

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO VỎ LIỀU ĐẠN 548B TỪ HỢP KIM NHÔM BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

RESEARCH ON TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR MANUFACTURING 548B CARTRIDGE CASE FROM ALUMINUM ALLOY USING NUMERICAL SIMULATION

Nguyễn Mạnh Tiến^{1,*}, Lại Đăng Giang¹,
Nguyễn Đình Phụng², Nguyễn Hữu Lượng³

DOI: <http://doi.org/10.57001/huinh5804.2024.214>

TÓM TẮT

Quy trình công nghệ chế tạo chi tiết vỏ liều đạn 548B đang được thực hiện với kết cấu lắp ghép giữa thân vỏ bằng thép 15 và đáy vỏ bằng hợp kim nhôm D16. Công nghệ như vậy có ưu điểm là đơn giản, tuy nhiên nhược điểm là phải qua nhiều bước nguyên công, vỏ liều đạn có trọng lượng nặng và khó bảo quản trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Bài báo trình bày giải pháp công nghệ chế tạo vỏ liều đạn 548B từ hợp kim nhôm. Công nghệ ép chảy hỗn hợp và dập vuốt biến mỏng thành được ứng dụng để tạo hình chi tiết từ phôi thanh. Quá trình tính toán lý thuyết được thực hiện để thiết kế quy trình công nghệ. Phần mềm Deform 3D được sử dụng để mô phỏng các bước công nghệ của quá trình biến dạng. Các kết quả mô phỏng thu được bao gồm trường ứng suất, biến dạng và lực dập của các bước công nghệ. Lực ép chảy và lực dập vuốt biến mỏng thành lớn nhất tương ứng là 138 tấn và 11 tấn. Nhận thấy có sự tương đồng giữa kết quả tính toán lý thuyết và mô phỏng số. Kết quả của bài báo là cơ sở cho quá trình thiết kế quy trình công nghệ và thực nghiệm tạo hình vỏ liều đạn 548B theo phương án mới.

Từ khóa: Vỏ liều đạn, ép chảy, dập vuốt biến mỏng thành, hợp kim nhôm, mô phỏng số.

ABSTRACT

The technological process of manufacturing 548B Cartridge case is being carried out with an assembly structure between a 15 steel body and a D16 aluminum alloy bottom. Such technology has the advantage of being simple, but the disadvantage is that it requires many steps, the Cartridge case is heavy and difficult to preserve in hot and humid tropical climates. This paper presents a technological solution for manufacturing 548B Cartridge case from aluminum alloy. Combined extrusion and ironing technologies are applied to forming detail from bar billets. Theoretical calculations are performed to design the technological process. Deform 3D software is used to simulate the technological steps of the deformation process. The obtained simulation results include the stress and strain field, and forces of the forming steps. The maximum combined extrusion and ironing forces are 138 tons and 11 tons, respectively. It is found that there are similarities between the theoretical calculation results and numerical simulations. The results of the paper are the basis for the process of designing the technological process and forming experiments for the 548B Cartridge case according to the new solution.

Keywords: Cartridge case, extrusion, ironing, aluminum alloy, numerical simulation.

¹Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

²Học viên K54, Học viện Kỹ thuật quân sự

³Học viên K56, Học viện Kỹ thuật quân sự

*Email: manhtiennguyen84@lqdtu.edu.vn

Ngày nhận bài: 01/11/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/3/2024

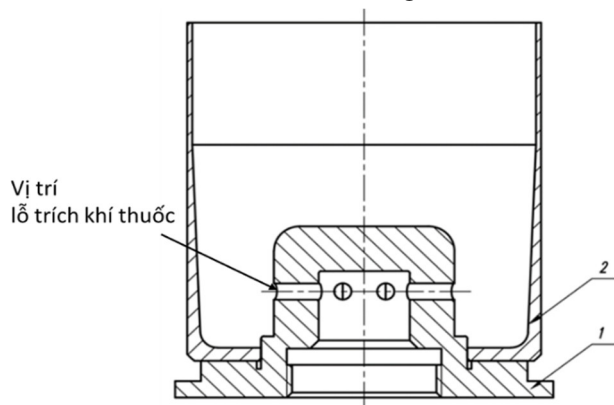
Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2024

1. MỞ ĐẦU

Đạn lựu phóng 548B là đạn nổ mạnh, sát thương dùng cho súng phóng lựu M79 cỡ 40mm hay còn gọi là lựu phóng 40mm; đầu đạn sử dụng ngòi chạm nổ; để đảm bảo an toàn cho người bắn (chống đạn nổ trong nòng và đầu nòng súng), khi đạn được bắn ra khỏi nòng khoảng 40 mét, do tốc độ quay của đầu đạn (nhờ rãnh xoắn trong nòng súng tạo ra), lúc này cơ cấu an toàn ngòi nổ mới mở hết và mới có thể kích nổ được đầu đạn [1].

Liều phóng của đạn lựu phóng M79 sử dụng buồng đốt hai ngăn. Buồng cao áp chịu phần lớn áp suất khí thuốc. Buồng ngoài và thành nòng chịu khoảng 20% áp suất nên có thể chế tạo bằng hợp kim nhôm, bền, nhẹ và thuận lợi khi mang vác. Ở Việt Nam loại kết cấu Vỏ liều đạn 548B có kết cấu thân vỏ thép lắp ghép với đáy vỏ hợp kim nhôm (hình 1) đang được sản xuất. Quy trình công nghệ đang được áp dụng bao gồm 14 chặng nguyên công chế tạo thân vỏ liều đạn và 6 chặng nguyên công chế tạo đáy vỏ liều đạn và một chặng lắp ghép [1]. Sản phẩm vỏ liều đạn sản xuất theo quy trình công nghệ này đảm bảo được các yêu cầu về kích thước và các yêu cầu cơ tính của thân vỏ liều đạn. Tuy nhiên quá trình công nghệ quá nhiều chặng nguyên công, năng suất thấp, chi phí cho khuôn và dụng cụ lớn. Đáy vỏ liều đạn chế tạo bằng phương pháp gia công cắt gọt có hệ số sử dụng vật liệu thấp. Ngoài ra, vỏ liều đạn có trọng lượng lớn hơn và khó bảo quản trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm (thân vỏ bằng thép dễ bị ô xy hoá trong điều kiện bảo quản lâu dài).

Qua nghiên cứu, phân tích ưu, nhược điểm của công nghệ chế tạo vỏ liều đạn 548B được sản xuất trong nước nhận thấy việc nghiên cứu giải pháp công nghệ chế tạo vỏ liều đạn 548B nhằm giảm số lượng nguyên công và giảm chi phí sản xuất có yêu cầu cấp thiết. Tuy nhiên, khó khăn trong việc chế tạo chi tiết dạng liềm vỏ liều đạn 548B là việc tạo ra 6 lỗ trích khí thuốc có kích thước đường kính lỗ $\Phi 2^{+0,12}$.



Hình 1. Kết cấu ghép vỏ liều đạn 548B

1 - thân vỏ liễu; 2 - đáy vỏ liễu

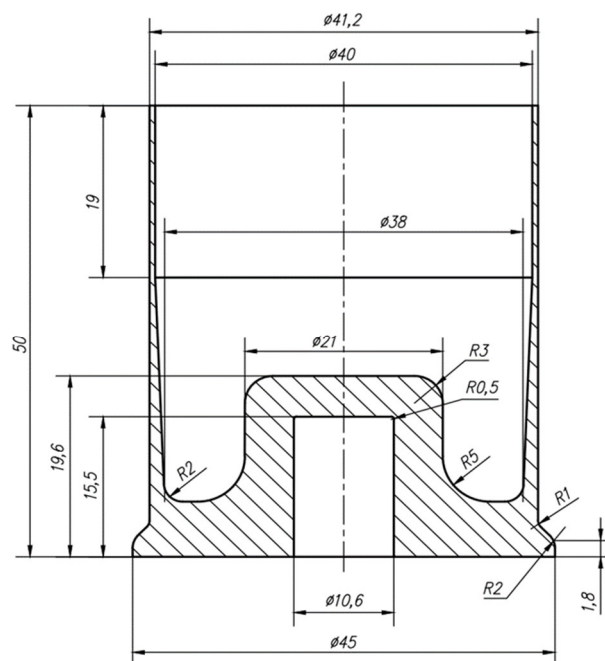
Vi vậy, bài báo này sẽ trình bày giải pháp công nghệ chế tạo vỏ liểu đạn 548B từ hợp kim nhôm. Dạng kết cấu vỏ liểu đạn liền (1 chi tiết) được đề xuất thay thế kết cấu ghép hiện tại. Công nghệ ép chảy hỗn hợp và dập vuốt biến mỏng thành được ứng dụng để tạo hình chi tiết từ phôi thanh hợp kim nhôm. Quá trình tính toán lý thuyết được thực hiện để thiết kế quy trình công nghệ. Phần mềm Deform 3D được sử dụng để mô phỏng các bước công nghệ của quá trình biến dạng. Các kết quả mô phỏng thu được bao gồm trường ứng suất, biến dạng và lực dập của các bước công nghệ. Lực ép chảy và lực dập vuốt biến mỏng thành lớn nhất được xác định. Sự sai khác giữa kết quả tính toán lý thuyết và mô phỏng số được đánh giá để khẳng định độ tin cậy của các kết quả mô phỏng. Kết quả của bài báo là cơ sở cho quá trình thiết kế quy trình công nghệ và thực nghiệm tạo hình vỏ liểu đạn 548B theo phương án mới.

2. THIẾT KẾ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH DẠNG LIỀN VỎ LIỀU ĐAN 548B

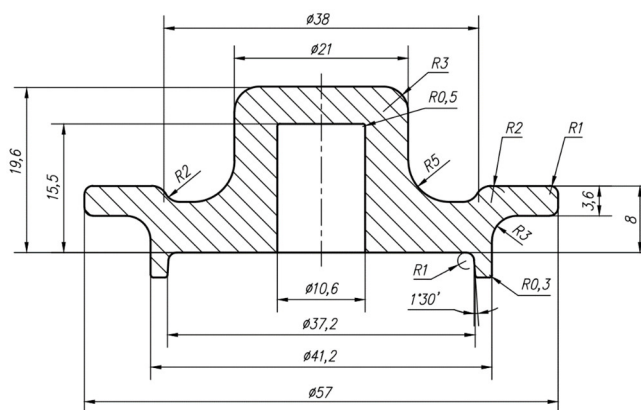
Thể tích, hình dạng và kích thước phôi có liên hệ mật thiết với kết cấu của chi tiết, vật dập và tiến trình biến dạng tạo hình khi ép chảy. Để đạt được kích thước vô liệu đạn theo tài liệu thiết kế, thể tích phôi được tính xuất phát từ điều kiện cân bằng thể tích của phôi và thể tích của vật dập hoàn chỉnh cộng lượng dư công nghệ. Thể tích vật dập được xác định theo bản vẽ vật dập có tính đến lượng dư cắt mép được thể hiện trên hình 2 [2-4].

Để xác định thể tích phôi tinh toán phải lấy tăng tổng thể tích vật dập và lượng dư công nghệ lên $1 \div 3\%$ tùy thuộc vào độ phức tạp của hình dạng vật dập và quy trình công nghệ chế tạo vật dập đó [3, 4]. Điều này là cần thiết vì còn phải tính đến mất mát kim loại khi ủ, tẩy gỉ, sự tạo ba vĩa, các mép không phẳng... Thể tích vật dập xác định được là 17572mm^3 . Phôi được chọn là phôi thanh có tiết diện hình tròn. Cần phải

chú ý vào giai đoạn đầu của quá trình ép chảy xảy ra từ khi chày ép chạm vào phôi cho đến khi phôi bị phình ra và chạm vào lòng khuôn (cối ép). Giai đoạn này mang tính chất của nguyên công chôn tự do nhiều hơn. Mặt khác, điều kiện ổn định khi chôn là $H_0 < 2,5D_0$ (H_0 , D_0 lần lượt là chiều cao của và đường kính của phôi thanh ban đầu) [2]. Như vậy, căn cứ vào tiêu chuẩn phôi thép tròn [3] xác định được phôi ban đầu có đường kính là 40mm và chiều cao là 14,2mm.



Hình 2. Bản vẽ vật dập tính đến lượng dư cắt mép



Hình 3. Bán thành phẩm sau nguyên công ép chảy

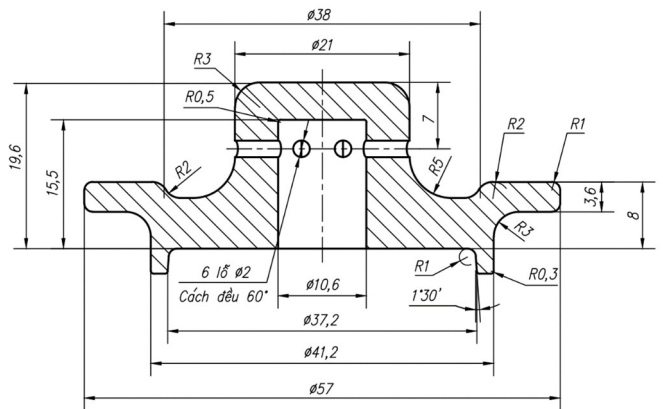
Bằng phương pháp bảo toàn thể tích, thiết kế theo [5-8] ta xác định được bán thành phẩm sau nguyên công ép chảy được trình bày trong hình 3. Mức độ biến dạng khi ép được xác định tỷ lệ với sự giảm diện tích tiết diện ngang [9] được trình bày theo công thức 1. Trong đó F_o (mm²) là tiết diện của phôi ban đầu, F (mm²) là tiết diện ngang của bán sản phẩm.

$$\varepsilon = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Căn cứ vào kích thước phôi ban đầu và kết cấu bản vẽ bán sản phẩm sau nguyên công ép chảy, xác định được mức

độ biến dạng khi ép chảy theo công thức (1) là 80,4 (%). Trong khi đó, mức độ biến dạng cho phép lớn nhất khi ép chảy ngược đối với hợp kim nhôm là 92% [9]. Như vậy cho phép ép chảy 1 lần để thu được bán thành phẩm.

Chiều dày thành vỏ liều đạn mỏng dần từ đáy đến miệng (hình 2). Vì vậy, phải sử dụng các nguyên công dập vuốt biến mỏng thành để tạo hình đạt kích thước chiều dày thành bán thành phẩm. Trước khi thực hiện các nguyên công dập vuốt biến mỏng thành, bán thành phẩm sau quá trình ép chảy được ủ khử biến cứng và được khoan 6 lỗ trích khí thuốc theo đúng yêu cầu bản vẽ chế tạo của vỏ liều đạn (hình 4).



Hình 4. Phôi cho các nguyên công dập vuốt biến mỏng thành

Phôi ban đầu cho dập vuốt biến mỏng thành có chiều dày $s_0 = 3,6\text{mm}$. Tính toán số nguyên công dập biến mỏng thành để đạt chiều dày 0,6mm từ phôi vuốt ban đầu được tính theo công thức 2 [4, 10, 11]. Trong đó, n là số nguyên công dập vuốt biến mỏng thành, s_0 và s_n lần lượt là chiều dày vật liệu trước khi dập vuốt biến mỏng thành và sau khi dập vuốt biến mỏng thành, ϵ_{tb} là mức độ biến dạng cho phép trung bình (%).

$$n = \frac{\lg(S_0) - \lg(S_n)}{\lg\left(\frac{100}{100 - \epsilon_{tb}}\right)} \cdot 100\% \quad (2)$$

Theo [4, 12], trị số mức độ biến dạng trung bình khi dập vuốt biến mỏng thành (tính theo %) được tra cứu trong bảng 1. Tính toán được số nguyên công dập vuốt biến mỏng thành để chế tạo vỏ liều đạn 548B là 3 nguyên công. Theo [12], nguyên công đầu được xác định là nguyên công dập vuốt kết hợp biến mỏng thành nhằm đạt kích thước đường kính, hai nguyên công tiếp theo là dập biến mỏng nhằm đạt kích thước chiều dày thành. Thông số công nghệ của các nguyên công ép chảy và dập vuốt biến mỏng thành trong quy trình công nghệ chế tạo vỏ liều đạn theo phương án mới được tổng hợp trong bảng 2. Lực ép chảy và lực của các bước dập vuốt biến mỏng thành được tính toán và tổng hợp trong bảng 3 [4, 12].

Bảng 1. Trị số mức độ biến dạng trung bình cho hợp kim nhôm

Dập vuốt biến mỏng thành lần đầu	Dập vuốt biến mỏng thành các lần sau
ϵ_{tb}	ϵ_{tb}
60 ÷ 65	40 ÷ 50

Bảng 2. Thông số công nghệ của các nguyên công biến dạng

Nguyên công	Đường kính, mm	Chiều dày thành, mm	Hệ số dập vuốt		Hệ số biến mỏng		Mức độ biến dạng	
			Tính toán	Cho phép	Tính toán	Cho phép	Tính toán	Cho phép
Ép chảy	57	3,6						
Dập vuốt kết hợp	43,6	1,8	0,76	$\geq 0,5$	0,5	$\geq 0,35$	0,62	$\leq 0,65$
Dập biến mỏng 2	42	1	-	-	0,56	$\geq 0,5$	-	-
Dập biến mỏng 3	41,2	0,6	-	-	0,6	$\geq 0,5$	-	-

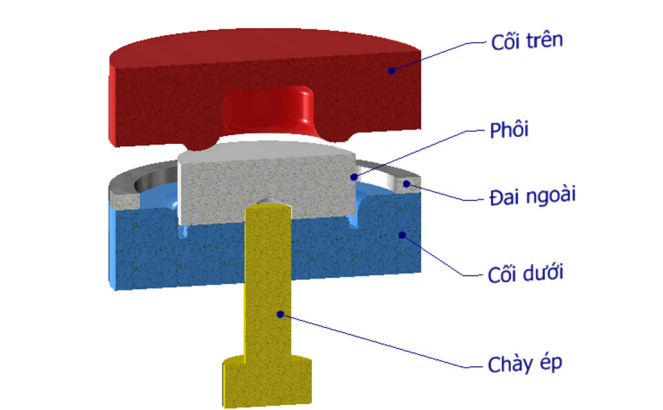
Bảng 3. Lực tạo hình của các nguyên công nghệ theo tính toán lý thuyết [12]

Nguyên công	Lực công nghệ lớn nhất (tấn)
Ép chảy	150
Dập vuốt kết hợp	12,8
Dập biến mỏng 2	8,3
Dập biến mỏng 3	4,1

3. MÔ PHỎNG, KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thiết lập bài toán mô phỏng số

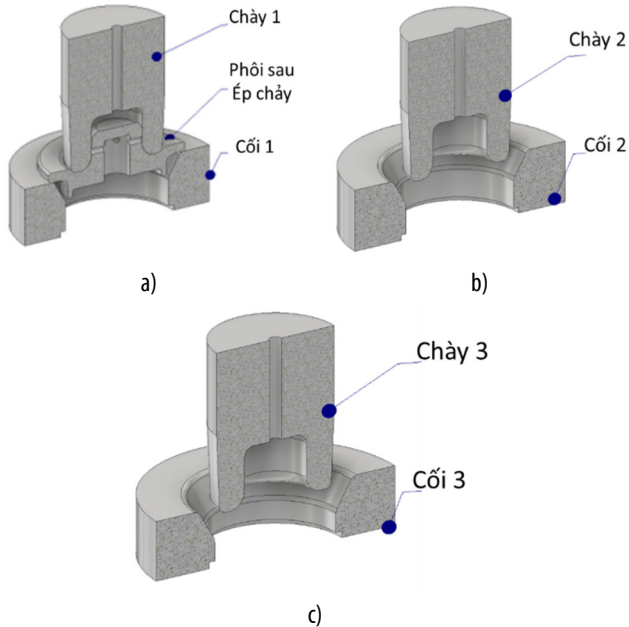
Tiến hành mô phỏng một số nguyên công biến dạng điển hình như: ép chảy hỗn hợp, dập vuốt kết hợp biến mỏng thành bước 1, dập vuốt biến mỏng thành bước 2 và bước 3 đối với công nghệ chế tạo vỏ liều đạn 548B từ phôi thanh hợp kim nhôm. Từ đó, nghiên cứu quá trình biến dạng và kiểm tra tính đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật sản phẩm của giải pháp công nghệ chế tạo vỏ liều đạn 548B từ hợp kim nhôm. Sử dụng modul DEFORM-3D V11 để mô phỏng quá trình biến dạng của vật liệu ở một số nguyên công điển hình để so sánh, đánh giá giữa mô phỏng với các tính toán lý thuyết.



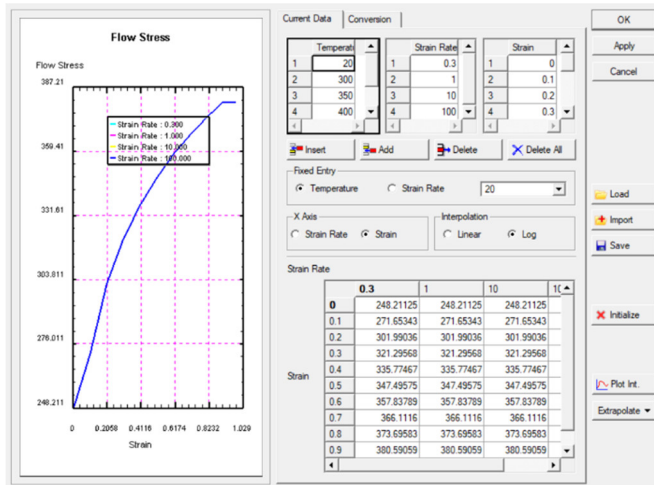
Hình 5. Mô hình hình học của nguyên công ép chảy

Mô hình hình học của các nguyên công biến dạng được xây dựng trên phần mềm 3D, sau đó được xuất sang đuôi dạng trung gian *STL cho phần mềm Deform. Mô hình hình học của nguyên công ép chảy và các nguyên công dập vuốt biến mỏng thành được trình bày trong hình 5 và 6. Đối với chi tiết cần mô phỏng, vật liệu phôi là hợp kim nhôm D16,

vật liệu thay thế là hợp kim nhôm 2024 (ISO 6362-2:2014), mô hình vật liệu được trình bày trong Hình 7. Dụng cụ tạo hình được thiết lập là cứng tuyệt đối (rigid) để tập trung vào phân tích biến dạng của phôi. Chia lưới phần tử được thực hiện với phôi ban đầu trước khi ép chảy, số phần tử lưới được chia là 100000 phần tử. Phần tử lưới dạng lục giác 4 nút.



Hình 6. Mô hình hình học của các bước dập vuốt biến mỏng thành
a) bước 1; b) bước 2; c) bước 3



Hình 7. Mô hình vật liệu hợp kim nhôm 2024

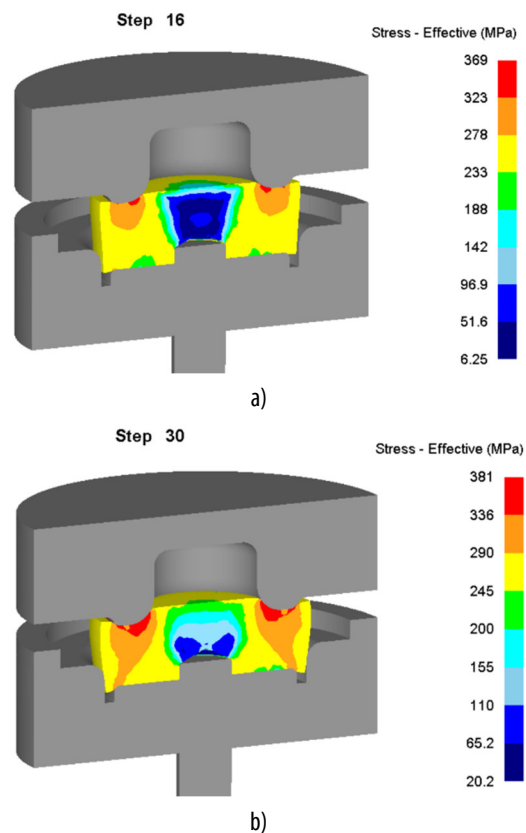
Hệ số ma sát giữa dụng cụ và phôi biến dạng được lấy cho trường hợp biến dạng nguội và dụng cụ bằng thép có giá trị là 0,12. Tốc độ của của chày dập vuốt là 15mm/s, tương ứng với tốc độ biến dạng nhỏ hơn 5 (1/s).

3.2. Kết quả và bàn luận

3.2.1. Kết quả mô phỏng quá trình ép chảy hỗn hợp

Sự thay đổi về trường ứng suất biến dạng của phôi trong quá trình ép chảy có thể chia làm 3 giai đoạn. Giai đoạn 1: Khi chày bắt đầu đi xuống chạm vào phôi, phôi phình ra và chạm vào thành lòng cối. Ban đầu, khi cối trên chạm vào phôi, lực

chưa đủ lớn để làm kim loại biến dạng dẻo, kim loại đang biến dạng đàn hồi. Chỉ có phần phôi chạm biến dạng làm việc của cối trên có kích thước nhỏ với lực tác động của máy có xu hướng bắt đầu quá trình biến dạng dẻo. Trên hình 8a ta thấy vùng phôi chạm cối trên có ứng suất tương đương đạt khoảng 346MPa bắt đầu xảy ra biến dạng dẻo. Các vùng còn lại có ứng suất tương đương nhỏ hơn 278MPa vẫn đang xảy ra quá trình biến dạng đàn hồi. Điều này hoàn toàn đúng với lý thuyết tính toán đối với vật liệu hợp kim nhôm 2024 có ứng suất chảy bằng 325MPa. Khi cối ép tiếp tục đi xuống, quá trình biến dạng dẻo xảy ra tại một số vị trí tiếp xúc với biến dạng lõi cối trên. Các vùng này đều đạt ứng suất tương đương trên 358MPa một số vùng lân cận đạt khoảng 336MPa cũng đang bắt đầu xảy ra quá trình chuyển từ biến dạng đàn hồi sang biến dạng dẻo. Cũng trong giai đoạn này, quá trình chôn nguội và ép chảy xuôi bắt đầu diễn ra (hình 8b).

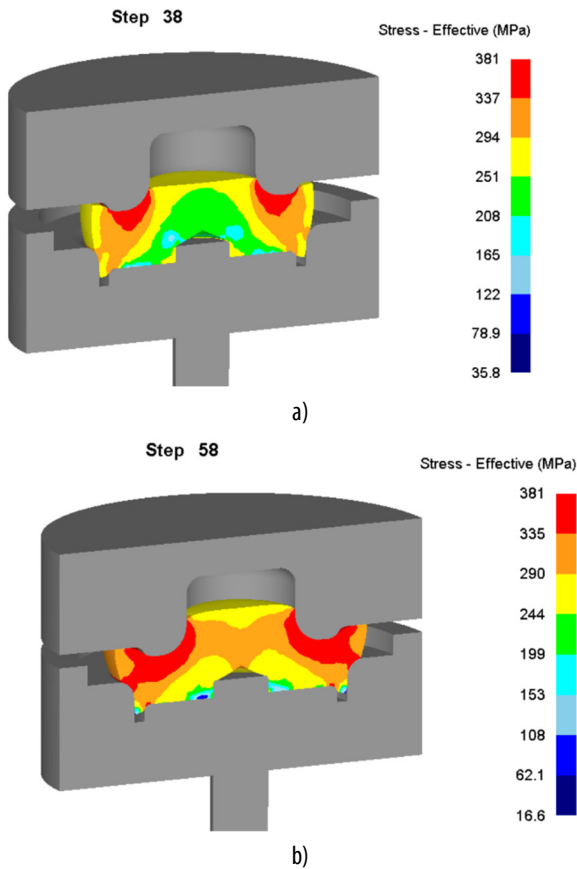


Hình 8. Phân bố trường ứng suất của phôi khi ép chảy

a) khi dụng cụ bắt đầu chạm phôi; b) thời điểm phôi biến dạng dẻo

Giai đoạn 2: Quá trình ép chảy xuôi tiếp tục diễn ra cho đến khi kim loại bắt đầu chảy ngược lên trên. Giai đoạn này bắt đầu khi kim loại đã biến dạng thành lòng cối, quá trình chôn nguội kết thúc và quá trình ép chảy xuôi, ép chảy hướng kính diễn ra (hình 9a). Ứng suất tại các vùng trong phôi hầu hết đều đạt trên 250MPa, chỉ có phần phôi tiếp xúc với mặt cối dưới và gần chày dưới có ứng suất nhỏ hơn. Ở cuối giai đoạn này, ứng suất tương đương tại các vùng trong phôi đều lớn hơn 335MPa, trừ vùng lõi phôi tiếp xúc bề mặt cối dưới có ứng suất tương đương nhỏ hơn 290MPa và không có biến dạng dẻo (vùng chết). Kim loại lúc này chịu

ứng suất bị biến cứng mạnh. Giai đoạn này diễn ra đến khi kim loại bắt đầu chảy ngược lên trên thì kết thúc (hình 9b).



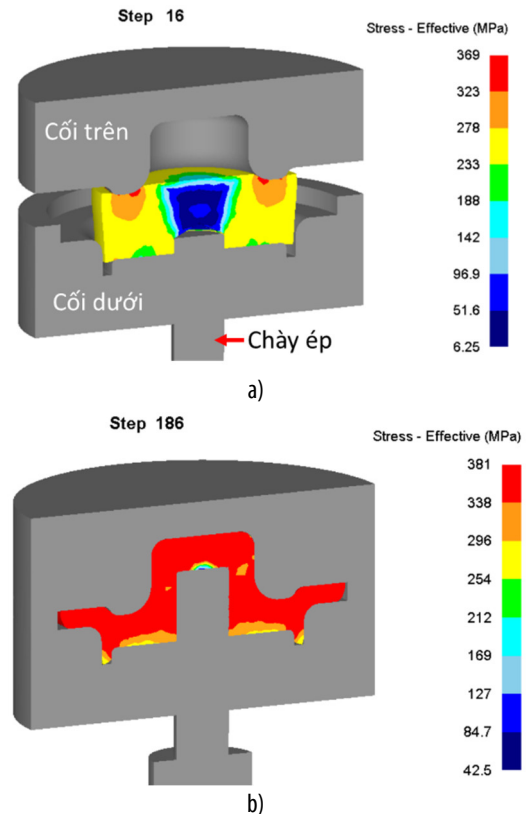
Hình 9. Phân bố trường ứng suất tại thời điểm cuối giai đoạn 1 (a) và cuối giai đoạn 2 (b)

Giai đoạn 3: Quá trình ép chảy hỗn hợp diễn ra mạnh mẽ đến khi đạt được kích thước sản phẩm, đồng thời kết thúc toàn bộ quá trình ép chảy.

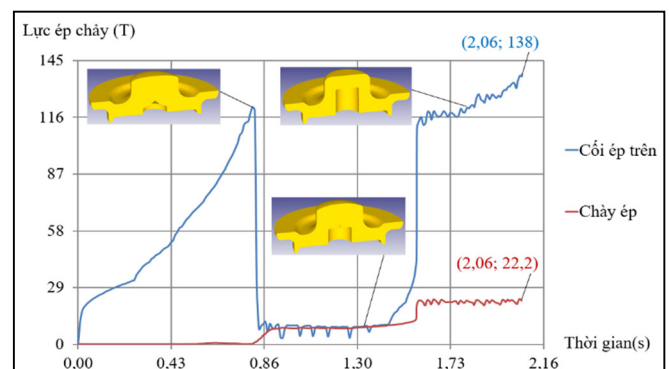
Khi cối ép tiếp tục đi xuống, kết hợp với chày ép dưới quá trình ép chảy hỗn hợp diễn ra. Ứng suất trên phôi lúc này tăng cao do kim loại bị biến cứng mạnh (lớn nhất đạt 381MPa), lớn nhất tại vị trí tiếp xúc giữa phôi với chày dưới và cối ép trên, giảm dần khi ra xa (hình 10a). Ở biến dạng dưới cối ép trên bao trùm toàn bộ phần phôi trong lòng cối, vùng chết trước đây bị triệt tiêu. Ở giai đoạn này, ứng suất luôn giữ ở mức cao, ổn định đến khi kết thúc quá trình ép chảy. Vì vậy, giai đoạn này có tính ổn định hơn so với các giai đoạn khác. Vùng phía trên khe hở giữa cối trên và cối dưới, ứng suất tương đương giảm mạnh xuống dưới 95,3MPa (được gọi là vùng cứng) vì không chịu ứng suất nén. Cối ép tiếp tục đi xuống, kết hợp chày ép dưới đẩy kim loại đi vào các góc đến khi kích thước sản phẩm đạt được thì cối ép dừng lại, quá trình ép chảy kết thúc (hình 10b). Như vậy, ứng suất trong phôi đối tăng dần theo từng giai đoạn, ở giai đoạn cuối cùng đạt ứng suất cao nhất, đồng đều nhất, ổn định nhất.

Sơ đồ lực ép chảy hỗn hợp được thể hiện trên hình 11. Căn cứ vào hình 11 nhận thấy, sơ đồ lực ép trong quá trình ép chảy được phân chia làm 3 giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên

là giai đoạn quá trình chôn nguội và ép chảy xuôi diễn ra, giai đoạn này lực ép tăng nhanh. Giai đoạn tiếp theo là giai đoạn kim loại chảy tự do ngược lên trên, giai đoạn này lực ép thấp. Giai đoạn cuối cùng là giai đoạn kim loại chạm lòng cối trên, tiếp tục chảy ngược lên, điền đầy vào các góc đến khi đạt được kích thước sản phẩm, giai đoạn này lực ép chảy lớn và khá ổn định, tăng dần đến cực đại. Điều này hoàn toàn đúng với lý thuyết và kết quả mô phỏng về dòng chảy của kim loại. Lực ép lớn nhất của quá trình ép chảy là khoảng 138 tấn. Lực ép chảy tính toán được theo lý thuyết có giá trị trong khoảng từ 100 ÷ 150 (tấn). Như vậy, các kết quả mô phỏng là phù hợp với các tính toán lý thuyết.



Hình 10. Phân bố trường ứng suất ở giai đoạn 3

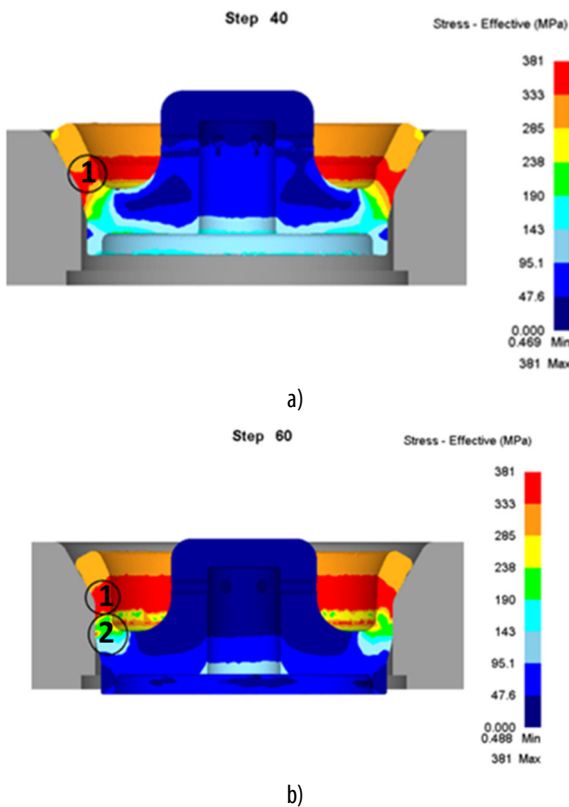


Hình 11. Sơ đồ lực ép chảy hỗn hợp

3.2.2. Kết quả mô phỏng quá trình dập vuốt biến mỏng thành

Khảo sát lần dập vuốt kết hợp biến mỏng thành đầu tiên đối với phôi là sản phẩm của nguyên công ép chảy đã

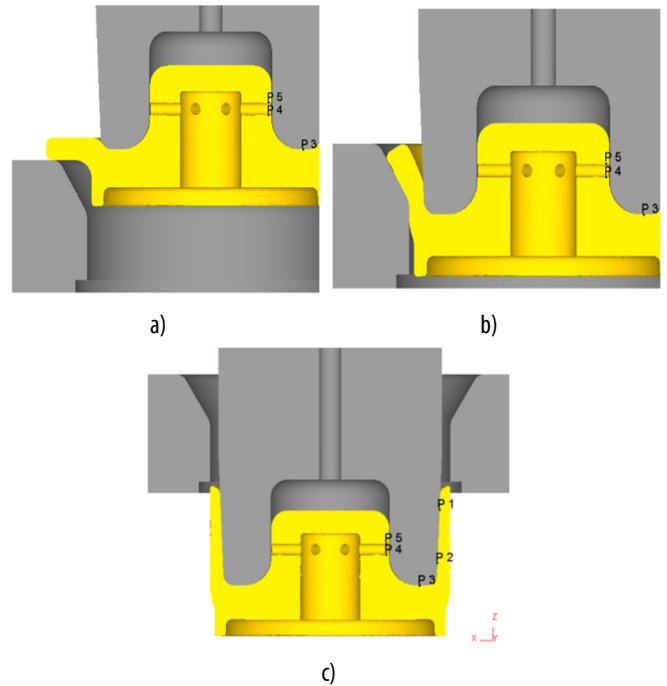
qua ủ khử biến cứng và khoan 6 lỗ trích khí thuốc. Sự thay đổi về trường ứng suất của phôi khi biến dạng trong quá trình dập vuốt biến mỏng thành được thể hiện trên hình 12. Ta thấy, ổ biến dạng tập trung chủ yếu ở phần côn nhô ra ở mép trong của cối (vùng được khoanh tròn hình 12a). Kim loại trong ổ biến dạng có xu hướng bị ép sát vào chày theo hướng chéo lên, ngược chiều chuyển động của chày một góc nhất định phụ thuộc vào góc côn của cối vuốt. Vùng dưới phôi chỉ bị biến dạng đàn hồi do chịu tác dụng của chày đẩy xuống phía dưới.



Hình 12. Trường ứng suất của phôi khi bắt đầu quá trình dập vuốt kết hợp biến mỏng thành

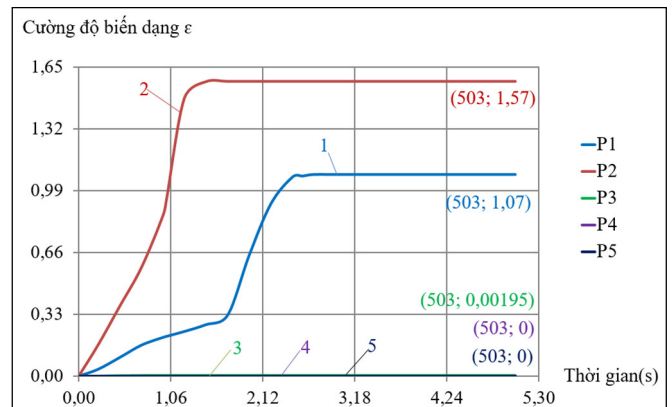
Khi chày tiếp tục đi xuống, ổ biến dạng dịch chuyển theo sự dịch chuyển của phôi, khi phần đáy phôi đã được vuốt xong, đến phần thành phôi được vuốt. Lúc này, kim loại trong ổ biến dạng có xu hướng bị ép vào chày, góc chéo lên trên không nhiều. Sự phân bố ứng suất tập chung chủ yếu ở quanh khu vực ổ biến dạng (vùng 1), với ứng suất cao nhất là 381MPa, điều này chứng tỏ vùng này kim loại bị biến cứng khá mạnh (hình 13b). Ứng suất ở vùng dưới vòng vuốt (vùng 2) cũng đạt khá cao (dưới 238MPa) do chịu lực kéo của đầu chày tác dụng lên phần đáy phôi. Nếu ứng suất này vượt quá ứng suất chảy thì sẽ xảy ra hiện tượng kéo dài sản phẩm, chiều dày thành giảm đi và dẫn đến đứt tại vị trí này. Đây là điểm đặc biệt lưu ý khi dập vuốt biến mỏng thành. Ngoài ra, ta thấy trong quá trình dập vuốt tại vị trí lỗ trích khí thuốc $\Phi 2$ chịu ứng suất rất nhỏ, ứng suất đạt dưới 47,6MPa.

Sử dụng công cụ Point tracking trong Deform 3D giúp ta khảo sát được sự thay đổi cường độ biến dạng tại 5 vị trí trên phôi trong quá trình biến dạng (hình 13).

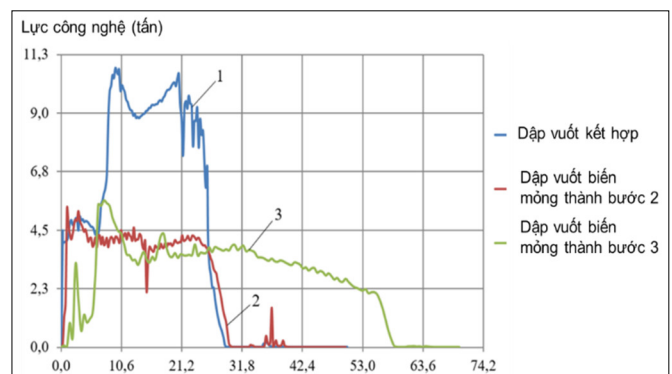


Hình 13. Vị trí các điểm khảo sát tại một số thời điểm

a) thời điểm ban đầu; b) thời điểm giữa quá trình biến dạng; c) thời điểm kết thúc



Hình 14. Đồ thị sự biến đổi của cường độ biến dạng



Hình 15. Biểu đồ lực theo hành trình chày của các lần dập vuốt biến mỏng thành

Cường độ biến dạng theo thời gian tại 5 vị trí khảo sát được thể hiện trên hình 14. Từ hình 14 nhận thấy, vị trí điểm

P2 là có sự biến đổi lớn nhất về cường độ biến dạng hay phôi bị biến dạng lớn nhất, sau đó đến vị trí điểm P1. Vị trí điểm P3 hầu như không biến dạng, vị trí P4 và P5 có cường độ biến dạng bằng 0. Các vị trí trên thành chi tiết đều có cường độ biến dạng trên 1 và đạt được biến dạng lớn nhất khi đi qua cầu vuốt. Trong quá trình dập vuốt kết hợp tại vị trí lỗ $\Phi 2$ không xảy ra biến dạng.

Khảo sát lực dập vuốt trong quá trình dập vuốt biến mỏng thành, nhận được biểu đồ lực theo hành trình chày các bước dập vuốt biến mỏng thành như hình 15. Lực dập vuốt giảm dần khi vuốt các lần tiếp theo, tại các vị trí lực cực đại chính là thời điểm phôi bắt đầu đi qua vòng vuốt. Càng gần về cuối mỗi lần vuốt, lực có xu hướng tăng dần, tuy không lớn bằng lực cực đại nhưng điều đó chứng tỏ kim loại bị biến cứng mạnh. Khi chiều dày thành càng mỏng thì hiện tượng biến cứng càng xảy ra mãnh liệt. Lực dập vuốt ở lần vuốt thứ hai có giá trị lực nhỏ hơn lần vuốt thứ nhất. Như vậy là hợp lý với tính toán lý thuyết vì lần vuốt sau có mức độ biến mỏng ít hơn lần vuốt đầu. Lực dập vuốt lớn nhất ở nguyên công dập vuốt kết hợp biến mỏng thành, với giá trị là 11 (tấn). Lực dập vuốt biến mỏng thành tính toán được theo lý thuyết có giá trị trong khoảng từ $4,1 \div 12,8$ (tấn). Như vậy, kết quả mô phỏng là phù hợp với các tính toán lý thuyết.

3.2.3. Đánh giá tính đảm bảo yêu cầu về kích thước của lỗ trích khí thuốc

Yêu cầu về độ chính xác kích thước lỗ trích khí thuốc của chi tiết vỏ liều đạn 548B phải đảm bảo là $\Phi 2^{+0,12}$. Theo kết quả mô phỏng các quá trình dập vuốt biến mỏng và các phân tích phía trên ta có: Trong quá trình dập vuốt tại vị trí lỗ $\Phi 2$ hầu như không chịu ứng suất; Trong quá trình dập vuốt tại vị trí lỗ $\Phi 2$ không xảy ra biến dạng. Tiến hành đo kích thước lỗ trích khí thuốc $\Phi 2$ (được tạo trên phôi sau ép chảy) trên bán thành phẩm dập vuốt biến mỏng bước 3 trên phần mềm Deform 3D nhận được kết là $\Phi 2,04$. Như vậy, sản phẩm sau biến dạng có kích thước lỗ trích khí thuốc được đảm bảo theo yêu cầu sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, phương pháp ép chảy và dập vuốt biến mỏng thành được ứng dụng và tính toán cho giải pháp công nghệ tạo hình chi tiết vỏ liều đạn dạng liên đạn 548B từ hợp kim nhôm. Phần mềm Deform 3D V11 được sử dụng để mô phỏng các bước của quá trình công nghệ tạo hình. Các kết quả mô phỏng được trình bày trong bài báo, cho thấy sự phân bố trường ứng suất-biến dạng và đánh giá khả năng biến dạng của nguyên công ép chảy kết hợp và dập vuốt kết hợp với biến mỏng thành trong quy trình công nghệ tạo hình vỏ liều đạn 548B. Đồng thời giá trị lực tạo hình của các nguyên công cũng được khảo sát. Các kết quả mô phỏng tương đồng với kết quả tính toán lý thuyết, do đó khẳng định khả năng áp dụng giải pháp vào phục vụ cho sản xuất có tính khả thi cao. Việc nghiên cứu thực nghiệm công nghệ tạo hình vỏ liều đạn 548B theo phương án mới và đánh giá hiệu quả của giải pháp là những nhiệm vụ sẽ được triển khai trong thời gian tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tran Van Dinh, *Structure and effects of army bullets*. Military Technical Academy, Hanoi, 2005.
- [2]. Tran Duc Cuu, *Bulk forming technology*. Military Technical Academy, Hanoi, 101-109, 2000.
- [3]. Pham Van Nghe, *Bulk forming technology*. Bach khoa Publishing House, Hanoi, 211-220, 2008.
- [4]. Dinh Van Phong, Nguyen Truong An, Ta Dinh Xuan, *Sheet forming technology*. People's Army Publishing House, Hanoi, 104-108, 2014.
- [5]. Wojciech Z, et al., *Extrusion of Aluminum Alloys*. 14A, ASM Handbook, Ohio, 522-527, 2005.
- [6]. H. Jafarzadeh, M. Zadshakoyan, E. Abdi Sobbouhi, "Numerical Studies of Some Important Design Factors in Radial-Forward Extrusion Process," *Mater. Manuf. Process.*, 25, 857-863. 2010.
- [7]. C. Yang, S. Zhao, "Research on Combined Hot Extrusion Forming Process of Alternator Poles," *J. Mater. Sci. Chem. Eng.*, 1, 16-22, 2013.
- [8]. C. Mondal, A. K. Mukhopadhyay, T. Raghu, K. S. Prasad., "Extrusion Processing of High-Strength Al Alloy 7055," *Mater. Manuf. Process.*, 22, 424-428, 2007.
- [9]. N.P. Ageev, *Handbook on cartridge production technology*. University of St. Petersburg, 13-56, 2011
- [10]. Heinz Tschaetsch, *Metal Forming Practise: Processes, Machines, Tools*. Springer-Verlag, Heidelberg, 91-104, 2020.
- [11]. Valiev S. A., *Combined deep drawing of sheet materials*. Mechanical engineering, Moscow, 1973.
- [12]. Ton Yen, *Cold forming technology*. Science and Technics Publishing House, Hanoi, 1974.

AUTHORS INFORMATION

Nguyễn Mạnh Tiến^{1,*}, Lại Đăng Giang¹, Nguyễn Đình Phụng², Nguyễn Hữu Lượng³

¹Faculty of Special Equipment, Military Technical Academy, Vietnam

²Student K54, Military Technical Academy, Vietnam

³Student K56, Military Technical Academy, Vietnam