

Tính toán chế độ ép tối ưu trên máy ép nhựa

The computation of optimal injection mode on plastic injection machine

Nguyễn Tuấn Linh^{1,*}, Hoàng Long², Hoàng Tiến Dũng¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: tuanlinhck@gmail.com

Mobile: 0902079537

Tóm tắt

Từ khóa:

Chế độ ép; Khuôn; Máy ép nhựa;
Sản phẩm nhựa; Vít ép.

Các sản phẩm nhựa ngày nay được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong cuộc sống hàng ngày. Ưu điểm của chúng là giá thành rẻ, khối lượng, kích cỡ nhỏ gọn, có thể sản xuất hàng loạt với năng suất cao. Để tạo ra các sản phẩm nhựa, ngày nay thường sử dụng khuôn để tạo hình sản phẩm trên máy ép nhựa kiểu vít ép. Để tạo ra được sản phẩm có chất lượng tốt và đạt năng suất cao thì việc tính toán chế độ ép cho máy là một yếu tố then chốt. Bài báo này trình bày phương pháp để giúp các nhà công nghệ lựa chọn được chế độ ép tối ưu khi gia công sản phẩm nhựa.

Abstract

Keywords:

Injection mode; Molds; Plastic injection machine; Plastic products; Pressed screw.

Nowadays plastic products are widely used in the industry as well as in everyday life. Their advantages are low cost, compact size and mass, being able to be mass-produced with high productivity. To create plastic products, molds are currently used in plastic injection machine with pressed screw. The computation of injection mode is an important factor to make high quality products and achieve high productivity. This paper proposes a method to help technologists select the optimal injection mode in plastic products manufacture.

Ngày nhận bài: 15/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 05/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, các sản phẩm nhựa được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp và trong đời sống bởi ưu điểm của chúng là giá thành rẻ, khối lượng và kích thước nhỏ gọn, có thể sản xuất hàng loạt với năng suất cao. Trong những năm gần đây, các sản phẩm nhựa ngày càng đa dạng từ chủng loại, mẫu mã và được sử dụng trong nhiều lĩnh vực từ các sản phẩm thông dụng như đồ dùng trong gia đình, đồ chơi đến các sản phẩm nhựa sử dụng trong kỹ thuật. Bảng 1 dưới đây trình bày một số lĩnh vực sử dụng vật liệu nhựa và tốc độ tăng trưởng mỗi năm.

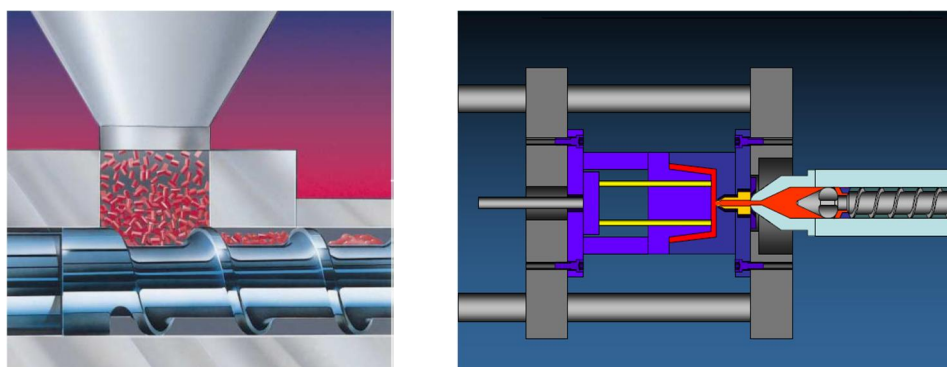
Bảng 1. Các lĩnh vực sử dụng vật liệu nhựa và tốc độ tăng trưởng của ngành công nghiệp nhựa [1]

Lĩnh vực công nghiệp	Nhựa gia dụng (%)	Nhựa kỹ thuật (%)	Tốc độ tăng trưởng/năm (%)
Đóng gói	40,4	4,8	4,5
Xây dựng	26,6	3,5	2,5
Ô tô	6,8	18,6	6,0
Điện tử	6,6	31,9	3,5
Điện dân dụng	3,8	8,0	2,5
Dệt may	3,8	2,5	4,0
Nội thất	3,3	3,4	3,0
Khác	6,3	24,5	3,5

Để tạo ra các sản phẩm nhựa, ngày nay thường sử dụng khuôn để tạo hình sản phẩm trên máy ép nhựa kiểu vít ép. Nguyên tắc làm việc của máy ép nhựa kiểu vít ép là sử dụng một vít ép có hình dạng đặc biệt, lòng ép được thiết kế sao cho thể tích rỗng giữa lòng ép và trục ép càng về sau càng nhỏ, do đó nhựa sẽ được nén dần về phía cuối máy và sẽ thoát ra ở cuối lòng ép, cuối lòng ép có bộ phận hình côn điều chỉnh khe hở ra để tạo ra áp suất ép lớn. Trên hình 1 là hình ảnh máy ép nhựa kiểu vít ép, hình 2 thể hiện quá trình ép phun nhựa vào lòng khuôn với một áp suất lớn.



Hình 1. Máy ép nhựa kiểu vít ép

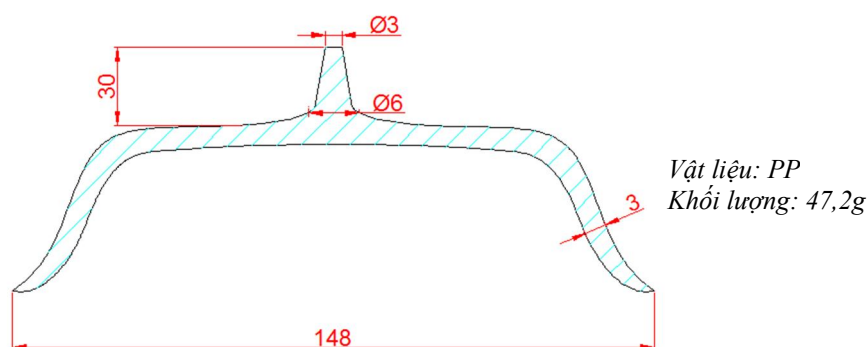


Hình 2. Quá trình ép phun nhựa vào lòng khuôn [3]

Để tạo ra được sản phẩm có chất lượng tốt và đạt năng suất cao thì việc tính toán chế độ ép cho máy là một yếu tố then chốt. Sau đây sẽ trình bày phương pháp tính toán chế độ ép cho một sản phẩm cụ thể.

2. TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ ÉP TỐI ƯU

Trong bài báo này, các tác giả đề xuất tính toán chế độ ép tối ưu cho một sản phẩm thông dụng trong cuộc sống hàng ngày, đó là chiếc bát nhựa. Hình dạng và kích thước của sản phẩm như hình 3:



Hình 3. Kích thước sản phẩm

Với các sản phẩm nhựa thì chất lượng bề mặt và độ chính xác về hình dạng là hai chỉ tiêu quan trọng. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến hai chỉ tiêu này là: lực ép (F), hành trình làm việc của vít ép (L), tốc độ ép (Q) và thời gian một chu kỳ làm việc của vít ép (t). Các thông số này cần được tính toán và lựa chọn theo chỉ tiêu làm việc của máy và theo thông số vít ép để đạt được chất lượng bề mặt và độ chính xác về hình dạng theo yêu cầu, được gọi là các thông số chế độ ép tối ưu. Sau đây trình bày phương pháp xác định các thông số chế độ ép tối ưu cho sản phẩm chiếc bát nhựa như hình 3.

- Thể tích vật thể:

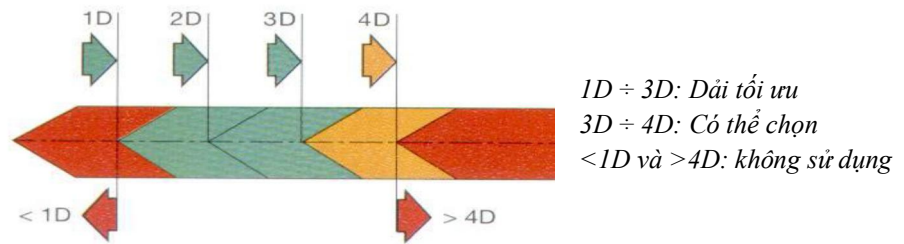
$$V = \frac{47,2}{0,739} = 64,675\text{cm}^3 \quad (1)$$

- Tính kích thước vít ép (theo hình 4):

$$1D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \approx 43\text{mm} \quad (2)$$

$$3D = \sqrt[3]{\frac{4V}{3\pi}} \approx 30\text{mm} \quad (3)$$

Với đường kính vít ép $\phi 30 \div \phi 43$, chọn theo tiêu chuẩn của máy là $\phi 32$ [2].



Hình 4. Thông số vít ép

- Lực ép được xác định như sau:

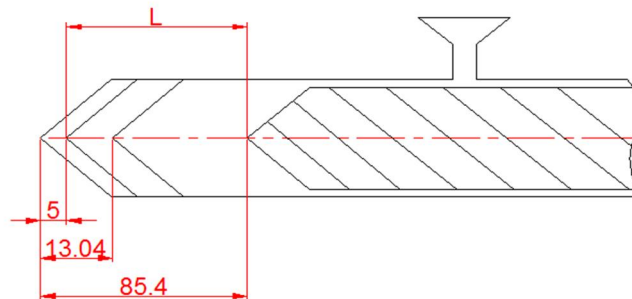
$$F = p \cdot A_{\text{mặt cắt}} \quad (4)$$

Với
$$A_{\text{mặt cắt}} = \frac{\pi}{4} \cdot 14,8^2 = 172,03 \text{ cm}^2 \quad (5)$$

p là áp suất, tra bảng theo máy, $p = 250 \text{ kg/cm}^2$ [2].

Do đó: $F = 43 \text{ tấn}$.

- Xác định hành trình làm việc của vít ép:



Hình 5. Hành trình làm việc của vít ép

Chiều dài lớp đệm: Từ 3 ÷ 5 mm với $\phi < 40 \text{ mm}$;
 Từ 5 ÷ 9 mm với $\phi > 40 \text{ mm}$. [2]

Do đó chọn chiều dài lớp đệm là 5 mm.

Hành trình của vít ép:

$$L = \frac{V}{A_{\text{vít ép}}} = \frac{64,657}{\frac{\pi}{4} \cdot 3,2^2} = 80,4 \text{ mm} \quad (6)$$

Tổng chiều dài: $L_t = 80,4 + 5 = 85,4 \text{ mm}$.

- Tốc độ quay của vít ép:

$$n = \frac{v_c \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot d_{\text{vít ép}}} = \frac{0,9 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot 32} = 537 \text{ (vg / ph)} \quad (7)$$

- Áp lực tác dụng lên vít ép:

5 bar với vít ép mới

10 bar với vít ép đã mài lại [2]

- Xác định tốc độ ép và thời gian ép:

+ Tốc độ ép:

$$\dot{\gamma} = \frac{4Q}{\pi r^3} \quad (8)$$

Q - tốc độ ép (lưu lượng dòng chảy); cm^3/s ;

$\dot{\gamma}$ - tốc độ tức thời (tra bảng theo máy);

r – bán kính công phun.

Từ đó ta có:

$$Q = \frac{\dot{\gamma} \pi r^3}{4} = \frac{10^5 \cdot \pi \cdot (0,15)^3}{4} = 265,07 \text{ cm}^3 / \text{s} \quad (9)$$

+ Thời gian ép:

$$t_e = \frac{V}{Q} = 0,24 \text{ s} \quad (10)$$

+ Thời gian giữ nhiệt:

$$t_g = 0,1729 \frac{r^2}{a_{\text{eff}}} \cdot \ln(1,6023 \cdot \frac{T_{\text{chay}} - T_{\text{khuon}}}{T_{\text{vao}} - T_{\text{khuon}}}) \quad (11)$$

$$t_g = 0,1729 \frac{1,5^2}{0,067} \cdot \ln(1,6023 \cdot \frac{230 - 20}{167 - 20}) = 4,5 \text{ s} \quad (12)$$

+ Thời gian làm nguội:

Thời gian làm nguội chi tiết:

$$t_{\text{ct}} = \frac{s^2}{\pi^2 a_{\text{eff}}} \cdot \ln\left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{T_{\text{chay}} - T_{\text{khuon}}}{T_{\text{ra}} - T_{\text{khuon}}}\right) \quad (13)$$

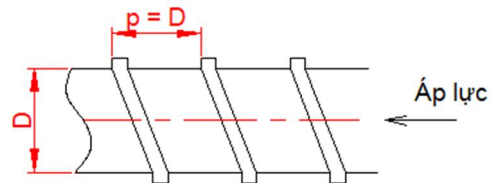
$$t_{\text{ct}} = \frac{3^2}{\pi^2 0,067} \cdot \ln\left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{230 - 20}{65 - 20}\right) = 24,25 \text{ s} \quad (14)$$

Thời gian làm nguội đầu rót:

$$t_{\text{dr}} = 0,1792 \cdot \frac{3^2}{0,067} \cdot \ln(1,6023 \cdot \frac{230 - 20}{65 - 20}) = 46,72 \text{ s} \quad (15)$$

Do đó, thời gian làm nguội trung bình: $t_{\text{ln}} = \frac{t_{\text{ct}} + t_{\text{dr}}}{2} = 35,5 \text{ s}$.

+ Tổng thời gian một chu kỳ làm việc, bao gồm: thời gian đóng khuôn (t_d), thời gian ép (t_e), thời gian giữ nhiệt (t_g), thời gian làm nguội (t_{ln}), thời gian mở khuôn (t_m) và thời gian lấy chi tiết (t_{ct}):

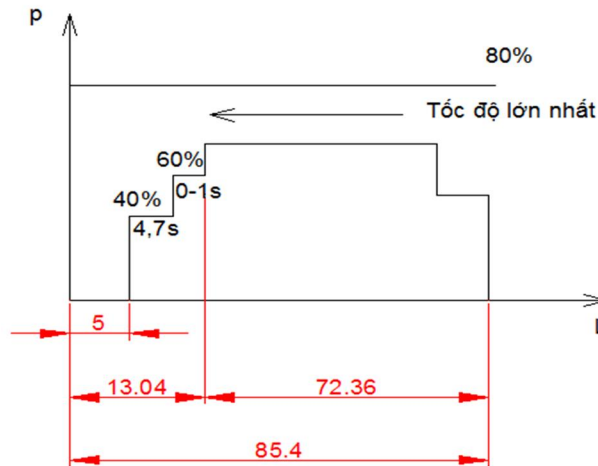


Hình 6. Áp lực tác dụng lên vít ép

$$t = t_d + t_e + t_g + t_{ln} + t_m + t_{lct} \quad (16)$$

$$t = 2 + 0,24 + 4,8 + 35,5 + 2 + 2 = 46,54 \text{ s} \quad (17)$$

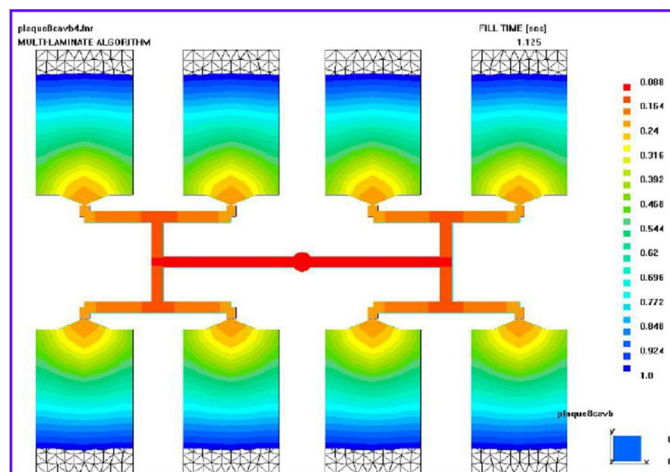
Trên cơ sở các thông số đã tính toán, ta có biểu đồ chế độ ép như hình 7:



Hình 7. Biểu đồ chế độ ép

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Đã tính toán chế độ ép tối ưu và đưa ra biểu đồ chế độ ép, các thông số này được lấy làm kết quả đầu vào cho việc mô phỏng quá trình biến dạng nhiệt và sau khi làm nguội sản phẩm, sau đó tiến hành kiểm tra chất lượng bề mặt và độ chính xác về hình dạng của sản phẩm. Việc tính toán này nhằm tạo ra các sản phẩm có chất lượng tốt, khắc phục những sai hỏng có thể xảy ra trong quá trình chế tạo.

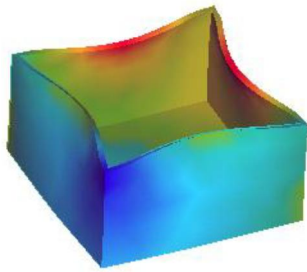


Hình 8. Biểu đồ nhiệt khi ép nhựa

Đối với sản phẩm nhựa, thường xảy ra hiện tượng quá nhiệt, co ngót... Dẫn đến phế phẩm. Trên hình 8 thể hiện biểu đồ nhiệt khi mô phỏng bằng phương pháp phân tử hữu hạn. Có thể thấy

rằng nhiệt độ tại các vị trí của đậu rót cao và giảm dần khi chảy vào lòng khuôn, trong đó khi thay đổi các thông số lực ép (F), hành trình làm việc của vít ép (L), tốc độ ép (Q) và thời gian ép thì biểu đồ nhiệt cũng thay đổi theo, đặc biệt là khi tăng hoặc giảm thời gian một chu kỳ làm việc của vít ép biểu đồ thay đổi mạnh nhất, do đó khi tính toán các thông số chế độ ép không hợp lý sẽ dẫn đến phế phẩm.

Trên hình 9 mô phỏng một dạng phế phẩm xảy ra do quá trình co ngót nhiệt. Trên hình 10 thể hiện sản phẩm thực tế được ép trên máy ép nhựa 80 tấn theo chế độ ép đã tính toán (tại Viện Nhựa - Thái Lan).



Hình 9. Một dạng phế phẩm do co ngót



Hình 10. Sản phẩm thực tế

4. KẾT LUẬN

Quá trình ép các sản phẩm nhựa là một quá trình phức tạp, việc tính toán chế độ ép tối ưu là cần thiết để tạo ra các sản phẩm có chất lượng tốt, nâng cao năng suất và giảm thiểu phế phẩm.

Đã đưa ra phương pháp tính toán chế độ ép với một sản phẩm cụ thể, mô phỏng quá trình ép trên máy tính, từ đó đưa ra các khuyến cáo cho nhà sản xuất để thiết lập các chế độ ép tối ưu cho quá trình ép nhựa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Peerawat Somnuk., 2017. *Injection Moulding Technology*, Plastics Institute of Thailand.
- [2]. *Standard Components for Plastic Mold*, MISUMI CATALOG 2007.
- [3]. Sakchai., 2017. *Plastics Injection Molding*, Thailand - Germany Institute.