

# NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ ẢNH HƯỞNG TỚI CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM ÉP PHUN NHỰA BẰNG MÁY ÉP PHUN NHỰA CỖ NHỎ

RESEARCH ON SOME PARAMETERS AFFECTING PRODUCT QUALITY PLASTIC INJECTOR INJECTION MOLDING MACHINE SMALL SIZE PLASTIC INJECTION MOLDING MACHINE

Lê Hoàng Anh, Ngô Minh Nghĩa  
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

## TÓM TẮT

*Hiện nay, công nghiệp nhựa đang là một trong những ngành công nghiệp có tốc độ phát triển mạnh mẽ hiện nay. Các sản phẩm của ngành nhựa có mặt hầu hết trong các ngành và các lĩnh vực khác nhau của đời sống, phục vụ nhiều nhu cầu thiết yếu của cuộc sống hàng ngày. Công nghiệp ép phun đang có những bước chuyển mình mạnh mẽ tại thị trường Việt Nam. Tuy nhiên, các máy sử dụng cho ngành công nghiệp này lại có kích thước rất lớn, khó sử dụng để ứng dụng vào quá trình giảng dạy tại các trường đại học, trường dạy nghề. Ngoài ra, việc nghiên cứu các thông số máy ảnh hưởng lên chất lượng sản phẩm trong các máy ép phun nhựa cỡ nhỏ này cũng chưa được nghiên cứu kỹ. Chính vì lý do trên, nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn đề tài này nhằm ứng dụng các phương pháp thiết kế, chế tạo mới để chế tạo được một máy ép phun nhựa cỡ nhỏ cũng như nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số máy lên chất lượng quá trình ép phun, từ đó đề xuất ra các ý kiến nhằm góp phần nâng cao chất lượng máy.*

**Từ khóa:** Công nghệ ép phun; Thông số ảnh hưởng; Mô phỏng.

## ABSTRACT

*Currently, the plastic industry is one of the fastest growing industries today. Plastic products are present in almost all industries and fields of life, serving many essential needs of daily life. The injection molding industry is making strong changes in the Vietnamese market. However, the machines used for this industry are very large in size, difficult to use in the teaching process at universities and vocational schools. In addition, the study of machine parameters affecting product quality in these small plastic injection molding machines has not been well studied. Because of the above reasons, the research team decided to choose this topic to apply new design and manufacturing methods to manufacture a small plastic injection molding machine and study the influence of machine parameters to improve the quality of the injection molding process, thereby proposing ideas to contribute to improving the quality of the machine.*

**Keywords:** Injection molding technology; Influence parameters; Simulation.



## 1. GIỚI THIỆU

Công nghiệp nhựa đang là một trong những ngành công nghiệp có tốc độ phát triển mạnh mẽ. Các sản phẩm của ngành nhựa có mặt hầu hết trong các ngành và các lĩnh vực khác nhau của đời sống, phục vụ nhiều nhu cầu thiết yếu của cuộc sống hằng ngày [1].

Là một trong những mũi nhọn của công nghiệp nhựa, ép phun khuôn nhựa chiếm một vai trò quan trọng trong cơ cấu ngành. Khả năng sản xuất hàng hóa với số lượng lớn trong thời gian ngắn là ưu điểm nổi bật của công nghệ ép phun.

Công nghiệp ép phun đang có những bước chuyển mình mạnh mẽ tại thị trường Việt Nam. Trong phân khúc nhựa sử dụng cho hộ gia đình, lượng tiêu thụ bình quân của mỗi người Việt Nam tăng trung bình 14% mỗi năm trong giai đoạn 2011-2015 và dự báo sẽ tiếp tục tăng với tốc độ 10% từ 2015-2020. Năm 2014, ước tính trung bình một người Việt Nam tiêu thụ khoảng 55kg sản phẩm nhựa. Mặt hàng nội địa được dự báo sẽ chiếm tỉ trọng cao trong phân khúc này, khoảng 22% tổng sản phẩm toàn ngành [2].

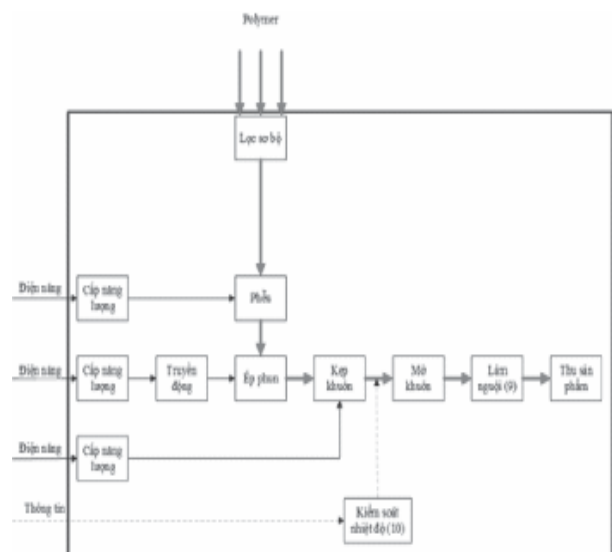
Tuy nhiên, các máy sử dụng cho ngành công nghiệp này lại có kích thước rất lớn, khó sử dụng để ứng dụng vào quá trình giảng dạy tại các trường đại học, trường dạy nghề. Ngoài ra, việc nghiên cứu các thông số máy ảnh hưởng lên chất lượng sản phẩm trong các máy ép phun nhựa cỡ nhỏ này cũng chưa được nghiên cứu kỹ. Chính vì lý do trên, nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn đề tài này nhằm ứng dụng các phương pháp thiết kế, chế tạo mới để chế tạo được một máy ép phun nhựa cỡ nhỏ cũng như nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số máy lên chất lượng quá trình ép phun, từ đó đề xuất

ra các ý kiến nhằm góp phần nâng cao chất lượng máy.

## 2. PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Thiết kế chế tạo máy ép phun nhựa cỡ nhỏ

Thông qua quá trình tính toán, thiết kế, ta lựa chọn được sơ đồ bố trí chức năng của máy ép phun cỡ nhỏ như sau:



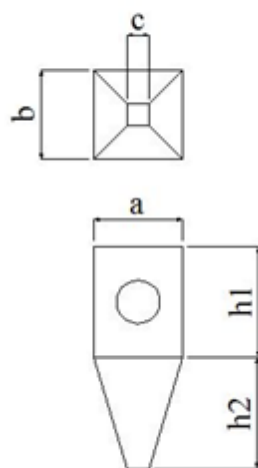
Hình 1. Sơ đồ bố trí chức năng cơ bản

Từ đó, ta tiến hành tính toán, thiết kế, lựa chọn các chức năng của máy:

- Tính toán phễu cấp nhựa [3]:

Đây là bồn chứa nguyên liệu dưới dạng bột nhựa hay hạt nhựa đã được sấy khô trước đó. Trong nhiều trường hợp bồn chứa được làm nóng bởi các mạch điện trở bên trong để sấy khô hạt nhựa trước khi được đưa vào bên trong xy lanh. Đối với nhựa đàn hồi, bồn chứa được trang bị thêm một chốt chặn để kiểm soát lượng nguyên liệu được nạp vào.

### PHIẾU CẤP LIỆU



Hình 2. Kích thước phiếu cấp nhựa

Do máy ép khuôn cỡ nhỏ nên ta lựa chọn phiếu có thể tích nhựa phù hợp không quá to so với máy, có khả năng cung cấp lượng nhựa đầy đủ kịp thời cho các chu trình ép phun.

Kích thước phiếu cấp liệu có được như sau:

- a = 80 (mm);
- b = 80 (mm);
- h1 = 100 (mm);
- h2 = 100 (mm);
- c = 30 (mm);
- d = 20 (mm).

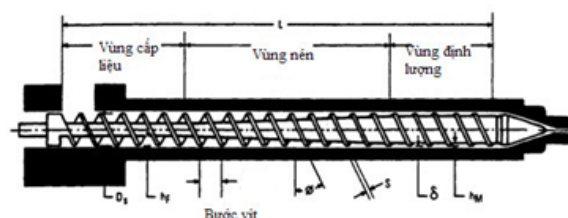
Từ đây ta có thể tích phiếu cấp liệu:

$$V_h = (a \times b \times h1) + \{(((a \times b) + (c \times d))/2) \times h2\} = 990 \text{ cm}^3$$

Do phần cuống phiếu tiếp xúc với ống dẫn nhựa có nhiệt độ cao nên ta chọn vật liệu là tấm thép mỏng đảm bảo chịu bền nhiệt không hư hỏng trong quá trình vận hành máy.

- Tính toán trục vít ép nhựa [4]:

Trục vít có nhiệm vụ kéo nguyên liệu từ phiếu chứa vào trong xylanh để nấu chảy. Khi gia công nhựa nhiệt dẻo người ta thường sử dụng trục vít có 3 vùng: vùng cấp liệu (Feed section), vùng nén (transition) và vùng định lượng (metering section). Kích thước của chiều dài dựa trên đòi hỏi của hiệu suất, sự nóng chảy lỏng của nhựa nhão và điều kiện cọ sát giữa các hạt nhựa với bề mặt trục vít.



Hình 3. Cấu tạo trục vít ép nhựa

Trong đó:

- $D_s$  là đường kính của trục vít (mm);
- $h_f$  là chiều cao cánh vít vùng cấp liệu (mm);
- $h_M$  là chiều cao cánh vít vùng định lượng (mm);
- $\phi$  là góc nghiêng cánh vít (o);
- $\delta$  độ hở giữa vít và ống dẫn nhựa (mm);
- s là chiều rộng cánh vít (mm);
- Pitch ( ký hiệu là P ) là bước vít (mm);
- L là chiều dài vít (phần có cánh vít) (mm).

Trục vít được thiết kế sao cho phù hợp với kích thước chung của máy, có độ nén phù hợp đảm bảo khả năng ép nhựa vào khuôn khi máy vận hành.

Do đó trục vít được thiết kế có kích thước:

- L = 320 (mm);
- $D_s$  = 30 (mm);
- $h_f$  = 5 (mm);
- $h_M$  = 2 (mm);
- $\delta$  = 0.1 (mm);



- $\phi = 10^\circ$ ;
- $P = 22\text{mm}$ ;
- $S = 5\text{ mm}$ .

Khi đó, ta đạt được các giá trị:

- Hệ số  $\frac{L}{D} = \frac{320}{30} = 10.6$  ( hệ số L/D

ở mức thấp) có ưu điểm: Giảm thời gian làm chảy nhựa, chiếm ít không gian, giảm moment cho động cơ, giảm giá thành sản xuất do có chiều dài ngắn.

- Hệ số nén  $CR = \frac{hF}{hM} = 2.5$  là hệ số nén trung bình phù hợp gia công nhiều loại nhựa phổ biến như PA, PP, PLA, ...

Do làm việc ở môi trường có nhiệt độ cao và thường xuyên chịu sự ma sát, nên vật liệu làm trục vít cần đảm bảo khả năng chịu nhiệt và độ bền khi vận hành. Căn cứ vào điều kiện và khả năng gia công, ở quy mô đề tài chọn vật liệu thép C45 để tiến hành gia công trục vít.



Hình 4. Quá trình chế tạo trục vít cho máy ép phun

## - Tính toán Ống dẫn nhựa [5]

Là phần vỏ bao bọc bên ngoài trục vít dẫn nhựa, có tác dụng dẫn dòng nhựa từ phễu qua quá trình nung chảy đi vào khuôn. Phần ống dẫn được thiết kế sao cho đảm bảo lưu lượng nhựa và áp suất phun đạt giá trị cần thiết để điền đầy lòng khuôn khi vận hành máy. Từ trục vít được lựa chọn, ta chọn vỏ trục có giá trị phù hợp như sau:



Hình 5. Mặt cắt ngang và quá trình gia công ống dẫn nhựa

- Đường kính ngoài  $D_n = 40\text{ (mm)}$ ;
- Đường kính trong  $D_t = 30,1\text{ (mm)}$ ;
- Chiều dài  $L = 350\text{ (mm)}$ ;
- Đường kính lỗ cấp liệu  $D_p = 20\text{ (mm)}$ .

- Tính toán cho các chi tiết còn lại:

Các chi tiết còn lại của hệ thống được tính toán và lựa chọn mua sao cho đảm bảo thực hiện chức năng như mong muốn của nhóm thiết kế.

Máy ép phun sau quá trình tính toán, thiết kế, chế tạo có hình dáng như Hình 6.



Hình 6. Máy ép phun nhựa cỡ nhỏ

## 2.2. Mô phỏng quá trình ép phun trên khuôn ép nhựa

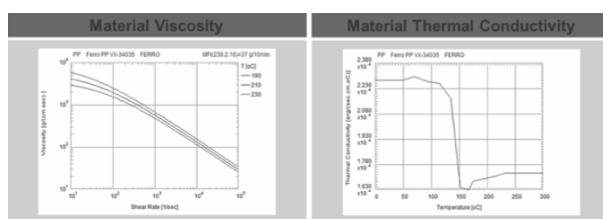
- Thông số vật liệu nhựa lựa chọn:

Lựa chọn vật liệu ép phun giống với vật liệu sẽ thực nghiệm là nhựa PP của nhà sản xuất FERRO có các thông số như Bảng 1:

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của nhựa PP dùng trong mô phỏng và thực nghiệm [6]

| Item name              | Item data                |
|------------------------|--------------------------|
| Material type          | Thermoplastic            |
| Generic name           | PP                       |
| Supplier               | FERRO                    |
| Trade name             | Ferro PP VX-34035        |
| MFI                    | MFI(230,2.16)=37 g/10min |
| Fiber percent          | 0.00 (%)                 |
| Melt temperature range | 190 - 230 (°C)           |
| Mold temperature range | 20 - 50 (°C)             |
| Ejection temperature   | 110 (°C)                 |
| Freeze temperature     | 120 (°C)                 |

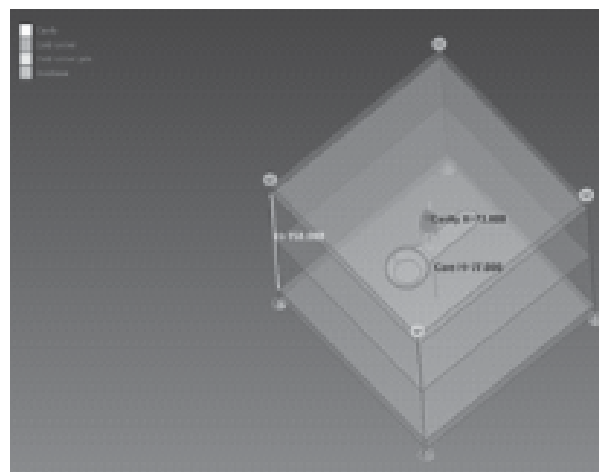
Ngoài ra, chúng ta còn có một số các thông số nhiệt kỹ thuật của loại nhựa này như hình 7.



Hình 7. Thông số nhiệt kỹ thuật của nhựa PP dùng trong mô phỏng và thực nghiệm

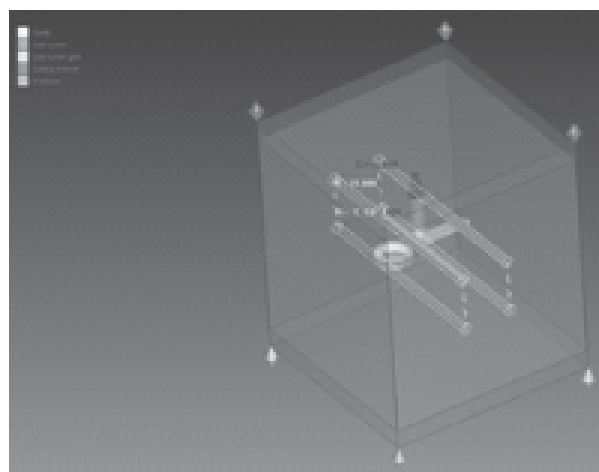
- Thiết kế khuôn ép phun dùng cho phần mềm mô phỏng:

Thiết lập kết cấu khuôn cơ bản như hình 8. Khuôn có kết cấu gồm 2 nửa khuôn, có các hệ thống đẩy bị lược bỏ bớt nhằm tối ưu tốc độ cho quá trình mô phỏng.



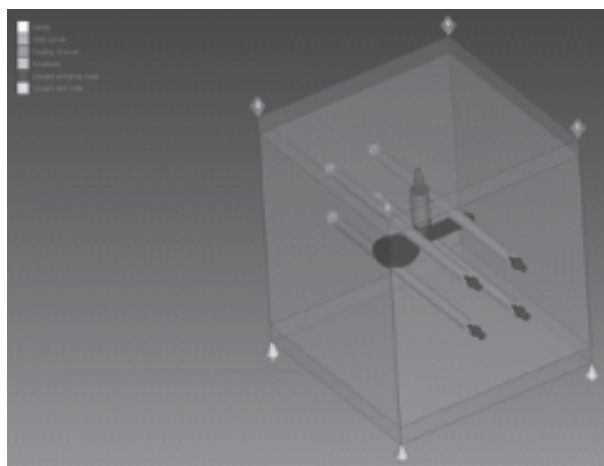
Hình 8. Kết cấu khuôn cơ bản

Thiết lập hệ thống làm nguội khuôn gồm 4 ống làm nguội có khoảng cách như hình 9.



Hình 9. Kết cấu khuôn cơ bản

Chia lưới cho hệ thống như hình 10, ta có giá trị các thông số của lưới như bảng 2.



Hình 10. Kết quả phân tích bề dày chi tiết

Bảng 2. Giá trị thông số lưới mô phỏng

| Item                  | Value     |
|-----------------------|-----------|
| Cavity mesh node c... | 346,280   |
| Cavity mesh elemen... | 459,830   |
| Cavity mesh volume    | 1.71 (cc) |
| Meshing level         | 3         |
| Runner mesh node...   | 1,782     |
| Runner mesh eleme...  | 2,688     |
| Runner mesh volume    | 3.61 (cc) |

- Thiết lập thông số cho quá trình ép phun:

Ta thiết lập các thông số công nghệ cho quá trình ép phun như Bảng 3.

Bảng 3. Thông số công nghệ cho quá trình ép phun mô phỏng

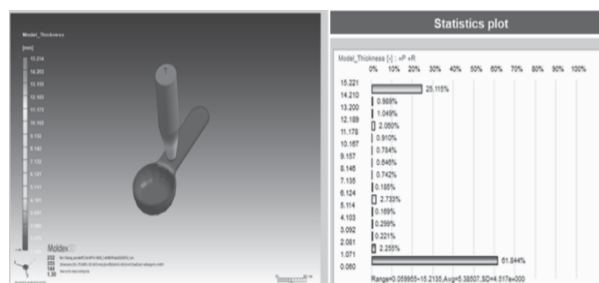
| Item name                  | Item data    |
|----------------------------|--------------|
| Filling Time               | 0.20 (sec)   |
| Melt Temperature           | 230.0 (°C)   |
| Mold Temperature           | 50.0 (°C)    |
| Maximum Injection Pressure | 140.00 (MPa) |

|                                              |              |
|----------------------------------------------|--------------|
| Injection Volume                             | 7.98284 (cc) |
| Flow rate profile Section-1                  | 90.00 %      |
| Section Number of Injection Pressure Profile | 1            |
| Packing Time                                 | 4.00 (sec)   |
| Maximum Packing Pressure                     | 140.00 (MPa) |
| VP Switch by volume(%) filled                | 98.00 (%)    |
| Mold Opening Time                            | 5.00 (sec)   |
| Ejection temperature                         | 120.0 (°C)   |
| Air Temperature                              | 25.0 (°C)    |
| Cooling Time                                 | 8.00 (sec)   |
| Cycle Time                                   | 17.20 (sec)  |

## 3. KẾT QUẢ

### 3.1. Kết quả mô phỏng

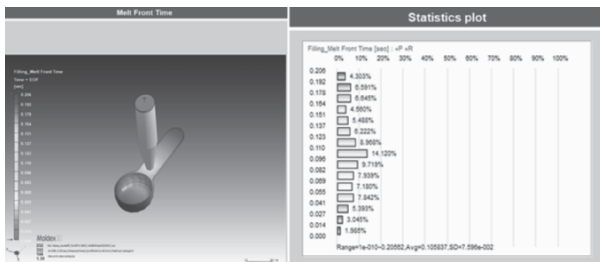
- Kết quả phân tích bề dày chi tiết:



Hình 11. Kết quả phân tích bề dày chi tiết

Chi tiết có bề dày bé, đa số nằm ở khoảng kích thước 1,00 mm (khoảng 81%). Do đó, các thông số ép phun cần phải tinh chỉnh chính xác để hạn chế sự cong vênh của chi tiết sau quá trình ép phun.

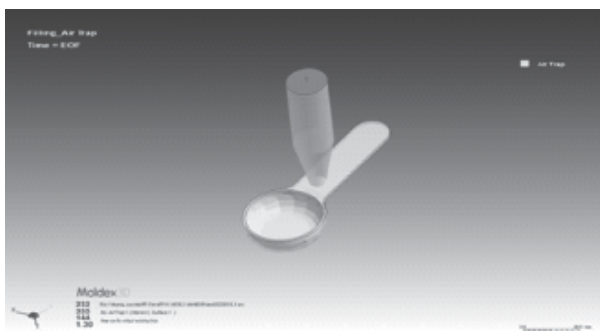
- Thời gian điền đầy:



Hình 12. Kết quả phân tích thời gian điền đầy

Thời gian điền đầy của chi tiết khi mô phỏng là 0,206s. Trong đó, chi tiết đã gần như điền đầy tại thời điểm  $t=0,192s$ , chỉ còn khoảng 4% thể tích của chi tiết là chưa được điền đầy. Tuy nhiên, quá trình điền đầy thường đi kèm với quá trình giữ khuôn nên chi tiết tiếp tục được điền đầy trong giai đoạn này, từ đó, kết quả mô phỏng thể hiện rằng chi tiết hoàn toàn điền đầy với các thông số ép phun đã thiết lập.

- Rỗ khí (Air trap):

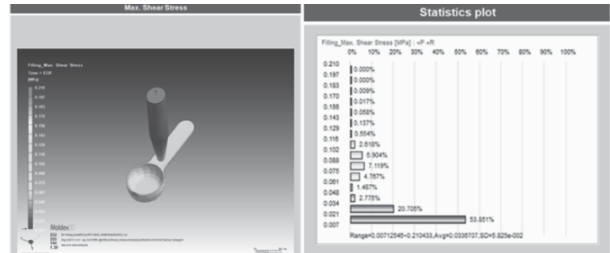


Hình 13. Kết quả phân tích rỗ khí chi tiết

Hiện tượng này gây ra các túi bọt khí nhỏ mắc kẹt bên trong thành sản phẩm hoặc các lỗ nhỏ li ti trên bề mặt sản phẩm. Tuy nhiên, ta không thấy sự xuất hiện của các bọt khí trong kết quả, nghĩa là chi tiết không bị khuyết tật này với các thông số ép phun đã thiết lập.

- Ứng suất cắt lớn nhất (Max. shear stress):

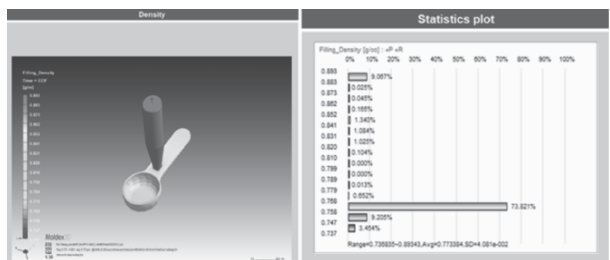
Ứng suất cắt là một trong những nguyên nhân chính tạo thành ứng suất dư trong sản phẩm sau khi lấy sản phẩm ra bên ngoài. Nếu ứng suất cắt quá lớn ( $>0.3MPa$ ) có thể gây ra phá hủy sản phẩm ép phun.



Hình 14. Kết quả phân tích ứng suất cắt lớn nhất

Ta thấy, chi tiết có ứng suất cắt lớn nhất rất bé (khoảng 70% chi tiết có ứng suất cắt lớn nhất  $<0,03MPa$ ). Từ đó có thể kết luận rằng, ứng suất dư trong chi tiết sau khi lấy ra khỏi khuôn rất bé.

- Khối lượng riêng (Density):



Hình 15. Kết quả phân tích khối lượng riêng

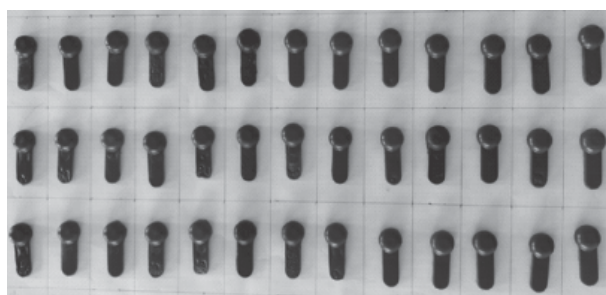
Thể hiện phân bố khối lượng của chi tiết ép phun, nếu phân bố này không đồng đều sẽ dễ dẫn tới cong, vênh chi tiết. Kết quả mô phỏng của chi tiết cho thấy khối lượng riêng phân bố rất đều (khoảng 75% có độ chặt đồng nhất), tuy nhiên còn vài vị trí tại các cạnh có độ chặt không đồng nhất, cần phải chỉnh sửa để nâng cao chất lượng chi tiết.

Kết quả mô phỏng chi tiết ép phun bằng Moldex3D đã cho ta thấy một số khuyết tật có

thể gặp phải trong quá trình ép phun, cũng như các hướng triển khai để làm giảm các khuyết tật này. Chi tiết mô phỏng có chất lượng khá tốt, số khuyết tật gặp phải khá ít.

### 3.2. Kết quả thực nghiệm trên máy ép phun nhựa cỡ nhỏ

Với các thông số đã lựa chọn, ta tiến hành thiết lập cho máy ép phun cỡ nhỏ rồi ép ra các sản phẩm thí nghiệm. Các sản phẩm thu được đều có chất lượng khá tốt, ít gặp phải các khuyết tật.



Hình 16. Sản phẩm thu được từ máy ép phun cỡ nhỏ

## 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chế tạo thành công máy ép phun nhựa cỡ nhỏ. Máy được thiết kế thành các cụm để có thể dễ dàng thay thế, bảo trì hoặc nâng cấp sau này. Quá trình vận hành máy để in ra các mẫu thử nghiệm cho kết quả rất tốt. Ngoài ra, nghiên cứu cũng tiến hành mô phỏng

quá trình ép phun với kích thước khuôn như thực tế, kết quả sai lệch giữa mô phỏng và thực tế là rất thấp. Việc thiết lập những thông số máy (nhiệt độ, tốc độ quay trục vít,...) cho các loại nhựa khác nhau, những bộ khuôn khác nhau sẽ cần thêm nhiều nghiên cứu tiếp theo. ❖

Ngày nhận bài: 12/5/2022

Ngày phản biện: 12/6/2022

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. FPTS; Báo cáo ngành nhựa 08/2019.
- [2]. Hiệp hội Nhựa Việt Nam; *Báo cáo hoạt động năm 2019-2020*.
- [3]. Alberto Naranjo; Ma del Pilar Noriega; Juan M Diego Sierra; Juan Rodrigo Sanz, *Injection Molding Processing Data*, Hanser Publications, 2018.
- [4]. E. Alfredo Campo, *The Complete Part Design Handbook: For Injection Molding of Thermoplastics*, Hanser Publications (June 1, 2006).
- [5]. José R. Lerma Valero, *Plastics Injection Molding: Scientific Molding, Recommendations, and Best Practices*, Hanser Publications (December 9, 2019).
- [6]. Thông tin trên trang web: <https://www.ulprospector.com/plastics/en/datasheet/-99747/ferro-pp-vx-34035>.