

## THIẾT KẾ MÁY LỐC 3 TRỤC PHÙ HỢP VỚI YÊU CẦU CỦA CƠ SỞ SẢN XUẤT NHỎ

Nguyễn Hữu Hưởng\*, Tống Ngọc Tuấn

*Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

*Email\*: nhhuong@vnua.edu.vn*

Ngày gửi bài: 21.03.2018

Ngày chấp nhận: 11.06.2018

### TÓM TẮT

Thiết kế máy lốc 3 trục dựa trên nghiên cứu lý thuyết và thực tế sản xuất. Máy được ứng dụng trong các cơ sở sản xuất nhỏ. Thông số kích thước của máy được tính toán căn cứ vào việc sử dụng vật liệu và chi tiết máy sẽ ứng dụng. Máy lốc có thể chế tạo các chi tiết máy có đường kính và chiều cao khác nhau bằng việc sử dụng các loại vật liệu khác nhau với chiều dày từ 1 - 4 mm, chiều dài từ 400 - 2.000 mm và chiều rộng từ 50 - 800 mm. Trên cơ sở bản vẽ đã thiết kế, tiến hành chế tạo mô hình máy lốc 3 trục và ứng dụng máy vào việc chế tạo chi tiết.

Từ khóa: Máy lốc, chi tiết máy, vật liệu.

### Designing A 3-Roller Sheet Bending Machine Suitable for Requirements of Small Production Bases

### ABSTRACT

Calculation and design for a 3-roller sheet bending machine for small production bases were based on theoretical studies and real manufacturing practices. Dimension parameters of the machine were calculated based on materials used in manufacturing process and machinery parts. The bending machine can manufacture machinery parts with different diameters and heights by using some types of steel with thickness from 1 to 4 mm, length from 400 to 2000 mm and width from 50 to 800 mm. Based on design drawing, a 3-roller sheet bending machine was manufactured and used for manufacturing machinery parts.

Keywords: Three-roller sheet bending machine, machinery parts.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay có nhiều chi tiết ở trong các loại thiết bị máy móc được chế tạo từ các loại thép tấm với kích thước khác nhau. Đây là những chi tiết phải sử dụng các thiết bị máy móc chuyên dùng để chế tạo, có như vậy mới đáp ứng được về chất lượng sản phẩm. Trong quá trình chế tạo, 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).

Ở nhiều cơ sở sản xuất hiện nay đã có thiết bị máy móc chuyên dùng để chế tạo các chi tiết trụ trơn rỗng. Các cơ sở thì thường sử dụng các

loại máy kết cấu đơn giản nên trong quá trình sử dụng cho năng suất và chất lượng không cao, còn ở các cơ sở lớn đa số đang sử dụng các máy nhập từ nước ngoài với kích thước lớn, giá thành rất cao và trong nhiều trường hợp không phù hợp với các quy mô sản xuất nhỏ và trung bình.

Nhiều nước trên thế giới rất coi trọng lĩnh vực nghiên cứu liên quan đến công nghệ gia công áp lực, nhiều trang thiết bị, máy móc đã được thiết kế và chế tạo, một trong số đó có những máy móc thiết bị tạo hình profin của vật liệu dạng tấm được gọi là máy lốc.

Máy lốc là một trong những loại máy có khả năng chế tạo ra các chi tiết như các ống thép, thùng, xiclo, nồi hơi, bồn bình trụ mỏng,... với

nhiều loại đường kính khác nhau được sử dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của đời sống, trong công nghiệp (Đỗ Thành Dũng và cs., 2017) và được chế tạo trên cơ sở phương pháp uốn hàn (từ các tấm kim loại ban đầu được lóc lại thành các dạng trụ tròn bằng máy lóc, sau đó được hàn lại với nhau để tạo ra các chi tiết máy). Máy lóc làm việc theo sơ đồ nguyên lý đã được thiết kế và lựa chọn phương án phù hợp trên cơ sở điều kiện cơ sở vật chất, trang thiết bị với khoảng cách giữa các trục ép và trục chủ động có thể điều chỉnh được. Tốc độ quay của trục ép và trục chủ động được điều chỉnh bằng động cơ giảm tốc.

Thực tế ở một số cơ sở sản xuất đã tự chế tạo máy lóc vì yêu cầu của công việc, tuy nhiên phần nhiều là những sản phẩm đơn chiếc, chưa đáp ứng được yêu cầu của công việc. Các máy lóc có thể chia ra rất nhiều loại nhưng chủ yếu là máy lóc kiểu trục lăn hoặc con lăn với số trục và con lăn thay đổi, trong đó máy lóc 3 trục hoặc 4 trục có thể uốn các tấm có chiều dày, chiều dài và chiều rộng khác nhau (Đỗ Thành Dũng và cs., 2017).

Các loại máy lóc đã ra đời từ rất lâu, tuy nhiên vẫn cần phải tiếp tục nghiên cứu để góp phần nâng cao cơ sở lý luận khoa học trong việc chế tạo, thúc đẩy việc tự chế tạo máy lóc để phù hợp với điều kiện của cơ sở sản xuất. Đề tài tập trung nghiên cứu chế tạo máy lóc 3 trục có sử dụng động cơ giảm tốc trong quá trình điều chỉnh các cơ cấu, phát huy tối đa hiệu quả sử dụng của thiết bị.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

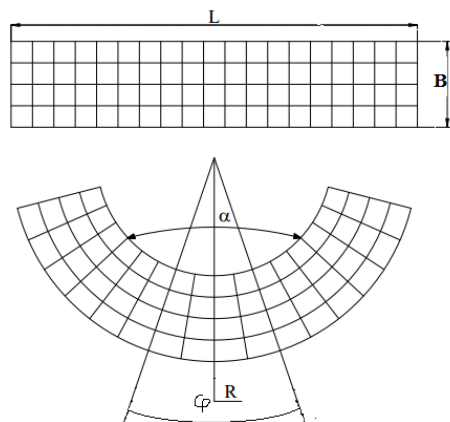
Các loại máy lóc đang có trên thị trường và trong các cơ sở sản xuất; một số chi tiết máy có thể được chế tạo từ máy lóc; vật liệu để chế tạo các chi tiết máy (Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc, 2006; Trần Văn Địch và cs., 2009); các bản vẽ thiết kế chi tiết máy và máy.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

- Nghiên cứu tổng hợp tài liệu: Tổng hợp tài liệu về thiết kế, công nghệ chế tạo, công nghệ gia công bằng áp lực, vật liệu kim loại và một số dạng chi tiết máy có thể chế tạo được bằng máy lóc.

- Nghiên cứu lý thuyết quá trình uốn: làm cơ sở cho quá trình tính toán, lựa chọn kết cấu và đảm bảo khả năng làm việc của máy sau khi chế tạo xong. Quá trình uốn bao gồm biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Uốn làm thay đổi hướng thớ kim loại, làm cong phôi và thu nhỏ dần kích thước. Trong quá trình uốn, kim loại phía trong phía góc uốn bị nén lại và co ngắn ở hướng dọc, đồng thời bị kéo ở hướng ngang. Còn phần kim loại phía ngoài góc uốn bị giãn ra bởi lực kéo. Giữa các lớp co ngắn và giãn dài là lớp kim loại không bị ảnh hưởng bởi lực kéo và nén khi uốn, tại đây vẫn giữ được trạng thái ban đầu của kim loại và đây gọi là lớp trung hòa.



Hình 1. Biến dạng của phôi thép trước và sau khi uốn

### 2.2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Sử dụng phần mềm vẽ kỹ thuật để thiết kế chi tiết máy và máy lốc 3 trục.

Chế tạo mô hình máy lốc trên cơ sở trang thiết bị hiện có và ứng dụng mô hình máy vào việc chế tạo các sản phẩm để đánh giá khả năng làm việc.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Cơ sở tính toán thiết kế máy

#### 3.1.1. Cơ sở tính toán đảm bảo tốt quá trình tạo hình kim loại tấm bằng máy lốc

##### a. Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép

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. 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 nhăn 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. Theo công thức gần đúng, trị số bán kính uốn cực tiểu  $r_{\min}$  có thể được xác định như sau (Võ Trần Khúc Nhã, 2005):

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

Trong đó:  $r_{\min}$  - Bán kính uốn cực tiểu;  $\Psi_{\max}$  - Độ co thắt tương đối cực đại cho phép của tiết diện ngang vật liệu khi kéo; S - Chiều dày vật liệu.

Bán kính uốn 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 các yếu tố khác nữa (Võ Trần Khúc Nhã, 2005). Bán kính uốn cực tiểu cũng có thể được xác định có tính đến sơ đồ của trạng thái ứng suất (Nguyễn Mậu Đăng, 2006).

##### b. Mô men uốn

Mô men cần thiết để uốn phôi được xác định bằng tổng mô men sinh ra tại vùng kéo và vùng nén do các ứng suất tiếp  $\sigma_0$  đối với tâm uốn và được xác định như sau (Nguyễn Mậu Đăng, 2006):

$$M = M^k + M^n = b \cdot \int_{\rho_{us}}^R \sigma_0^k \cdot \rho \cdot d\rho + b \cdot \int_r^{\rho_{us}} (-\sigma_0^n) \cdot \rho \cdot d\rho$$

Với giả thuyết ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn, ứng suất  $\sigma_0$  tại vùng kéo và vùng nén là không đổi trên toàn bộ chiều dài của nó và do đó ta có:

$$\sigma_0^k = \beta \cdot \sigma_s \text{ và } -\sigma_0^n = \beta \cdot \sigma_s$$

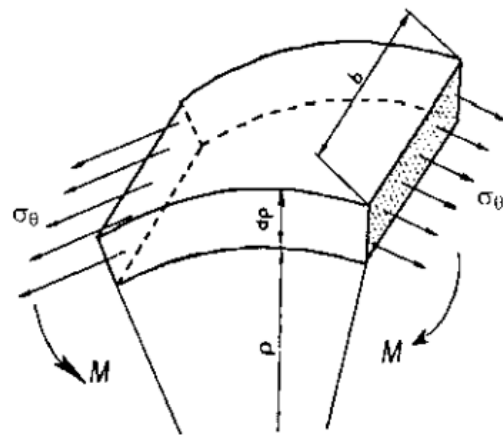
Còn mặt trung hòa ứng suất trùng với bề mặt trung bình của phôi và do đó:

$$\rho_{us} = r + 0,5 \cdot S = 0,5 \cdot (R + r)$$

Trong đó:  $\rho_{us}$  - Bán kính cong của lớp trung hòa ứng suất; R, r - Bán kính ngoài và bán kính trong của phôi tại góc uốn; S - Chiều dày của phôi;  $\sigma_0^k, \sigma_0^n$  - Ứng suất tiếp tại vùng kéo và nén. Khi đó ta có:

$$M = \beta b \cdot \int_{\rho_{us}}^R \sigma_s \cdot \rho \cdot d\rho + \beta b \cdot \int_r^{\rho_{us}} (-\sigma_s) \cdot \rho \cdot d\rho = \frac{\beta \cdot \sigma_s \cdot b \cdot S^2}{4} = 1,5 \cdot \beta \cdot W \cdot \sigma_s$$

Trong đó: W - Mô men chống uốn của tiết diện ngang của phôi ( $\text{mm}^3$ );  $\beta = 1 \dots 1,5$  hệ số thay đổi tính đến sự ảnh hưởng của ứng suất trung bình đến bước chuyển quy ước của kim loại ở trạng thái dẻo;  $\rho$  - Bán kính cong (mm);  $\sigma_s$  - Giới hạn chảy của thép ( $\text{N/mm}^2$ ).



Hình 2. Sơ đồ xác định mô men uốn

*c. Lực uốn và áp lực toàn phần của kim loại tác dụng lên trục của máy lốc*

Vấn đề xác định lực liên quan đến quá trình uốn tấm vật liệu là vấn đề rất khó khăn, do đó chỉ có thể xác định được một cách gần đúng. Lực uốn phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Hình dạng và kích thước tiết diện ngang của phôi; Tính chất cơ học của vật liệu, khoảng cách giữa các trục của máy lốc trong quá trình máy làm việc; Điều kiện ma sát tiếp xúc giữa tấm vật liệu và các trục của máy; Mức độ tiếp xúc giữa tấm vật liệu và trục lốc.

Nếu gọi phản lực ở các gối tựa là  $Q$  và coi lực ma sát  $T$  xuất hiện là do sự quay của phôi uốn so với điểm tựa và tỷ lệ với phản lực gối tựa  $T = \mu.Q$  thì khi chiếu tất cả các lực lên phương tác dụng của lực uốn  $P_U$  chúng ta có phương trình sau (Nguyễn Mậu Đăng, 2006):

$$P = 2.Q \left( \sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

Hoặc có thể sử dụng công thức gần đúng:  
 $P = 2.Q \cdot \cos \varphi$

Phản lực gối tựa  $Q$  được xác định từ điều kiện cân bằng mô men tạo ra bởi phản lực  $Q$  với cánh tay đòn  $l$  và mô men giới hạn khi uốn dẻo không tính đến hóa bền (Nguyễn Mậu Đăng, 2006):

$$Q = \frac{b.S^2}{4.l} \sigma_s \quad \text{hoặc} \quad Q = \frac{M}{\rho \cdot \sin \varphi}$$

Trong đó,  $\alpha/2$  - Góc giữa tiếp tuyến tại điểm tựa và phương tác dụng của lực uốn  $P$ ;  $\rho$  - Bán kính cong của lớp trung hòa (mm);  $\varphi$  - Góc tạo bởi phương của lực uốn  $P$  và phản lực  $Q$ .

Áp lực toàn phần của kim loại tác dụng lên trục của máy lốc có thể tham khảo theo công thức (Đỗ Hữu Nhơn và Đỗ Thành Dũng, 2007):

$$P_a = P_{tb} \cdot F = P_0 \cdot Kf = \left( \frac{t_{ch}^0 - t_c^0}{1500^0} \right)^2 \cdot \sigma_b$$

Trong đó:  $P_{tb}$  - áp lực đơn vị, còn gọi là áp lực trung bình ( $N/mm^2$ );  $F$  - Diện tích tiếp xúc của kim loại trên trục ( $mm^2$ );  $P_0$  - Áp lực riêng có lợi ( $N/mm^2$ );  $t_{ch}^0$  - Nhiệt độ nóng chảy của

thép ( $^{\circ}C$ );  $t_c^0$  - Nhiệt độ khi lốc tấm vật liệu ( $^{\circ}C$ );  $\sigma_b$  - Giới hạn bền của thép theo nhiệt độ ( $N/mm^2$ );  $Kf$  - Hệ số kể đến ảnh hưởng của trở kháng bên ngoài ( $f$  - Hệ số ma sát giữa bề mặt trục và kim loại).

**3.1.2. Cơ sở lựa chọn chiều dài các trục, điều chỉnh khoảng cách giữa trục ép và trục chủ động**

Trong nhiều thiết bị máy móc (máy trồng khoai tây, máy trộn thuốc vi sinh, máy làm đậu,...), có những chi tiết được chế tạo trên cơ sở phương pháp uốn hàn như: 2 bánh xe máy trồng khoai tây; ống khuếch tán, xiclo của máy trộn với nhiều phần được uốn sau đó được hàn lại với nhau; nồi nấu, nồi trộn, bình đựng nước chua của máy làm đậu (Hình 3). Các chi tiết đó được chế tạo từ tấm vật liệu ban đầu có chiều dày từ  $1 \div 4mm$ , chiều dài của tấm  $450 \div 1600 mm$ , chiều rộng của tấm  $100 \div 800 mm$ .

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết và thực tế của việc chế tạo chi tiết, thiết kế và chế tạo máy lốc có thể lốc được tấm vật liệu với các thông số: Chiều dày:  $1 \div 4 mm$ ; Chiều dài (tạo đường kính chi tiết):  $400 \div 2000 mm$ ; Chiều rộng (tạo chiều cao chi tiết):  $50 \div 800 mm$ .

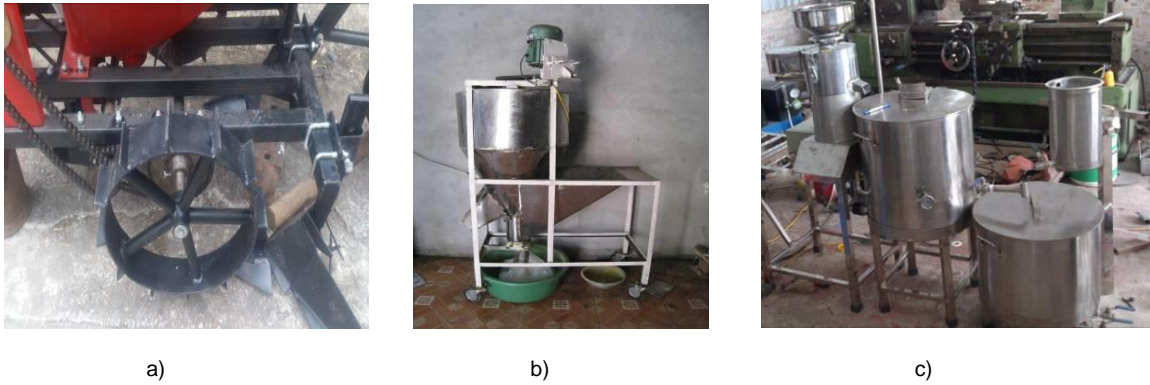
Hình 3 là ảnh của một số thiết bị máy móc có các chi tiết được chế tạo từ các máy lốc nhập ngoại thuộc lĩnh vực nghiên cứu khoa học, chuyển giao sản phẩm cho các cơ sở sản xuất mà nhóm tác giả đã tham gia thực hiện.

**3.1.3. Lựa chọn phương án bố trí các trục của máy lốc**

Trên máy lốc 3 trục, có thể có rất nhiều phương án bố trí trục (Nosstec Company, 2017), trong số đó có thể kể đến 3 phương án bố trí thường gặp (Hình 4).

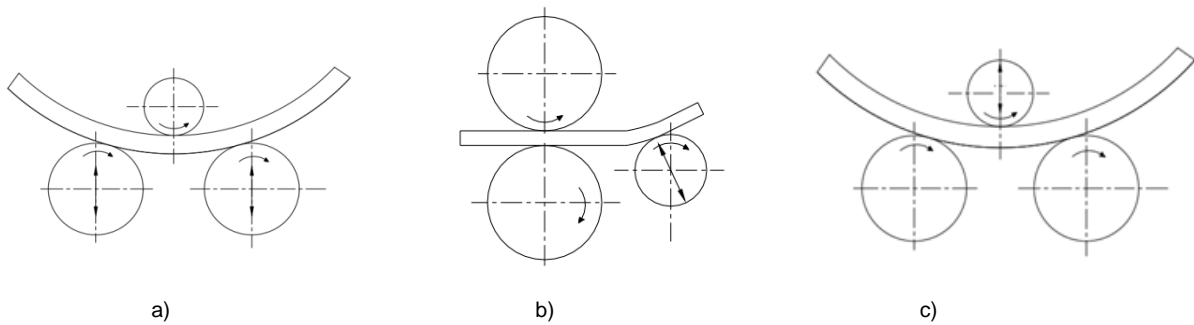
Căn cứ vào sơ đồ bố trí của các trục và ưu nhược điểm của các phương án bố trí trục ép trên máy lốc, lựa chọn phương án trục ép được bố trí ở phía trên và ở giữa 2 trục chủ động (Hình 4c). Kết cấu máy đơn giản nhưng vẫn đảm bảo được điều kiện làm việc; thao tác vận hành máy đơn giản; dễ tiến hành bảo trì và sửa chữa.

Thiết kế máy lọc 3 trục phù hợp với yêu cầu của cơ sở sản xuất nhỏ



**Hình 3. Các chi tiết của máy được chế tạo từ máy lọc**

Ghi chú: a - Vành bánh xe máy trồng khoai; b - Thùng và xiclo của máy trộn đứng; c - Nồi nấu, nồi trộn, bộ phận cấp nước chua của máy làm đậu.



**Hình 4. Các phương án bố trí trục ép trên máy lọc**

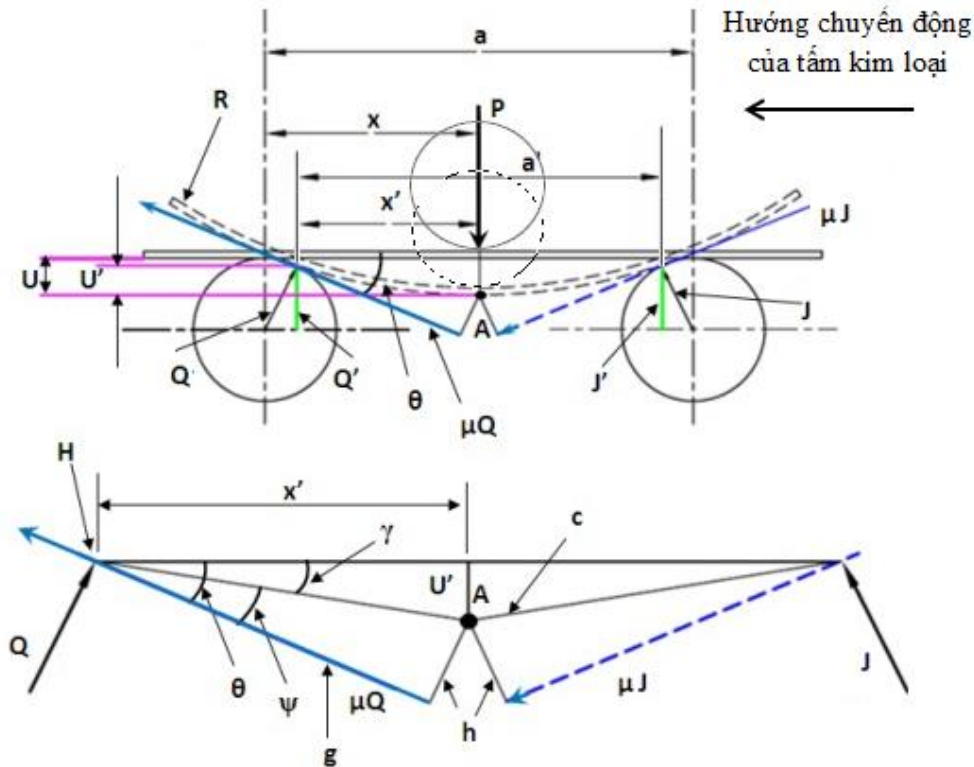
Ghi chú: a - Hai trục ép đặt phía dưới; b - Trục ép đặt phía sau 2 trục chủ động; c - Trục ép được bố trí ở phía trên và ở giữa 2 trục chủ động.

Căn cứ vào phương án bố trí 3 trục của máy lọc đã được lựa chọn (Hình 4c), căn cứ vào nghiên cứu tài liệu (Mahesh & Harit, 2014; Nitin et al, 2015; Jadhav & Talmale, 2017; Nguyễn Mậu Đăng, 2006), xây dựng được sơ đồ thể hiện quá trình uốn trên máy lọc 3 trục (Hình 5) để làm cơ sở cho việc tính toán đảm bảo điều kiện làm việc của máy lọc được thiết kế.

Trên hình 5, P - Lực uốn của trục ép; Q - Phản lực pháp tuyến trên trục phía dưới ở bên trái;  $\mu Q$  - Lực ma sát tiếp xúc ở trục bên trái; J - Phản lực pháp tuyến trên trục phía dưới ở bên phải;  $\mu J$  - Lực ma sát tiếp xúc ở trục bên phải; U - Độ dịch chuyển vị trí của tấm kim loại dưới tác động của lực ép P trong giai đoạn đầu của quá trình uốn; R - Bán kính uốn; g, h - là các khoảng

cách tương ứng được sử dụng khi tính các giá trị mô men đối với điểm A (Mô men uốn tại điểm A liên quan đến lực pháp tuyến Q, J; Mô men uốn tại điểm A liên quan đến lực ma sát  $\mu.Q, \mu.J$ ); a - Khoảng cách giữa 2 trục chủ động.

Trong quá trình lọc tấm vật liệu để tạo chi tiết, nhờ ma sát tiếp xúc ( $\mu Q, \mu J$ ) sinh ra giữa tấm vật liệu và trục máy lọc nên tấm kim loại được ăn liên tục vào khe hở giữa trục chủ động và trục ép. Theo ý thuyết và thực tế có thể có hiện tượng vượt trước (tốc độ kim loại ra khỏi trục lớn hơn vận tốc của trục máy lọc) và hiện tượng trễ (tốc độ kim loại ra khỏi trục nhỏ hơn vận tốc của trục máy lọc) khi lọc các tấm kim loại (Đỗ Hữu Nhơn và Đỗ Thành Dũng, 2007).



Hình 5. Sơ đồ thể hiện quá trình uốn trên máy lóc 3 trục với phương án đã lựa chọn

### 3.1.4. Cơ sở lựa chọn động cơ

#### a. Động cơ điều chỉnh tốc độ quay trục chủ động

Trong gia công áp lực, tùy các công nghệ và thiết bị, kim loại bị biến dạng với tốc độ khác nhau. Tốc độ biến dạng tăng thì trở lực biến dạng tăng và tính dẻo giảm. Mặt khác, tốc độ biến dạng tăng, một phần năng lượng chuyển thành nhiệt và làm tăng nhiệt độ của vật liệu và làm tính dẻo tăng. Như vậy, hiệu ứng của tốc độ biến dạng phụ thuộc điều kiện biến dạng. Nếu tốc độ biến dạng gây tốc độ biến cứng nhanh hơn tốc độ khử biến cứng, chúng sẽ làm giảm tính dẻo. Ngược lại, tác dụng của hiệu ứng nhiệt làm nhiệt độ tăng, khiến nhiệt độ kim loại rơi vào vùng giòn, làm kim loại giảm tính dẻo (Hà Minh Hùng, Đinh Bá Trụ, 2003). Dựa vào nghiên cứu lý thuyết về biến dạng dẻo và qua thực nghiệm trên mô hình, ta phải lựa chọn tốc độ biến dạng cho phù hợp.

Chọn động cơ giảm tốc theo tiêu chuẩn có công suất phù hợp để điều chỉnh tốc độ quay

trục chủ động, động cơ giảm tốc được kết nối với bộ đảo chiều trong quá trình hoạt động.

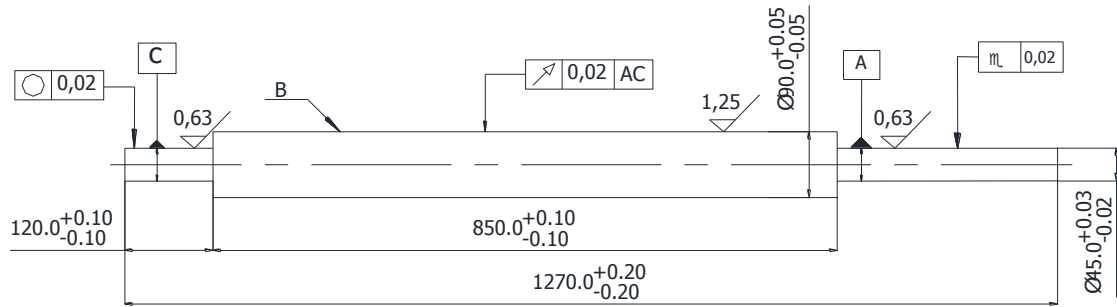
#### b. Động cơ điều chỉnh hành trình trục ép

Để điều chỉnh hành trình trục ép ta sử dụng động cơ có công suất tối thiểu 0,55 kW và động cơ được kết nối với bộ mạch đảo chiều và điều chỉnh tốc độ. Trong quá trình điều chỉnh hành trình lên xuống của trục ép và căn cứ bề dày hoặc loại vật liệu ứng dụng trên máy lóc ta điều chỉnh bộ phận này cho phù hợp.

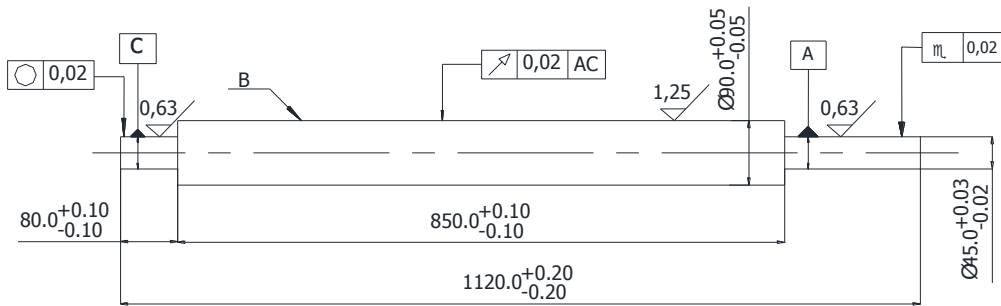
## 3.2. Tính toán thiết kế các chi tiết của máy lóc 3 trục

### 3.2.1. Trục ép của máy lóc

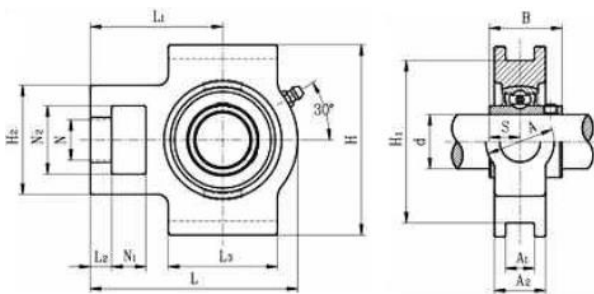
Hành trình của trục ép được điều chỉnh qua cơ cấu trục vít đai ốc. Trục ép được chế tạo bằng vật liệu thép 40Cr (Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc, 2006) và được kết hợp với trục chủ động làm nhiệm vụ giữ phôi, dẫn hướng và uốn phôi. Cần đảm bảo cân bằng trọng lượng trục lúc lấy sản phẩm.



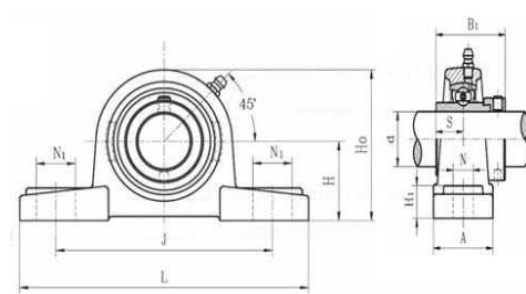
Hình 6. Trục ép của máy lốc 3 trục



Hình 7. Trục chủ động của máy lốc 3 trục



Hình 8. Gối đỡ vòng bi UCT209, kiểu 1



Hình 9. Gối đỡ vòng bi UCP209, kiểu 2

Hình dáng và kích thước của trục ép được thiết kế căn cứ vào kích thước của sản phẩm sẽ ứng dụng trên máy lốc, căn cứ vào liên kết với khung máy lốc thông qua gối đỡ vòng bi UCT và cụm giá đỡ cân bằng.

### 3.2.2. Trục chủ động của máy lốc

Trong quá trình làm việc của máy lốc, tốc độ quay của trục chủ động được điều chỉnh bởi động cơ giảm tốc có công suất phù hợp thông qua bộ truyền đai thang. Trục chủ động được chế tạo bằng vật liệu thép 40Cr (Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc, 2006) và liên kết với khung

của máy lốc thông qua ổ đỡ vòng bi.

### 3.2.3. Gối đỡ vòng bi

Lựa chọn gối đỡ vòng bi (Hình 8, 9) theo tiêu chuẩn (Asahi Seiko Co.,LTD) và có thông số phù hợp để đảm bảo quá trình lắp ghép các trục ép và trục chủ động với khung của động cơ (tương ứng theo bảng 1, 2).

Từ gối đỡ vòng bi UCT209 (mã gối liền bi), ta điều chỉnh phần vòng bi cho phù hợp để liên kết với một đầu trục ép ở phần giá đỡ di động, do đó việc lấy sản phẩm sau khi lốc xong ra ngoài dễ dàng hơn.

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật của gói đỡ vòng bi, kiểu 1- UCT209 (Asahi Seiko Co.,LTD)**

Mã gói đỡ vòng bi	Đường kính trục	N1	L2	H2	N2	N	L3	A1	H1	H	L	A	A2	L1	B	S	Khối lượng
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
UCT209	45	19	16	83	49	29	83	16	102	117	144	49	35	87	49.2	19	2.4

**Bảng 2. Thông số kỹ thuật của gói đỡ vòng bi, kiểu 2 - UCP209 (Asahi Seiko Co.,LTD)**

Mã gói liền bi	Đường kính trục	H	L	J	A	N	N1	H1	H0	Bi	S	Khối lượng	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	
UCP209	45	54	189	146	54	17	21	20	106	49.2	19	M14	2.2

**3.2.4. Xác định hành trình trục ép**

Xác định đường kính của chi tiết sẽ chế tạo và khoảng cách bố trí giữa các trục chủ động, tính toán hành trình trục ép để làm cơ sở cho quá trình ứng dụng chế tạo các chi tiết trên máy lốc (Hình 10).

$$AB^2 = AD^2 - BD^2 = \left(\frac{d}{2} + \frac{90}{2}\right)^2 - \left(\frac{190}{2}\right)^2,$$

với d là đường kính của chi tiết cần lốc

Ta có:

$$AB = AO + OB \rightarrow a = OB = AB - AO = AB - (AE - OE)$$

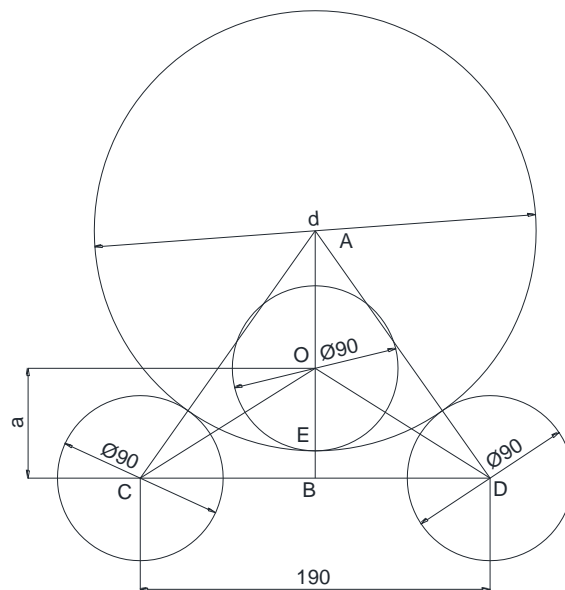
Trên cơ sở đó ta xác định được hành trình trục lốc:

$$a = \sqrt{\left(\frac{d}{2} + \frac{90}{2}\right)^2 - \left(\frac{190}{2}\right)^2} - \frac{d}{2} + \frac{90}{2}$$

**3.2.5. Tính toán lựa chọn động cơ điều chỉnh tốc độ quay trục chủ động**

a. Tốc độ quay của động cơ

Để hạn chế tối đa việc không xảy ra hiện tượng bị trượt và quá trình lốc ổn định, tốc độ di chuyển của tám kim loại (tốc độ lốc) trong quá trình máy lốc làm việc qua khảo nghiệm thực tế xác định được  $v = 75 \text{ mm/s} = 0,075 \text{ m/s}$ .



**Hình 10. Sơ đồ tính toán hành trình trục ép**



Thiết kế máy lọc 3 trục phù hợp với yêu cầu của cơ sở sản xuất nhỏ

Với đường kính các trục của máy lọc là 90 mm, số vòng quay của trục (trục chủ động, trục ép) của máy lọc (bộ phận công tác):

$$n_{ct} = \frac{60.1000.v}{\pi.D} = \frac{60.1000.0,075}{3,14.90} \approx 16 \text{ (vg/ph)}$$

Tỷ số truyền động của hệ dẫn động:  $i = n_{dc}/n_{ct}$

Trong đó:  $n_{dc}$  - Số vòng quay trên đầu ra của trục động cơ giảm tốc (vg/ph);  $n_{ct}$  - Số vòng quay của bộ phận công tác (trục của máy lọc) (vg/ph).

Lựa chọn tỷ số truyền cho bộ truyền động đai là  $i = 5$ , để tránh cho sai lệch tỉ số truyền không quá một giá trị cho phép ( $\leq 4\%$ ) và được chọn theo dãy số tương ứng với dãy đường kính tiêu chuẩn (Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, 2003; Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lãm, 2007).

Số vòng quay trên đầu ra của trục động cơ giảm tốc để đảm bảo tốt cho quá trình lọc tấm vật liệu:  $n_{dc} = i.n_{ct} \approx 80$  (vòng/phút).

#### b. Công suất động cơ

Thực nghiệm quá trình lọc các tấm vật liệu là thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B với kích thước lớn nhất trong khoảng đã được đưa ra ở phần cơ sở tính toán thiết kế máy (chiều dày: 4 mm; chiều dài (tạo đường kính chi tiết): 400 mm (chiều dài trong trường hợp khó thao tác nhất); chiều rộng (tạo chiều cao chi tiết): 800 mm) để làm cơ sở tính toán xác định công suất cần thiết của động cơ giảm tốc dẫn động trục chủ động của máy lọc.

Mô men uốn được xác định theo công thức:

$$M = \frac{\beta.\sigma_s.b.S^2}{4} = \frac{1.345.800.4^2}{4}$$

$$= 1104000(N.mm) = 1104 \text{ (kN.mm)}$$

Phản lực pháp tuyến (Hình 5):

$$Q = J = \frac{M}{\rho.\sin\varphi}$$

Trong đó:  $Q, J$  - Lực pháp tuyến (kN);  $M$  - Mô men uốn (kN.mm);  $\rho$  - Bán kính cong của lớp trung hòa (mm);  $\varphi$  - Góc tạo bởi 2 đường thẳng AO và AC (Hình 10).

Do bề dày của tấm vật liệu là rất nhỏ so với đường kính của sản phẩm được tạo ra từ máy lọc. Trong trường hợp này, sử dụng công thức gần đúng ta có:

$$\rho = 0,5.d_{\min};$$

$$\text{Góc: } \varphi = \arcsin \frac{a}{d_{\min} + d_2};$$

Trong đó:  $d_{\min}$  - Đường kính nhỏ nhất của sản phẩm lọc ( $d_{\min} = 400/3,14 \approx 127,39$  mm);  $d_2$  - Đường kính của trục chủ động của máy lọc ( $d_2 = 90$  mm);  $a$  - Khoảng cách giữa tâm của 2 trục chủ động ( $a = 190$  mm) (Hình 10).

$$Q = J = \frac{M}{0,5.d_{\min}.\sin\varphi}$$

$$= \frac{1104}{0,5.127,39.\sin 60,9^0} \approx 19,83 \text{ (kN)}$$

Để đảm bảo yếu tố cân bằng lực, lực uốn P được tạo ra thông qua trục ép của máy lọc:

$$P = 2.Q.\cos\varphi = 2.19,83.\cos 60,9^0 = 19,29 \text{ (kN)}$$

Mô men quay trên 2 trục chủ động được xác định trên cơ sở mô men do lực gây biến dạng và lực ma sát:

Mô men do ma sát:

$$T_{n1} = \frac{M.d_2}{2.\rho} = \frac{M.d_2}{d_{\min}} = \frac{1104.90}{127,39} \approx 779,97$$

(kN.mm)

Mô men do lực gây biến dạng:

$$T_{n2} = \mu.\left(P + 2.Q\right) + f.\left(P.\frac{D_1}{2}.\frac{d_1}{d_2} + Q.D_2\right)$$

Trong đó:  $\mu$  - Hệ số ma sát lăn có thứ nguyên là chiều dài ( $\mu = 0,004$  mm);  $f$  - Hệ số ma sát trượt ( $f = 0,006$ );  $d_1, d_2$  - Đường kính trục ép và trục chủ động của máy lọc ( $d_1 = d_2 = 90$  mm);  $D_1, D_2$  - Đường kính cổ trục của trục ép và trục chủ động của máy lọc ( $D_1 = D_2 = 45$  mm)

$$T_{n2} = 0,004.(19,29 + 2.19,83)$$

$$+ 0,006.\left(19,29.\frac{45}{2}.\frac{90}{90} + 19,83.45\right) = 8,19$$

(kN.mm)

Mô men quay trên trục chủ động:

$$T_{\Sigma} = T_{n1} + T_{n2} = 779,97 + 8,19 = 788,16 \text{ (kN.mm)} = 788,16 \text{ (N.m)}$$

Công suất trên bộ phận công tác (bộ phận công tác di chuyển tấm kim loại trong quá trình máy làm việc) (kW) (Nguyễn Trọng Hiệp và Nguyễn Văn Lắm, 2007):

$$N = \frac{T_{\Sigma} \cdot n_{ct}}{9550} = \frac{788,16 \cdot 16}{9550} = 1,32 \text{ (kW)}$$

Trong đó: N - Công suất trên bộ phận công tác (kW);  $T_{\Sigma}$  - Mô men quay trên trục chủ động (N.m);  $n_{ct}$  - Số vòng quay của bộ phận công tác (trục chủ động) (vòng/ph).

Để chọn được động cơ giảm tốc cần tính được công suất cần thiết. Theo Trịnh Chất và Lê Văn Uyển (2003); Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lắm (2007) ta có:

$$N_{ct} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,32}{0,95} \approx 1,39 \text{ (kW)}$$

Trong đó:  $N_{ct}$  - Công suất cần thiết của động cơ giảm tốc (kW); N - Công suất trên bộ phận công tác (bộ phận công tác di chuyển tấm kim loại trong quá trình máy làm việc) (kW);  $\eta$  - Hiệu suất truyền động (Máy sử dụng bộ truyền đai thang nên  $\eta = 0,95$ ).

Chọn động cơ giảm tốc có công suất lớn hơn công suất cần thiết. Theo tiêu chuẩn lựa chọn động cơ giảm tốc có công suất là 1,5 kW để điều chỉnh tốc độ quay trục chủ động.

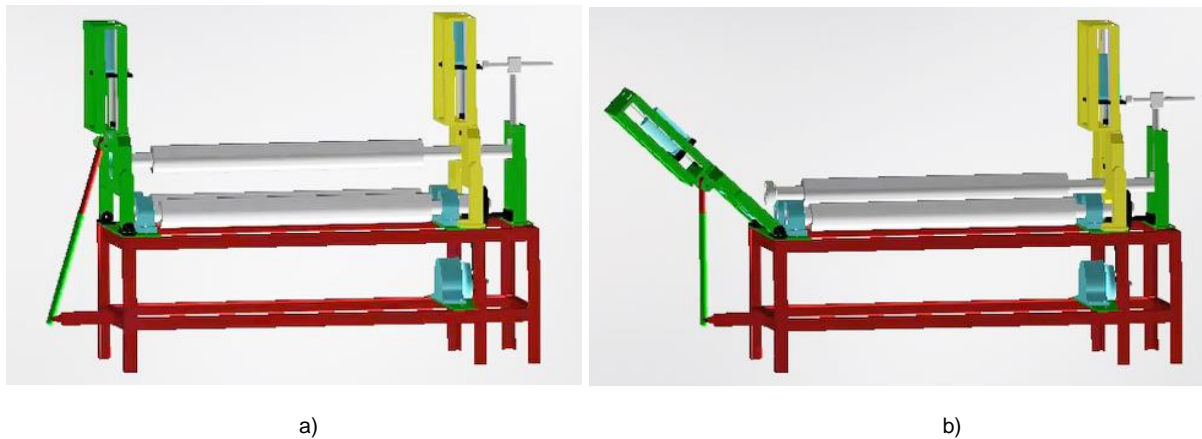
### 3.2.6. Mô hình kết cấu máy lóc 3 trục

Máy lóc gồm 3 trục (Hình 11a): Trục ép và 2 trục chủ động. Các trục của máy lóc được tính toán, bố trí phù hợp với điều kiện lóc tiêu chuẩn theo bài toán ban đầu. Từ đó ta có thể tính toán và áp dụng cho việc lóc các sản phẩm khác theo yêu cầu.

Các sản phẩm sau khi được lóc xong hoàn toàn có thể được lấy ra một cách dễ dàng nhờ cơ cấu đã được tính toán và thiết kế (Hình 11b).

Máy lóc được tính toán thiết kế gồm các chi tiết, bộ phận, cụm được liên kết với nhau để đảm bảo khả năng làm việc của máy (Hình 12; Hình 14). Bên cạnh đó, máy thể hiện một số thông số chính liên quan đến việc lắp đặt và hiệu chỉnh máy (Hình 13, 15).

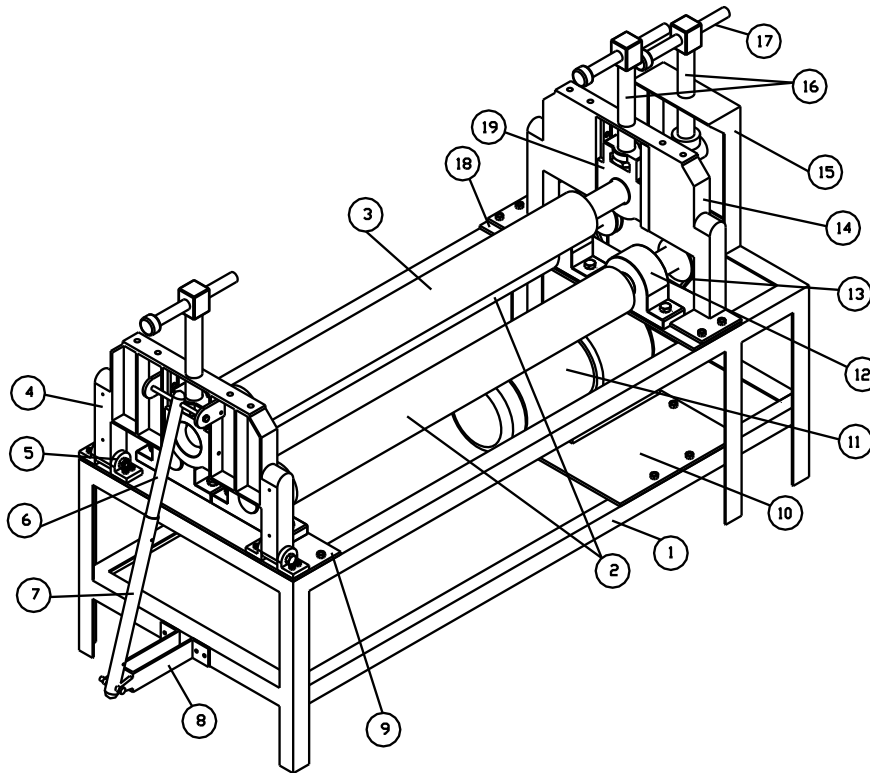
Trên cơ sở trang thiết bị sẵn có, tiến hành chế tạo mô hình máy lóc để đánh giá khả năng làm việc của máy (Hình 16). Các sản phẩm tạo ra từ máy lóc được chỉ ra trên hình 17.



**Hình 11. Máy lóc 3 trục sử dụng động cơ điều chỉnh hành trình trục ép được vẽ trên phần mềm 3D**

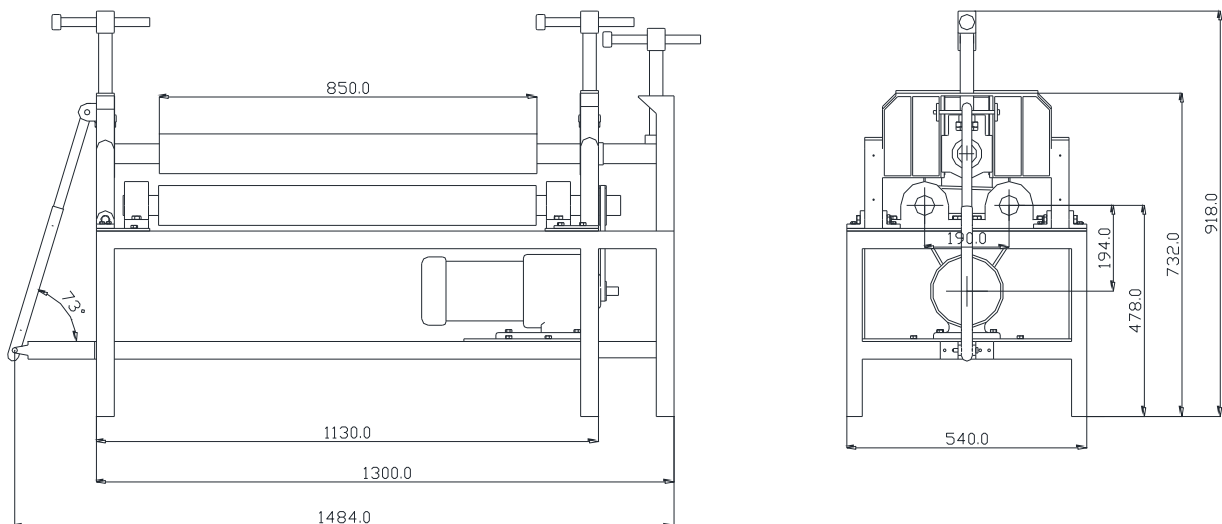
Ghi chú: a - Máy khi lắp ghép hoàn chỉnh; b - Máy khi điều chỉnh cơ cấu di động để lấy chi tiết

Thiết kế máy lóc 3 trục phù hợp với yêu cầu của cơ sở sản xuất nhỏ

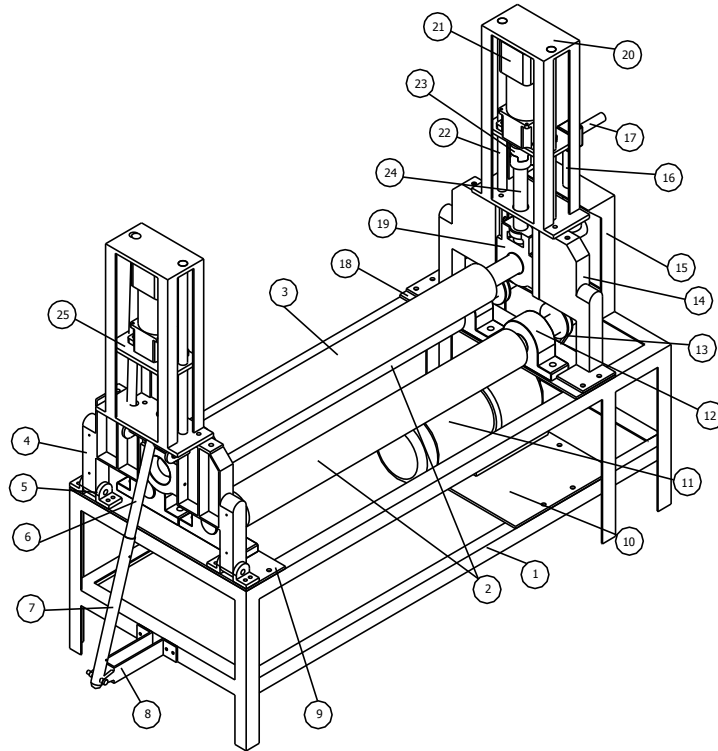


**Hình 12. Máy lóc điều chỉnh tốc độ trục chủ động bằng động cơ và điều chỉnh hành trình trục lóc bằng tay vận**

Ghi chú: 1 - Khung máy lóc; 2 - Trục chủ động; 3 - Trục ép; 4 - Giá đỡ di động; 5 - Bản lề; 6 - Ống nhỏ; 7 - Ống lớn; 8 - Giá đỡ nâng hạ; 9 - Tấm 1; 10 - Tấm 2; 11 - Động cơ giảm tốc; 12 - Gối đỡ vòng bi UCP209; 13 - Cụm pully đai thang; 14 - Giá đỡ cố định; 15 - Giá đỡ cân bằng; 16 - Chốt điều chỉnh; 17 - Tay vận; 18 - Tấm liên kết cụm ổ đỡ vòng bi; 19 - Gối đỡ vòng bi UCT209.

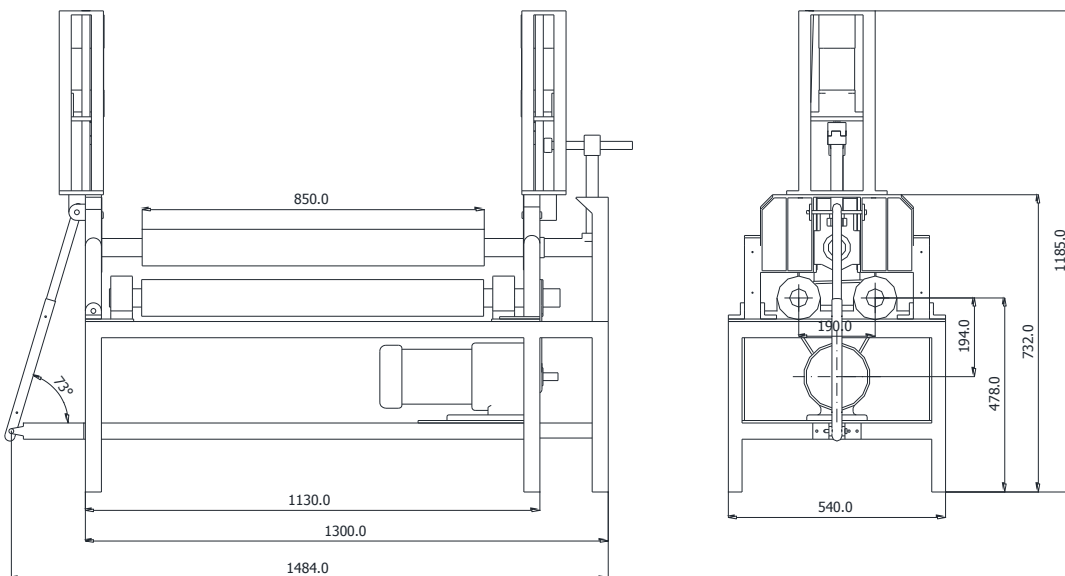


**Hình 13. Một số thông số kích thước chính của máy lóc khi điều chỉnh hành trình trục ép bằng tay vận**



**Hình 14. Máy lóc sử dụng động cơ điều chỉnh tốc độ quay trục chủ động và hành trình trục ép**

*Ghi chú: 1 - Khung máy lóc; 2 - Trục chủ động; 3 - Trục ép; 4 - Giá đỡ di động; 5 - Bản lề; 6 - Ống nhỏ; 7 - Ống lớn; 8 - Giá đỡ nâng hạ; 9 - Tấm 1; 10 - Tấm 2; 11 - Động cơ giảm tốc; 12 - Gối đỡ vòng bi UCP209; 13 - Cụm pully đai thang; 14 - Giá đỡ cố định; 15 - Giá đỡ cân bằng; 16 - Chốt điều chỉnh; 17 - Tay vặn; 18 - Tấm liên kết cụm ổ đỡ vòng bi; 19 - Gối đỡ vòng bi UCT; 20 - Khung động cơ; 21 - Động cơ điều chỉnh hành trình trục ép; 22 - Thanh dẫn hướng; 23 - Khớp truyền động; 24 - Trục vít; 25 - Mặt bích*



**Hình 15. Một số thông số kích thước chính của máy lóc khi điều chỉnh hành trình trục ép bằng tay vặn**

Thiết kế máy lóc 3 trục phù hợp với yêu cầu của cơ sở sản xuất nhỏ



**Hình 16. Mô hình máy lóc đã được chế tạo ra**



a)



b)

**Hình 17. Sản phẩm ứng dụng từ máy lóc**

Ghi chú: a - Sản phẩm được lóc từ vật liệu thép không gỉ; b - Sản phẩm được lóc từ vật liệu thép carbon (C45)

**Bảng 3. Các thông số kỹ thuật của máy**

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Kích thước tổng thể của máy (trường hợp không sử dụng động cơ điều chỉnh hành trình trục ép)	mm	1484 x 540 x 918
Kích thước tổng thể của máy (trường hợp sử dụng động cơ điều chỉnh hành trình trục ép)	mm	1484 x 540 x 1185
Chiều dày vật liệu để lóc	mm	1 ÷ 4
Chiều dài vật liệu để lóc (tạo đường kính chi tiết)	mm	400 ÷ 2000
Chiều rộng vật liệu để lóc (tạo chiều cao chi tiết)	mm	50 ÷ 800
Công suất động cơ điều chỉnh tốc độ trục chủ động	kW	1,5
Tốc độ lóc thép	mm/s	≈ 75

#### 4. KẾT LUẬN

Đã tính toán thiết kế được máy lóc 3 trục với kích thước tổng thể 1484 x 540 x 918 (trường

hợp không sử dụng động cơ điều chỉnh hành trình trục ép) và kích thước tổng thể 1484 x 540 x 1185 (trường hợp sử dụng động cơ điều chỉnh hành trình trục ép) và có kết cấu phù hợp với

điều kiện của cơ sở sản xuất nhỏ. Những chi tiết của máy lốc dễ dàng chế tạo trên thiết bị máy móc sẵn có và cơ cấu điều chỉnh, vận hành máy có sẵn trên thị trường. Máy lốc dễ dàng thao thác bằng tay trong trường hợp không sử dụng điện hoặc dễ dàng điều chỉnh các cơ cấu bằng động cơ điện khi muốn quá trình làm việc của máy là tự động. Bài báo đưa ra những cơ sở làm tài liệu phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực chế tạo máy.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Trịnh Chất (2007). Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Trịnh Chất và Lê Văn Uyên (2003). Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí (tập 1). Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- Đỗ Thành Dũng, Vũ Ngọc Lâm và Lê Thái Hùng (2017). Mô phỏng và thực nghiệm quá trình uốn thép tấm dày tạo ống đường kính lớn trên máy uốn bốn trục, Tạp chí Khoa học công nghệ kim loại, 74: 43-47.
- Nguyễn Mậu Đăng (2006). Công nghệ tạo hình kim loại tấm. 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.
- Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Việt Tiếp và Trần Xuân Việt (2009). Công nghệ chế tạo máy. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội
- Nguyễn Trọng Hiệp và Nguyễn Văn Lãm (2007). Thiết kế chi tiết máy. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Hà Minh Hùng và Đinh Bá Trụ (2003). Lý thuyết biến dạng dẻo. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Jadhav C.S., and Talmale P.S. (2017). Verification and analysis of stress-strain curve of sheet metal by using three roller Bending machine. International Journal of Engineering Development and Research, 5: 368-374.
- Võ Trần Khúc Nhã (2008). Sổ tay lý thuyết cán kim loại. Nhà xuất bản Hải Phòng, Hải Phòng.
- Đỗ Hữu Nhơn và Đỗ Thành Dũng (2007). Công nghệ cán kim loại. Nhà xuất bản Bách Khoa, Hà Nội.
- Nitin P. P., Prafulla D. D., and Sakhale C. N. (2015). Force analysis of metal sheet in bending operation on sheet bending machine, 4: 267-270.
- Mahesh Chudasama and Harit Raval (2014). Development of analytical Model for dynamic bending force during single pass 3-roller cone frustum Bending technique. Universal Journal of Mechanical Engineering, 2(4): 148-154.
- Nosstec Company (2017). Bending roll machines (manual, driven, CNC), Sweden (<http://nosstec.se/static/nosstec/4135/>).
- Asahi Seiko Co., Ltd. Bearings, Clutches & Brakes, Liner motion products and others (<http://www.asahiseiko.co.jp/english/products.html#p01>).