

MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH DẬP THỦY CƠ CHI TIẾT DẠNG VỎ MỎNG

Nguyễn Thị Thu Trang

Khoa Cơ điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: ntttrang.cd@vnua.edu.vn

Ngày gửi bài: 25.01.2016

Ngày chấp nhận: 12.07.2016

TÓM TẮT

Gia công kim loại bằng áp lực là một ngành cơ bản trong sản xuất cơ khí. Công nghệ này cho phép tạo ra các sản phẩm có hình dáng và kích thước phức tạp. Trong đó, dập thủy cơ là phương pháp dập đặc biệt. Trong những năm gần đây, phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong việc tạo hình các chi tiết vỏ mỏng có hình dáng phức tạp trong các ngành công nghiệp hàng không và ô tô bởi nó có nhiều ưu điểm so với các phương pháp dập vuốt thông thường. Tuy nhiên, ở Việt Nam cho đến nay việc thiết kế công nghệ dập thủy cơ chủ yếu dựa vào kinh nghiệm. Bài báo dưới đây, tác giả ứng dụng phần mềm Eta/Dynaform vào việc mô phỏng quá trình dập thủy cơ chi tiết dạng vỏ mỏng với mục đích tối ưu hóa công nghệ dập thủy cơ.

Từ khóa: Gia công kim loại bằng áp lực, công nghệ dập thủy cơ, mô phỏng số.

Numerical Simulation of Hydroforming Process for Thin Products

ABSTRACT

Metal forming is a basic mechanical industry. It allows the manufacturing products with complex shapes and size. Hydroforming process is a special drawing method. In the last years, this method is often used for forming of thin products with complicated geometry in the airplane and automotive manufacture, because it has many advantages compared with conventional deep drawing process. Nevertheless, at present in Vietnam the hydroforming design is largely based on the experience. In this paper, the author apply software Eta/Dynaform for simulation of the hydroforming process of thin product to optimize the deep drawing hydroforming process.

Keywords: Metal forming, hydroforming process, the numerical simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dập thủy cơ là phương pháp tạo hình nhờ vào chất lỏng cao áp làm biến dạng phôi tấm khi dụng cụ gia công chuyển động tác dụng lên phôi (Hình 1). Về cơ bản, phương pháp này hoàn toàn giống với phương pháp dập vuốt thông thường, chỉ khác là có thêm đối áp trong lòng khuôn tạo ra sự bôi trơn thủy động (Phạm Văn Nghệ, 2006; Đinh Văn Phong và cs., 2008).

Có 2 cách tạo ra đối áp: Cách thứ nhất là chất lỏng được đổ đầy vào lòng khuôn, khi đầu trượt đi xuống chất lỏng sẽ bị nén lại và tạo ra đối áp. Cách thứ 2 là bơm trực tiếp chất lỏng có

áp suất vào lòng cối, giá trị áp suất sẽ được điều khiển bởi van giảm áp sao cho phù hợp.

Đối áp làm tăng ma sát giữa phôi và chày (tránh được hiện tượng mất ổn định), giảm ma sát giữa phôi và cối (chất lỏng ở đây có tác dụng bôi trơn). Phôi không tiếp xúc với góc lượn cối nên chất lượng bề mặt tốt hơn, đồng thời chiều dày thành cũng đồng đều hơn, qua đó làm tăng tuổi thọ của khuôn do giảm hiện tượng mòn. Nhờ những ưu điểm nổi bật trên, phương pháp dập thủy cơ đã và đang được ứng dụng rất rộng rãi tại các nước công nghiệp phát triển như: Mỹ, Nhật, Nga, Đức trong việc chế tạo các chi tiết vỏ mỏng có hình dáng phức tạp như vỏ ô tô, ống xả,

vỏ đạn pháo,... (Phạm Văn Nghệ, 2006; Phạm Văn Nghệ và Nguyễn Như Huỳnh, 2005).

Một trong những phương pháp nhằm tối ưu hóa quá trình tạo hình là mô phỏng số. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi nhờ những ưu điểm nổi bật như giảm chi phí thử nghiệm, nâng cao chất lượng sản phẩm,... (Nguyễn Trọng Giảng và Nguyễn Việt Hùng, 2003; Hallquist, 1998).

Hình 2 là quy trình công nghệ sản xuất thực tế có sử dụng công nghệ ảo để trợ giúp nhằm tối ưu hóa các thông số kỹ thuật.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Mô hình vật liệu

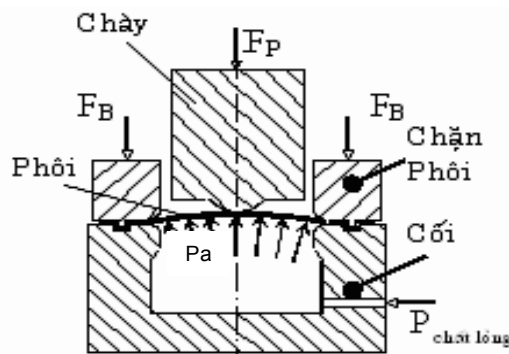
Việc đưa ra mô hình chính xác thể hiện ứng suất của vật liệu phiêu trong quá trình biến dạng

mang một ý nghĩa quyết định đối với kết quả của quá trình mô phỏng.

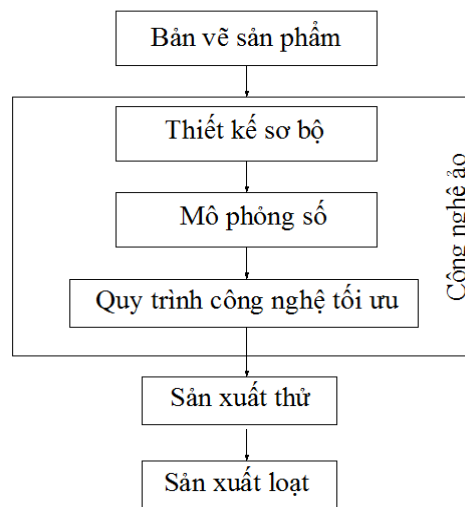
Vật liệu được sử dụng trong mô phỏng kí hiệu là SUS 304 với các thông số tương ứng (Bảng 1, 2).

Đồ thị hình 3 cho thấy mối quan hệ giữa ứng suất tạo hình và hệ số biến dạng của kim loại. Quá trình gia công được thực hiện bởi dụng cụ gia công nên việc đưa vào các thông số vật liệu cho dụng cụ gia công cũng cần thiết trong quá trình mô phỏng. Tuy nhiên có thể coi chày và cối chịu biến dạng đàn hồi không đáng kể. Thông số vật liệu cho dụng cụ gia công (Nguyễn Trọng Giảng, Nguyễn Việt Hùng, 2003; Lê Trọng Tấn, Đinh Văn Mão, Đinh Bá Trụ, 2010).

- Khối lượng riêng: 7.850 kg/m³;
- Mô đun đàn hồi: 210 Gpa;
- Hệ số Poisson: 0,29.



Hình 1. Sơ đồ dập thủy cơ



Hình 2. Tối ưu hóa quá trình dập thủy cơ bằng phương pháp “công nghệ ảo”

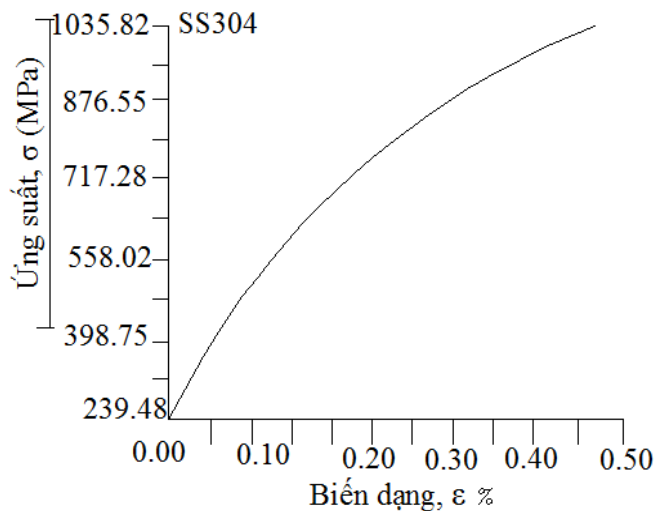
Bảng 1. Thành phần hóa học và cơ tính của thép SUS304 (Lê Công Dưỡng, 1996)

Vật liệu	Thành phần hóa học (%)				Cơ tính			Trạng thái
	C	Cr	N	Khác	σ_b (Mpa)	$\sigma_{0,2}$ (Mpa)	ϵ (%)	
304	$\leq 0,08$	19,0	9,0	-	580	250	55	ủ

Ghi chú: σ_b (Mpa): giới hạn bền của vật liệu; $\sigma_{0,2}$ (Mpa): giới hạn chảy của vật liệu; ϵ (%): Độ giãn dài tương đối của vật liệu.

Bảng 2. Thông số vật liệu SUS 304 sử dụng trong bài toán mô phỏng (Nguyễn Trọng Giảng, Nguyễn Việt Hùng, 2003)

Thông số	Giá trị
Mô đun đàn hồi, E (GPa)	207
Chỉ số mũ biến cứng, n	3
Hệ số poisson, ρ	0,28



Hình 3. Đường cong ứng suất, biến dạng của thép SUS 304

2.2. Mô phỏng số quá trình dập thủy cơ bằng phần mềm ETA/DYNAFORM

Mô phỏng số là phương pháp hiển thị quá trình biến dạng lên trên màn hình vi tính, cho phép ta biết được các khuyết tật xuất hiện trên sản phẩm, từ đó đưa ra các thông số công nghệ: lực chận, kích thước chày cối ... hợp lý nhất (Đình Bá Trụ, 2004)

Trong thực tế sản xuất, một khó khăn tồn tại từ trước tới nay là nguyên công lắp ráp khuôn rất khó, phải dập thử nhiều lần thì mới ra được sản phẩm đạt yêu cầu. Phương pháp mô phỏng số đã khắc phục được khó khăn trên, các thông số công

nghệ rút ra được có độ chính xác rất cao làm đơn giản hoá việc lắp ráp khuôn, giảm số lần dập thử, thường thì chỉ cần một lần dập thử là ra được sản phẩm có chất lượng tốt (Đình Bá Trụ, 2004; Đình Văn Phong và cs., 2008).

Điều kiện chuyển vị của bài toán bao gồm:

Cối và chận phôi đứng yên, do đó $u_{cối} = 0$;

Chày đi xuống một khoảng h ứng với chiều sâu dập vượt nên $u_{chày} = h$ (Với u là độ dịch chuyển của dụng cụ).

Sau khi xây dựng mô hình hình học (Hình 4), tiến hành giải bài toán mô phỏng theo các bước như hình 5.

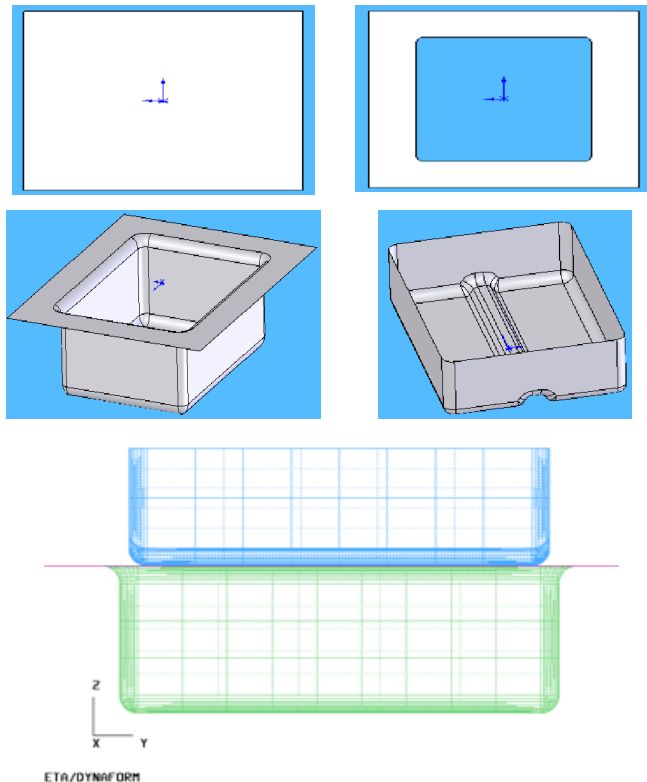
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Dưới đây là một số kết quả mô phỏng quá trình dập thủy cơ chi tiết dạng vỏ mỏng, lấy chi tiết khay vô khuẩn y tế làm ví dụ, vật liệu là thép không gỉ SUS304, chiều dày 1,0 mm, giới hạn bền là 580 MPa.

Do luôn tồn tại áp suất chất lỏng $p = 60$ MPa tác dụng vào bề mặt dưới phôi nên phôi luôn ôm sát vào bề mặt chày dập tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình dập và đảm bảo cho sự chính xác về hình dạng, kích thước của sản phẩm.

Từ hình 6 đến hình 9 thể hiện kết quả mô phỏng về sự biến dạng vật liệu, độ biến mỏng chiều dày phôi, dịch chuyển vật liệu vành chi tiết và ứng suất tương đương trong quá trình dập.

Theo đó ta thấy mức độ biến dạng của vật liệu trên hình 6 là an toàn cho sản phẩm vì không xuất hiện vùng màu vàng và màu đỏ, vì hai vùng này sẽ làm cho vật liệu bị phá hủy liên kết dẫn đến hiện tượng nhăn, rách.

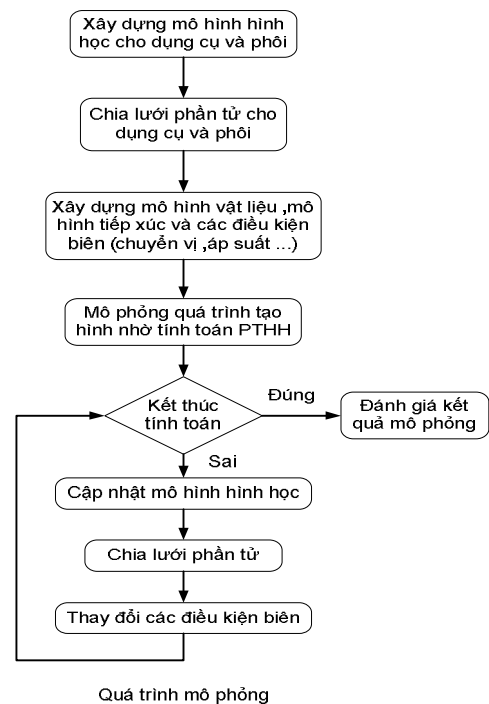


Hình 4. Mô hình hình học và mô hình lưới phần tử

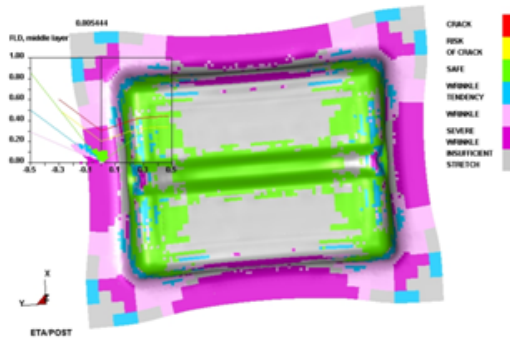
Biểu đồ độ biến mỏng (Hình 7) cho thấy từ chiều dày 1,0 mm sản phẩm sau dập có chiều dày khác nhau tại các vị trí khác nhau, cụ thể vị trí dày nhất là 1,08 mm, vị trí mỏng nhất là 0,88 mm. Từ đó có thể thấy chiều dày vật liệu biến mỏng không đáng kể và mức độ biến dạng đồng đều.

Biểu đồ kéo phôi (Hình 8) cho thấy vật liệu phôi bị dịch chuyển lớn nhất tại vị trí màu đỏ, khoảng dịch chuyển là: 19,9 mm, dịch chuyển nhỏ nhất tại vị trí màu xanh da trời ở bốn góc nhọn của vành với khoảng dịch chuyển là 6,70 mm. Từ đó giúp cho quá trình tính toán xác định kích thước phôi ban đầu để đưa vào sản xuất thực tế sẽ được thực hiện chính xác hơn rất nhiều.

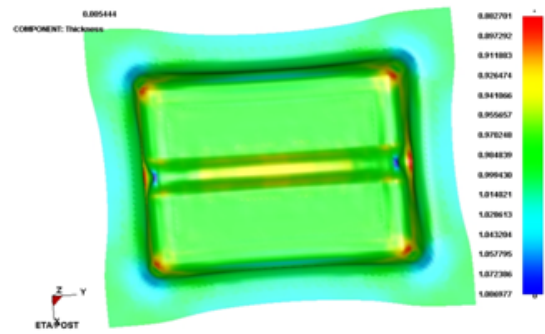
Với ứng suất dập thể hiện trên biểu đồ hình 9, cho thấy ứng suất lớn nhất là 524,95 MPa tại vùng màu đỏ và giá trị này vẫn nhỏ hơn giá trị ứng suất cho phép là 580 MPa, vậy nên chi tiết sau dập vẫn đảm bảo chất lượng.



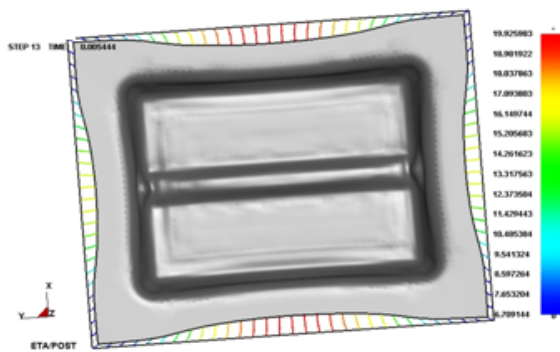
Hình 5. Các bước giải bài toán mô phỏng



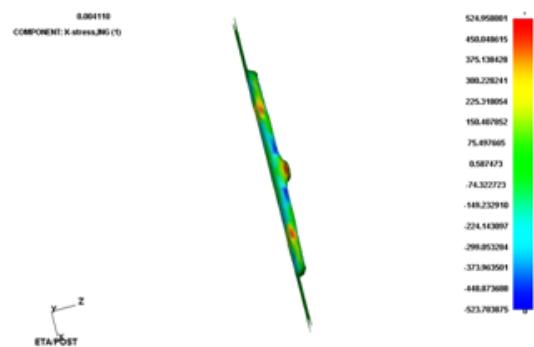
Hình 6. Biểu đồ biến dạng sau dập



Hình 7. Độ biến mỏng của vật liệu sau dập



Hình 8. Biểu đồ dịch chuyển vật liệu vành chi tiết



Hình 9. Biểu đồ ứng suất sau dập

Như vậy, thông qua các giá trị phân tích, đánh giá về sự phân bố ứng suất, biến dạng, người thiết kế có thể thay đổi các thông số đầu vào (kết cấu dụng cụ gia công, điều kiện biên) để xác định được phương án công nghệ tối ưu, phục vụ vào sản xuất thực tế.

4. KẾT LUẬN

Ứng dụng mô phỏng số quá trình dập thủy cơ chi tiết dạng vỏ mỏng cho phép phân tích chính xác trạng thái ứng suất, biến dạng của vật liệu. Dựa vào kết quả mô phỏng người thiết kế có thể đánh giá tổng quát quá trình tạo hình, dự đoán trước chất lượng sản phẩm, đồng thời tránh được các ảnh hưởng xấu, các sai hỏng làm phá hủy vật liệu phôi trong quá trình biến dạng. Từ đó nhanh chóng tối ưu hóa kết cấu khuôn cũng như thông số biến dạng.

Qua mô phỏng có thể khẳng định được những ưu điểm quan trọng của phương pháp dập thủy cơ:

- Không tồn tại biến dạng cục bộ quá lớn.
- Chi tiết luôn ôm sát vào chày dập, đảm bảo được hình dạng cũng như kích thước của sản phẩm.
- Tạo ra ma sát thủy động trong quá trình dập làm cho hệ số ma sát rất nhỏ, tạo điều kiện thuận lợi cho việc kéo phôi vào lòng cối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đinh Bá Trụ (2004). Giáo trình Phương pháp phần tử hữu hạn trong kỹ thuật cơ khí. Nhà xuất bản Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội.
- Đinh Văn Phong, Lê Trọng Tấn và Lại Đăng Giang (2008). Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực ép biên đến quá trình dập vượt thủy cơ. Tạp chí Khoa học kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật quân sự.
- Lê Công Dưỡng (1996). Giáo trình Vật liệu học. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Lê Trọng Tấn, Đinh Văn Mão và Đinh Bá Trụ (2010). Nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số tối ưu hóa biến dạng khi dập thủy cơ. Báo cáo

Mô phỏng số quá trình dập thủy cơ chi tiết dạng vỏ mỏng

- khoa học Hội nghị Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ X, Thái Nguyên.
- Nguyễn Trọng Giảng, Nguyễn Việt Hùng (2003). Giáo trình ANSYS và mô phỏng số trong công nghiệp bằng phần tử hữu hạn. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Tất Tiến (2004). Giáo trình Lý thuyết biến dạng dẻo kim loại. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Như Huỳnh (2005). Giáo trình ma sát và bôi trơn trong gia công áp lực. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, Hà Nội.
- Phạm Văn Nghệ (2006). Giáo trình Công nghệ dập thủy tĩnh. Nhà xuất bản Đại học Bách Khoa, Hà Nội
- Hallquist, John O (1998). LS - DYNA Theoretical Manual. Livermore Software Technology Corporation, Livermore.