

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY DẬP MINI SỬ DỤNG KHÍ NÉN ĐỂ BIẾN DẠNG PHÔI KIM LOẠI TẤM

Nguyễn Thị Thu Trang*, Nguyễn Hữu Hưởng

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: ntttrang.cd@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 28.11.2018

Ngày chấp nhận đăng: 20.02.2019

TÓM TẮT

Thiết kế mô hình máy dập mini sử dụng khí nén dựa trên cơ sở trang thiết bị hiện có và áp dụng các phần mềm thiết kế kỹ thuật kết hợp với kết quả nghiên cứu tính toán. Mô hình này được ứng dụng chủ yếu vào việc phục vụ đào tạo và nghiên cứu khoa học. Các thông số công nghệ của máy được tính toán, xác định và lựa chọn dựa vào hình dáng, kích thước và vật liệu của chi tiết cần chế tạo. Máy dập mini sử dụng khí nén có thể chế tạo được nhiều dạng chi tiết nhờ vào việc thay đổi nhanh chóng, thuận tiện kết cấu và hình dáng của khuôn dập. Trên cơ sở bản vẽ thiết kế tiến hành chế tạo các chi tiết, cụm chi tiết máy, lắp ráp thành mô hình máy hoàn chỉnh và ứng dụng vào việc gia công tạo hình kim loại tấm.

Từ khóa: Máy dập, kim loại tấm, khí nén, biến dạng, thiết kế kỹ thuật.

Design and Manufacture of Mini-Stamping Machine with Compressed Air for Deformation of Sheet Metal

ABSTRACT

A mini-stamping machine model using compressed air was designed on the basis of the existing equipment and technical design softwares combined with the results of calculations. The machine model is intended for use in training and scientific research. Technological parameters of the machine were calculated, determined and selected based on the shape, size and materials of the parts to be manufactured. Mini stamping machine using compressed air can be fabricated in variable types of parts thanks to the quick, convenient structure and shape change of the forming machine. Based on the design drawings, the parts and part cluster were manufactured and assembled into a complete machine model and applied to the processing of sheet metal forming.

Keywords: Stamping machine, sheet metal, compressed air, deformation, technical design software.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trong nhiều ngành sản xuất như: Điện tử, thiết bị y tế, hàng không, hàng tiêu dùng, thiết bị công nghiệp, rất nhiều chi tiết được chế tạo từ phôi tấm với kích thước khác nhau, phôi chịu tác động trực tiếp bởi áp lực của khí nén để tạo hình, với mục đích làm biến dạng phôi tấm ban đầu thành các chi tiết có hình dáng và kích thước mong muốn. Trong các máy dập dùng khí nén, không khí nén có áp lực được dẫn từ máy nén khí truyền vào khoang chứa của xi lanh thủy lực phía trên phôi. Áp suất tạo ra bằng

không khí nén không lớn lắm, nên máy dập bằng khí nén thường dùng để gia công biến dạng các phôi tấm mỏng (Phạm Văn Nghệ, 2011).

Không chỉ ở Việt Nam mà các quốc gia trên thế giới rất quan tâm phát triển lĩnh vực gia công áp lực, nhiều máy móc, thiết bị ra đời phục vụ cho quá trình sản xuất trong nhiều lĩnh vực khác nhau của đời sống xã hội (Nguyễn Mậu Đăng, 2006). Số lượng chi tiết có khả năng được chế tạo bằng máy dập khí nén rất phong phú và đa dạng như: Chi tiết dạng cắt hình, đột lỗ, dạng gấp mép, tạo đường gân, dập vuốt. Sự biến đổi diễn ra nhờ sự biến dạng dẻo một phần phôi,

phần còn lại chủ yếu là biến dạng đàn hồi hoặc biến dạng dẻo nhỏ và hầu như các chi tiết được biến dạng ở trạng thái nguội (Nguyễn Mậu Đăng, 2006).

Trong phạm vi bài viết đi vào nghiên cứu để tính toán, thiết kế và chế tạo mô hình máy dập mini sử dụng khí nén để tạo hình một số dạng chi tiết, phát huy hiệu quả tính công nghệ của dập tạo hình, phục vụ nghiên cứu khoa học và đào tạo chuyên môn.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Một số dạng máy dập tạo hình bằng không khí nén có mặt trên thị trường hoặc đang được sử dụng trong một số cơ sở sản xuất lớn nhỏ; thiết bị máy nén khí, các hệ thống van điều khiển, van phân phối; một số vật liệu sử dụng để chế tạo chi tiết máy (Trần Văn Định, 2006).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu lý thuyết

Nghiên cứu tổng hợp tài liệu lý thuyết về: thiết kế chi tiết máy, công nghệ chế tạo máy, công nghệ tạo hình kim loại tấm, thiết kế khuôn dập tấm, hệ thống thủy lực khí nén, vật liệu kim loại, một số dạng chi tiết được chế tạo bằng công nghệ dập tấm phù hợp.

Nghiên cứu lý thuyết quá trình biến dạng bằng công nghệ cắt hình, đột lỗ, công nghệ dập vuốt làm cơ sở cho việc tính toán, lựa chọn kết cấu, kích thước và đảm bảo khả năng làm việc của máy, của khuôn sau khi chế tạo và đưa sử dụng.

2.2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Thiết kế các chi tiết máy và hệ thống mô hình tổng thể của máy dập mini sử dụng không khí nén trên phần mềm kỹ thuật 2D, 3D. Tính toán, lựa chọn hệ thống máy nén khí, xy lanh và một số thiết bị phụ trợ.

Chế tạo các chi tiết máy và toàn bộ mô hình máy trên cơ sở kết quả mô hình đã thiết kế và các thiết bị hiện có. Ứng dụng mô hình này để thực hiện quá trình gia công biến dạng dẻo một số dạng chi tiết từ phôi kim loại tấm.

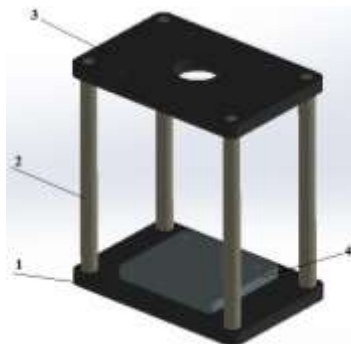
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn nguyên lý kết cấu của máy dập mini sử dụng khí nén

3.1.1. Thân máy

Qua khảo sát, phân tích một số sản phẩm máy có mặt trên thị trường hoặc đã được chế tạo và đưa vào sử dụng, tác giả lựa chọn kết cấu máy gồm các phần chính là: Thân máy, hệ thống khí nén, hệ thống khuôn dập.

Thân máy gồm các chi tiết chính là: Đế trên và đế dưới được lắp ráp với bốn trụ máy, các chi tiết được chế tạo bằng thép CT3. Khung máy lắp với hệ thống khí nén ở phía trên và được điều khiển bằng hệ thống van điều chỉnh, đế khuôn sẽ lắp với các bộ khuôn tương ứng của từng chi tiết cụ thể, lắp với hệ thống dẫn hướng và được liên kết với đế dưới của máy. Ngoài ra còn có khung đỡ toàn bộ máy đảm bảo độ chính xác gia công, tính thẩm mỹ và thuận tiện cho người sử dụng (Hình 1).



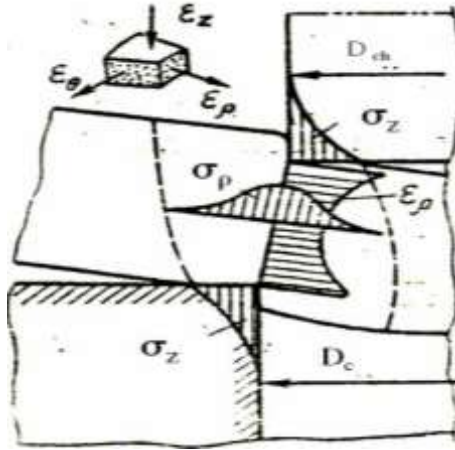
Ghi chú: 1. Đế dưới; 2. Trụ máy; 3. Đế trên; 4. Đế khuôn

Hình 1. Nguyên lý cấu tạo của thân máy dập bằng khí nén

Bảng 1. Thành phần hóa học của không khí

	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	H ₂	Ne.10 ⁻³	Kr.10 ⁻³	X.10 ⁻⁶	He.10 ⁻³
Thể tích (%)	78,08	20,45	0,93	0,03	0,01	1,8	0,1	9	0,5
Khối lượng (%)	75,51	23,01	0,04	1,286	0,001	1,2	0,3	40	0,07

Nguồn: Bùi Hải Triều và cs., 2006



Hình 2. Sơ đồ phân bố biến dạng khi cắt đột

3.1.2. Hệ thống khí nén

Sử dụng hệ thống máy nén khí để cung cấp nguồn không khí nén, áp suất cao. Khi làm việc, máy nén khí sẽ hút không khí ngoài khí quyển và đẩy vào hệ thống. Thành phần hóa học của không khí khô được xác định như trong bảng 1.

Ngoài các thành phần hóa học trên thì không khí khô còn có thêm bụi bẩn, hơi nước và một số tạp chất khác tùy thuộc vào điều kiện thời tiết khí hậu.

Hệ thống khí nén của máy gồm các phần như sau:

Thứ nhất là phần tạo khí nén: Đây là phần quan trọng nhất trong quá trình hoạt động của toàn hệ thống khí nén. Ở đây tạo ra khí nén sản sinh áp suất chênh lệch với áp suất không khí môi trường;

Thứ hai là bình tích khí nén và đường dẫn khí nén: Có chức năng dẫn khí nén áp suất cao đến bình tích khí và dẫn đến nơi tiêu thụ. Thành phần này khá đơn giản chỉ là những đường ống nhựa chịu lực;

Thứ ba là xy lanh khí nén: Có nhiệm vụ biến đổi năng lượng tích lũy trong khí nén

thành năng lượng chuyển động thẳng, nghĩa là thành lực và quãng đường;

Thứ tư là các phần khác trong hệ thống khí nén: Thiết bị van điều khiển hệ thống khí nén, đồng hồ đo áp suất làm việc.

3.1.3. Hệ thống khuôn tạo hình

Trong quá trình tính toán và thiết kế khuôn phải gắn với việc gia công từng chi tiết có hình dáng và kích thước cụ thể. Với mô hình máy dập dùng khí nén này, nhóm tác giả lựa chọn khuôn cắt hình, đột lỗ và dập vuốt để tạo hình một số chi tiết đơn giản. Chày và cối của khuôn được lựa chọn chế tạo bằng vật liệu thép C45 (Trần Văn Định, 2006).

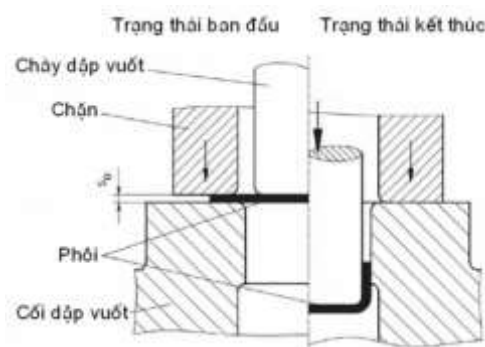
Kích thước của cối cắt hình và đột lỗ tròn, có mặt bích được chế tạo theo tiêu chuẩn GOST 16641-80, không có mặt bích theo tiêu chuẩn GOST 16637-80. Chày đột lỗ, cắt hình các lỗ tròn được chế tạo theo tiêu chuẩn GOST 16621-80 và 16625-80 (Võ Trần Khúc Nhã, 2005). Với kích thước khuôn dập vuốt phụ thuộc vào dung sai của từng sản phẩm. Sự bố trí các chi tiết làm việc của khuôn dập vuốt phải kể đến các phần quan trọng nhất là các bề mặt trực tiếp áp sát

vào vật liệu trong thời gian vuốt, những chỗ lượn tròn, các mép vát chuyển tiếp, các gờ chặn quá căng. Điều này ảnh hưởng lớn đến chất lượng của chi tiết sau khi dập.

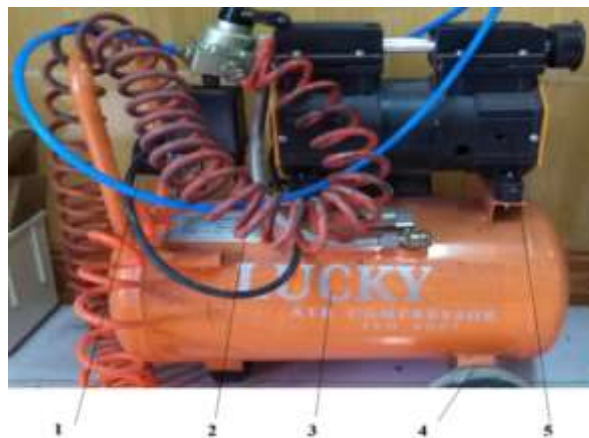
Khi cắt hình và đột lỗ ở biến dạng bao trùm toàn bộ chiều dày phôi, ngay sát mép làm việc của chày và cối. Ứng suất pháp sinh ra khi cắt hình đột lỗ phân bố trên ổ biến dạng không đồng đều, điều này dẫn đến sự phân bố biến dạng không đều trong các lớp kim loại song song với mặt phẳng của phôi trên toàn bộ chiều dày. Trạng thái ứng suất và biến dạng khi cắt hình,

đột lỗ đều là trạng thái khối (Hình 2).

Dập vuốt được tiến hành trong khuôn bao gồm các bộ phận làm việc như: cối có mép làm việc được lượn tròn, chày dập vuốt và tấm chặn phôi. Giữa chày và cối dập vuốt có một khe hở Z , trị số của Z phụ thuộc vào phương pháp dập (có biến mỏng hoặc không biến mỏng thành). Khi dập vuốt ngoại lực được truyền qua chày, tác dụng vào phần đáy của chi tiết dập vuốt, còn phần vành của phôi vẫn được tự do và không chịu tác dụng của ngoại lực (Nguyễn Mậu Đăng, 2006) (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ khuôn dập vuốt



Ghi chú: 1. Đồng hồ áp; 2. Ống dẫn khí; 3. Bình chứa khí; 4. Bánh xe; 5. Motor

Hình 4. Máy nén khí áp suất làm việc 8 kG/cm²

3.2. Cơ sở tính toán, lựa chọn hệ thống thiết bị khí nén của máy

3.2.1. Máy nén khí

Ngày nay do nhu cầu sử dụng máy nén khí rất lớn trong các ngành công nghiệp, nên để đáp

ứng điều này thì trên thị trường có rất nhiều loại máy nén khí với kích thước khác nhau do nhiều hãng sản xuất. Trên cơ sở các thông tin số liệu nghiên cứu và tính toán, lựa chọn máy nén khí giảm âm LUCKY (Hình 4) với các thông số máy như sau:

Khối lượng: 15 kg; Dung tích bình: 9 lít

Công suất động cơ: 0,75 HP

Điện áp/tần số: 220 V/50 Hz

Áp suất làm việc: 8 kg/cm²

Thời gian nén đầy bình hơi: 1 phút

Lưu lượng khí: 60 lít/phút

Kích thước: 57 × 24 × 51 cm

3.2.2. Xi lanh khí nén

Tùy thuộc vào nhu cầu sử dụng là lực truyền động tác động theo cả hai chiều chuyển động nên lựa chọn loại xi lanh tác động kép. Chuyển động tiến lùi của piston được điều khiển bằng van phân phối. Mặc dù đường kính của piston và lực tác động bởi một xi lanh khí có liên quan nhưng chúng không tỉ lệ thuận với nhau. Lực truyền động có thể sử dụng được trên xi lanh tác động kép có giá trị lớn hơn trong trường hợp xi lanh tác động đơn (Bùi Hải Triều và cs., 2006).

Căn cứ vào thông số máy nén khí và phạm vi nghiên cứu của đề tài lựa chọn được xi lanh SC 100 × 50 (Hình 5) với đường kính piston: $D = 100 \text{ mm}$; hành trình piston: $h = 50 \text{ mm}$.

Từ đó tính toán, xác định được lực truyền động của xi lanh theo công thức:

$$F = P.A$$

Trong đó: P - áp suất khí nén cung cấp (kg/cm²)

A - Diện tích của piston (cm²)

$P = 8 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ - thông số đã cho của máy

$$A = \pi R^2 = 3,14 \cdot 5^2 = 78,5 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\rightarrow F = 8 \cdot 78,5 = 628 \text{ (kg)}$$

3.2.3. Một số thiết bị khác

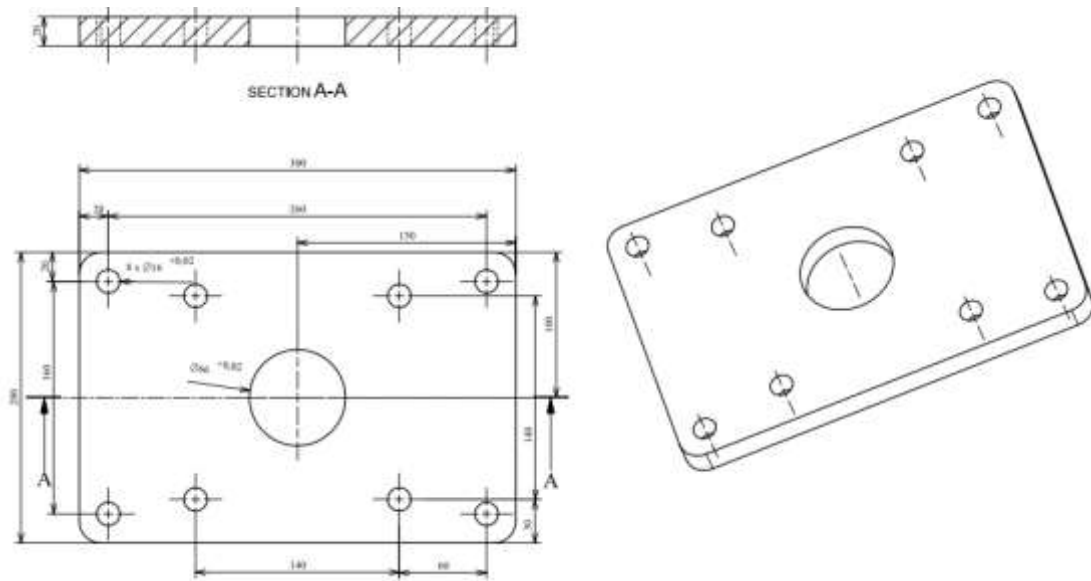
- Bộ điều áp khí nén: Công dụng là căn chỉnh áp lực cho thiết bị vận hành trơn chu, giữ cho áp suất đầu vào và ra có mức độ cân bằng. Việc chỉnh áp này nhằm giúp việc vận hành thiết bị được ổn định, an toàn và có áp suất làm việc phù hợp

- Van gạt điều khiển bằng tay: Hệ thống khí nén được liên kết bởi nhiều bộ phận với nhau, trong đó van điều khiển khí nén đóng vai trò rất quan trọng cho quá trình hoạt động của hệ thống. Van gạt tay khí nén là loại van cơ được điều khiển bằng tay, phần tay gạt giữ vai trò làm đòn bẩy trong việc vận hành sử dụng van. Chức năng chính của nó là để kiểm soát tốc độ, đóng ngắt dòng khí nén trong quá trình sử dụng. Trên cơ sở đó, lựa chọn loại van gạt SOLENOLD - Model: HV-02

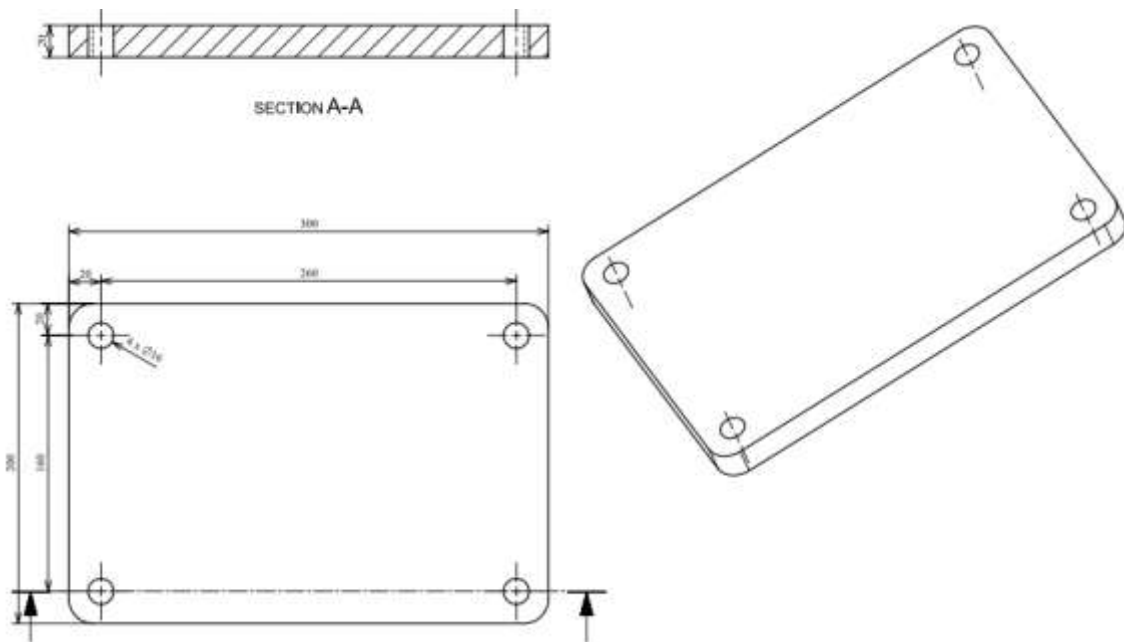
- Ống dẫn khí nén: Khi lựa chọn đúng loại và đúng kích thước các đường ống dẫn khí là rất quan trọng, nó sẽ ảnh hưởng và liên quan đến: Lưu lượng khí qua hệ thống, khoảng cách máy nén khí đến thiết bị sử dụng khí nén. Nếu máy nén khí chỉ cách xa một vài mét, có thể sử dụng các đường ống nhỏ hơn so với việc máy nén khí đặt cách xa. Sử dụng ống dẫn khí bằng nhựa có thể giúp dễ dàng lắp đặt và tiết kiệm chi phí, không cần bất kỳ dụng cụ đặc biệt nào, cũng không cần hàn. Dựa vào mô hình thiết kế hệ thống máy và mục đích sử dụng đã lựa chọn được ống dẫn khí bằng nhựa.



Hình 5. Hình ảnh xi lanh khí nén SC 100 × 50



Hình 6. Bản vẽ đế trên của mô hình máy dập mini



Hình 7. Bản vẽ đế dưới của mô hình máy dập mini

3.3. Thiết kế và chế tạo một số chi tiết chính của máy dập mini bằng khí nén

3.3.1. Đế máy và khung trụ máy

Một số yêu cầu đặt ra đối với hệ thống mô hình máy dập bằng không khí nén là:

- Kết cấu nhỏ gọn, linh hoạt trong gia công;
- Có thể gia công tạo hình được nhiều dạng chi tiết khác nhau nhờ vào việc thay đổi hình

dáng kết cấu khuôn sẽ cho ra các dạng chi tiết có hình dáng và kích thước mong muốn;

- Có thể sử dụng được nguồn khí nén từ xưởng gia công hoặc trực tiếp từ máy nén khí;
- Làm việc được ổn định, đảm bảo độ bền và độ tin cậy trong quá trình sử dụng.

Đế máy bao gồm có đế trên và đế dưới (Hình 6, 7), với yêu cầu cơ bản là phải cứng vững, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật do nó có ảnh hưởng trực

tiếp đến quá trình máy làm việc. Đế máy được chế tạo bằng vật liệu thép CT3 (Trần Văn Địch, 2006) và được kết hợp với hệ thống khung trụ máy làm nhiệm vụ đỡ toàn bộ cơ cấu máy.

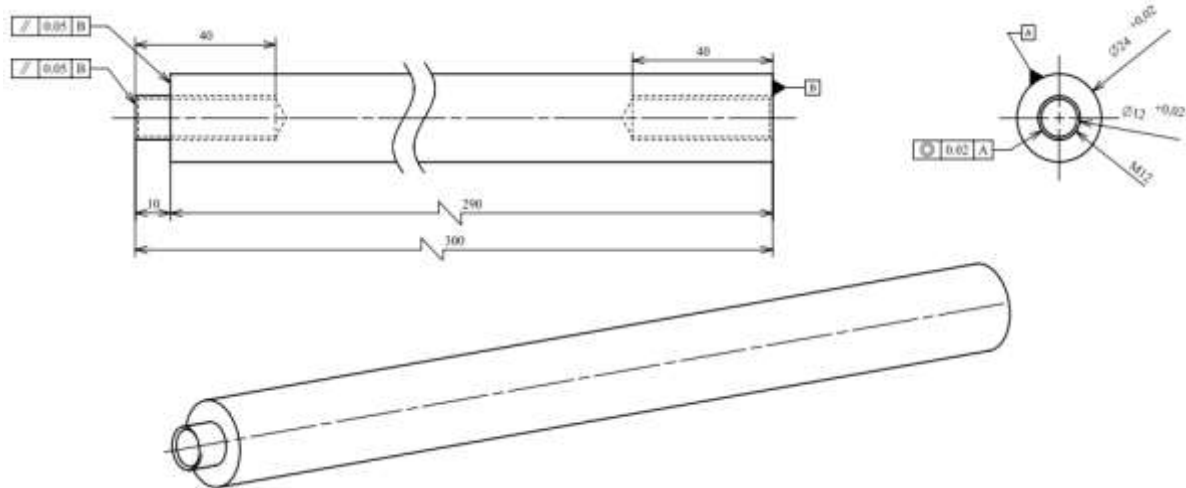
3.3.2. Khung trụ dẫn hướng

Khung trụ máy ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của máy dập, nó có thể làm sai lệch vị trí, làm biến dạng các liên kết hoặc có thể làm gãy vỡ hệ thống máy, do đó yêu cầu khung máy phải cứng vững, đảm bảo độ chính xác khi gia công, kích thước và hình dáng của khung trụ máy cho trong hình 8, số lượng là 4 trụ và vật

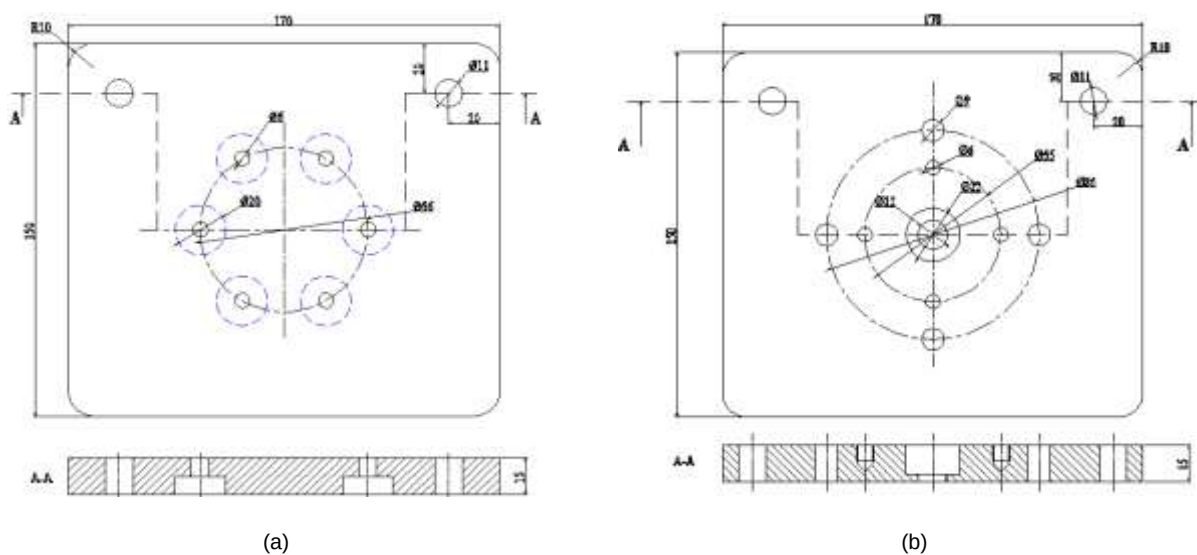
liệu chế tạo là thép C45 (Lê Công Dưỡng, 1996).

3.3.3. Đế khuôn

Đế khuôn gồm đế khuôn trên và đế khuôn dưới, chế tạo bằng thép CT3 (Trần Văn Địch, 2006). Trong đó, đế khuôn dưới (Hình 9a) được gá lắp lên đế dưới của máy và sẽ được lắp với phần cối dập, trên đế khuôn dưới có lắp hai trụ dẫn hướng đảm bảo cho khuôn làm việc ổn định, chính xác. Đế khuôn trên (Hình 9b) được liên kết với hệ thống chặn phôi, chày dập và định hướng làm việc theo trụ dẫn hướng lắp ở đế khuôn dưới.



Hình 8. Bản vẽ trụ khung của máy dập mini bằng khí nén



Hình 9. Bản vẽ đế khuôn trên và đế khuôn dưới của máy

3.3.4. Khuôn dập tạo hình

- Khuôn cắt đột

Các chi tiết chủ yếu của khuôn cắt hình và đột lỗ là chày và cối dập với một trị số khe hở xác định Z. Tấm hoặc dải phôi được đặt trên bề mặt cối, chày chuyển động đi xuống cùng đế khuôn trên và hệ thống chặn phôi tiếp xúc và ép lên tấm. Khi đó xảy ra sự dịch chuyển tương đối của phôi với tấm chặn và với miệng cối dẫn đến sự phá hủy kim loại đó là thực hiện việc cắt hình hay đột lỗ. Khi cắt hình và đột lỗ, kích thước của sản phẩm tương ứng với kích thước phần làm việc của lỗ cối. Kích thước làm việc của chày sẽ nhỏ hơn kích thước của cối đúng bằng trị số khe hở Z.

Khuôn cắt hình và đột lỗ (Hình 10) được thiết kế và chế tạo bằng thép C45 (Lê Công Dưỡng, 1996) để cắt hình và đột lỗ có đường kính $d = 22 \text{ mm}$, vật liệu phôi là nhôm có chiều dày $s = 0,2 \text{ mm}$.

- Khuôn dập vuốt

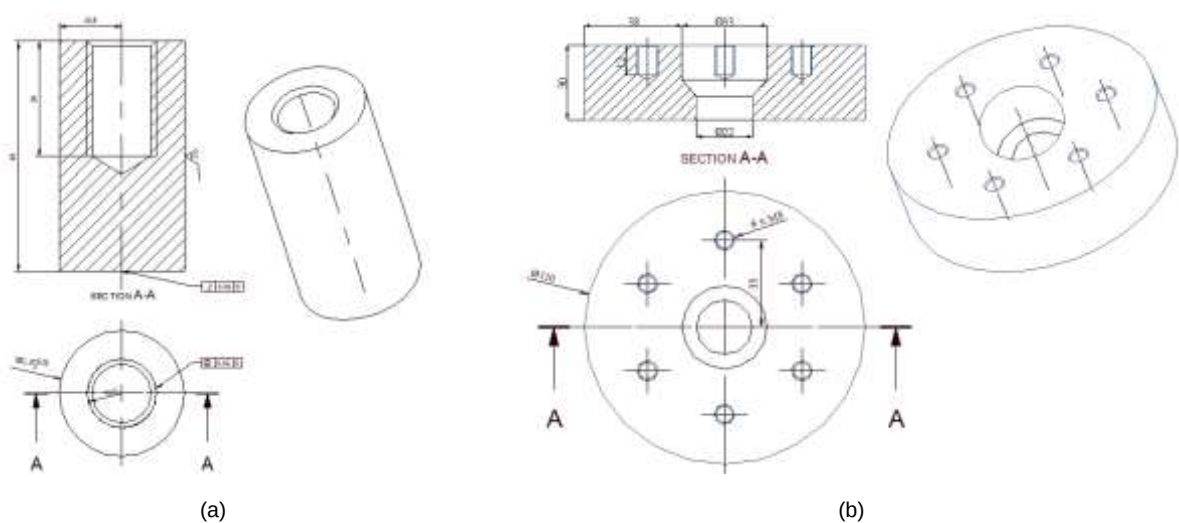
Dập vuốt được tiến hành trong khuôn gồm các bộ phận làm việc như: cối dập vuốt (Hình 11a) có một mép làm việc được lượn tròn và chày dập vuốt (Hình 11b) với vật liệu chế tạo chày và cối là thép C45. Giữa chày và cối có một khe hở z, trị số khe hở phụ thuộc vào phương pháp dập, chiều dày vật liệu phôi S và thứ tự nguyên công.

Khi dập vuốt, ngoại lực được truyền qua chày tác dụng vào phần đáy của chi tiết dập vuốt, còn phần vành của phôi vẫn được tự do, không chịu tác dụng của ngoại lực.

3.3.5. Mô hình kết cấu của máy dập mini sử dụng khí nén

Sau khi chế tạo các chi tiết máy và căn cứ vào mô hình thiết kế tổng thể sẽ xác định vị trí cụ thể của từng bộ phận, từng cơ cấu, từng chi tiết để tiến hành lắp ráp được hệ thống máy như hình 12 và kết nối với hệ thống máy nén khí (Hình 4). Mỗi chi tiết được gia công trên máy dập sẽ có hình dáng và kích thước khác nhau do đó khuôn tạo hình sẽ khác nhau. Dựa vào các thông số như chiều dày, giới hạn bền, loại vật liệu, hình dáng và kích thước sản phẩm thì giá trị lực tác dụng khi tạo hình sẽ khác nhau và có thể điều chỉnh giá trị áp suất vào xi lanh phù hợp.

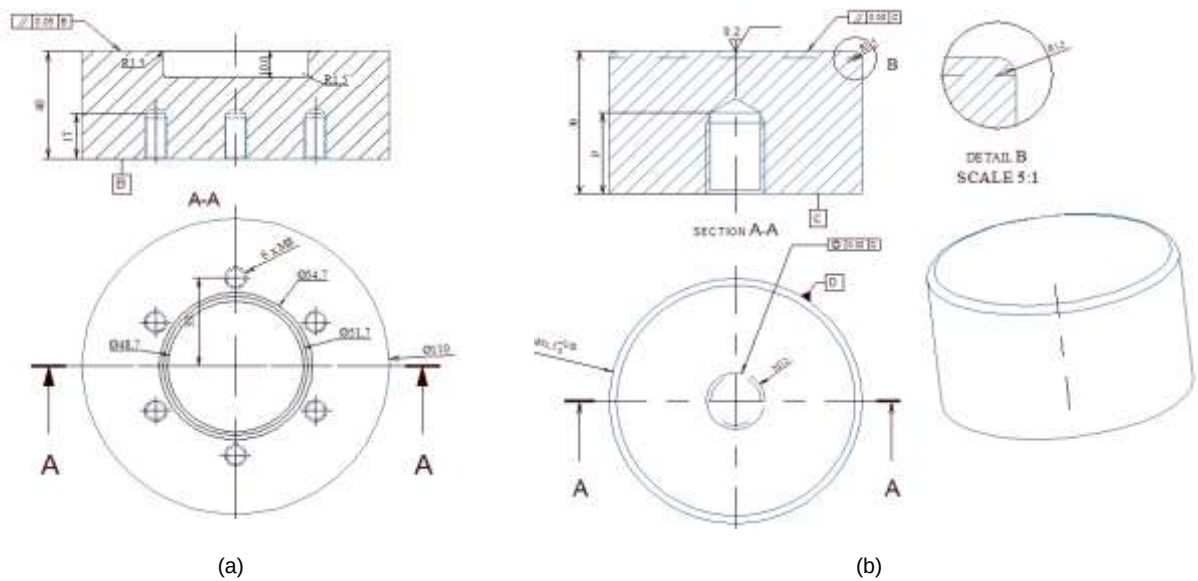
Hệ thống mô hình máy dập mini sử dụng khí nén được lắp đặt và khảo nghiệm tại phòng thực hành thuộc Bộ môn Công nghệ Cơ khí, Khoa Cơ - Điện. Dưới đây là kết quả gia công thử nghiệm một số chi tiết trên mô hình này (Hình 13). Kết quả cho thấy các chi tiết sau khi gia công không xuất hiện các vết nứt, rách hoặc nhăn, và bước đầu đáp ứng được yêu cầu đưa ra về hình dáng và kích thước của sản phẩm.



Ghi chú: a- Chày; b- Cối

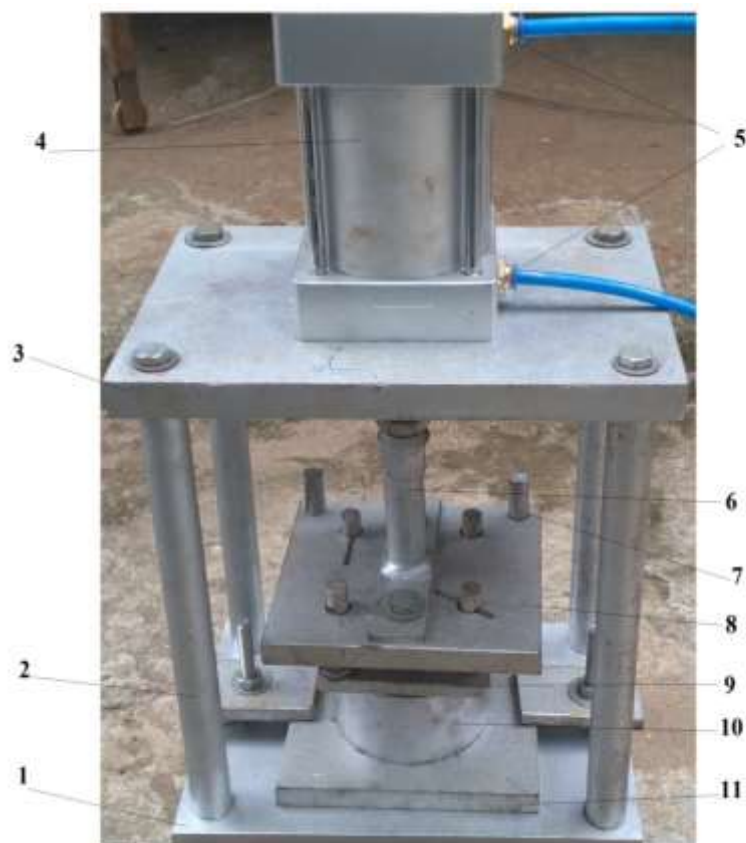
Hình 10. Bản vẽ chày và cối cắt hình và đột lỗ

Thiết kế và chế tạo mô hình máy dập mini sử dụng khí nén để biến dạng phôi kim loại tấm



Ghi chú: a - Cốt dập vuốt; b - Chày dập vuốt

Hình 11. Bản vẽ khuôn dập vuốt chi tiết hình trụ tròn xoay



Ghi chú: 1. Đế dưới; 2. Trụ dẫn hướng của máy; 3. Đế trên; 4. Xi lanh khí nén; 5. Cửa vào của khí nén; 6. Dẫn hướng xi lanh; 7. Dẫn hướng khuôn; 8. Đế khuôn trên; 9. Chặn phôi; 10. Cốt; 11. Đế khuôn dưới

Hình 12. Hình ảnh mô hình máy dập mini được chế tạo và lắp ráp



(a) Dập vuốt chi tiết trụ tròn xoay



(c) Dập vuốt kết hợp với đột lỗ



(b) Đột lỗ theo yêu cầu sản phẩm



(d) Cắt hình các dạng chi tiết trên mô hình máy dập mini

Hình 13. Hình ảnh một số chi tiết gia công thử nghiệm trên mô hình máy dập mini sử dụng khí nén

4. KẾT LUẬN

Mô hình máy dập mini sử dụng khí nén đã được thiết kế và chế tạo với hệ thống các phần được bố trí và lắp ráp hợp lý, với kích thước của máy là $540 \times 300 \times 200$ mm, kết hợp với máy nén khí (Hình 4), lực truyền động của xy lanh là 628 kG. Hệ thống dễ vận hành khi gia công, phù

hợp cho thực hành, thực tập về lĩnh vực gia công áp lực, dễ dàng thay đổi hình dáng của chi tiết cần dập bằng việc thay đổi kết cấu chày và cối giống với hình dáng chi tiết. Mô hình máy là cơ sở cho việc chế tạo máy dập có kích thước lớn để gia công các dạng chi tiết phức tạp hơn. Nhóm tác giả đã gia công thử nghiệm trên mô hình máy nhận thấy rằng máy hoạt động và làm việc

bình thường và gia công cho kết quả tốt. Bài báo là tiền đề cho những nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực gia công áp lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bùi Hải Triều, Nguyễn Ngọc Quế, Đỗ Hữu Quyết, Nguyễn Văn Hựu (2006). Giáo trình truyền động thủy lực và khí nén. Nhà xuất bản Đại học Nông nghiệp Hà Nội.

Lê Công Dưỡng (chủ biên) (1996). Vật liệu học. 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.

Nguyễn Mậu Đăng (2006). Công nghệ tạo hình kim loại tấm. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Phạm Văn Nghệ, Đỗ Văn Phúc, Lê Trung Kiên (2011). Thiết bị dập tạo hình máy ép cơ khí. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc (2006). Sổ tay thép Thế giới. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Võ Trần Khúc Nhã (biên dịch) (2005). Sổ tay thiết kế khuôn dập tấm. Nhà xuất bản Hải Phòng.