, khi áp lực chặn phôi lớn khoảng 1 MPa sẽ cần giới hạn chiều sâu dập cho chi tiết gia công. Hiện tượng biến mỏng xuất hiện ở vùng chi tiết tiếp xúc với mép chày và dự đoán vật liệu sẽ phá hủy nếu

tiếp tục tăng chiều sâu dập. Khi giảm áp lực chặn phôi xuống còn 0.2 MPa, hiện tượng biến mỏng giảm dần nhưng chi tiết gia công bị biến dạng nhiều nhất ở vùng bo góc của cối, trong khi đó vùng tiếp xúc với chày biến dạng dẻo ít hơn gây nên sự sai lệch biến dạng chi tiết gia công. Khi áp lực chặn phôi quá nhỏ sẽ làm xuất hiện các nếp nhăn ở vành của sản phẩm dập vuốt. Từ các kết quả thu được có thể đưa ra được thông số áp lực chặn phôi phù hợp cho trường hợp khảo sát trong nghiên cứu này là 0.5 ± 1 MPa với hệ số ma sát giữa các cặp chi tiết tiếp xúc là 0.05 và tốc độ dịch chuyển của chày là 20 mm/s.



Hình 9. Ảnh hưởng của áp lực chặn phôi đến biến dạng chi tiết gia công



Hình 10. Phân bố biến dạng dẻo khi áp lực chặn phôi 10Pa

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Asgharpour A., Gorji H., Delpazir S.E., "Experimental and numerical investigation to determine the optimal blank-holder force in deep drawing process based on forming force for SS304L and St14 sheets", J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng., Vol. 46, pp. 349, 2024.
- Chen D., Zhao C., Chen X., Chen G., "Mechanical analysis of deformation law in the flange area of box-shaped parts during deep drawing", Machines, Vol. 10, no. 8, pp. 667, 2022.

- Chen P., Liu X., Huang M., Shi Z., Shan B., “Numerical simulation and experimental study on tribological properties of stamping die with triangular texture”, *Tribology International*, Vol. 132, pp. 244-252, 2019.
- Demirci H.I., Yaşar M., Demiray K., Karalı M., “The theoretical and experimental investigation of blank holder forces plate effect in deep drawing process of AL 1050 material”, *Materials & Design*, Vol. 29, no. 2, pp. 526-532, 2008.
- Elkaseer A., Abdelaziz A., Saber M., Nassef A., “FEM-based study of precision hard turning of stainless steel 316L”, *Materials*, Vol. 12, no. 16, pp. 2522, 2019.
- Johnson G.R., Cook W.H., “A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates, and high temperatures”, *Proceedings 7th International Symposium on Ballistics*, pp. 541-547, 1983.
- Johnson G.R., Cook W.H., “Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures”, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 21, pp. 31-48, 1985.
- Kalujniy O.V., Kalujniy V.L., Aliiev I.S., Markov O.E., Levchenko V.M., “Investigation of variants of deep drawing of steel hollow parts”, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Vol. 47, no. 1, pp. 19, 2025.
- Lazarescu L., Nicodim I., Comsa D.S., Banabic D., “Effect of the blank-holding load on the drawing force in the deep-drawing process of cylindrical and square cups”, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 760, pp. 379-384, 2015.
- Li J., Chen X., Chen X., Liu H., Liu X., “Deep drawing of a rectangular cup with a small radius at the bottom circular arc by employing a locally-thickened plate”, *Manufacturing Review*, Vol. 9, pp. 16, 2022.
- Müller M., Uhlmann L., Herrig T., Bergs T., “Numerical analysis of the dependence of damage on friction during deep drawing of asymmetric geometries”, *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, Vol. 8, pp. 100136, 2024.
- Taşkın A., Dengiz C.G., “Experimental and numerical optimization of deep drawing process parameters for square medical container design with the Taguchi method”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 132, no. 5, pp. 2643-2659, 2024.
- Tiwari P.R., Rathore A., Bodkhe M.G., “Factors affecting the deep drawing process—A review”, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 56, pp. 2902-2908, 2022.
- Yoshihara S., Manabe K., Nishimura H., “Effect of blank holder force control in deep-drawing process of magnesium alloy sheet”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 170, no. 3, pp. 579-585, 2005.

Abstract:

AN INVESTIGATION ON THE EFFECT OF BLANK HOLDER FORCE DURING DEEP DRAWING FOR AISI316

In this study, deep drawing process of 316L stainless steel is simulated using the finite element method. The influence of blank holder pressure on the quality of the product is investigated through the contour of the product after deformation, stress distribution, plastic strain, damage variable, and phenomena such as thinning, failure, and wrinkling of the product, with a punch speed of 20 mm/s and a friction coefficient of 0.05 between contacting surfaces. The obtained results show that blank holder pressure has a significant effect. When the blank holder pressure is high at about 1 MPa, thinning occurs in the region of the part in contact with the punch edge, and the fracture is predicted if the drawing depth continues to increase. When the blank holder pressure is reduced to 0.2 MPa, the thinning phenomenon decreases gradually, but the processed part experiences the most deformation in the corner radius area of the die, while the region in contact with the punch undergoes less plastic deformation, causing contour deviation in the processed part. The case of too low blank holder pressure might induce to wrinkling at the flange of the deep drawing product. From the obtained results, the appropriate blank holder pressure parameters for the case studied in this research can be determined as 0.5 to 1 MPa.

Keywords: Deep drawing, simulation, blank holder force, AISI 316L stainless steel.

Ngày nhận bài: 12/02/2026

Ngày chấp nhận đăng: 13/3/2026