

NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ANSYS TRONG QUÁ TRÌNH DẬP THỦY CƠ CHI TIẾT RỒNG TỪ PHÔI TẤM HAI LỚP

RESEARCH, APPLY ANSYS SOFTWARE IN THE PROCESS OF HYDROFORMING HOLLOW PARTS FROM DOUBLE BLANK SHEET

Hoàng Anh Tuấn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 20/4/2016, chấp nhận đăng ngày 11/5/2016

Tóm tắt: Phương pháp dập thủy cơ - dưới tác dụng của môi trường chất lỏng kết hợp với “phần cứng” của dụng cụ gây biến dạng - sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự biến dạng của vật liệu theo hướng mong muốn. Nhờ vậy, nó được ứng dụng rộng rãi trong chế tạo những chi tiết có hình dáng phức tạp, những chi tiết làm từ những vật liệu khó biến dạng... xuất phát từ những ưu điểm so với phương pháp dập vuốt thông thường và khả năng ứng dụng của công nghệ này. Bài báo dưới đây trình bày các kết quả nghiên cứu công nghệ dập thủy cơ trong tạo hình chi tiết rỗng từ phôi tấm hai lớp với việc ứng dụng phần mềm ANSYS để mô phỏng quá trình dập. Độ chính xác của các kết quả mô phỏng số và tính khả dụng được chứng minh qua thực nghiệm.

Từ khóa: ANSYS, dập thủy cơ, mô phỏng số.

Abstract: Hydroforming methods - under the influence of the fluid environment in combination with the "hardware" of distorting instruments - will create favorable conditions for the deformation of the materials in the desired direction. Therefore it is widely used in the fabrication parts having complex shape and parts made from difficult deformation materials... Starting from the advantages compared to conventional forming methods and possibilities application of the technology, the article presents the research results hydroforming technology in hollow parts from double-blank sheet with ANSYS application software to simulate the process of forming. The accuracy of the numerical simulation results and the availability of the method have been demonstrated experimentally.

Keywords: ANSYS, hydroforming, numerical simulation.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, nhiều nước trên thế giới đang áp dụng có hiệu quả phương pháp dập thủy cơ để gia công các chi tiết rỗng có hình dạng phức tạp. Tại các nước phát triển như: Đức, Nhật, Mỹ, Anh, Thụy Điển, Pháp, Nga phương pháp dập thủy cơ được nghiên cứu và phát triển nhằm mục đích đáp ứng các yêu cầu của công nghiệp để sản xuất các chi tiết kim loại dạng tấm một cách kinh tế với

những đặc điểm riêng với các kích cỡ nhỏ. Kiểu dập sâu truyền thống các chi tiết trên ô tô mà có diện tích mặt ngoài lớn (như mũi xe, các cánh cửa hoặc nắp máy...) thường tạo cho chúng khả năng chống lại vết lõm kém. Đó là do ở phần giữa của chi tiết có độ biến dạng thấp. Độ cứng thành phần thấp gây ra ảnh hưởng tiêu cực tới khả năng chống va đập của các phương tiện. Khắc phục các hiện tượng này dùng công nghệ tạo hình thủy cơ thì các chi tiết sẽ có khả năng phân bố ứng

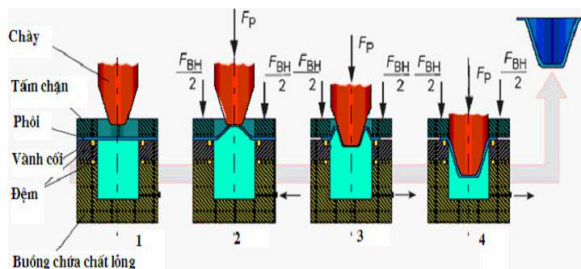
suất tạo hình đồng nhất và do đó sẽ nâng cao được độ bền của chi tiết [1].

Phương pháp dập thủy cơ là giải pháp hữu hiệu trong trường dập vuốt sâu các chi tiết đối xứng như trụ, cầu, parabol... Phương pháp này được ứng dụng để gia công các sản phẩm lớn, có hình dạng phức tạp, sản phẩm nhiều lớp, vật liệu có tính biến dạng kém [5]. Chính vì vậy, việc nghiên cứu quá trình tạo hình các chi tiết rỗng từ phôi tấm hai lớp bằng phương pháp dập thủy cơ đang là rất cần thiết để đáp ứng nhu cầu tạo ra các sản phẩm mà phương pháp dập vuốt thông thường không có khả năng đáp ứng.

Nhưng hiện nay, việc tính toán công nghệ dập thủy cơ vẫn chưa được nghiên cứu một cách tổng quát ở Việt Nam. Do đó, trong bài báo này, chúng tôi đã ứng dụng phần mềm ANSYS vào việc mô phỏng số quá trình dập thủy cơ nhằm tối ưu hóa công nghệ, giảm giá thành sản phẩm và tiết kiệm thời gian thử nghiệm.

2. NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ DẬP THỦY CƠ

Sơ đồ các bước dập thủy cơ được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ các bước dập thủy cơ

Đặc điểm của phương pháp này là tạo hình vật liệu nhờ nguồn chất lỏng cao áp kết hợp với lực nén của chày. Chất lỏng cao áp được tạo thành trong quá trình làm việc, chày chuyển động nén chất lỏng trong lòng cối.

Dưới tác dụng của áp suất chất lỏng, phôi bị áp sát chặt vào chày vuốt và vùng khe hở chày và cối bị phình lên trên tạo thành gân vuốt mềm, quá trình vuốt xảy ra không phải

qua mép vuốt cứng mà qua gân chất lỏng. Chiều cao phần gân ra phụ thuộc vào áp suất của chất lỏng công tác. Quá trình dập có thể chia thành các giai đoạn như sau:

- Giai đoạn 1: Đưa phôi vào khuôn ép.
- Giai đoạn 2:
 - Phôi được kẹp chặt nhờ cơ cấu chặn phôi.
 - Không gian ép được hình thành giữa phôi và lòng cối.
 - Chất lỏng được bơm vào trong lòng cối.
 - Phôi ép vào chày.
- Giai đoạn 3: Chày đi xuống thực hiện quá trình dập. Áp suất chất lỏng đủ để phôi biến dạng, tách phôi khỏi miệng cối, tạo hình phồng lên làm giảm ma sát tiếp xúc khi vuốt sâu.
- Giai đoạn 4: Phôi được hình thành theo đúng biên dạng của chày. Hết hành trình lấy phôi ra được sản phẩm.

Phương pháp dập thủy cơ này có ưu điểm nổi bật so với dập vuốt thông thường:

- Vật liệu luôn nằm trong trạng thái ứng suất nén ba chiều do tác động của áp suất chất lỏng.
- Không tồn tại sự chênh lệch lớn về mức độ biến dạng trong vật liệu, do vậy tính chất cơ lý của kim loại sau biến dạng đồng đều hơn.
- Tuổi thọ của dụng cụ gia công tăng do xuất hiện bôi trơn thủy động.

Tuy nhiên, phương pháp dập thủy cơ cũng có những nhược điểm đó là dụng cụ gia công phải có độ chính xác cao, chi phí lớn cho chất lỏng công tác và trang thiết bị thủy lực cho dập thủy cơ được thiết kế và chế tạo phức tạp.

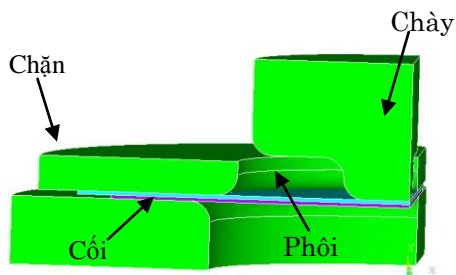
Để khảo sát quá trình dập thủy cơ cũng như đánh giá được chất lượng của chi tiết phải tối ưu các thông số công nghệ như áp suất chất lỏng, bản chất vật liệu, hình dáng, kích thước của phôi, khe hở giữa chày và vành cối...

Việc tính toán tối ưu công nghệ khó có thể thực hiện bằng phương pháp giải tích, song với việc sử dụng công nghệ tính toán mô phỏng số cho phép nhanh chóng tối ưu công nghệ, khảo sát trực quan quá trình dập và đánh giá được các thông số ảnh hưởng đến chất lượng của chi tiết.

3. MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH DẬP THỦY CƠ PHÔI TẤM HAI LỚP

3.1. Thiết lập mô hình hình học của bài toán

Mô hình hình học bao gồm dụng cụ gia công và phôi được xây dựng dựa trên yêu cầu chính xác về hình dạng và kích thước của sản phẩm. Trong quá trình dập thủy cơ, tham gia vào quá trình có dụng cụ gia công bao gồm chày, cối, tấm chặn và phôi tấm. Chính vì vậy, ta phải xây dựng được mô hình hình học của chày, cối, chặn và phôi đúng theo thực tế của bài toán. Hình 2 thể hiện mô hình 3D của bài toán dập thủy cơ chi tiết trụ tròn xoay từ phôi phẳng với kích thước và chiều dày phôi ban đầu $D_0 = 160$ mm, $S_0 = 1$ mm (cho cả hai tấm). Để giảm bớt thời gian tính toán mà vẫn đảm bảo kết quả chính xác, ta chỉ xây dựng 1/4 mô hình do tính đối xứng trục của chi tiết.



Hình 2. Mô hình hình học bài toán dập thủy cơ hai lớp từ phôi phẳng

3.2. Các thông số vật liệu

Các thông số vật liệu được trình bày trong bảng 1.

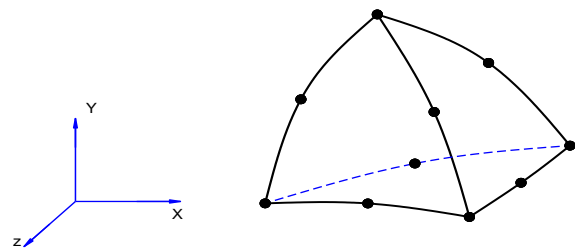
3.3. Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn

Quá trình thiết lập mô hình phần tử hữu hạn được thực hiện với sự trợ giúp của phần mềm ANSYS. Độ chính xác kết quả của việc

giải bài toán bằng mô phỏng số phụ thuộc nhiều vào việc chia lưới phần tử cho các chi tiết. Số lượng phần tử càng nhiều, độ chính xác của kết quả càng cao, tuy nhiên thời gian tính toán mô phỏng sẽ càng dài. Do đặc điểm của mô hình này có nhiều mặt cong nên ta sử dụng kiểu phần tử cho bài toán là Solid 92 với 10 nút (hình 3).

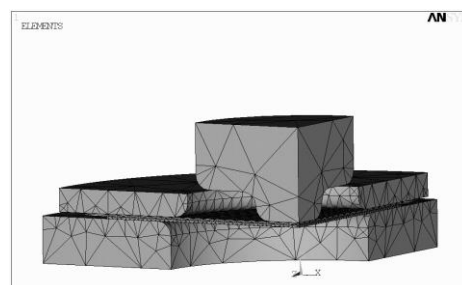
Bảng 1. Các thông số vật liệu của các chi tiết tham gia vào quá trình dập thủy cơ

Chi tiết Thông số	Phôi tấm	Dụng cụ gia công
Ký hiệu	A1050H14	AICI C1020SI
Khối lượng riêng (kg/m ³)	2705	7800
Mô đun đàn hồi (MPa)	69.10 ³	1,93.10 ⁵
Hệ số poisson	0,33	0,29
Ứng suất chảy (MPa)	103	
Nhiệt dung riêng (J/kg.K)	900	502



Hình 3. Phần tử Solid 92 với 10 nút

Với việc sử dụng phần tử solid 92 với 10 nút tiến hành chia lưới phần tử cho các mô hình hình học trên thu được các mô hình lưới cho phôi phẳng như hình 4.

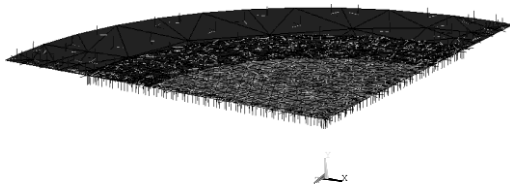


Hình 4. Mô hình chia lưới phần tử

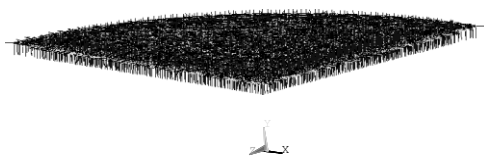
3.4. Mô hình tiếp xúc

Trong quá trình gia công luôn có sự tiếp xúc giữa dụng cụ gia công và vật liệu xuất hiện sự trượt tại các bề mặt tiếp xúc, tức là có ma sát tiếp xúc. Ma sát trong quá trình dập thủy cơ là ma sát thủy động. Bởi vậy hệ số ma sát trong bài toán này rất nhỏ ($\mu = 0,001 \div 0,05$). Đây là một ưu điểm nổi bật của quá trình dập thủy cơ. Khi thiết lập mô hình tiếp xúc trong ANSYS, có thể lựa chọn mô hình tiếp xúc mặt với mặt và chỉ có bề mặt của vật liệu bị biến dạng còn bề mặt của dụng cụ gia công coi như cứng tuyệt đối. Trong bài toán dập thủy cơ phôi phẳng hai lớp sẽ xuất hiện các cặp mặt tiếp xúc sau:

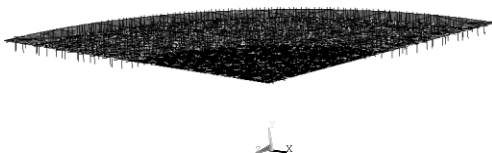
- Cặp tiếp xúc giữa mặt dưới của tấm dưới và cối (hình 5).
- Cặp tiếp xúc giữa hai lớp vật liệu tấm (hình 6).
- Cặp tiếp xúc giữa mặt trên của tấm trên và mặt dưới của tấm chặn (hình 7).
- Cặp tiếp xúc giữa mặt trên của lớp phôi trên với mặt ngoài của chày ép (hình 8).



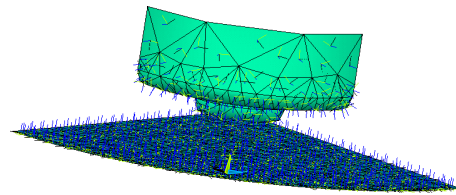
Hình 5. Cặp tiếp xúc giữa cối và phôi



Hình 6. Cặp tiếp xúc giữa phôi và phôi



Hình 7. Cặp tiếp xúc giữa chặn và phôi



Hình 8. Cặp tiếp xúc giữa chày và phôi

3.5. Mô hình điều kiện biên của bài toán

- Áp suất chất lỏng

Giá trị áp suất chất lỏng cần thiết cho dập thủy cơ là một trong những thông số công nghệ cơ bản, có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình biến dạng của kim loại. Giá trị áp suất chất lỏng $q = 80-120$ MPa.

- Điều kiện chuyển vị của bài toán được xây dựng như sau:

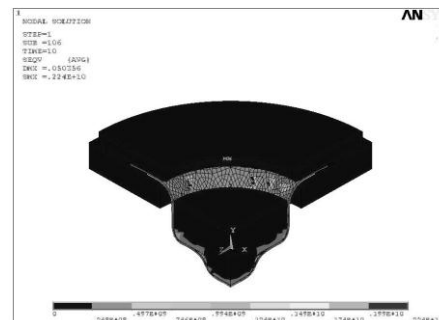
– Cối và chặn phôi đứng yên

$$\Rightarrow U_{chấm} U_{cối} = 0.$$

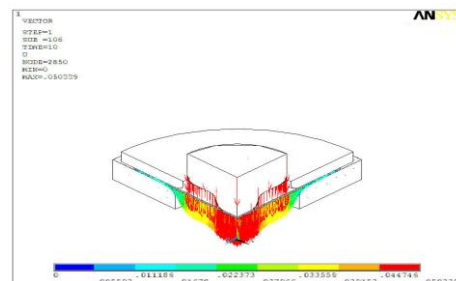
– Chày đi xuống một khoảng h ứng với chiều sâu dập vuốt $\Rightarrow U_{chày} = h$ (với h thay đổi từ 0-55 mm).

3.6. Kết quả mô phỏng số

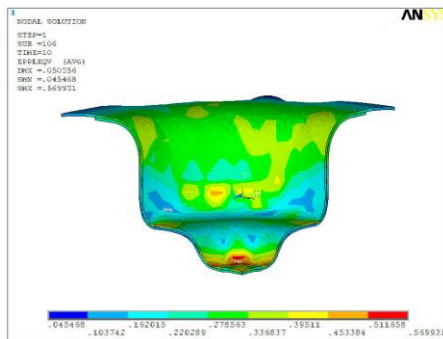
Một số kết quả chính của bài toán mô phỏng số quá trình dập thủy cơ hai lớp từ phôi tấm như sau:



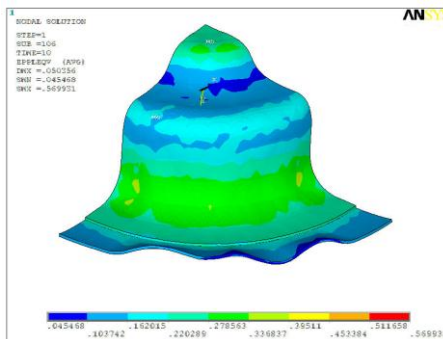
Hình 9. Cường độ ứng suất khi dập thủy cơ phôi tấm hai lớp



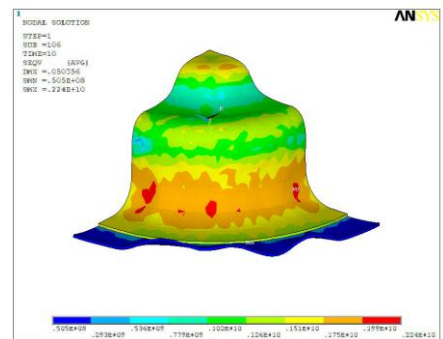
Hình 10. Véc tơ chuyển vị



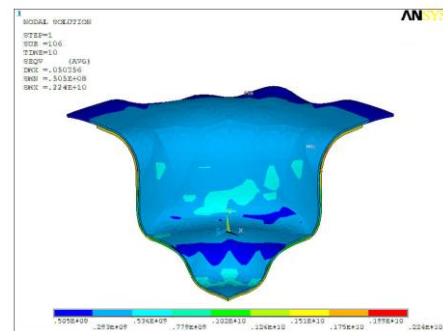
Hình 11. Cường độ biến dạng của tấm nhôm ở trên



Hình 12. Cường độ biến dạng của tấm nhôm ở dưới



Hình 13. Cường độ ứng suất VonMises đối với phôi tấm dưới



Hình 14. Cường độ ứng suất VonMises đối với phôi tấm trên

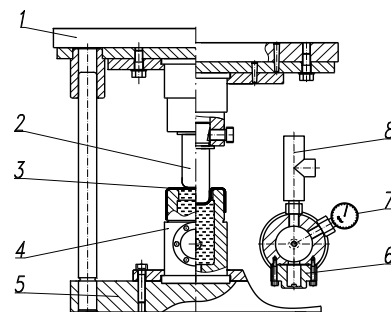
Từ những kết quả thu được trong quá trình mô phỏng ta có một vài nhận xét sau:

- Khi áp suất chất lỏng đủ lớn, nó sẽ có tác dụng ép chặt phôi vào dụng cụ biến dạng (chày dập), tạo hình cho chi tiết như hình dáng của chày. Nếu giá trị áp suất chất lỏng là nhỏ hoặc bằng không, phôi không bị ép chặt vào chày. Nếu chày có biên dạng phức tạp (lồi, lõm) thì ở những phần đó phôi bị kéo căng. Qua đây thấy rõ ưu điểm của phương pháp dập thủy cơ. Giá trị áp suất cần thiết để dập phôi tấm hai lớp nằm trong khoảng 80 - 120 MPa.

- Trạng thái ứng suất - biến dạng trong phôi là rất phức tạp. Nói chung, ô biến dạng của phôi không đơn thuần chỉ ở phần vành phôi và ở bán kính lượn của cối, mà còn ở những phần lồi, lõm của dụng cụ, nơi có tác động của áp suất chất lỏng gây lên và ép chặt phôi vào dụng cụ.

4. KIỂM NGHIỆM QUÁ TRÌNH DẬP THỦY CƠ PHÔI TẤM HAI LỚP BẰNG THỰC NGHIỆM

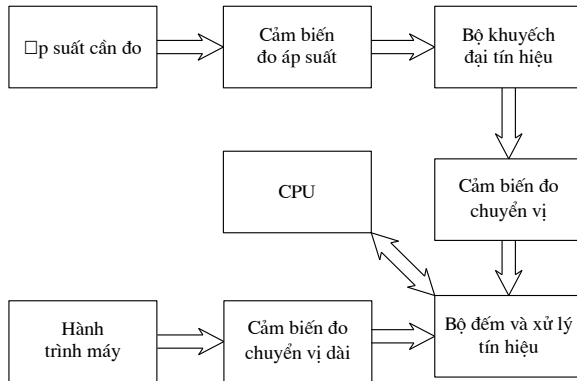
Khuôn thực nghiệm để dập thủy cơ chi tiết rỗng từ phôi tấm hai lớp được thể hiện trên hình 15, trong đó ngoài các chi tiết chính gồm đế khuôn trên (1), chày dập (2), phôi (3), cối dập (4), đế khuôn dưới (5), cốc đo áp suất (6), đồng hồ đo áp suất (7), van tràn (8) còn có các cụm chi tiết khác như dẫn hướng, hệ thống chặn phôi...



Hình 15. Kết cấu khuôn dập

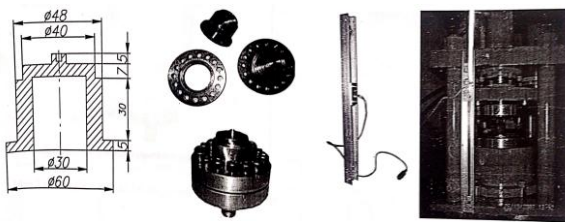
Căn cứ vào đặc điểm công nghệ cũng như điều kiện thực tế, nghiên cứu chỉ tiến hành đo hai thông số công nghệ cơ bản là áp suất chất lỏng p và chiều cao tương đối của sản phẩm h/d. Đây chính là hai thông số công nghệ quan trọng có tính chất quyết định đến khả năng biến dạng của kim loại trong quá trình

dập thủy cơ. Sơ đồ khối của hệ thống đo các thông số được thể hiện trên hình 16.



Hình 16. Sơ đồ khối hệ thống đo áp suất chất lỏng và hành trình

Chi tiết cốc đo áp suất, bộ đo hành trình (hình 17).

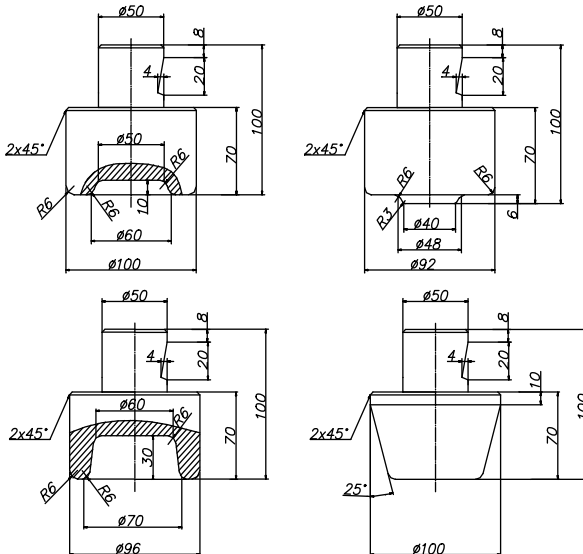


Chi tiết cốc đo áp suất

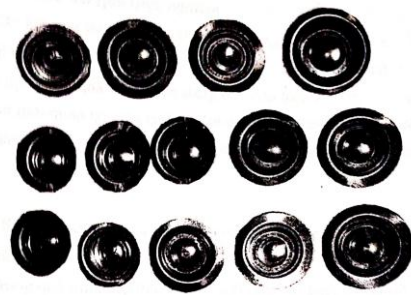
Bộ đo hành trình

Hình 17. Hệ thống đo lường

Hình dáng sản phẩm trong dập thủy cơ tương ứng với hình dáng của chày (hình 18).



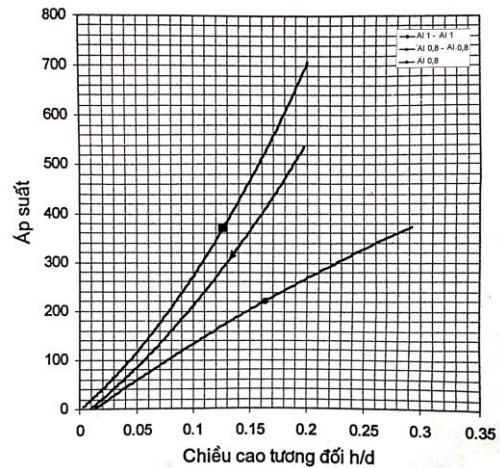
Hình 18. Kích thước và hình dạng các loại chày dập



Hình 19. Một số sản phẩm thí nghiệm dập thủy cơ đối với phôi tấm 2 lớp



Hình 20. Sản phẩm bị rách trong dập thủy cơ một lớp và hai lớp



Hình 21. Đồ thị sự phụ thuộc của áp suất chất lỏng - chiều cao tương đối khi dập thủy cơ

Trong quá trình dập thủy cơ, áp suất chất lỏng có vai trò quan trọng. Các kết quả thí nghiệm khi dập thủy cơ đã cho thấy rõ mối quan hệ này. Trên hình 21 là đồ thị khi dập thủy cơ vật liệu nhôm với phôi có kích thước khác nhau trên cùng một loại chày dập (chày lõm nhỏ - hình 18). Qua các đồ thị này cho thấy, trong những thời điểm đầu tiên, áp suất của chất lỏng tăng nhanh, sau đó tăng chậm dần. Nguyên nhân là trong thời điểm

ban đầu, chất lỏng bắt đầu chịu nén. Do chất lỏng là không nén được (hoặc khả năng nén rất nhỏ), nên áp suất chất lỏng tăng nhanh. Sau khi tăng nhanh đến một giá trị nào đó, áp suất chất lỏng đủ khả năng ép chặt kim loại vào chày dập để tạo hình chi tiết, khi đó áp suất sẽ tăng chậm dần.

Tuy nhiên khi dập thủy cơ phôi tấm một lớp, hai lớp sản phẩm bị rách (hình 20) nguyên nhân là do ảnh hưởng của áp suất chất lỏng; hình dáng kích thước của phôi đến khả năng biến dạng của kim loại: Khi áp suất chất lỏng quá lớn gây ra hiện tượng biến mỏng của phôi ở những vùng biến dạng lớn làm phôi bị rách và đứt; khi đường kính của phôi tăng, chiều dày phôi nhỏ gây ra hiện tượng nhăn mép hoặc kéo đứt phôi ở tiết diện nguy hiểm do ma sát giữa vành phôi và dụng cụ lớn.

Cũng qua thực nghiệm kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, áp suất của chất lỏng khi dập phôi nhôm hai lớp cao gấp đôi so với khi dập nhôm một lớp. Điều này hoàn toàn hợp lý vì lý do chiều dày phôi ảnh hưởng lớn đến quá trình dập thủy cơ.

Kích thước và hình dạng của sản phẩm thực

nghiệm hoàn toàn phù hợp với kết quả của quá trình mô phỏng. Như vậy, dựa trên kết quả thực nghiệm có thể khẳng định tính đúng đắn của mô hình dập thủy cơ cùng các kết quả mô phỏng bằng phần mềm ANSYS. Các kết quả tối ưu từ mô phỏng số có thể áp dụng hữu hiệu đối với quá trình sản xuất công nghiệp thực tế.

5. KẾT LUẬN

Phương pháp dập thủy cơ - dưới tác dụng của môi trường chất lỏng kết hợp với dụng cụ biến dạng - đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo hình của vật liệu theo hướng mong muốn. Nhờ những ưu điểm nổi bật, phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong chế tạo những chi tiết có hình dáng phức tạp và những chi tiết làm từ những vật liệu khó biến dạng trong công nghiệp ô tô, quốc phòng ở các nước công nghiệp phát triển. Việc nghiên cứu phương pháp, thiết lập mô hình tính toán và xây dựng mô hình thực nghiệm cho phép nhanh chóng tối ưu các thông số công nghệ và qua đó cũng đã chứng tỏ được tính ưu việt của phương pháp. Công nghệ dập thủy cơ cho các chi tiết rỗng từ phôi tấm hai lớp này sẽ được triển khai vào thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Văn Nghệ. *Công nghệ dập thủy tĩnh*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1998.
- [2] Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Đắc Trung, Trần Việt Thắng, Nguyễn Anh Tuấn, *Mô phỏng số quá trình dập thủy cơ chi tiết đối xứng trục*. Hội nghị toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ bảy, 2004.
- [3] Nguyễn Tất Tiến. *Lý thuyết biến dạng dẻo kim loại*. NXB Giáo dục, 2004.
- [4] Đào Văn Lưu. *Nghiên cứu các thông số công nghệ trong quá trình tạo hình các chi tiết không gian rỗng từ phôi tấm bằng phương pháp dập thủy cơ*, Luận văn Thạc sĩ, Học viện Kỹ thuật quân sự, 2004.
- [5] Nguyễn Văn Thành. *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ cơ bản trong dập thủy cơ vật liệu tấm*, Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2012.

Thông tin liên hệ:

Hoàng Anh Tuấn

Điện thoại: 0982 781 886 - Email: hatuan@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

