

# THIẾT KẾ MÁY Đùn TRỤC VÍT ĐƠN SẢN XUẤT ỐNG BỌC XOẮN NHỰA PE BẢO VỆ DÂY ĐIỆN

## DESIGN OF A WORM-SCREW EXTRUSION MACHINE FOR FABRICATING OF PE SPIRAL PLASTIC TUBES FOR CABLE COATING

Đặng Phước Vinh\*, Phan Lê Kỳ Nguyên, Hoàng Tuấn Hiệp

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng<sup>1</sup>

\*Tác giả liên hệ: dpvinh@dut.udn.vn

(Nhận bài: 16/11/2022; Chấp nhận đăng: 23/12/2022)

**Tóm tắt** - Quy trình đùn nhựa đã và đang được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp nhằm mục đích cung cấp giải pháp tiên tiến cho nhu cầu ngày càng phức tạp trong ngành nhựa dẻo, thực phẩm và dược phẩm. Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu và thiết kế máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE dùng để bảo vệ các bề mặt dây điện, dây cáp quang. Công nghệ đùn nhựa bằng trục vít đơn được sử dụng để gia nhiệt làm nóng chảy nhựa rắn tạo ra nhựa dạng lỏng, đi qua đầu định hình, các khâu tạo hình làm mát và dẫn hướng để cho ra thành phẩm là ống xoắn nhựa bọc dây điện. Ống xoắn nhựa PE có tính năng ổn định nhiệt, chống ăn mòn, độ dẻo dai cao, không biến dạng và tính linh hoạt tốt, có thể vận chuyển, thi công dễ dàng.

**Từ khóa** - Ống nhựa xoắn PE; máy đùn ống nhựa xoắn; đùn nhựa; trục vít đơn; nhựa nóng chảy

### 1. Đặt vấn đề

Trong thời đại công nghiệp hoá, tự động hoá hiện nay các sản phẩm công nghiệp đã và đang gắn liền với cuộc sống của con người chúng ta. Sản phẩm từ công nghiệp nâng cao chất lượng cuộc sống mang lại một đời sống đa dạng, phong phú và tiện nghi hơn. Nhựa hay các sản phẩm từ nhựa cũng đã đóng vai trò quan trọng cho những điều đó như cung cấp đồ dùng sinh hoạt hàng ngày, các thiết bị dân dụng như tivi, tủ lạnh, ống nước, dây cáp điện,... Để có thể đáp ứng nhu cầu sử dụng các sản phẩm từ nhựa ngày càng tăng, công nghệ đùn nhựa đã được ra đời. Nó đã được ứng dụng rất nhiều trong ngành sản xuất sản phẩm nhựa mang lại sự thúc đẩy mạnh mẽ về các ngành công nghiệp và phát triển kinh tế.

Đùn là một phương pháp điển hình để sản xuất các sản phẩm polyme (ống, tấm, màng, lớp phủ) từ các loại vật liệu khác nhau. Những chiếc máy đùn đầu tiên được phát triển cho ngành thực phẩm và vật liệu xây dựng. Ngày nay, rất nhiều vật liệu có thể được ép đùn thành sản phẩm. Trong lĩnh vực vật liệu kỹ thuật, vật liệu polyme là vật liệu phổ biến nhất [1].

Việc sử dụng máy đùn trục vít đơn trong các quy trình sản xuất đã tiến bộ đáng kể trong vài thập kỷ qua. Do đó, số lượng máy đùn trục vít đơn được sử dụng đã tăng lên đáng kể cũng như đường kính và chiều dài của máy, đặc biệt là đối với máy đùn được sử dụng trong các nhà máy sản xuất nhựa lớn. Ngoài ra, các nhà sản xuất nhựa đã phát triển nhiều loại nhựa mới như tấm ép đùn, màng, ống, sợi và lớp phủ [2].

**Abstract** - Extrusion processes are widely used in industries that aim to produce advanced solutions for increasingly sophisticated demands in the plastics, food, and pharmaceutical sectors. In this paper, authors do research and develop a system to produce Spiral PE tube used to protect the surfaces of electrical wires and optical cables. Single screw plastic extrusion technology is used to heat melts solid plastic to create liquid plastic, passing through the shaping head, cooling and guiding the forming stages to produce a plastic spiral tube. Plastic spiral PE tube has heat stability, corrosion resistance, high toughness, no deformation and good flexibility, which can be transported and constructed easily.

**Key words** - Spiral plastic tube PE; plastic spiral tube extrusion machine; plastic extrusion; single screw; melt plastic

Hiện nay, tại Việt Nam, các hệ thống máy đùn nhựa đã phần đều được nhập từ các nước như Trung Quốc, Đài Loan, Ấn Độ... Việc nhập khẩu các hệ thống như vậy sẽ dẫn tới việc giá thành cao, khó tiếp cận và chưa làm chủ được công nghệ. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đã và đang nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE với giá thành phù hợp hơn và có thể tự làm chủ công nghệ sản xuất và vận hành với kích thước tổng thể:

- + Khâu đùn nhựa: 1500 × 560 × 1250 mm;
- + Khâu định hình và làm mát: 1000 × 350 × 900 mm;
- + Khâu dẫn hướng: 600 × 500 × 900 mm.

Trong thiết kế này, sản phẩm đầu ra là dây xoắn nhựa sẽ có các thông số kỹ thuật sau:

- Đường kính ngoài: 10 mm;
- Bước: 8 mm;
- Độ dày: 0,8~1 mm.

### 2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

#### 2.1. Các loại máy đùn

Máy đùn nhựa thiết bị sử dụng công nghệ nén đùn dùng để tạo ra các loại ống nhựa, tấm nhựa, sàn nhựa, màng nhựa,...[3]. Chức năng chính của máy đùn là chuyển nhựa rắn thành dạng tan chảy đồng nhất bằng tác dụng của gia nhiệt, áp suất và cắt sau đó nó được chuyển đến quy trình tiếp theo. Quy trình nấu chảy bao gồm các quá trình như trộn màu, trộn nguyên liệu, trộn nhựa và nghiền lại. Quá trình hoàn thiện bắt buộc phải được thực hiện đồng nhất về

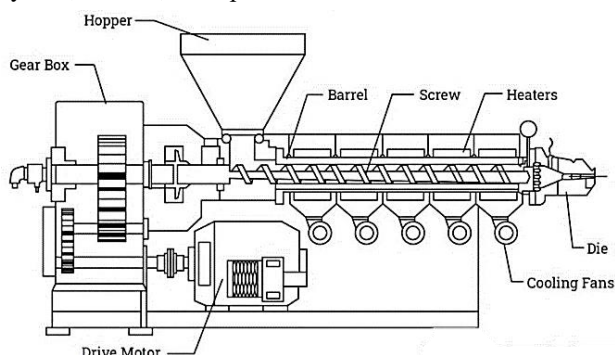
<sup>1</sup> The University of Danang - University of Science and Technology (Dang Phuoc Vinh, Phan Le Ky Nguyen, Hoang Tuan Hiep)

nồng độ và nhiệt độ. Tác dụng của áp suất phải đủ lớn để ép nhựa lỏng đi [4]. Sau đó, nhựa sẽ ngay lập tức nguội dần và duy trì hình dạng rắn theo khuôn đùn sản phẩm. Máy đùn nhựa là một thiết bị không thể thiếu trong dây chuyền sản xuất các sản phẩm nhựa từ nguyên liệu nhựa PE, PP, PVC, ABS, HDPE, ... [4].

Trong các loại máy đùn phổ biến trên thị trường trong và ngoài nước hiện nay gồm có hai loại chính là trục vít đơn và trục vít đôi. Trong đó, máy đùn trục vít đơn thường được dùng cho đùn những loại nguyên liệu hạt và mảnh. Còn máy trục vít đôi thì sẽ dùng cho loại nguyên liệu bột hoặc hỗn hợp [5]. Máy đùn trục vít đơn là loại máy đùn phổ biến nhất và nó có chi phí đầu tư tương đối thấp. Máy hai trục vít được sử dụng để có sản lượng cao hơn [6]. Để tối ưu chi phí ban đầu phù hợp với năng suất đầu ra và bắt đầu áp dụng công nghệ đùn nhựa, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn loại máy đùn sử dụng trục vít đơn.

Cách đơn giản nhất để tăng thông lượng của máy đùn là tăng tốc độ trục vít. Giải pháp dễ dàng này thường dẫn đến chất lượng nóng chảy kém do vượt quá khả năng nóng chảy của thiết kế trục vít và xuống cấp gây ra bởi nhiệt độ nóng chảy cao. Sử dụng vít có đường kính nhỏ hơn có thể mang lại một số lợi thế để đạt được thông lượng cao hơn ở tốc độ vít cao hơn. Một ưu điểm quan trọng của máy đùn có đường kính nhỏ hơn là mang lại các đặc tính truyền nhiệt tốt hơn [6].

Cấu tạo máy đùn trục vít đơn được thể hiện ở Hình 1, gồm các bộ phận chính là: Động cơ, hộp số, phễu cấp liệu, xylanh, trục vít, bộ cấp nhiệt và đầu tạo hình.



Hình 1. Cấu tạo sơ bộ máy đùn trục vít đơn (Nguồn: Internet)

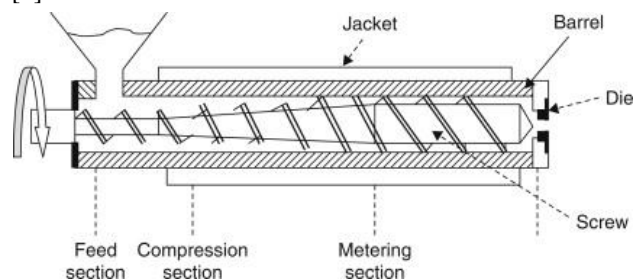
Bộ phận chính là một xylanh được làm bằng trục thép rộng, bên trong có một trục có các rãnh xoắn trên bề mặt để đùn nhựa dạng lỏng. Kích cỡ của máy đùn sẽ phụ thuộc vào kích thước trong của xy lanh, và được chuẩn hoá theo các kích thước như: 30, 45, 65, 80, 90, 100, 120, 150, 200 mm. Xylanh được gia nhiệt bằng các vòng điện trở nằm bên ngoài bề mặt và có công suất trong khoảng 25 - 45 W/in<sup>2</sup>. Để giảm nhiệt độ thì cần có quạt gió, trường hợp quá nhiệt ta sẽ dùng chất lỏng giảm nhiệt như nước hoặc dầu.

Trục vít thường được chia thành ba vùng rõ rệt như trên Hình 2, cụ thể:

- Vùng cấp liệu (Feed section) là nơi có các rãnh xoắn sâu nhất dùng để vận chuyển nguyên liệu từ phễu cấp liệu tới các phần sau của trục vít. Hạn chế gia nhiệt mạnh ở vùng này để cho nhựa không bị nóng chảy và khó có thể di chuyển tiếp tới các vùng sau [7].

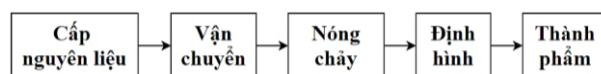
- Vùng nén (Compression section) là vùng rãnh xoắn giảm độ sâu. Đây sẽ là vùng nhựa được nén dần và được gia nhiệt mạnh để làm nóng chảy nhựa [7].

- Vùng định hướng (Metering section) là vùng rãnh xoắn có độ sâu nông. Nhựa nóng chảy được tạo áp lực cao và đồng nhất để đi qua van chặn và tới đầu định hình (Die) [7].



Hình 2. Cấu tạo trục vít trong máy đùn nhựa (Nguồn: Internet)

Quá trình đùn nhựa sẽ có trình tự như Hình 3: Đầu tiên nhựa được cho vào phễu cấp liệu và được vận chuyển lên phía đầu tạo hình thông qua trục vít quay đều. Quá trình vận chuyển sẽ có ma sát và sinh ra nhiệt, cộng thêm nhiệt tạo ra từ các bộ cấp nhiệt bên ngoài làm cho nhựa trở thành dạng lỏng. Sau khi được nén và ép qua đầu tạo hình, nhựa có hình dạng gần giống với thành phẩm.



Hình 3. Sơ đồ quá trình đùn nhựa

## 2.2. Ống xoắn bọc dây điện

Ống xoắn bọc dây điện (Hình 4) ngày càng được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực thi công các hệ thống điện hiện nay. Điển hình như các hệ thống tủ điện từ công nghiệp cho tới dân dụng. Ống xoắn có tác dụng bọc gọn dây điện vào ống dây giúp chống chuột cắn, chống mài mòn, bảo vệ bề mặt dây điện và quấn nhiều dây cáp dây điện thành một bộ giúp dễ quản lý hệ thống điện.



Hình 4. Ống xoắn bọc dây điện (Nguồn: Internet)

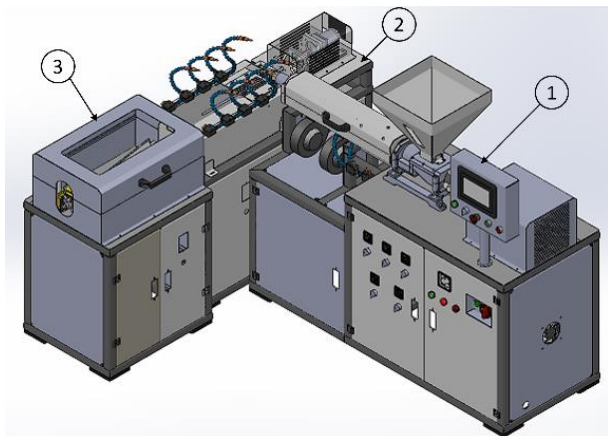
Vật liệu để tạo thành phẩm ống xoắn bọc dây điện là hạt nhựa PE. Hạt nhựa nguyên sinh Polyethylene được viết tắt là PE là một loại polyme đơn giản và thông dụng, Hạt nhựa nguyên sinh PE được tổng hợp từ monomer ethylene gồm chuỗi mạch carbon với hai nguyên tử hydro liên kết với mỗi nguyên tử carbon [8]. Là một loại nhựa nhiệt dẻo được sử dụng rất phổ biến trên thế giới để làm ra các sản phẩm như ống nhựa, túi nhựa,... Có các tính chất như dẻo dai, ít thấm nước, chịu va đập, mềm dẻo, dễ gia công, và có tính cách điện tốt.

### 3. Thiết kế cơ khí

Máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE bảo vệ dây điện đã được nhóm tác giả nghiên cứu, lên ý tưởng, thiết kế và hoàn thiện sản phẩm dựa vào các nghiên cứu đã được nêu ở phần trước và các tài liệu liên quan [9]-[14].

Hình 5 thể hiện bản vẽ 3D của máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE. Máy gồm có ba khâu chính để cho ra thành phẩm ống xoắn bọc dây điện nhựa PE:

- Khâu đùn nhựa (1);
- Khâu định hình và làm mát (2);
- Khâu dẫn hướng (3).



**Hình 5.** Bản vẽ 3D máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE

Nguyên tắc hoạt động của máy đùn là làm nóng chảy vật liệu, định hình và tạo ra thành phẩm. Các công đoạn chính bao gồm các phần sau:

- Nguyên liệu là nhựa được cho vào phễu cấp liệu và được trục vít vận chuyển đi.
- Trong quá trình vận chuyển, nhựa được nén và nóng chảy bởi nhiệt ma sát và điện trở gia nhiệt bên ngoài xylanh. Nhựa được nén và đùn qua đầu tạo hình và sẽ cho ra hình dạng gần giống với thành phẩm.

- Sau khi nhựa ra khỏi đầu tạo hình thì sẽ được kéo tới khâu định hình để có hình dạng mong muốn và được làm mát ngay lập tức. Cuối cùng nhựa sẽ được kéo qua khâu dẫn hướng để vận chuyển và đưa ra thành phẩm cuối cùng.

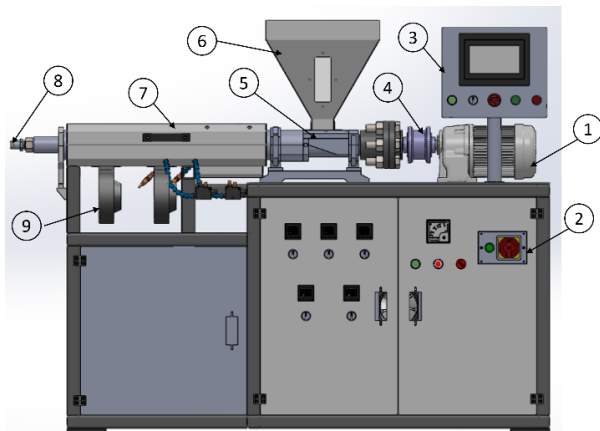
#### 3.1. Khâu đùn nhựa

Đối với máy đùn sử dụng loại trục vít thì khâu đùn nhựa đóng vai trò rất quan trọng. Nhựa PE dạng hạt sẽ được cấp qua phễu, đi vào bên trong trục đùn, được vận chuyển và nung nóng thành nhựa dạng lỏng, ép qua đầu tạo hình và cho ra biên dạng như yêu cầu. Hình 6 và Hình 7 thể hiện kết cấu của khâu đùn nhựa và hình ảnh thực tế của khâu này. Nhóm tác giả thiết kế khâu đùn nhựa với các yêu cầu như sau:

- Khung và giá đỡ chịu tải từ trục vít đơn và động cơ với khối lượng 80 kg.
- Phía dưới mặt bàn sẽ là một khoang trống lắp đặt hệ thống điều khiển và điện.

Từ những yêu cầu ban đầu, nhóm tác giả đã thiết kế khung máy bằng sắt hộp 40x40 và mặt bàn sắt có độ dày 8 mm để có thể gá đặt các chi tiết phía trên một cách chắc chắn. Khối lượng của trục vít đùn nhựa là khá lớn nên

nhóm đã thiết kế một bộ phận giá đỡ trục vít đùn thể hiện trên Hình 7 được gia công với vật liệu nhôm. Động cơ điện được sử dụng là động cơ 3 pha với loại có gá đỡ đi kèm nên có thể cố định lên mặt bàn. Để có thể truyền động từ động cơ tới trục vít, nhóm tác giả đã sử dụng loại khớp nối đĩa thép là loại khớp nối ứng dụng nặng, tốc độ thấp đến cao và có mô men xoắn khởi động cao.



**Hình 6.** Thiết kế khâu đùn nhựa

- 1: Động cơ; 2: Các thiết bị điều khiển điện; 3: Màn hình HMI;
- 4: Khớp nối; 5: Giá đỡ trục vít đùn; 6: Phễu cấp liệu;
- 7: Hộp bảo vệ chứa xylanh và trục vít đùn; 8: Đầu tạo hình;
- 9: Bộ phận làm mát

Các yêu cầu tính toán thiết kế ban đầu của máy:

- Khối lượng nhựa đùn yêu cầu: 15 kg/h.
- Loại trục vít đơn phù hợp với năng suất trên có các thông số chính:

- + Đường kính trong của nòng:  $D_b = 38 \text{ mm}$ ;
- + Bước trục vít:  $s = 38 \text{ mm}$ ;
- + Số bước xoắn (số bước đùn):  $v = 1$ ;
- + Độ dày lưỡi đùn:  $W_{LFT} = 4 \text{ mm}$ ;
- + Khoảng cách 2 bước đùn:

$$\omega = (s - e) \cos(\phi) = 32,21 \text{ mm}$$

- + Độ hở trục vít và nòng:  $H = 7,25$ ;
- + Độ dày lưỡi đùn theo phương ngang:

$$e = \frac{W_{LFT}}{\cos(\phi)} = 4,2$$

- Lực cần có để đùn nhựa [15]:

$$\ln\left(\frac{F}{F_1}\right) = 0,372 + 7,6\tau - 0,081Br - 3,538\tau * B_r = 0,58$$

$$\text{Suy ra: } F = e^{0,58} \times F_1 = 646,56 \text{ N}$$

Trong đó:

- + Thời gian điền đầy:  $\tau = \frac{v \times a}{Q \times b^2} = 0,03 \text{ s}$ ;
- + Số Brickman:  $B_r = 0,0587$ ;
- + Lực nén đẳng nhiệt  $F_1 = 401 \text{ N}$ .

- Mômen xoắn để đùn nhựa [15]:

$$T = F \times \frac{D_b}{2} = 12,28 \text{ N}$$

Khối lượng nhựa đùn được trong một tiếng [15]:

$$G = 60P_0N\eta_F n^2 HD_b(D_bH) \left( \frac{\omega}{\omega + \omega_{FLT}} \right) \sin(\phi) \cos(\phi)$$

Trong đó:

- + Với  $\phi = \arctan\left(\frac{s}{\pi \times D_b}\right)$ : góc nghiêng của bước do với phương thẳng đứng;
- + Khối lượng riêng của nhựa:  $p_o = 950 \text{ kg/m}^3$ .

Dựa vào các dữ liệu ban đầu, động cơ được chọn có tốc độ là  $N = 30 \text{ rpm}$  với mômen xoắn  $T = 12,28 \text{ N}$ .



**Hình 7.** Hình ảnh thực tế của khâu đùn nhựa

Các thông số kỹ thuật chính của khâu đùn nhựa:

- Chiều dài trục vít (L): 988 mm;
- Đường kính (D): 90 mm;
- Tốc độ động cơ: 30 vòng/phút;
- Tỷ số truyền hộp giảm tốc: 1/50;
- Mômen xoắn: 11.6 Nm;
- Khớp nối: khớp nối đĩa thép.

Xylanh và trục vít là bộ phận quan trọng của khâu đùn nhựa. Xylanh và trục vít luôn phối hợp với nhau để hoạt động (xem Hình 8). Xylanh bao lấy trục vít, trục vít chuyển động bên trong bộ nòng. Khi trục vít xoay đẩy nhựa chuyển động tịnh tiến trong nòng thì bên ngoài bộ nòng được gia nhiệt nhờ vào các vòng trở nhiệt sứ và nóng chảy nhựa nằm bên trong. Diện tích rãnh trục vít sẽ giảm dần và nhựa nằm bên trong sẽ chịu các loại lực tác động như bị đè ép, xoay và cắt, từ đó nhựa được trộn đều và dẻo hơn.



**Hình 8.** Xylanh trục vít đơn (Nguồn: Internet)

Nhựa HDPE có một số đặc tính về nhiệt sau đây: Điểm nóng chảy 130°C, nhiệt độ phá huỷ trên 300°C, nhiệt độ kết tinh 110°C và thời gian để các hạt nhựa có thể chuyển đổi trạng thái từ thể rắn sang thể lỏng hoàn toàn là 3 phút. Trong quá trình máy hoạt động và các lần thử nghiệm, các điểm đo nhiệt độ trên thân nòng đùn ghi nhận mức ảnh hưởng nhiệt lẫn nhau do tính chất của vật liệu SKD của trục vít lần lượt là: 240°C, 210°C, 180°C, 150°C, 125°C. Đây là thông số nhiệt phù hợp máy vận hành và các bộ điều khiển nhiệt luôn đảm bảo cho nhiệt độ bám sát các mức nhiệt này. Khi ra khỏi nòng đùn, nhiệt độ của nhựa lỏng lúc này sẽ giảm xuống và khá lý tưởng để tạo hình ống xoắn.

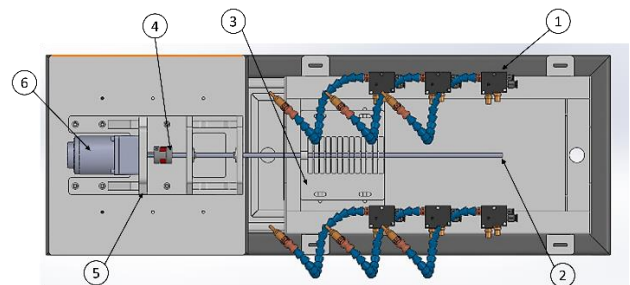
Khi nhựa di chuyển về phía trước bộ nòng, sẽ dần dần chảy thành trạng thái lỏng để hoàn thành quá trình hóa dẻo của nhựa. Sự hợp tác giữa nòng trục vít đảm bảo việc đùn nguyên liệu của máy đùn luôn được tiến hành liên tục. Nhựa được đùn qua đầu tạo hình sẽ có dạng bản dẹt để tiếp tục vào khâu định hình tiếp theo.

### 3.2. Khâu định hình và làm mát

Sau khi nhựa được đùn qua đầu tạo hình và có được biên dạng bản dẹt thì sẽ được đưa tới khâu định hình để có được hình dạng là một ống xoắn. Các bộ phận chính của khâu định hình và làm mát được thể hiện ở Hình 9. Khâu định hình và làm mát được thiết kế với các yêu cầu sau:

- Có thể tạo hình được ống xoắn.
- Hệ thống làm mát tuần hoàn để làm mát nhựa nóng chảy khi vừa mới được đùn ra ở nhiệt độ 150 °C.

Để giải quyết được yêu cầu trên, nhóm đã sử dụng một trục trơn được quay bởi động cơ giảm tốc nhỏ. Trục được thiết kế với đường kính 8mm phù hợp với kích thước ống xoắn. Để giúp ống xoắn có được bước đúng với kích thước yêu cầu, sử dụng thêm một tấm định hình được tì lên trục định hình.



**Hình 9.** Hình chiếu bằng khâu định hình và làm mát

- 1: Vòi nước làm mát; 2: Trục định hình; 3: Tấm định hình;  
4: Khớp nối; 5: Giá đỡ động cơ và khớp nối; 6: Động cơ

Ngay trong khi tạo hình ống xoắn thì người dùng ngay lập tức làm mát chúng bằng hệ thống nước tuần hoàn, nhựa PE lúc này được làm mát ngay sẽ giữ được hình dạng ống xoắn như ta mong muốn. Nước được hút từ bồn chứa nước phía dưới và bơm liên tục vào vị trí trục quay định hình cho nhựa, lượng nước dư sẽ lại chảy xuống dưới bồn và tuần hoàn liên tục. Các thông số kỹ thuật chính của khâu này:

- Nhiệt độ nhựa được đùn ra: 130 ~ 150°C;
- Nhiệt độ nhựa sau khi làm mát: 30 ~ 40°C;
- Công suất động cơ: 15 W;
- Tỷ số truyền hộp giảm tốc: 1:25;

- Tốc độ động cơ: 30 vòng/phút.

Đây là phương pháp làm lạnh trực tiếp so với gián tiếp là làm mát ngay trực quay giúp định hình ống xoắn. Phương pháp này có ưu điểm giảm giá thành sản xuất nhưng vẫn khá hiệu quả. Hình 10 thể hiện hình ảnh thực tế của khâu định hình và làm mát.



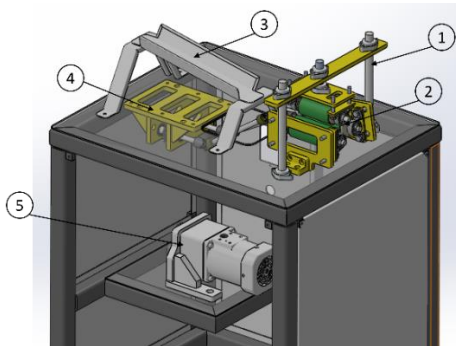
Hình 10. Hình ảnh thực tế của khâu định hình và làm mát

**3.3. Khâu dẫn hướng**

Để có thể dẫn hướng và kéo ống xoắn đi qua các khâu trên thì chúng ta cần thêm một khâu dẫn hướng có kết cấu như Hình 11. Khâu dẫn hướng được thiết kế với các yêu cầu như sau:

- Cơ cấu có thể kéo thành phẩm ra bên ngoài.
- Cần có sự đồng bộ tốc độ giữa các khâu.

Để đáp ứng được yêu cầu thì cơ cấu này phải giữ được sản phẩm ở vận tốc không đổi và ở một vận tốc thích hợp. Vận tốc kéo ở khâu dẫn hướng phải lớn hơn vận tốc nhựa đùn ra ở đầu tạo hình. Nếu vận tốc kéo phải nhỏ hơn vận tốc đùn nhựa thì sản phẩm sẽ bị trùng xuống do trọng lực.



Hình 11. Bản vẽ 3D của khâu dẫn hướng

- 1: Giá đỡ các ống con lăn; 2: Ống con lăn dẫn hướng; 3: Băng trượt; 4: Cơ cấu truyền động; 5: Động cơ

Khâu gồm có cơ cấu chính là 3 ống con lăn chuyển động bởi hệ truyền động xích, kết nối bằng hệ trục cardan và quay ở một góc thích hợp để dẫn hướng ống xoắn và góp phần định hình lại ống xoắn nhựa theo đúng kích thước đường kính yêu cầu. Các ống con lăn với giá đỡ có thể tùy chỉnh góc độ góp phần tăng tốc độ kéo và lực kéo. Các thông số kỹ thuật chính:

- Tốc độ động cơ: 30 vòng/phút;
- Tỷ số truyền hộp giảm tốc: 1:25;

- Tỷ số truyền xích tải: 1:1;
- Tốc độ kéo: 20 cm/phút;
- Mô men xoắn: 8,26 Nm.



Hình 12. Hình ảnh thực tế của cụm cơ cấu dẫn hướng và kéo sản phẩm

Việc kéo sản phẩm còn có tác dụng giúp kéo mỏng và hạn chế hiện tượng trương phồng sau khi sản phẩm được đùn ra khỏi đầu tạo hình. Hình 12 thể hiện hình ảnh thực tế của cụm cơ cấu dẫn hướng và kéo sản phẩm.

**3.4. Tính toán chi phí**

Máy đùn trực vít đơn sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE là một nghiên cứu được tài trợ bởi Công ty TNHH MTV Cơ khí và Tự động hóa COKVIN. Nhóm tác giả được đầu tư với chi phí tối đa là 100.000.000 VND. Bảng 1 thể hiện chi phí ban đầu dựa trên báo giá của các phần để hoàn thiện hệ thống. Các chi tiết gia công khung máy, CNC (vật liệu nhôm A6061), gia công kim loại tấm (vật liệu sắt pha kẽm) đã bao gồm các chi phí phụ và nhân công.

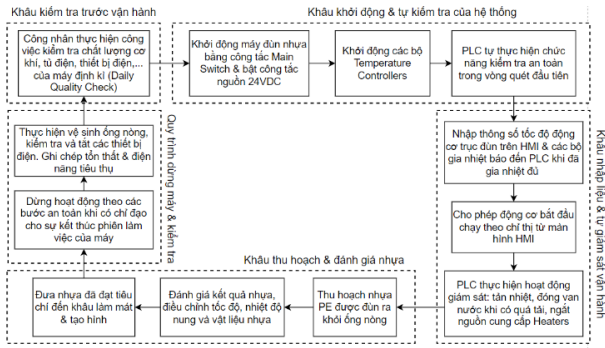
Bảng 1. Bảng tính toán chi phí dự kiến

| Nội dung                        | Chi phí (VND)     |
|---------------------------------|-------------------|
| Gia công các chi tiết chính xác | 14.200.000        |
| Gia công kim loại tấm           | 8.100.000         |
| Gia công khung máy              | 7.500.000         |
| Các chi tiết cơ khí             | 8.550.000         |
| Các thiết bị điện               | 11.950.000        |
| Động cơ ở 3 khâu                | 8.640.000         |
| Trục vít đơn đùn nhựa           | 14.750.000        |
| PLC Mitsubishi FX3G 60MT        | 4.800.000         |
| <b>TỔNG</b>                     | <b>78.490.000</b> |

Các chi tiết cơ khí trong máy đang được sử dụng là khớp nối đĩa, khớp nối mềm, gối đỡ trục, bộ truyền xích, ổ bi, bản lề, chân đế, bánh xe,... Các thiết bị điện là các bộ điều khiển nhiệt độ, rơ le, công tắc, đèn báo, cầu chì, biến tần, quạt, SSR, đồng hồ đo, vòng trở nhiệt sứ, dây điện.

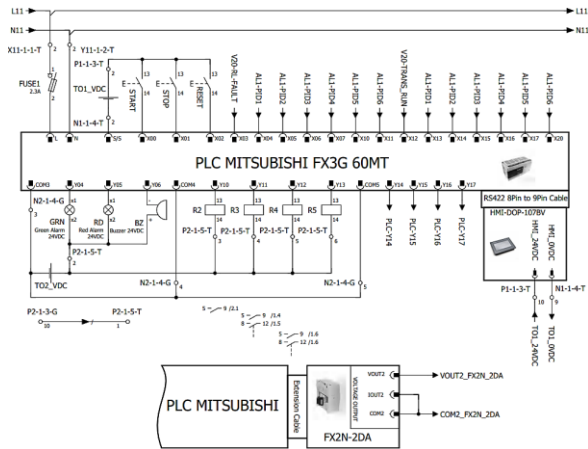
**4. Hệ thống điều khiển**

Hình 13 thể hiện sơ đồ điều khiển cho toàn bộ hệ thống. Máy sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE bảo vệ dây điện này sử dụng PLC Mitsubishi FX-3G 60MT làm bộ điều khiển trung tâm (xem Hình 14) để điều khiển cho toàn bộ hệ thống. Ngoài các nút điều khiển cơ bản cho PLC, bố trí thêm các tín hiệu đầu vào: Rơ le báo trạng thái biến tần, các tiếp điểm của bộ điều khiển nhiệt độ.



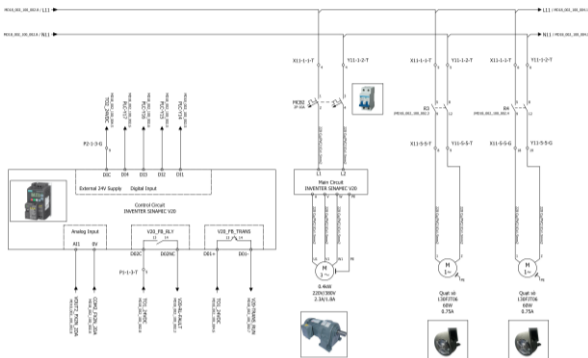
**Hình 13.** Sơ đồ điều khiển hệ thống

Màn hình HMI kết nối với PLC theo chuẩn truyền thông RS422 với mục đích thay đổi các thông số đầu vào và hiển thị các hoạt động máy. Module mở rộng đóng vai trò xuất tín hiệu Analog điều khiển tốc độ động cơ trực vít đùn. Các thiết bị ngoại vi cảnh báo và trung gian như: Rơ le trung gian, đèn báo trạng thái, còi cảnh báo.



**Hình 14.** Sơ đồ mạch điện trung tâm sử dụng PLC FX3G 60MT

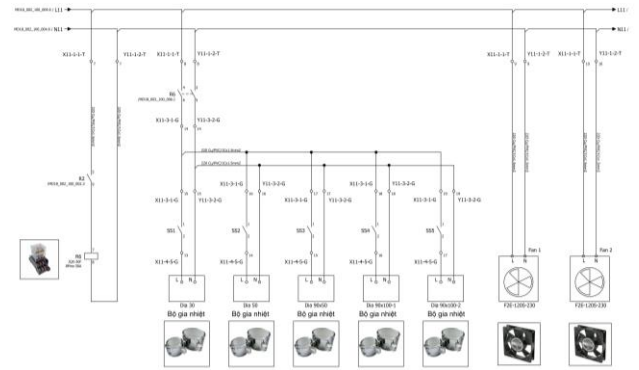
Hình 15 thể hiện sơ đồ mạch điện điều khiển động cơ. Đây là động cơ công suất không quá lớn, bố trí một MCB 10 A để bảo vệ trước biến tần. Đầu nối động cơ ở chế độ tam giác (220 VAC/2,4 A), biến tần thiết lập cho việc khởi động mềm, cho phép hãm tái sinh và chạy không tải. Quạt số được điều khiển trực tiếp bởi PLC mục đích làm mát và ổn định nhiệt độ cho trục đùn nhựa.



**Hình 15.** Sơ đồ mạch điện điều khiển động cơ

Hình 16 thể hiện sơ đồ mạch điện điều khiển các cụm gia nhiệt cho trục đùn nhựa. PLC sẽ điều khiển các rơ le trung gian có công suất lớn để đóng cắt nguồn điện xoay chiều cho cụm gia nhiệt. Đồng thời được đóng ngắt qua tiếp điểm của rơ le bán dẫn SSR, được điều khiển trực tiếp

bởi các bộ điều khiển nhiệt.



**Hình 16.** Sơ đồ mạch điện điều khiển các bộ gia nhiệt

Hình 17 là hình ảnh thực tế của hệ thống điện sau khi được lắp đặt. Các thông số điện làm việc của máy:

- Dòng làm việc ổn định: 8 A;
- Công suất tiêu thụ của máy: 5,29 KWh;
- Hoạt động lưới điện áp: 220 – 230 VAC.



**Hình 17.** Hệ thống điện thực tế sau khi lắp đặt

**5. Đánh giá**

Hiện tại nhóm đã hoàn thiện máy đùn trục vít đơn sản xuất ống bọc xoắn nhựa PE. Các đánh giá ban đầu về máy:

- Các kết cấu cơ khí chắc chắn, các chi tiết gia công đạt yêu cầu tốt.
- Hệ thống điện, tủ điện hoàn thiện tốt, gọn gàng và đảm bảo an toàn về điện.
- Máy hoạt động ổn định và đã cho ra thành phẩm như Hình 16. Tất nhiên đây chỉ là một trong những loại sản phẩm ống bọc xoắn nhựa PE. Các loại ống bọc xoắn với các kích thước, hình dáng khác có thể dễ dàng đạt được bằng cách thay đổi đầu đùn.



**Hình 18.** Thành phẩm ống bọc xoắn nhựa PE

Trong các quá trình chạy thử, máy hoạt động khá tốt và còn tồn tại một số vấn đề sau:

- Năng suất vẫn còn chưa cao.

- Thành phẩm ống bọc xoắn nhựa chưa đạt được các kích thước đặt ra ban đầu.

Các giải pháp để khắc phục các vấn đề trên đó là thay đầu đùn nhựa. Hiện tại, đầu đùn được gia công CNC với vật liệu nhôm nên chưa thể đảm bảo các yếu tố về nhiệt độ và độ bền. Phương án đưa ra sau khi thử nghiệm với đầu đùn là gia công đầu đùn với vật liệu thép SKD11 với độ mài mòn cao, độ thấm tôi tốt và có sự cân bằng giữa độ cứng và độ dẻo. Đầu đùn sẽ được gia công với yêu cầu độ chính xác cao hơn để đảm bảo được kích thước thành phẩm. Để tăng năng suất đầu ra, nghiên cứu và thử nghiệm tính toán đưa ra tốc độ hợp lý của động cơ ở cả ba khâu cần được chú ý.

Một yếu tố khác cũng cần phải được quan tâm đó là động lực học của máy, cụ thể là tần số riêng của hệ thống. Việc xác định đúng các tần số riêng của hệ thống sẽ giúp cho người sử dụng tránh được hiện tượng cộng hưởng của máy, từ đó giúp cho hệ thống được ổn định trong quá trình vận hành [16]-[20].

Máy đùn trục vít đơn này được thiết kế và chế tạo với mục tiêu đảm bảo chất lượng, hoạt động tốt, ổn định, lâu dài theo yêu cầu của khách hàng cũng như các doanh nghiệp. Bên cạnh đó, máy được thiết kế và chế tạo tại Việt Nam sẽ giúp cho giá thành rẻ hơn so với những sản phẩm nhập khẩu từ nước ngoài trên thị trường hiện nay. Hệ thống này có tính thực tiễn cao và sẽ giúp ích rất nhiều cho các doanh nghiệp sản xuất chuyên về các sản phẩm từ nhựa. Từ những hệ thống này, nhóm tác giả hy vọng sẽ có thể kết hợp với các công ty, phát triển thêm các hệ thống phục vụ cho ngành công nghiệp tự động hoá cho thành phố Đà Nẵng nói riêng và Việt Nam nói chung.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Công ty TNHH MTV Cơ khí và Tự động hóa COKVIN, Đà Nẵng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Pritam Ashutosh, "Metal Forming and Powder Metallurgy", 2014, Pritam Ashutosh, [Online] Available: <https://pritamashutosh.wordpress.com/2014/02/11/metal-forming-and-powder-metallurgy/>, 1/11/2022.

[2] Gregory A. Campbell and Mark A. Spalding, *Single-Screw Extrusion: Introduction and Troubleshooting*, Carl Hanser Verlag

GmbH & Co. KG, 2013.

- [3] Hyvärinen, M.; Jabeen, R.; Kärki, T., "The Modelling of Extrusion Processes for Polymers-A Review", *Polymers*, 12, 1306, 2020.
- [4] Cty TNHH Liên Thuận, "Máy đùn nhựa và những điều doanh nghiệp cần biết", 2022, Cty TNHH Liên Thuận, [Online] Available: <https://lienthuan.vn/may-dun-nhua/>, 1/11/2022.
- [5] Deepak Kumar, "Types of Extruders: Application & Working Principle", 2022, Deepak Kumar, [Online] Available: <https://engineeringlearn.com/types-of-extruders-application-working-principle/>, 1/11/2022.
- [6] Zoé O. G. Schyns and Michael P. Shaver, "Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review", *Polymers for a Sustainable Future*, Vol. 42(3), 2021.
- [7] Mikulionok, Ihor & Gavva, Oleksandr & Кривопляс-Володина, Людмила, "Modeling of melting process in a single screw extruder for polymer processing", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, pages: 4-11, 2018.
- [8] Minh Cường LTD, "Hạt nhựa nguyên sinh", Minh Cường LTD, 2022, [Online] Available: <https://minhcuongltd.com.vn/>, 1/11/2022.
- [9] Natti S. Rao, Nick R. Schott, *Understanding Plastics Engineering Calculations*, Hanser Publishers, Munich, 2012.
- [10] Trịnh Chất – Lê Văn Uyển, *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, Tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2006.
- [11] Lê Cung, *Nguyên lý máy*, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng, Lưu hành nội bộ, 2006.
- [12] Nguyễn Trọng Hiệp, *Chi tiết máy tập 2*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2000.
- [13] Nguyễn Văn Yên, *Giáo trình truyền động cơ khí*, Nhà xuất bản Xây Dựng, 2019.
- [14] Lưu Đức Bình, *Kỹ thuật gia công cơ*, Nhà xuất bản Xây Dựng, 2019.
- [15] Lưu Đức Bình, *Kỹ thuật đo cơ khí*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2015.
- [16] Đặng Phước Vinh, Trần Phước Thanh, "Bàn thí nghiệm cỡ nhỏ để xác định các thông số động học của máy quay", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* - Đại học Đà Nẵng, Số 7(128), 2018, 2018, trang 71-74.
- [17] Đặng Phước Vinh, Lê Hoài Nam, "Mô phỏng số một hệ thống máy có các chi tiết quay đơn giản bằng phương pháp phân tử hữu hạn", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* - Đại học Đà Nẵng, Số 17 (7), 2019, trang 5-9.
- [18] Đặng Phước Vinh, Phạm Anh Đức, Võ Như Thành, "Xác định sự mất cân bằng động trong hệ thống trục quay - ổ bi bằng thực nghiệm", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* - Đại học Đà Nẵng, Số 18(7), 2020, trang 101-105.
- [19] Le, Hoai Nam, Phuoc Vinh Dang, Anh-Duc Pham, and Nhu Thanh Vo. "System identifications of a 2DOF pendulum controlled by QUBE-servo and its unwanted oscillation factors". *Archive of Mechanical Engineering*, Vol. 67, 2020, pp. 435-450.
- [20] Dang, P.V., Vo, N.T., Le, H.N., Pham, A.D., Ngo, T.N., Doan, L.A. "On the Impact Test Methodology for the Quick Estimation of Natural Frequency of the Mechanical Systems". *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore, 2021, [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9505-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9505-9_19), pp. 191-201.