

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY UỐN TẠO HÌNH CÁNH VÍT KHÔNG LIÊN TỤC

Nguyễn Hữu Hưởng*, Tống Ngọc Tuấn, Nguyễn Thị Thúy Hằng

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: nhhuong@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 21.02.2020

Ngày chấp nhận đăng: 29.06.2021

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm mục tiêu thiết kế và chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít không liên tục để chế tạo một số cánh vít đang được ứng dụng trong thực tế sản xuất. Máy được thiết kế để phù hợp với các cơ sở sản xuất nhỏ. Nguyên lý làm việc của máy được tính toán và lựa chọn dựa trên nghiên cứu lý thuyết và kết cấu của một số loại máy móc hiện có. Phần mềm Autodesk Inventor được sử dụng để thiết kế các chi tiết máy, bộ phận máy và lắp ráp tổng thể máy. Trên cơ sở bản vẽ đã thiết kế, chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít sử dụng vật liệu sẵn có. Quá trình vận hành máy cho thấy máy có thể tạo hình được các cánh vít làm từ tấm vật liệu có chiều dày tối đa là 3mm. Ngoài ra, máy có thể uốn tạo hình được phôi có bề rộng lớn nhất khoảng 150mm. Một số thí nghiệm ban đầu cho thấy máy có khả năng làm việc tương đối tốt.

Từ khóa: Máy uốn tạo hình cánh vít, cánh vít, máy uốn.

Design and Fabrication of Sectional Screw Flight Bending and Forming Machines

ABSTRACT

The goal of this study was to design and fabricate sectional screw flight bending and forming machines for manufacturing screw flights applied in real production. This machine was designed to be suitable for small production scale. The principle of the machine was calculated and chosen based on theoretical research and the structure of current mechanics. Autodesk Inventor software was utilized for designing mechanical parts and components and assembling the slicer. Based on the drawing, this machine was fabricated using available materials. The operating process of this machine shows that the machine can form screw flights made from the metal plates with a maximum thickness of 3 mm. In addition, the machine could form a metal plate draft approximately 150 mm in width. Some experiments indicate that this machine worked relatively well.

Keywords: Sectional screw flight forming machine, screw flights, bending machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để chế tạo ra những chi tiết máy khác nhau thì việc ứng dụng các thiết bị máy móc là cần thiết để tăng năng suất và chất lượng sản phẩm. Trong số các chi tiết máy thì có rất nhiều chi tiết được chế tạo từ các loại thép tấm khác nhau. Các loại máy được ứng dụng trong quá trình chế tạo các chi tiết máy từ các loại thép tấm khác nhau rất đa dạng về chủng loại nhưng trong đó có một số loại máy tạo hình các chi tiết từ các phôi kim loại tấm như máy lóc (Nguyễn Hữu Hưởng & Tống Ngọc Tuấn, 2018), máy dập (Nguyễn Thị Thu Trang & Nguyễn Hữu Hưởng,

2018), máy uốn gập kim loại,... Thực tế cho thấy quá trình thiết kế, chế tạo và ứng dụng của các máy trên đều có liên quan các đặc điểm công nghệ và khả năng dập của kim loại tấm (Nguyễn Mậu Đăng, 2006).

Lĩnh vực nghiên cứu liên quan đến công nghệ gia công áp lực (phương pháp gia công không phoi) đang ngày càng phát triển mạnh và các loại máy móc thiết bị liên quan đến lĩnh vực này đang được ứng dụng rất rộng rãi ở nước ta và cả trên thế giới. Máy uốn tạo hình cánh vít là loại máy có thể tạo ra cánh vít từ thép tấm được cắt theo các biên dạng đã được tính toán từ trước. Thực tế của công việc chế tạo cánh vít

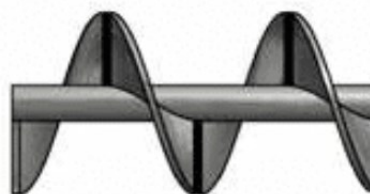
nhiều khi đòi hỏi làm trên các loại máy công cụ chuyên dùng để tăng năng suất và chất lượng sản phẩm. Đối với loại máy này, trong quá trình chế tạo cánh vít phải dùng áp lực nhằm làm biến dạng kim loại tấm để nhận được các chi tiết có hình dáng và kích thước mong muốn (Nguyễn Mậu Đăng, 2006).

Sản phẩm được tạo ra từ máy uốn tạo hình cánh vít được ứng dụng trong thực tế như cánh vít của các vít trộn của máy trộn đứng và trộn ngang, cánh vít của các loại vít tải công nghiệp gồm nhiều loại như dùng để vận chuyển thức ăn chăn nuôi và vận chuyển các loại vật liệu khác nhau với kiểu vận chuyển ngang bằng và lên thẳng. Trong quá trình chế tạo máy, các cánh vít sau khi được chế tạo xong sẽ được hàn vào các trục trước khi được lắp ráp vào máy. Với hai loại cánh vít liên tục và không liên tục thì cánh vít không liên tục còn có thêm bước là hàn các cánh vít lại với nhau bên cạnh việc phải hàn cánh vít vào các trục đã chế tạo.

Để tính toán thiết kế được máy uốn tạo hình cánh vít phải thực hiện việc tính toán kết hợp với kết quả thực nghiệm bước đầu để lựa chọn được các bộ phận quan trọng của máy như nguồn động lực và bộ phận trực tiếp thực hiện việc tạo hình cánh vít (bộ phận uốn). Bộ phận uốn được thiết kế trên cơ sở nghiên cứu các tài liệu liên quan đến quá trình khai triển và uốn kim loại tấm (Nguyễn Mậu Đăng, 2006; Phan Văn Huyền & Hồ Văn Bắc, 2004). Để giảm thiểu thời gian, công sức và nâng cao mức độ tự động hóa, nguồn động lực được lựa chọn có sử dụng các cảm biến để điều chỉnh hành trình làm việc và sử dụng một số chi tiết phụ trợ khác để nâng cao hiệu quả của quá trình tạo hình cánh vít. Các bộ phận khác của máy phải được tính toán thiết kế để đảm bảo kết cấu của máy hợp lý và

máy có khả năng làm việc tốt (Trịnh Chất, 2007). Máy uốn tạo hình cánh vít sẽ được chế tạo dựa trên loại thép có sẵn trên thị trường với thành phần và cơ tính cụ thể (Trần Văn Địch & Ngô Trí Phúc, 2006).

Hiện nay trên thị trường mặc dù đã có một số mẫu máy uốn cánh vít nhưng vẫn chưa thực sự đa dạng về chủng loại và đối với một số máy khi áp dụng vào những cơ sở sản xuất cụ thể vẫn còn những yếu tố chưa phù hợp như kết cấu, kích thước, giá thành, vận hành máy và khả năng ứng dụng trong việc chế tạo một số dạng cánh vít cụ thể. Các máy uốn cánh vít có thể chia ra rất nhiều loại nhưng nếu phân chia một cách đơn giản ta có loại máy uốn cánh vít liên tục và không liên tục. Loại máy uốn cánh vít liên tục mặc dù chế tạo được cánh vít với biên dạng và chiều dài phù hợp với trục đã chế tạo nhưng thường đòi hỏi kết cấu máy phức tạp và giá thành rất cao. Loại máy uốn cánh vít không liên tục nếu tính toán thiết kế và đưa ra được kết cấu phù hợp sẽ thuận lợi trong việc chế tạo, đảm bảo giá thành máy không cao và vẫn đáp ứng được trong phạm vi ứng dụng cụ thể. Trong nghiên cứu này tập trung vào việc thiết kế và chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít không liên tục. Dạng cánh vít không liên tục được thể hiện trên hình 1. Máy uốn tạo hình cánh vít sẽ làm việc theo sơ đồ nguyên lý đã được tính toán và lựa chọn phương án phù hợp trên cơ sở điều kiện cơ sở vật chất, trang thiết bị để đảm bảo tốt quá trình chế tạo và ứng dụng trong thực tế. Trên cơ sở máy uốn tạo hình cánh vít được thiết kế và chế tạo sẽ đáp ứng tốt cho những nghiên cứu tiếp theo về lĩnh vực gia công áp lực. Bên cạnh đó, máy được chế tạo ra có thể ứng dụng trong thực tế để chế tạo chi tiết máy phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 1. Dạng cánh vít trước và sau khi được hàn liên kết lại trên trục

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Vật liệu có thể được ứng dụng trong việc chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít và vật liệu chế tạo cánh vít để làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế máy như thép C45, thép 40Cr và thép không gỉ mác 304 (Nghiêm Hùng, 2010; Trần Văn Địch & Ngô Trí Phúc, 2006).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết về quá trình uốn vật liệu (Nguyễn Mậu Đăng, 2006). Kế thừa và phát triển các kết quả nghiên cứu về các loại máy uốn để làm cơ sở đưa ra nguyên lý làm việc và bản vẽ của máy uốn tạo hình cánh vít.

Nghiên cứu để đưa ra kết cấu của máy và sử dụng phần mềm Autodesk Inventor 2017 để thiết kế máy uốn tạo hình cánh vít.

Tiến hành một số thí nghiệm bước đầu để làm cơ sở cho việc thiết kế và chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít. Chế tạo máy uốn tạo hình cánh vít trên cơ sở bản vẽ đã thiết kế và đánh giá khả năng làm việc của máy.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cơ sở thiết kế máy

3.1.1. Cơ sở lựa chọn kết cấu và sơ đồ nguyên lý làm việc của máy uốn tạo hình cánh vít

Trên cơ sở nghiên cứu tài liệu, các máy uốn đang được ứng dụng và sản phẩm sẽ được tạo ra từ máy uốn lựa chọn sơ đồ nguyên lý của máy tạo hình cánh vít được thể hiện trên hình 2. Để thực hiện được quá trình uốn tạo hình cánh vít, máy uốn gồm một số bộ phận chính như bộ

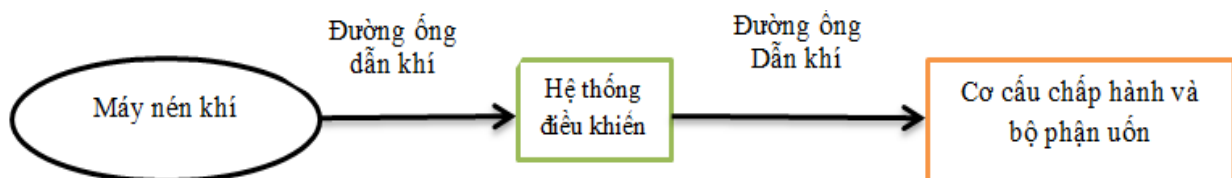
phận khung, nguồn động lực, bộ phận uốn và một số bộ phận khác.

Sơ đồ nguyên lý của máy thể hiện rằng khí nén được tạo ra từ máy nén khí qua đường ống dẫn đi đến cơ cấu chấp hành (xilanh khí nén) và từ đó tác động để điều khiển bộ phận uốn thực hiện quá trình uốn. Để khí nén từ máy nén khí đi đến được cơ cấu chấp hành và bộ phận uốn ta phải kích hoạt hệ thống điều khiển quá trình cung cấp khí nén.

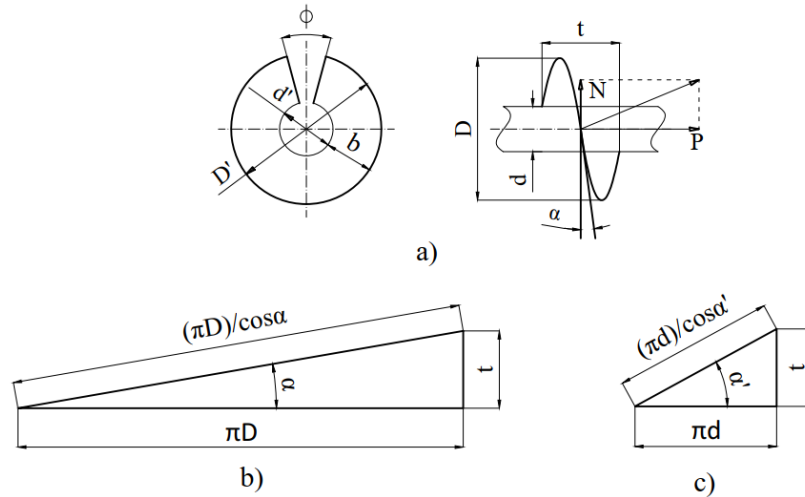
3.1.2. Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép

Bán kính uốn nói chung và bán kính uốn nhỏ nhất nói riêng thường phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tính chất vật liệu ở trạng thái đã cho (đã ủ, đã làm mềm, đã biến cứng...), chất lượng bề mặt các chi tiết làm việc, tốc độ biến dạng và vào các yếu tố khác nữa (Võ Trần Khúc Nhã, 2005). Bán kính uốn nhỏ nhất được xác định trên cơ sở đảm bảo độ bền các thớ kim loại ngoài cùng của phôi uốn tại vùng kéo và cũng có thể được xác định có tính đến sơ đồ của trạng thái ứng suất (Nguyễn Mậu Đăng, 2006). Khi uốn các phôi rộng, sự mất ổn định của các thớ ngoài cùng thường gây ra các vết nứt; còn đối với các phôi dải hẹp thường có vết nứt ở vùng kéo hoặc các vết nứt ở vùng nén; đối với các phôi cứng và giòn có thể bị đứt, gãy tại vùng uốn (Nguyễn Mậu Đăng, 2006). Để đảm bảo sự uốn phôi không bị hư hỏng, nên tránh các bán kính uốn quá nhỏ. Chỉ cho phép áp dụng các trị số cực tiểu của bán kính uốn trong trường hợp rất cần thiết về mặt kết cấu. Bán kính uốn cực tiểu r_{\min} có thể được xác định dựa trên mối liên hệ với độ co thắt tương đối cực đại cho phép của tiết diện ngang vật liệu khi kéo (Ψ_{\max}), chiều dày vật liệu (S) và được thể hiện thông qua công thức sau (Võ Trần Khúc Nhã, 2005):

$$r_{\min} = \frac{1 - 2 \cdot \Psi_{\max}}{2 \cdot \Psi_{\max}} \cdot S \quad (1)$$



Hình 2. Sơ đồ khối của máy uốn tạo hình cánh vít



Hình 3. Kích thước cánh vít

3.1.3. Phôi để tạo cánh vít và một số thông số của cánh vít

Để chế tạo cánh vít phải cắt phôi với hình dạng nhất định và với những thông số kích thước cụ thể D' , d' , b , ϕ (Hình 3a). Sau quá trình tạo hình cánh vít trên máy sẽ được cánh vít với những thông số D , d , t , α (Hình 3a). Cơ sở để xác định mối liên hệ giữa các thông số của phôi uốn và cánh vít sau khi tạo hình xong được thể hiện ở hình 3b, hình 3c và ở các công thức (2), (3), (4).

Theo tài liệu của Văn Hữu Thịnh (2016) ta có mối liên hệ giữa các thông số:

$$\frac{\pi \cdot D}{\cos \alpha} = \pi \cdot D' - \frac{D'}{2} \cdot \phi \quad \text{và} \quad \frac{\pi \cdot d}{\cos \alpha} = \pi \cdot d' - \frac{d'}{2} \cdot \phi$$

Từ đó ta có:

$$D' = \frac{-2b \frac{D \cos \alpha'}{d \cos \alpha}}{\frac{D \cos \alpha'}{d \cos \alpha} - 1} \quad \text{và} \quad d' = D' - 2b \quad (2)$$

$$\phi = \frac{D}{D' \cos \alpha} \frac{\pi}{\pi - \frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\alpha = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} \quad \text{và} \quad \alpha' = \arctg \frac{t}{\pi \cdot d} \quad (4)$$

Trong đó: α : góc nâng theo đường kính ngoài của cánh vít; α' : góc nâng theo đường kính trong của cánh vít; ϕ : góc khuyết của hình vành khuyên; D' : đường kính ngoài của hình vành khuyên; d' : đường kính trong của hình vành

khuyên; D : đường kính ngoài của cánh vít; d : đường kính trong cánh vít; b : bề rộng cánh vít; t : bước vít.

Trên cơ sở nghiên cứu một số tài liệu và một số dạng cánh vít thực tế đang được sử dụng, đề tài lựa chọn thông số kích thước lớn nhất của cánh vít (đường kính ngoài, bề rộng cánh vít) có thể chế tạo được để làm cơ sở cho tính toán lựa chọn các chi tiết của máy uốn tạo hình cánh vít như tính toán lựa chọn nguồn động lực cho quá trình uốn, kết cấu và kích thước của bộ phận uốn và một số bộ phận có liên quan khác. Thông số đầu vào của một dạng cánh vít: Bước vít $t = 240\text{mm}$; đường kính ngoài $D_{\max} = 440\text{mm}$; đường kính trong $d_{\max} = 140\text{mm}$; chiều dày cánh vít: 3mm ; bề rộng cánh vít $b_{\max} = 150\text{mm}$.

Sử dụng phần mềm *Plate 'n' sheet*: Ta chỉ cần nhập đường kính trong, đường kính ngoài và bước vít của cánh vít, phần mềm sẽ tự động tính ra kích thước của phôi uốn (Hình vành khuyên) gồm đường kính ngoài (D'), đường kính trong (d) và góc khuyết (ϕ). Sử dụng phần mềm *Plate 'n' sheet* tạo biên dạng cánh vít và sản phẩm thực tế của quá trình uốn để đánh giá sản phẩm được tạo ra từ máy uốn tạo hình cánh vít. Với các thông số của cánh vít như trên khi sử dụng phần mềm *Plate 'n' sheet* ta sẽ xác định được các thông số của phôi như sau: $D' \approx 466\text{mm}$, $d' \approx 166\text{mm}$, $\phi \approx 15^\circ$. Ngoài ra, ta cũng có thể xác định được các thông số của phôi uốn bằng phần mềm Autodesk Inventor 2017 với sự sai khác không quá lớn so với phần mềm *Plate 'n' sheet*.

3.1.4. Hình khai triển hình dáng của cánh vít và cơ sở lựa chọn dao uốn

Với thông số của một cánh vít cụ thể đã được đưa ra (Hình 4a) và với hình vành khuyên có góc khuyết $\phi \approx 15^\circ$ tương đối nhỏ nên ta coi hình vành khuyên là kín hoàn toàn nên chia hình vành khuyên thành 12 phần bằng nhau. Cơ sở để chia hình vành khuyên thành 12 phần bằng nhau dựa trên tài liệu (Phan Văn Huyền & Hồ Văn Bác, 2004). Áp dụng phương pháp khai triển đường tam giác (Phan Văn Huyền & Hồ Văn Bác, 2004) thu được hình khai triển hình dáng cánh vít (Hình 4b).

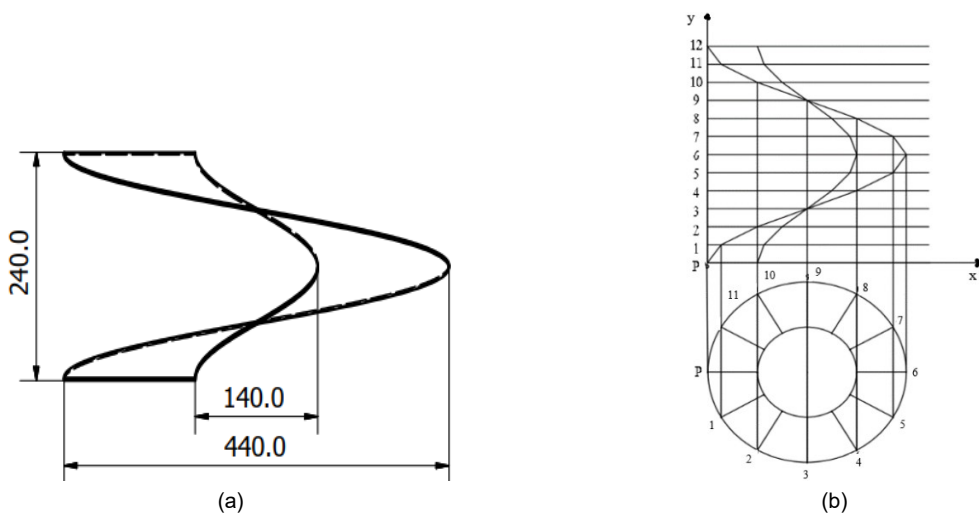
Trên hình khai triển hình dáng của cánh vít do bước vít t và đường kính D và d quyết định. Trên hình chiếu bằng của cánh vít ta chia thành 12 phần bằng nhau. Vẽ ra hình chiếu bằng của các đường sinh sau đó tìm ra hình chiếu của các đường sinh, 12 đường sinh sẽ chia mặt cong thành 12 hình bốn cạnh. Đồng thời ta thấy khi chia phối uốn thành 12 phần bằng nhau khi ta uốn lần lượt từng phần sau mỗi lần

uốn hình vành khuyên sẽ được nâng lên một khoảng bằng $\frac{t}{12}$, sau 12 lần uốn ta được cánh

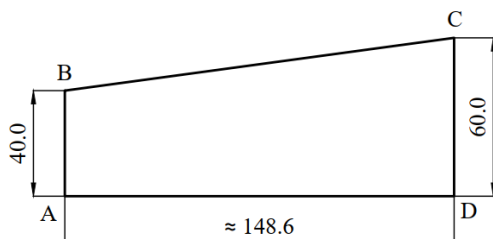
vít có bước vít t . Khoảng cách nâng $\frac{t}{12}$ còn phụ

thuộc vào góc nâng α và α' . Vì α là góc nâng của cánh vít nên đầu ấn được chế tạo phù hợp với góc nâng đó. Ta có bề rộng cánh vít tối đa là 150mm nên độ dài cạnh BC của hình thang ABCD (Hình dạng của dao uốn với 4 đỉnh tương ứng A, B, C, D) sẽ bằng 150mm, mặt khác $CD - AB = 20\text{mm}$, vì hai đầu ấn được đặt ngược đầu nhau và hợp với nhau một góc 30° , góc này chia hình vành khuyên thành 12 phần, điều đó cho ta thấy qua mỗi lần nâng hình vành khuyên sẽ được nâng lên một góc α và một khoảng bằng $\frac{t}{12} = \frac{240}{12} = 20\text{mm}$. Ta

chọn $AB = 40\text{mm}$, $DC = 60\text{mm}$, ta dễ dàng tính được $AD = \sqrt{BC^2 - 20^2} = \sqrt{150^2 - 20^2} \approx 148,6\text{mm}$. Ta chọn giá trị $AD = 150\text{mm}$ để tính toán thiết kế dao uốn.



Hình 4. Thông số cánh vít và hình triển khai hình dáng cánh vít



Hình 5. Xác định kích thước dao uốn



Hình 6. Máy nén khí không dầu

3.2. Tính toán lựa chọn xilanh khí nén và máy nén khí

3.2.1. Máy nén khí

Trên cơ sở các thông tin số liệu nghiên cứu và tính toán, lựa chọn máy nén khí không dầu Lucky với một số thông số (Hình 6): Dung tích 24 lít; công suất động cơ 1HP; điện áp/tần số 220V/50Hz; áp suất làm việc 8kG/cm²; lưu lượng khí 60 lít/phút; kích thước 55 × 27 × 57cm; trọng lượng 19kg.

3.2.2. Lựa chọn xilanh khí nén

Xilanh 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. Cơ sở tính toán xilanh khí nén dựa vào công thức tính lực đẩy, lực kéo của piston gây bởi tác dụng của khí nén có áp suất P.

Căn cứ vào thông số của máy nén khí đã lựa chọn, một số loại xilanh khí nén đã được sử dụng trong một số loại máy uốn, cấu tạo của một số loại xilanh khí nén (Bùi Hải Triều & cs., 2006) và phạm vi nghiên cứu của đề tài để lựa chọn loại xilanh phù hợp. Ngoài ra, lựa chọn một số loại mác thép thông dụng là thép CT3, thép C45, thép không gỉ mác 304 (SUS304) và thép 40Cr có bề dày 3mm để làm một số thí nghiệm bước đầu chế tạo cánh vít và làm cơ sở cho việc tính toán lựa chọn xilanh khí nén cho máy uốn tạo hình cánh vít. Căn cứ vào kích thước phôi đã lựa chọn, xác định được mối liên hệ giữa chu vi hình tròn (C) với đường kính lớn nhất của phôi (D'): $C = \pi \cdot D'$. Chia hình tròn thành 12 phần bằng nhau xác định được độ dài một cung tròn dựa theo công thức sau:

$$l = \frac{C}{12} = \frac{\pi \cdot 466}{12} \approx 122\text{mm} \quad (5)$$

Trong đó: l: Độ dài cung tròn; C: Chu vi hình tròn.

Để lựa chọn xilanh với lực đẩy phù hợp thì phải xác định được giá trị lực để uốn các tấm vật liệu đã lựa chọn để làm thí nghiệm. Việc xác định lực uốn này là một vấn đề rất phức tạp vì còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố (Nguyễn Tất Tiến, 2004; Nguyễn Văn Thành & Nguyễn Trường Giang, 2007). Trong phạm vi nghiên cứu bước đầu, lựa chọn xilanh khí nén có sẵn trên thị trường với giá trị lực đẩy tương ứng dựa trên giá trị lực uốn của một số dạng uốn với các công thức đã được đưa ra và dựa trên một số thí nghiệm bước đầu trên cơ sở mô hình thí nghiệm đã xây dựng. Để thuận lợi cho quá trình tính toán có thể coi lực tác dụng lên cung tròn của phôi là lực tác dụng lên thanh thẳng có chiều dài 122mm, chiều rộng 150mm và chiều dày 3mm. Để sơ bộ đưa ra cơ sở lựa chọn loại xilanh với giá trị lực đẩy phù hợp dựa trên tính toán và kết hợp với việc thực hiện một số thí nghiệm bước đầu trên mô hình đã xây dựng, có thể dựa vào một số công thức tính toán lực uốn đối với một số phương pháp uốn, trong đó có thể dựa vào một dạng công thức đơn giản áp dụng với một dạng uốn cụ thể được đưa ra trong các tài liệu (Phạm Văn Nghệ & cs., 2008; Groover, 2010; Gwangwava & cs., 2013) thể hiện mối liên hệ giữa lực uốn với chiều rộng, chiều dày, chiều dài, giới hạn bền và một hệ số phụ thuộc vào kiểu uốn. Hệ số phụ thuộc vào kiểu uốn được lựa chọn dựa vào tài liệu: Khi uốn nguội theo cung hoặc theo góc thì $K_{bf} = 1,1$ (Phạm Văn Nghệ & cs., 2008) và $K_{bf} = 1,33$ (Groover, 2010); đối với dạng uốn cạnh $K_{bf} = 0,33$ (Groover, 2010; Gwangwava & cs., 2013). Ta có công thức tính lực uốn F:

$$F = K_{bf} \cdot \frac{B \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{l} \quad (N) \quad (6)$$

Trong đó: B: Chiều rộng phôi uốn; s: Chiều dày phôi uốn; l: Chiều dài phôi uốn; σ_s : Giới hạn bền; K_{bf} : Hệ số phụ thuộc vào kiểu uốn.

Trong phạm vi nghiên cứu bước đầu này, dựa vào bảng 1 với các giá trị của lực uốn F trong các dạng uốn cụ thể kết hợp với một số thí nghiệm bước đầu trên mô hình bộ phận uốn đã được xây dựng dựa trên sơ đồ nguyên lý của máy để làm cơ sở cho việc lựa chọn xilanh với giá trị lực đẩy phù hợp. Ngoài ra, phương pháp uốn cũng như các phương pháp khác trong lĩnh vực gia công áp lực, quá trình biến dạng được thực hiện trong vùng đàn hồi - dẻo (Nguyễn Tất Tiến, 2004; Altan & Tekkaya, 2012) nên quá trình uốn tấm vật liệu có mối liên hệ với giới hạn chảy của vật liệu được nghiên cứu. Với những vật liệu nghiên cứu như thép CT3, SUS304, C45 và 40Cr thì giới hạn chảy lần lượt là 225 Mpa, 205 Mpa, 490 Mpa, 785 Mpa (Trần Văn Địch & Ngô Trí Phúc, 2006). Để giảm thiểu số thí nghiệm trên mô hình thực nghiệm đã xây dựng, thông số giá trị bước đầu của lực uốn để tiến hành thí nghiệm là lớn hơn 3578,6 N. Mặt khác, căn cứ vào các loại xilanh đang có

trên thị trường với các thông số cụ thể và có cảm biến từ, trong đó có các thông số quan trọng như hành trình xilanh và đường kính xilanh phù hợp với kết cấu tổng thể của máy uốn để lựa chọn loại đáp ứng được điều kiện làm việc.

Dựa trên thông số đầu vào của phôi uốn, quá trình nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm và nhu cầu sử dụng là lực truyền động tác dụng theo cả hai chiều nên lựa chọn xilanh khí nén tác động kép HSC 100 × 100 – S (Hình 7). Lực truyền động có thể sử dụng được trên xilanh tác động kép có giá trị lớn hơn trong trường hợp xilanh tác động đơn (Bùi Hải Triều & cs., 2006). Thông số của xilanh khí nén gồm:

Đường kính trong xi lanh: $D = 100\text{mm} = 10\text{cm}$

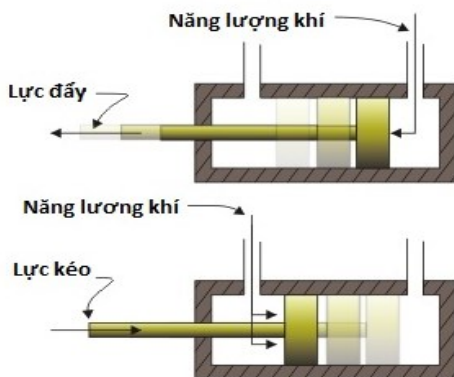
Hành trình của xi lanh là: 100mm

Áp dụng công thức tính lực đẩy của xilanh: $F = P.A$

Trong đó: P: Áp suất khí nén cung cấp vào; A: Diện tích của piston theo cm^2 và được tính như sau: $A = (\pi.D^2)/4 = (3,14.10^2)/4 = 78,5\text{cm}^2$; $P = 7\text{ Bar} \approx 7\text{ kG/cm}^2$.

Bảng 1. Giá trị của lực uốn F khi uốn phôi kim loại tấm dựa vào công thức (6)

Mác thép	Giới hạn bền (MPa)	Lực uốn F (N) với $K_{bf} = 1,33$	Lực uốn F (N) với $K_{bf} = 1,1$	Lực uốn F (N) với $K_{bf} = 0,33$
CT3	373 + 461	5489,5 + 6784,6	4540,2 + 5611,4	1362,1 + 1683,4
SUS304	520	7653	6329,5	1898,9
C45	700 + 850	10302 + 12509,6	8520,5 + 10346,3	2556,1 + 3103,9
40Cr	980	14422,9	11928,7	3578,6



Hình 7. Sơ đồ chuyển hóa năng lượng khí nén thành lực và hình ảnh xilanh được lựa chọn

$$\begin{aligned} \text{Từ đó: } F &= P \times A \approx 7 \times 78,5 \\ &\approx 549,5\text{kG} \approx 5495 \text{ (N)} \end{aligned} \quad (7)$$

Tốc độ truyền động của xilanh xác định theo công thức:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{10^{-3}}{78,5 \cdot 10^{-4}} \approx 0,127 \text{ m/s} \quad (8)$$

Trong đó: Q: Lưu lượng khí nén ($Q = 60$ lít/phút = $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$).

3.2.3. Lựa chọn thiết bị điều khiển

Van điều khiển xilanh là van điện từ khí nén AIRTAC 4V220-08 (Hình 8) và kèm theo với van này có van giảm âm khí nén BSL-01/02/03/04/06 (Hình 9). Ngoài ra, hệ thống có sử dụng bộ điều khiển để điều khiển hành trình của piston và một số thiết bị để đảm bảo máy uốn tạo hình cánh vít làm việc đáp ứng được yêu cầu (Hình 10, 11).



Hình 8. Van điện từ khí nén AIRTAC 4V220-08



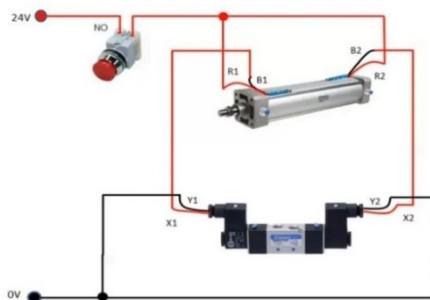
Hình 9. Van giảm âm khí nén BSL-01/02/03/04/06



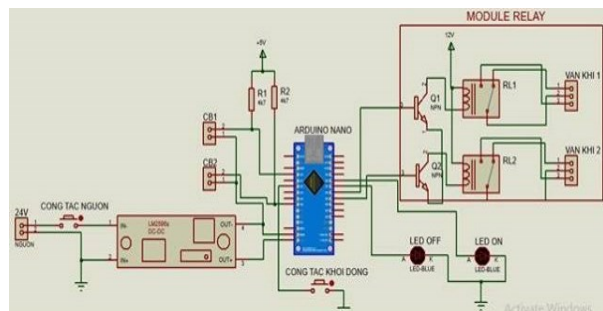
Hình 10. Bộ nguồn chuyển đổi 24V



Hình 11. Hộp điều khiển công tắc nguồn



Hình 12. Sơ đồ nguyên lý đơn giản của mạch điều khiển



Hình 13. Sơ đồ mạch điện điều khiển xi lanh

Trên cơ sở các thiết bị đã tính toán lựa chọn, xây dựng sơ đồ nguyên lý đơn giản của mạch điều khiển xilanh (Hình 12) và sơ đồ mạch điện điều khiển xilanh (Hình 13).

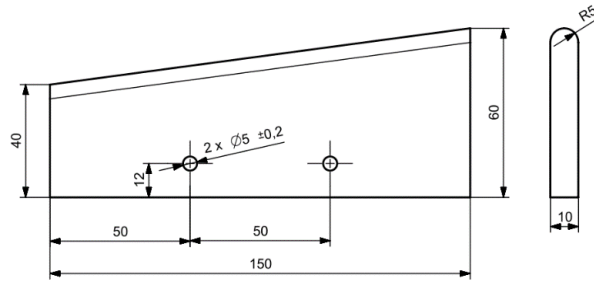
Trong sơ đồ mạch điện ở hình 12 có thể thấy: Bộ điều khiển sử dụng bộ nguồn 24V qua công tắc nguồn vào module LM2596s cấp nguồn cho ARDUINO NANO để hoạt động, CB1, CB2 là đường vào cảm biến, tín hiệu cảm biến được đưa vào chân A1, A5 của ARDUINO để đọc trạng thái, R1, R2 là điện trở treo mức tín hiệu cho cảm biến; công tắc khởi động là dựa vào code điều khiển để đọc trạng thái điện áp của công tắc này để bật hoặc tắt chương trình; khối module relay là để điều khiển kích mở van khí 24V theo chiều vào hoặc ra; 2 đèn led là đèn báo hiệu trạng thái; mạch điện của bộ điều khiển được thiết kế trên phần mềm proteus.

3.3. Thiết kế các bộ phận của máy uốn tạo hình cánh vít và bản vẽ tổng thể máy

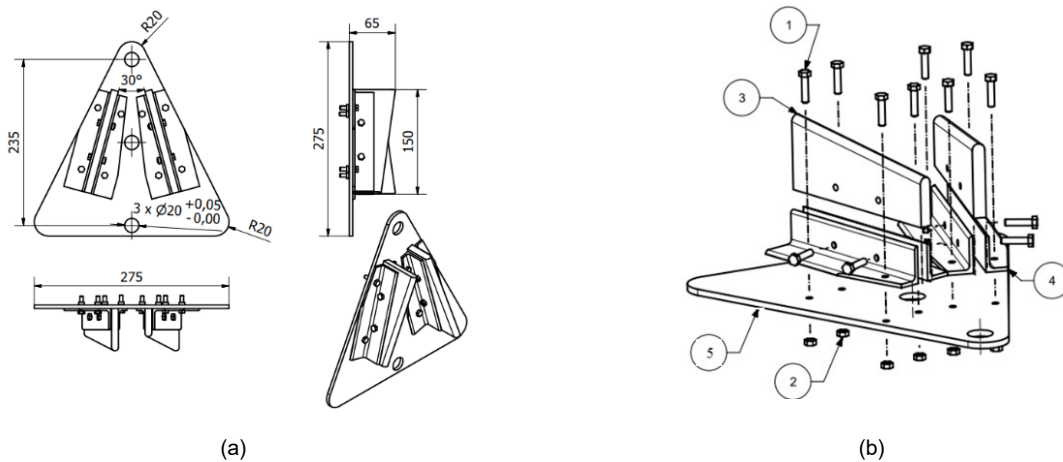
3.3.1. Bộ phận uốn

Bộ phận uốn gồm bàn uốn trên và bàn uốn dưới với một số chi tiết như tấm liên kết, chi tiết kẹp dao uốn, dao uốn, bulông đai ốc. Căn cứ vào thông số đầu vào của phôi uốn và theo yêu cầu của thực tế, bộ phận khuôn được thiết kế theo

bộ có sẵn để thuận lợi cho việc thay đổi góc uốn (góc được tạo bởi 2 dao uốn). Căn cứ vào phân cơ sở tính toán đã đưa ra, thiết kế dao uốn với các thông số kích thước cụ thể (Hình 14). Trên cơ sở chia hình vành khuyên thành 12 phần bằng nhau, lựa chọn góc tạo bởi 2 dao uốn là $360^\circ/12 = 30^\circ$ để thực hiện các thí nghiệm ban đầu, từ đó đánh giá và lựa chọn giá trị này khi thiết kế bộ phận uốn và lắp ghép vào tổng thể máy.

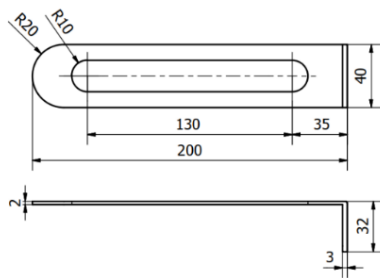


Hình 14. Kích thước dao uốn

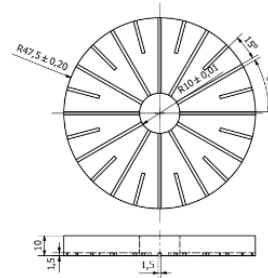


Ghi chú: (a) - Một phần bộ phận bàn uốn với một số thông số kích thước chính; (b) - Các chi tiết của một phần bộ phận bàn uốn; 1 - Bulông; 2 - Đai ốc; 3 - Dao uốn; 4 - Chi tiết kẹp dao uốn (thanh L); 5 - Tấm liên kết

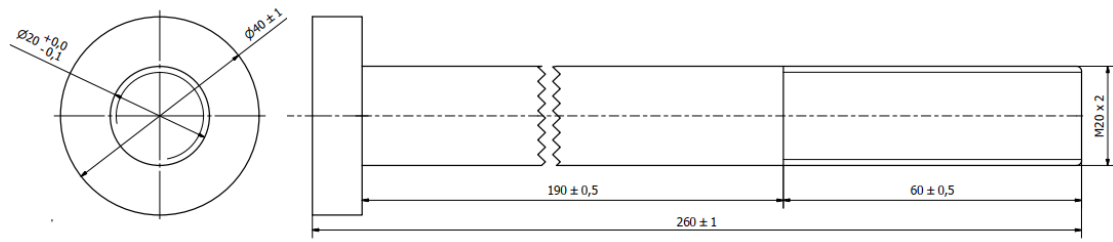
Hình 15. Một phần bộ phận bàn uốn với góc tạo bởi 2 dao uốn được điều chỉnh ở góc 30°



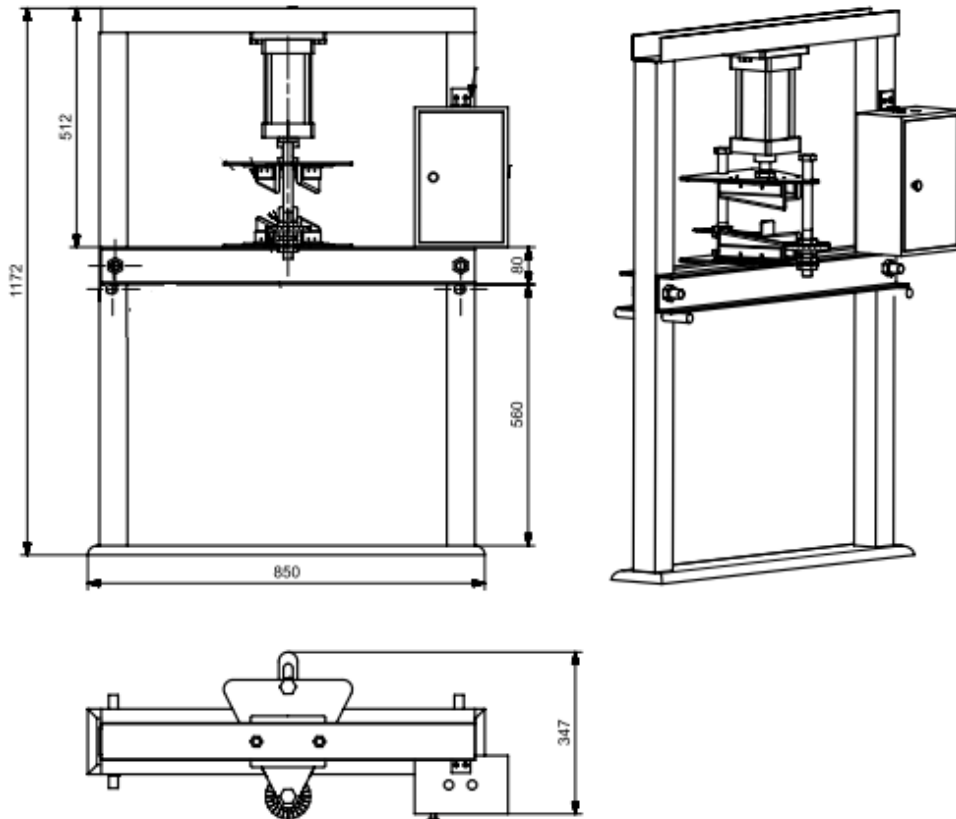
Hình 16. Chi tiết chặn phôi trong khi uốn



Hình 17. Thước chia độ



Hình 18. Chi tiết định hướng hành trình bàn uốn



Hình 19. Bản vẽ tổng thể máy uốn tạo hình với một số kích thước chính

3.3.2. Khung máy uốn

Khung máy được tính toán thiết kế để liên kết các phần khác của máy. Khung máy gồm thanh đứng ở hai bên được thiết kế bằng thép hộp $60 \times 60 \times 1.200\text{mm}$, mặt bích chân máy, thanh ngang được thiết kế bằng thép chữ U tiêu chuẩn, chi tiết thanh đỡ bằng thép tròn đặc $\phi 20$ dài 200mm, thanh đỡ bàn uốn bằng thép chữ U tiêu chuẩn.

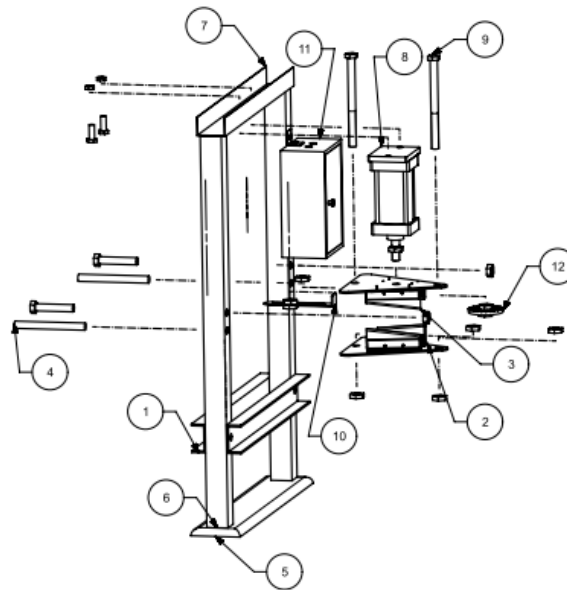
3.3.3. Một số chi tiết khác của máy

Ngoài một số phần chính của máy, thì trên máy còn có một số chi tiết được thiết kế để đảm

bảo quá trình làm việc tốt như chi tiết định hướng hành trình bàn uốn, chi tiết chặn phôi (cũ chặn) và thước chia độ để đảm bảo thuận lợi cho quá trình cấp phôi khi uốn (Hình 16, 17, 18).

3.3.4. Bản vẽ tổng thể máy

Máy uốn tạo hình cánh vít được thiết kế với kích thước tổng thể $850 \times 347 \times 1.172\text{mm}$ (chưa tính đến phần chân máy tăng cường độ cứng vững cho máy tùy theo vị trí và diện tích của khu vực đặt máy uốn tạo hình cánh vít) (Hình 19). Hình 20 thể hiện máy uốn tạo hình cánh vít gồm các chi tiết máy cụ thể.



Ghi chú: 1 - Thanh đỡ bàn uốn; 2 - Chi tiết kẹp dao uốn; 3 - Dao uốn; 4 - Thanh đỡ; 5 - Mặt bích; 6 - Thanh đứng khung máy; 7 - Thanh ngang trên; 8 - Xilanh; 9 - Chi tiết định hướng; 10 - Chặn phối; 11 - Tủ điện; 12 - Thước chia độ.

Hình 20. Bản vẽ máy uốn với các chi tiết và bộ phận cụ thể



Hình 21. Nâng cao cơ tính của dao uốn bằng phương pháp tôi cao tần

3.4. Chế tạo một số chi tiết của máy uốn tạo hình cánh vít

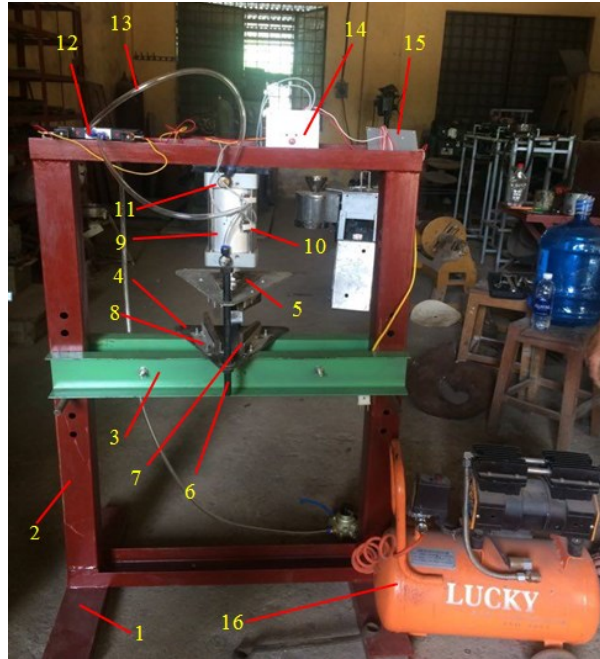
3.4.1. Chế tạo cụm chi tiết uốn

Tám hình tam giác (tám liên kết ở hình 15): Sử dụng máy cắt Laser Fiber cắt chi tiết hình tam giác cân từ thép tám mác C45 với các thông số độ dày 5mm, đường cao 300mm, độ dài đáy là 300mm, đồng thời bo tròn 3 cạnh tam giác với bán kính bo là 20mm. Sử dụng máy khoan tiến hành khoan các lỗ để liên kết chi tiết kẹp dao uốn, liên kết vào khung máy, lỗ để lắp chi tiết dẫn hướng. Đối với tám ở bàn

uốn trên khoan lỗ để liên kết với cần piston của xilanh khí nén.

Chi tiết kẹp dao uốn: Ta tiến hành cắt thanh thép V3 ($V 30 \times 30 \times 3$) thành các đoạn có độ dài 145mm, sau đó tạo các phần vát theo bản vẽ để thuận lợi trong quá trình lắp ráp vào cụm chi tiết uốn.

Dao uốn: Ta tiến hành cắt chi tiết hình thang từ thép tám C45 với các thông số độ dày 10mm, đáy lớn 60mm, đáy nhỏ 40mm, đường cao 150mm. Sau khi cắt tiến hành khoan các lỗ để liên kết với chi tiết kẹp dao. Dao uốn được tôi cao tần để đạt độ cứng 58 HRC ÷ 60 HRC (Hình 21).



Ghi chú: 1 - Chân khung máy; 2 - Khung máy; 3 - Thanh ngang khung máy (đỡ bàn uốn dưới); 4 - Bàn uốn dưới; 5 - Bàn uốn trên; 6 - Thanh dẫn hướng; 7 - Dao uốn; 8 - Thanh V kẹp dao; 9 - Xi lanh khí nén; 10 - Cảm biến từ; 11 - Van tiết lưu; 12 - Van điều khiển xi lanh; 13 - Ống dẫn khí; 14 - Hộp điều khiển công tắc nguồn; 15 - Bộ nguồn chuyển đổi 24V; 16 - Máy nén khí.

Hình 22. Máy Uốn cánh vít hoàn chỉnh



Hình 23. Các loại phôi khác nhau chuẩn bị cho quá trình uốn

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của máy

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Kích thước tổng thể của máy uốn tạo hình cánh vít	mm	850 × 347 × 1172
Chiều dày vật liệu chế tạo cánh vít	mm	1 + 3
Bề rộng lớn nhất của phôi hình vành khuyên (phụ thuộc vào dao uốn) để chế tạo cánh vít	mm	≈ 150
Lực đẩy của nguồn động lực (xilanh khí nén)	N	5495

3.4.2. Cụm chi tiết thân máy

Cụm chi tiết thân máy có nhiệm vụ giúp quá trình vận hành được dễ dàng nhất và giúp máy có được độ cứng vững cao, để bắt các bộ phận như bộ phận uốn vào để tạo ra máy uốn

hoàn chỉnh. Quy trình chế tạo lắp đặt cụm chi tiết thân máy: Sau khi cắt được hai thanh khung thân hình hộp tiến hành khoan lỗ để liên kết thanh đỡ, cắt lấy 6 thanh U có chiều dài là 800mm và hai chân máy có độ dài là 500mm

bằng thép U dúc $80 \times 40 \times 4,5$; tiến hành hàn hai thanh khung thân vào hai chân và thanh ngang khung máy; hai thanh U dài 800mm được khoan hai lỗ để có thể bắt cố định chúng vào thân máy; cố định thanh đỡ bàn uốn bằng bu lông và thanh đỡ; sau khi cắt và khoan các lỗ trên các phần của khung tiến hành hàn một số phần của khung lại.

3.5. Lắp ráp tổng thể máy và bước đầu đánh giá khả năng làm việc

Sau khi đã chuẩn bị các chi tiết, các bộ phận của máy xong, tiến hành lắp ráp hoàn chỉnh máy uốn tạo hình cánh vít. Máy gồm những chi tiết và bộ phận cụ thể đã chế tạo và lắp ráp được thể hiện trên hình 22. Trong quá trình uốn, phôi được cấp vào bộ phận uốn, bàn uốn phía trên được điều khiển một cách tự động do được liên kết với cần piston của xilanh khí nén HSC $100 \times 100 - S$. Máy uốn có thể tạo hình được cánh vít từ các phôi hình vành khuyên có bề rộng tối đa khoảng 150 mm và chiều dày tấm vật liệu tạo cánh vít từ $1 \div 3$ mm. Phôi được làm từ một số loại vật liệu khác nhau như thép 40Cr, C45, CT3 và thép không gỉ mác 304. Hình 23 thể hiện một số phôi chuẩn bị cho quá trình uốn. Qua quá trình vận hành trên máy, một số sản phẩm cánh vít được thể hiện trên hình 24. Một số sản phẩm uốn gồm: Các sản phẩm uốn từ phôi có đường kính ngoài 466mm, bề rộng 150 và chiều dày 3mm; một số phôi với các đường kính và bề rộng khác nhau nằm trong giới hạn cho phép (đường kính < 466 mm; bề rộng < 150 mm và chiều dày < 3 mm). Các cánh vít được tạo hình ra được kiểm tra một số thông số kích thước như đường kính trong, đường kính ngoài và bước vít. Trong quá trình kiểm tra cánh vít thì đường kính ngoài và bước vít được kiểm tra bằng thước lá và thước cuộn, còn đường kính trong được kiểm tra bằng việc lắp vào các đoạn trục hoặc đoạn ống (duỡng đo) có đường kính bằng với đường kính trong của cánh vít theo thiết kế ban đầu kết hợp với thước đo. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy khi uốn một số vật liệu có giới hạn bền và giới hạn chảy nhỏ hơn thép C45 thì quá trình uốn tạo hình

tương đối ổn định và thông số kích thước được tính toán so với sau khi uốn thực tế có sự sai khác nhỏ hơn $\pm 3\%$. Sự sai khác này bước đầu có thể thấy do phụ thuộc vào quá trình cấp phôi khi uốn, vật liệu chế tạo cánh vít và quá trình chuẩn bị phôi trước khi uốn. Đối với một số loại thép tấm như thép 40Cr có giới hạn bền và giới hạn chảy tương đương hoặc lớn hơn thép C45 thì quá trình uốn kém ổn định hơn và có sự sai khác nhỏ hơn 8%. Để đánh giá một cách chính xác hơn quá trình uốn tạo hình cánh vít từ nhiều loại thép tấm khác nhau trên máy uốn đã thiết kế và chế tạo thì sẽ phải tiến hành thêm rất nhiều thí nghiệm. Vấn đề này sẽ được tiếp tục nghiên cứu để tối ưu khả năng làm việc của máy. Với phạm vi kích thước của phôi để tạo thành cánh vít ở trong nghiên cứu này, thời gian trung bình để hoàn thành quá trình uốn tạo hình một cánh vít là khoảng 3 phút. Để nâng cao chất lượng của sản phẩm sau khi uốn, cần chú ý đến các công đoạn chuẩn bị và quá trình thực hiện uốn tạo hình kết hợp thêm với thao tác hiệu chỉnh sản phẩm sau khi tạo hình cho phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Máy uốn tạo hình cánh vít đã thiết kế có khả năng uốn được các phôi hình vành khuyên có chiều dày từ 1mm đến 3mm để tạo ra các cánh vít tương ứng. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được sơ đồ nguyên lý của máy uốn tạo hình cánh vít và bản vẽ tổng thể của máy uốn tạo hình cánh vít với các chi tiết máy và các bộ phận cụ thể. Máy uốn được thiết kế có kích thước tổng thể $850 \times 347 \times 1.172$ mm. Máy được chế tạo và đánh giá khả năng làm việc thông việc chế tạo một số loại cánh vít với các đường kính và bề dày vật liệu khác nhau. Phương pháp đơn giản để kiểm tra thông số kích thước của cánh vít cũng đã được đưa ra. Để tăng năng suất lao động và hiệu quả làm việc của máy, máy đã tích hợp một số thiết bị điều khiển để hỗ trợ quá trình uốn tạo hình cánh vít. Kết quả bước đầu cho thấy cánh vít được tạo ra từ máy uốn tạo hình cánh vít đáp ứng được yêu cầu đã đề ra trong phạm vi nghiên cứu này.



Hình 24. Một số sản phẩm sau khi uốn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Altan T. & Tekkaya A.E. (2012). Sheet metal forming: Fundamentals. ASM International, Materials Park, Ohio 44073-0002.
- Bùi Hải Triều, Nguyễn Ngọc Quế, Đỗ Hữu Quyết & Nguyễn Văn Hữu (2006). Giáo trình truyền động thủy lực và khí nén. Nhà xuất bản Đại học Nông nghiệp Hà Nội.
- Groover M.P. (2010). Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, fourth edition. John Wiley & Sons, INC. ISBN 978-0470-467002.
- Gwangwawa N., Mugwagwa L. & Ngoma S. (2013). International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2(4): 89 -101.
- Nghiêm Hùng (2010). Vật liệu học cơ sở. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Hữu Hưởng & Tống Ngọc Tuấn (2018). Thiết kế máy lóc 3 trục phù hợp với yêu cầu của cơ sở sản xuất nhỏ. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 4: 398-411.
- Nguyễn Mậu Đăng (2006). Công nghệ tạo hình kim loại tấm. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Tất Tiên (2004). Lý thuyết biến dạng dẻo kim loại. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.

- Nguyễn Thị Thu Trang & Nguyễn Hữu Hưởng (2018). Thiết kế và chế tạo mô hình máy dập mini sử dụng khí nén để biến dạng phôi kim loại tấm. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 12: 1092-1102.
- Nguyễn Văn Thành & Nguyễn Trường Giang (2007). Giáo trình công nghệ uốn NC. Nhà xuất bản Lao động - Xã hội, Hà Nội.
- Phạm Văn Nghệ, Đinh Văn Phong, Nguyễn Mậu Đăng, Trần Văn Cứu & Nguyễn Trung Kiên (2008). Công nghệ dập tạo hình khối. Nhà xuất bản Bách Khoa, Hà Nội.
- Phản Văn Huyền & Hồ Văn Bác (2004). Khai triển hình gò. Nhà xuất bản Hải Phòng, Hải Phòng.
- Trần Văn Địch & Ngô Trí Phúc (2006). Sổ tay thép thế giới. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Viết Tiếp & Trần Xuân Việt (2009). Công nghệ chế tạo máy. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Trịnh Chất (2007). Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Văn Hữu Thịnh (2016). Tính toán thiết kế máy nâng chuyển. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Võ Trần Khúc Nhã (2008). Sổ tay lý thuyết cán kim loại. Nhà xuất bản Hải Phòng.