

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM ÉP CHẢY THUẬN HỢP KIM NHÔM SỬ DỤNG NGUỒN ĐỘNG LỰC MÁY KÉO NÉN

RESEARCH DESIGN AND MANUFACTURING SYSTEM OF ALUMINUM EXTRUSION EXPERIMENTAL USE MOTIVATION OF STRESS MACHINE

Nguyễn Văn Thiện, Nguyễn Trọng Mai\*,  
Hoàng Tiến Dũng, Nguyễn Tuấn Linh, Lê Ngọc Duy

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày một nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống thí nghiệm ép chảy thuận thanh hợp kim nhôm sử dụng nguồn động lực của máy kéo nén BESTUTM - 2000HH. Thực hiện ép thử nghiệm sản phẩm trên hệ thống thí nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của quá trình ép chảy. Có thể sử dụng hệ thống thí nghiệm này để tiến hành các nghiên cứu về quá trình ép chảy thanh hợp kim nhôm. Hệ thống thí nghiệm ép chảy thuận thanh hợp kim nhôm giúp cho sinh viên, nhà khoa học chủ động thực hiện các nghiên cứu về quá trình ép chảy thanh hợp kim nhôm với chi phí thấp hơn so với quá trình nghiên cứu trên hệ thống ép chảy công nghiệp.

**Từ khóa:** Hệ thống ép chảy; hợp kim nhôm; máy kéo nén BESTUTM - 2000HH.

## ABSTRACT

The paper presents a research on designing and manufacturing experimental systems for extruding aluminum alloy bars using the power source of BESTUTM - 2000HH compressors. Implementation of the product test extrusion on the experimental system shows that the operation model ensures the required technical requirements. The aluminum alloy bar extrusion test system can be used to conduct research on the extrusion process of aluminum alloy bars. The experimental system of extruding aluminum alloy bars helps students and scientists actively conduct research on the extrusion process of aluminum alloy bars at a lower cost than the research process on industrial extrusion systems.

**Keywords:** Experimental extrusion system; aluminum alloy; machine pull compression BESTUTM - 2000HH.

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: trongmai85@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/7/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 16/8/2019

Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2020

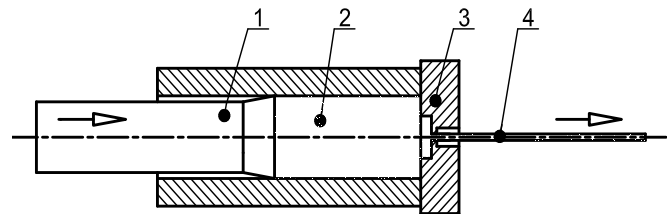
## KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
R		Tỉ lệ ép
$A_0$	mm <sup>2</sup>	Diện tích tiết diện phôi

$A_f$	mm <sup>2</sup>	Diện tích tiết diện sản phẩm
$V_{chảy}$	m/ph	Vận tốc chảy ép
$V_{ra}$	m/ph	Vận tốc ra sản phẩm

## 1. GIỚI THIỆU

Quá trình ép chảy thanh hợp kim nhôm là quá trình dùng lực tác động vào chày ép để ép chảy phôi hợp kim nhôm qua cửa khuôn ở trạng thái nhiệt độ chảy dẻo của phôi tạo thành thanh hợp kim nhôm (hình 1) [1,6].



1. Chày ép; 2. phôi; 3. khuôn; 4. sản phẩm

Hình 1. Nguyên lý quá trình ép chảy thanh nhôm định hình [6]

Ép chảy là một quá trình công nghệ được sử dụng rộng rãi để sản xuất các thanh hợp kim nhôm định hình phục vụ cho các ngành công nghiệp xây dựng, ô tô, tàu hỏa, hàng không... [6,8]. Quá trình ép chảy bao gồm ép chảy thuận, ép chảy nghịch và ép chảy ngang, trong đó ép chảy thuận được sử dụng phổ biến nhất [6].

Để nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố của quá trình ép chảy đến chất lượng sản phẩm thanh hợp kim nhôm, năng suất quá trình ép... ta có thể tiến hành thực nghiệm. Các thực nghiệm tiến hành trên hệ thống ép chảy công nghiệp sẽ có chi phí tốn kém do hệ thống đắt tiền và phải dừng sản xuất. Do vậy cần thiết phải tính toán, thiết kế chế tạo một hệ thống thí nghiệm ép chảy thuận đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của quá trình ép chảy.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Theo nguyên lý của quá trình ép chảy thanh hợp kim nhôm (hình 1) diễn ra ở nhiệt độ chảy dẻo của phôi. Do đó

phôi hợp kim nhôm được nung nóng đến nhiệt độ chảy dẻo của vật liệu trước khi đưa vào ép, với hợp kim nhôm AA6063 là khoảng 420°C ÷ 490°C [6,8].

Buồng chứa phôi và khuôn nung nóng đến nhiệt độ 420°C ÷ 490°C để duy trì nhiệt độ của phôi trước khi ép.

Quá trình ép chảy thành hợp kim nhôm có tỷ lệ ép R trong khoảng từ 10 ÷ 100 [6,8].

$$R = \frac{A_0}{A_f} \tag{1}$$

Trong đó:  $A_0$ : diện tích tiết diện phôi;  $A_f$ : diện tích tiết diện thành hợp kim nhôm.

Tốc độ sản phẩm thành hợp kim nhôm ép chảy qua cửa khuôn nằm trong khoảng vận tốc nhất định, với vật liệu AA6063 là khoảng 10 ÷ 20m/p để đảm bảo chất lượng sản phẩm [6,8]. Do vậy, tốc độ chày phải đảm bảo được tốc độ dịch chuyển theo yêu cầu.

$$V_{chay} = V_{ra}/R \tag{2}$$



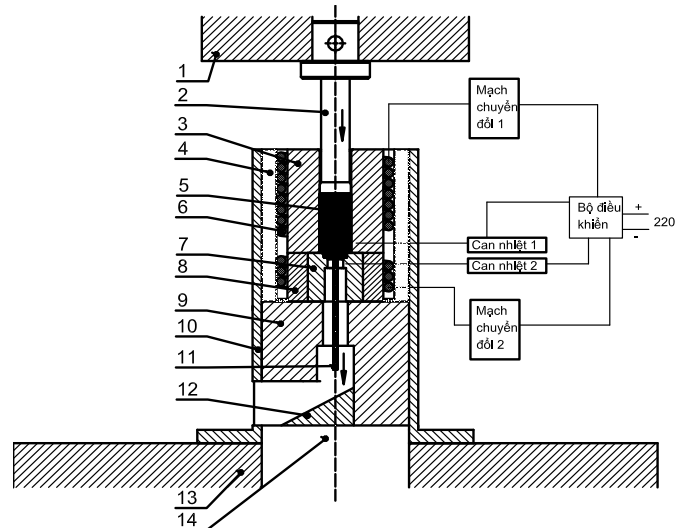
BESTUTM-2000HH

Hình 2. Máy kéo nén BESTUTM - 2000HH

Thông số kỹ thuật máy kéo nén BESTUTM - 2000HH (hình 2) có lực ép danh nghĩa 500kN, tốc độ dịch chuyển đầu chày ở trạng thái làm việc là 0 ÷ 10mm/p, khoảng hành trình di chuyển đầu ép 150mm. Khoảng cách giữa mặt bàn máy với mặt đầu lắp chày ép lớn nhất là 500 mm. Các thông số hiển thị được trên máy tính: Lực, ứng suất, biến dạng tuyệt đối, biến dạng tương đối, thời gian, tốc độ biến dạng... [3]. Do vậy máy kéo nén đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật

của quá trình ép. Có thể sử dụng máy kéo nén BESTUTM - 2000HH làm nguồn động lực cho mô hình ép chảy.

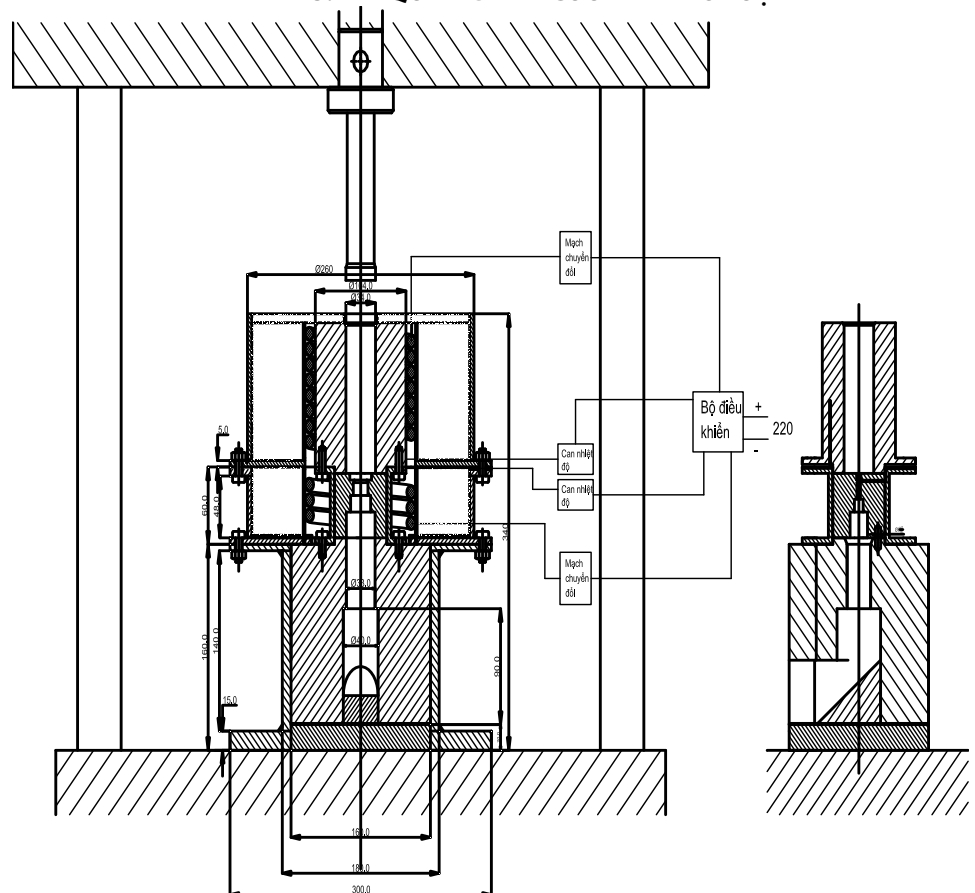
Trên cơ sở phân tích lý thuyết, tiến hành xây dựng sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống ép chảy như trên hình 3.



1. Đầu máy ép; 2. chày ép; 3. buồng chứa phôi; 4. cách nhiệt; 5. phôi; 6. Bộ phận gia nhiệt; 7. Khuôn; 8. áo chứa khuôn; 9. tấm đỡ; 10. vỏ hệ thống; 11. sản phẩm; 12. tấm chuyển hướng; 13. bàn máy; 14. cảm biến đo lực.

Hình 3. Nguyên lý làm việc của hệ thống thí nghiệm

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN



Hình 4. Bản vẽ hệ thống ép chảy trên máy kéo nén BESTUTM - 2000HH

Dựa trên nguyên lý hoạt động của hệ thống ép chảy thanh hợp kim nhôm đã thiết kế được hệ thống ép chảy thanh hợp kim nhôm sử dụng máy kéo nén làm nguồn sinh lực, đo lực, kiểm soát tốc độ ép cho quá trình ép như trên hình 4. Hệ thống gồm 2 bộ phận chính là bộ phận cơ khí và bộ phận duy trì nhiệt độ cho quá trình ép.

Bộ phận cơ khí có 3 chi tiết quan trọng là khuôn, buồng chứa phôi và chày ép. Do vậy cả ba chi tiết sau khi tính toán thiết kế cần phải được kiểm tra điều kiện bền:

**Thiết kế buồng chứa phôi**

Với sản phẩm đùn thử có tiết diện là hình chữ nhật 2x15±0,02, diện tích tiết diện sản phẩm:

$$A_f = 2 \times 15 = 30 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Với HK nhôm 6063, tỷ lệ ép R ~ 20:100, chọn hệ số R = 30.

Từ công thức (1):

$$R = \frac{A_0}{A_f} \Rightarrow A_0 = R \cdot A_f \Rightarrow A_0 = 30 \cdot 30 = 900 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Chọn phôi ép là hình trụ nên diện tích mặt cắt như sau:

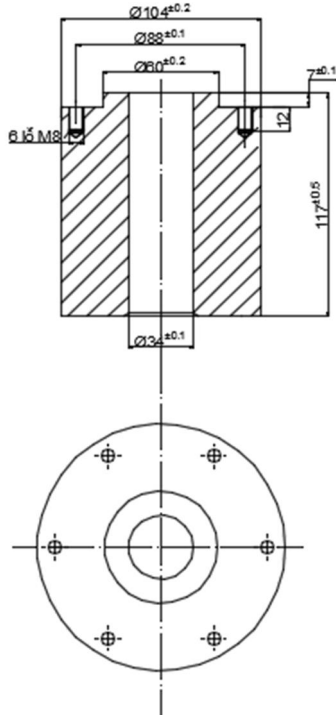
$$A_0 = r^2 \cdot \pi = 900 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{900}{\pi} = 286,48 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow r = 17 \text{ (mm)}$$

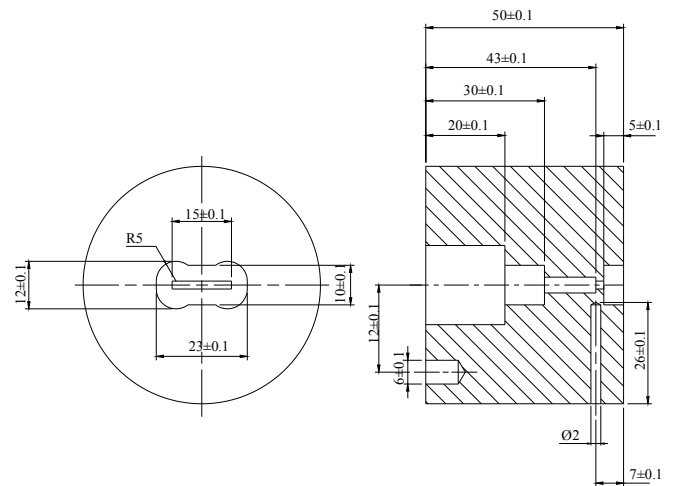
Chọn đường kính phôi là 34mm, do đó đường kính buồng chứa phôi là Ø34. Để đảm bảo an toàn khi ép, chọn buồng chứa phôi có độ dày 30mm. Vậy đường kính ngoài buồng chứa phôi Ø104.

Hành trình max của máy là 150mm, chọn chiều dài phôi L = 100mm, chiều dài buồng chứa phôi có L = 117mm.



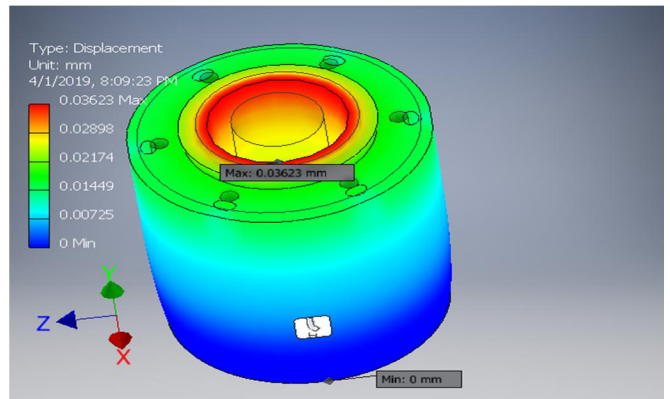
Hình 5. Buồng chứa phôi

Buồng chứa phôi làm việc trong môi trường áp lực lớn và nhiệt độ cao, chọn vật liệu SKD61, nhiệt luyện 48 - 50HRC. Bản vẽ thiết kế buồng chứa phôi được thể hiện trên hình 5.

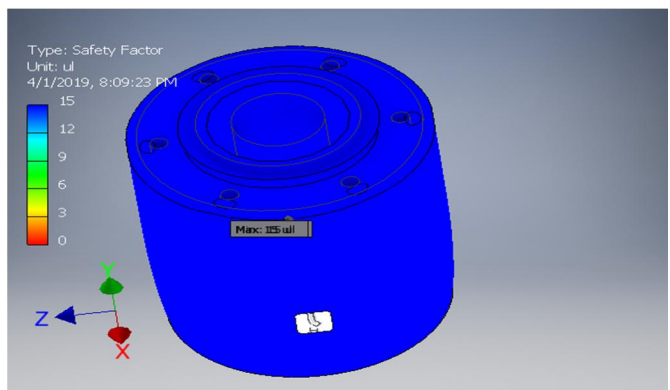


Hình 6. Bản vẽ khuôn

Buồng chứa phôi chịu áp lực hướng từ tâm ống chứa phôi ra ngoài khi chày ép tác dụng vào phôi. Buồng chứa phôi làm việc trong điều kiện được nung nóng khoảng 450 ÷ 460°C. Để đảm bảo an toàn cho quá trình làm việc trong quá trình ép, tiến hành kiểm nghiệm độ bền của ống chứa phôi bằng phần mềm Ansys, kết quả phân tích như trên hình 7 và 8. Qua kết quả phân tích cho thấy buồng chứa phôi đảm bảo an toàn khi làm việc.



Hình 7. Chuyển vị của ống chứa phôi khi làm việc

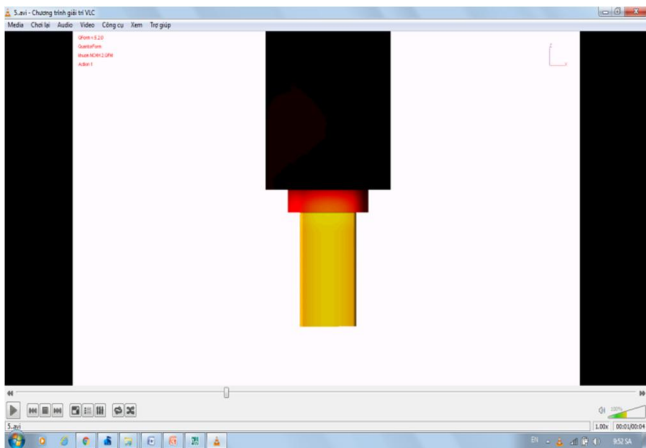


Hình 8. Yếu tố an toàn của ống chứa phôi khi làm việc

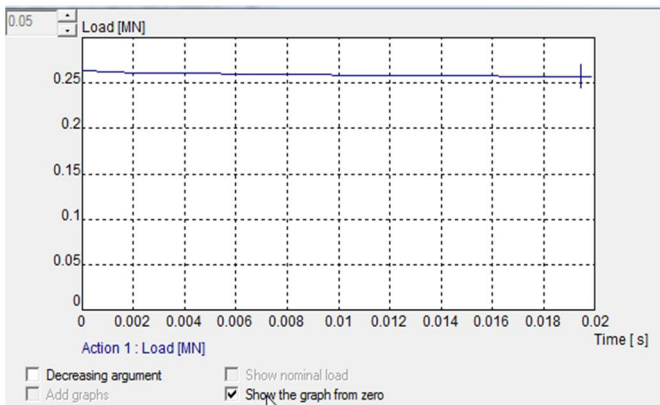
**Thiết kế khuôn**

Tiết diện sản phẩm đùn thử là hình chữ nhật 2x15mm, tiến hành thiết kế vùng dẫn nhôm, thiết kế vùng thoát sản phẩm ta được bản vẽ khuôn (hình 6). Chọn đường kính ngoài khuôn Ø60mm và chiều dài khuôn 50mm. Khuôn làm bằng vật liệu SKD61, nhiệt luyện đạt 48÷50 HRC.

Mô phỏng quá trình ép chảy để kiểm tra lực ép trên phần mềm Qform. Kết quả mô phỏng sản phẩm quá trình ép như trên hình 9 [2,7].



Hình 9. Mô phỏng quá trình ép thử



Hình 10. Biểu đồ lực quá trình ép thử

Qua mô phỏng quá trình ép thử, sản phẩm ép ra đạt yêu cầu về hình dáng hình học. Như vậy kết cấu của khuôn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.

Kết quả lực ép của quá trình ép thể hiện trên hình 10. Qua biểu đồ lực kiểm tra quá trình ép thử, lực ép khoảng 260kN nằm trong giới hạn làm việc của máy ép 500kN. Như vậy với kết cấu thiết kế của khuôn đảm bảo an toàn cho máy kéo nén làm việc.

**Thiết kế chày ép**

Chày ép là phần được gắn trực tiếp với đầu kẹp của máy kéo nén, có chức năng đẩy phôi qua cửa khuôn tạo thành sản phẩm. Chày ép được thiết kế như hình 11.

Để chày ép làm việc an toàn, cần kiểm tra độ bền chày ép ở lực ép có giá trị lớn nhất của máy kéo nén:

$$\sigma = F/S \leq [\sigma] \tag{3}$$

Trong đó:  $\sigma$ : ứng suất chày ép

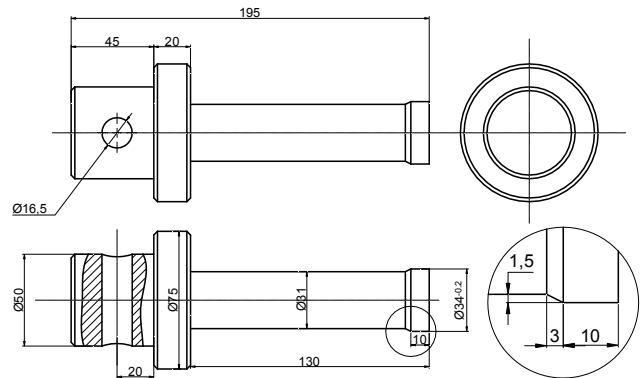
F: lực ép max tác dụng vào chày (500kN)

S: tiết diện chày

$[\sigma]$ : ứng suất cho phép của vật liệu làm chày ép (598N/mm<sup>2</sup>)

Ta có:  $\sigma = 500000/\pi.17.17 = 550\text{N/mm}^2 < [\sigma]$

Như vậy chày ép đảm bảo điều kiện bền khi ép.



ty le 3:1

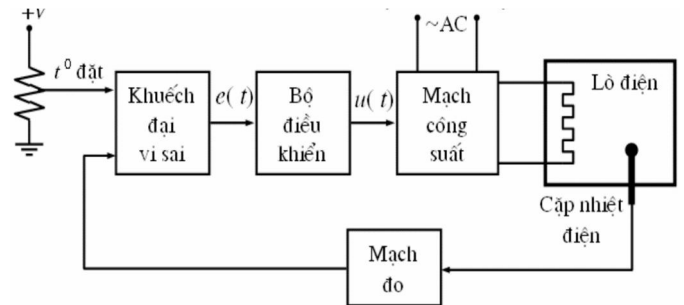
Hình 11. Bản vẽ chày ép

Các chi tiết cơ khí của các bộ phận còn lại được thiết kế dựa vào kết cấu của ba chi tiết chính: khuôn, buồng chứa phôi, chày ép. Kích thước cụ thể các chi tiết cơ khí còn lại của hệ thống được thể hiện trên bản vẽ lắp như hình 3.

**Thiết kế phản gia nhiệt và điều khiển nhiệt**

Với yêu cầu đầu vào gia nhiệt và giữ ổn định nhiệt độ cho phôi và khuôn làm việc với ngưỡng 400 ÷ 600°C, sử dụng điều khiển nhiệt độ vòng kín đảm bảo khả năng giữ ổn định nhiệt độ với sai số cho phép.

Tổng quát sơ đồ hệ thống gia nhiệt và duy trì nhiệt độ trên máy được thực hiện như hình 12 [5].



Hình 12. Sơ đồ hệ thống gia nhiệt và ổn định nhiệt độ

Nhiệt độ được cài đặt thông qua bộ điều khiển TK4S và điều khiển đóng công tắc tơ gia nhiệt cho hệ thống. Khi nhiệt độ đạt ngưỡng làm việc cài đặt, bộ điều khiển sẽ ngắt điện để duy trì nhiệt độ làm việc. Sau một thời gian trao đổi nhiệt với môi trường nhiệt độ hạ xuống dưới nhiệt độ cài đặt, phần cặp nhiệt điện sẽ thông báo để bộ điều khiển đóng thiết bị gia nhiệt tiếp tục nung nóng đối tượng tới nhiệt độ cài đặt.

Tính toán dây điện trở ra nhiệt làm nóng ống chứa phôi có đường kính dây d = 1,4mm, chiều dài dây L = 3826mm



[4]. Dây được quấn lại thành dạng trụ bao quanh ống chứa phôi. Bộ phận gia nhiệt ống chứa phôi sau khi lắp ráp được thể hiện trên hình 13.



Hình 13. Bộ phận gia nhiệt ống chứa phôi sau khi lắp



Hình 14. Bộ phận gia nhiệt khuôn sau khi lắp

Tính toán dây điện trở ra nhiệt làm nóng ống chứa phôi có được đường kính dây  $d = 1,4\text{mm}$ , chiều dài dây  $L = 1916\text{mm}$  [4]. Dây được quấn lại thành dạng trụ bao quanh ống chứa phôi. Bộ phận gia nhiệt ống chứa phôi sau khi lắp ráp được thể hiện trên hình 14.

**Bộ phận cách nhiệt**

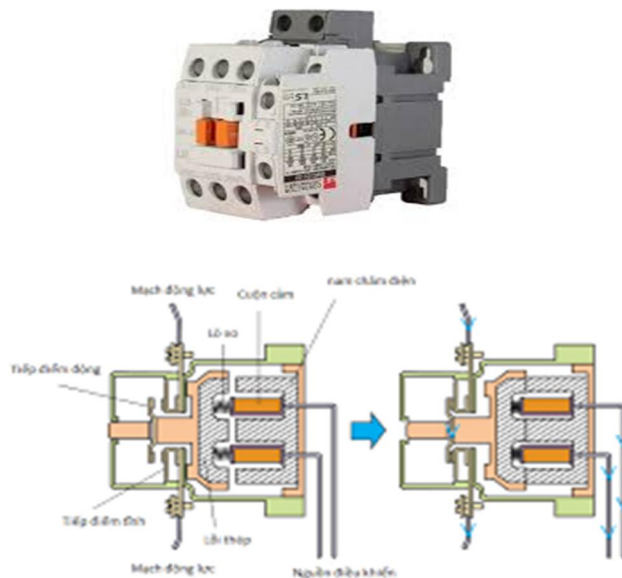
Bông Gốm Ceramic hay còn gọi là Ceramic Fiber có thành phần cơ bản là Alumino Silic đioxyt (hợp chất của silic dưới sợi sa thạch hoặc thạch anh). Bông gốm cách nhiệt ceramic 1260 chịu nhiệt 1000 - 1600°C. Phần cách nhiệt cho toàn bộ hệ thống “khuôn đun” có tác dụng ngăn nhiệt độ bên trong lò nung thoát ra bên ngoài không khí làm tiêu hao năng lượng.

**Bộ phận đo nhiệt**

Trong hệ thống ép thường xuyên phải duy trì nhiệt độ trong khuôn và buồng chứa phôi nên hệ thống sử dụng một cảm biến nhiệt độ (Temperature sensor). Ở đây dùng cặp nhiệt độ (Thermocouples) [5].

**Lựa chọn công tắc tơ đóng ngắt điện cấp cho dây gia nhiệt**

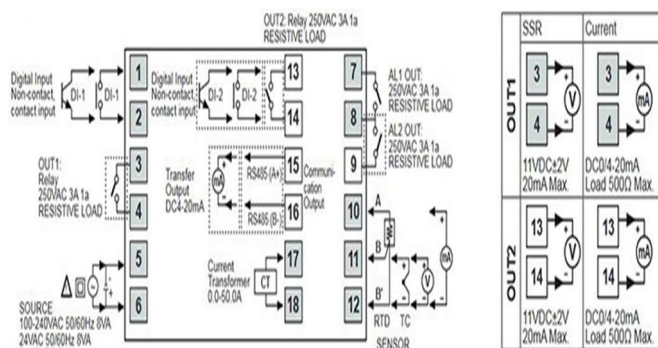
Để thực hiện việc cấp điện cho dây mai so dùng công tắc tơ để đóng ngắt điện như hình 15 [5].



Hình 15. Hình ảnh và cấu tạo công tắc tơ

**Bộ phận điều khiển nhiệt độ**

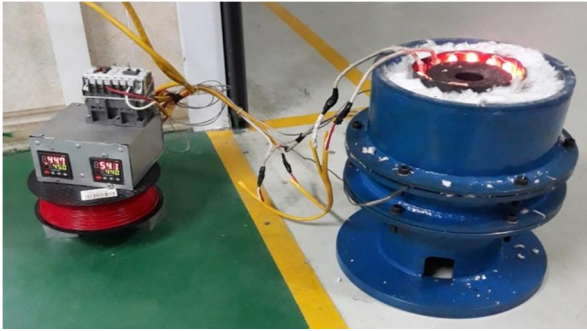
Để hoạt động một cách ổn định và điều khiển toàn bộ hệ thống cần một bộ điều khiển nhiệt độ đó là bộ điều khiển nhiệt độ TK4S như hình 16 [5].



Hình 16. Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển nhiệt

**Lắp ráp mô hình**

Sau khi hoàn thành chế tạo các chi tiết cơ khí của hệ thống, tiến hành lắp ráp các chi tiết của hệ thống cơ khí và lắp ráp bộ phận gia nhiệt, bộ phận cách nhiệt, bộ phận đo nhiệt, kết nối bộ điều khiển nhiệt ta được mô hình hệ thống như trên hình 17 và 18.



Hình 17. Thử nghiệm điều khiển nhiệt hệ thống ép chảy



Hình 18. Lắp đặt hệ thống ép chảy chế tạo trên máy kéo nén

**Thử nghiệm hệ thống**

Hệ thống thử nghiệm như trên hình 19 với các thông số như sau:

- Bể chứa phi gia nhiệt: 460°C
- Khuôn gia nhiệt: 480°C
- Phi hợp kim nhôm 6063, Ø34, dài 70mm, nung nóng: 480°C
- Tốc độ dịch chuyển chày ép: 9 mm/phút

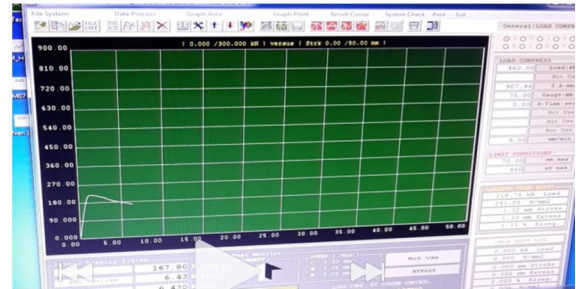


Hình 19. Hệ thống ép chảy trên máy kéo nén ép thử sản phẩm



Hình 20. Sản phẩm thanh hợp kim nhôm sau khi ép

Sản phẩm của quá trình ép chảy là thanh hợp kim nhôm có tiết diện hình chữ nhật có kích thước thực tế 1,98x14,98mm như hình 20. Như vậy, dung sai kích thước sản phẩm đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm.



Hình 21. Đồ thị lực khi ép thử sản phẩm trên hệ thống

Lực ép của quá trình ép hiển thị trên áp lực đo của máy ép là 230kN như hình 21, lực ép quá trình mô phỏng 260kN. Như vậy kết quả lực ép thực tế tương đồng so với mô phỏng bằng  $230/260 = 88,5\%$ .

**4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ**

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy đã tính toán, thiết kế, chế tạo, chạy thử thành công hệ thống thí nghiệm ép chảy thanh hợp kim nhôm sử dụng nguồn động lực máy kéo nén.

Hệ thống đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của quá trình ép chảy, cho phép thực hiện các nghiên cứu thực nghiệm về quá trình ép chảy thanh hợp kim nhôm.

Tuy nhiên, do giới hạn về lực ép của máy kéo nén BESTUTM - 2000HH là 500kN nên hệ thống thí nghiệm phù hợp thực hiện quá trình ép các chi tiết có kích thước tiết diện biên dạng sản phẩm nhỏ hơn 90% đường kính phi [6]:  $90 \cdot 34 / 100 = 30,6\text{mm}$ . Phi có đưa vào ép có đường kính Ø34mm, chiều dài phi nhỏ hơn  $L_{\text{max}} = 100\text{mm}$ .

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Đắc Trung, Lê Trung Kiên, 2016. *Công nghệ gia công áp lực*. NXB Bách khoa.
- [2]. Nguyễn Đắc Trung, Lê Thái Hùng, Nguyễn Như Huỳnh, Nguyễn Trung Kiên, 2011. *Mô phỏng số quá trình biến dạng*. NXB Bách khoa.
- [3]. Tài liệu kỹ thuật máy kéo nén BESTUTM - 2000HH, Khoa Cơ khí, Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [4]. Bùi Hải, Trần Thế Sơn, 2013. *Kỹ thuật nhiệt*. NXB KHKT.
- [5]. Hoàng Minh Công, 2012. *Cảm biến công nghiệp*. NXB Xây dựng.
- [6]. Pradip K. Saha, 2000. *Aluminum Extrusion Technology*. ASM International.
- [7]. Isaac Flitta. *Simulation of Aluminium Extrusion Process*. Bournemouth University.
- [8]. Bauser, 2006. *Extrusion second edition*. ASM International.

**AUTHORS INFORMATION**

**Nguyen Van Thien, Nguyen Trong Mai, Hoang Tien Dung, Nguyen Tuan Linh, Le Ngoc Duy**  
 Faculty of Mechanical Engineering, Hanoi University of Industry