

Nội dung tìm hiểu

1. Hệ thống làm nguội

- Một số chất làm nguội
- Các thành phần của hệ thống làm nguội trong khuôn ép nhựa
- Quy luật thiết kế kênh dẫn nguội
- Thiết kế kênh dẫn nguội
- Làm nguội lõi khuôn
- Làm nguội lòng khuôn
- Tính lưu lượng nước làm nguội
- Tính thời gian làm nguội

2. Hệ thống dẫn hướng và định vị

- Chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng
- Cơ cấu định vị
- Vị trí chốt và bạc dẫn hướng

3. Hệ thống thoát khí

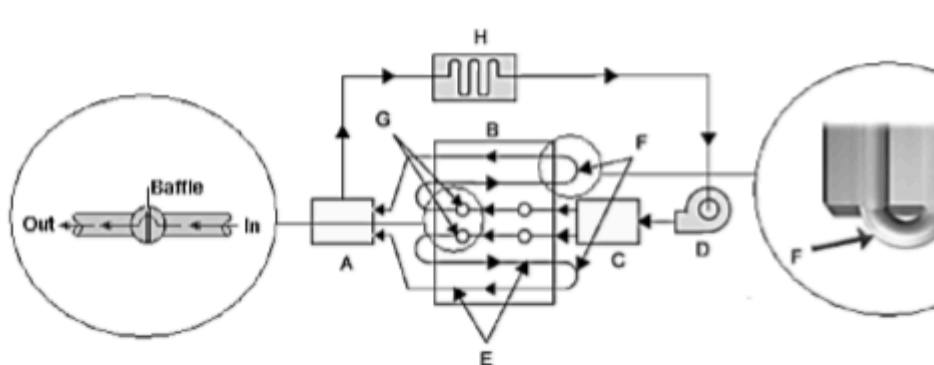
- Các kiểu thoát khí
- Rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn
- Thoát khí qua hệ thống đẩy trong khuôn
- Thoát khí qua hệ thống hút chân không
- Thoát khí qua hệ thống làm mát, Slide, insert

HỆ THỐNG LÀM NGUỘI

- Một số chất làm nguội:

Chất làm nguội thông dụng	
Chất làm nguội	Nhiệt độ làm việc(°C)
Chất chống đông băng (glycol/nước)	-20 – 0
Nước chống làm lạnh hoặc nước gia nhiệt	0 – 90
Dầu truyền nhiệt	90– 200
Gia nhiệt điện	150 – 450

- * Các thành phần hệ thống làm nguội:



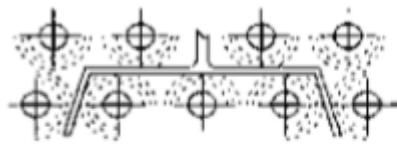
Sơ đồ 1.5.4.1. Thành phần hệ thống làm nguội

91

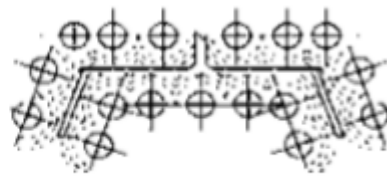
- A: Bể chứa dung dịch làm nguội(Collection manifold)
- B: Khuôn (Mold)
- C: Ống cung cấp chất làm nguội (Supply manifold)
- D: Bơm (Pump)
- E: Kênh làm nguội (Regular Cooling Channels)
- F: Ống dẫn (Hoses)
- G: Vách làm nguội (Baffle)
- H: Bộ điều khiển nhiệt độ (Temperature Controller)

- * Quy luật thiết kế kênh dẫn nguội:

- Cần chú ý đến phần dày nhất của sản phẩm



Làm nguội đều

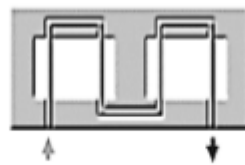


Làm nguội không đều

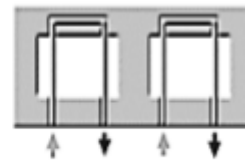
- Kênh dẫn nguội nên để gần mặt lòng khuôn để có thể giải nhiệt tốt hơn.
- Đường kính của rãnh dẫn nguội nên không đổi trên toàn bộ chiều dài kênh để tránh sự ngắt dòng sẽ làm trao đổi nhiệt không tốt.
- Thiết kế đường nước sao cho có 1 đầu vào và 1 đầu ra
- Nên chia kênh làm nguội thành nhiều vòng làm nguội. Không nên thiết kế chiều dài kênh dẫn nguội quá dài dẫn đến mất áp và tăng nhiệt độ làm độ chênh lệch nhiệt độ đầu vào và đầu ra tăng quá 3°C.



Không tốt



Không tốt



Tốt

- Nhiệt độ ở đầu vào và đầu ra càng ít chênh lệch càng tốt ($T = T_{ra} - T_{vào}$), T đảm bảo trong khoảng từ $1 \div 5^\circ\text{C}$. Lượng nhiệt được giải tỏa ra khỏi khuôn tỷ lệ với vận tốc dòng chảy, muốn lượng nhiệt giải tỏa ra nhiều và nhanh chóng, phải làm sao tăng vận tốc dòng chảy thông qua hệ thống bơm thủy lực.
- Cần tính toán tiết diện lỗ nước sao cho nguồn nước cung cấp đủ cho cả hệ thống. Thông thường thì đường nước thường thiết kế với $8 \text{ P.T } 1/8$ hoặc $10 \text{ P.T } 1/4$
- Kênh làm nguội phải được khoan có độ nhám để tạo dòng chảy rối sẽ giúp trao đổi nhiệt tốt hơn dòng chảy tầng 3-5 lần.
- Dòng chảy rối được đặc trưng bởi số Reynold (Re). Theo bảng:

Số Reynold	Trạng thái dòng chảy
$Re > 10000$	Chảy rối
$2300 < Re < 10000$	Chuyển tiếp
$100 < Re < 2300$	Chảy tầng
$Re < 100$	Ứ đọng

- Số Reynold có thể tính theo công thức sau:

$$Re = \frac{\rho \cdot U \cdot d}{\mu}$$

- Trong đó:
- ρ : tỷ trọng riêng của chất làm nguội(kg/m^3)
 - U : vận tốc trung bình của dòng chất làm nguội(m/s)
 - d : đường kính kênh làm nguội(m)
 - μ : hệ số nhớt kênh làm nguội(m^2/s)
- + Khái niệm “Số Reynold”

- + là một giá trị biểu thị độ lớn tương đối giữa ảnh hưởng gây bởi lực quán tính và lực ma sát trong (tính nhớt) lên dòng chảy.
 - Dòng chảy có $Re \leq 2300$ là dòng chảy tầng;
 - Dòng chảy có $10^4 > Re > 2300$ là dòng chảy chuyển tiếp từ chảy tầng sang chảy rối;
 - Dòng chảy có $Re \geq 10^4$ là dòng chảy rối;

- **Thiết kế kênh làm nguội**

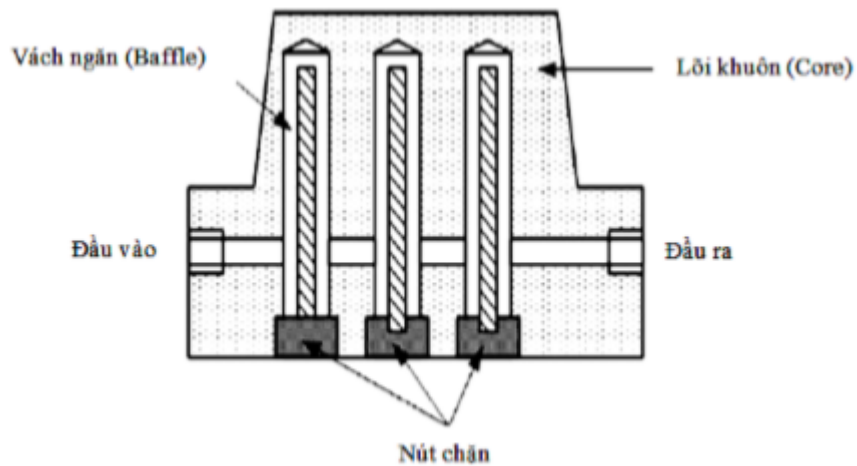
- Các kênh làm nguội phải đặt càng gần bề mặt khuôn càng tốt nhưng cần chú ý đến độ bền cơ học của vật liệu khuôn.
- Đường kính kênh làm nguội phải lớn hơn 8mm (8 hoặc 10) để dễ gia công và phải giữ nguyên như vậy để tránh tốc độ chảy của chất lỏng đang làm nguội khác nhau do đường kính các kênh làm nguội khác nhau.
- Nên chia hệ thống làm nguội ra nhiều vùng làm nguội để tránh các kênh làm nguội quá dài dẫn đến sự chênh lệch nhiệt độ lớn.
- Đặc biệt chú ý đến việc làm nguội những phần dày của sản phẩm.
- Lưu ý đến hiện tượng cong vênh do sự co rút khác nhau khi bề dày sản phẩm khác nhau.

W	D
Bề dày thành sản phẩm mm (inch)	Đường kính kênh làm nguội mm (inch)
2(0.08)	8+10(0.30+0.40)
2+4 (0.08+0.16)	10+12(0.40+0.47)
4+6(0.16+0.24)	12+14(0.47+0.55)

- * **Làm nguội lõi khuôn:**

Một số phương thức dùng để làm lạnh lõi phụ thuộc vào kích cỡ và cấu trúc:

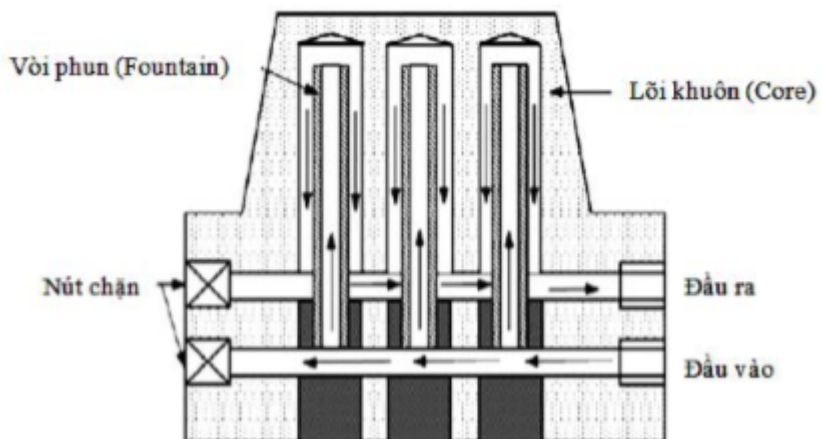
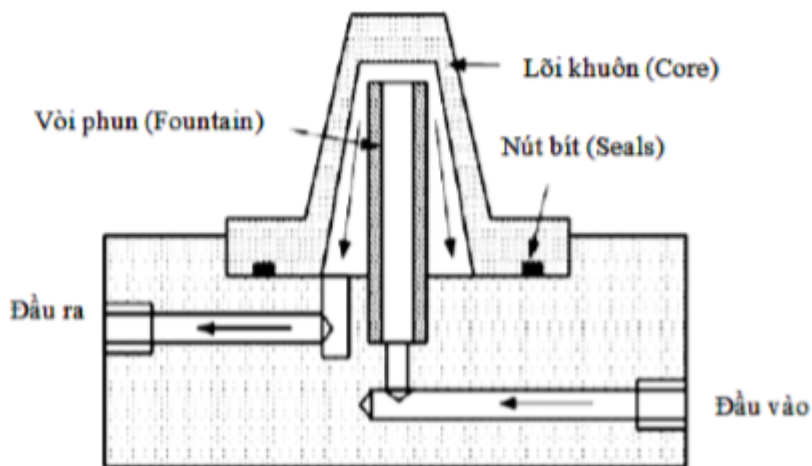
- Làm lạnh có vách ngăn (Baffle system)
- Kiểu vòi phun (Fountain system)
- Dạng lỗ góc (Angled hole)
- Làm lạnh lỗ từng bước (Stepped hole)
- Kiểu xoắn ốc (Spiral cooling)
- Thanh gia nhiệt (Heat rods)
- Ống gia nhiệt (Heat pipes)
- Beryllium copper cores and cavities
- Hệ thống làm lạnh có vách ngăn (Baffle system)
 Đây là 1 hệ thống đơn giản cho việc làm lạnh những lõi nhỏ, mặc dù những vách ngăn này có thể sử dụng trong những lõi lớn hơn.



- Hệ thống kiểu vòi phun:

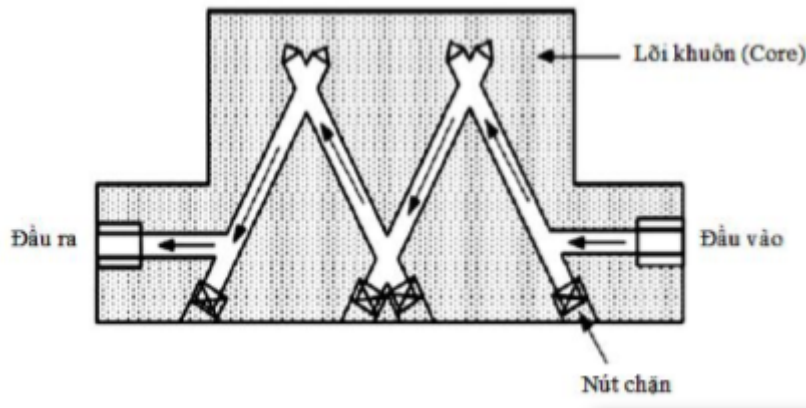
Hệ thống kiểu vòi phun cho năng suất cao hơn so với kiểu vách ngăn (Baffle) và giúp phân bố giải nhiệt đều khắp trên khuôn.

Với hệ thống này, nước làm nguội sẽ đi vào ở giữa và rẽ sang 2 bên nên khả năng giải nhiệt rất đều.

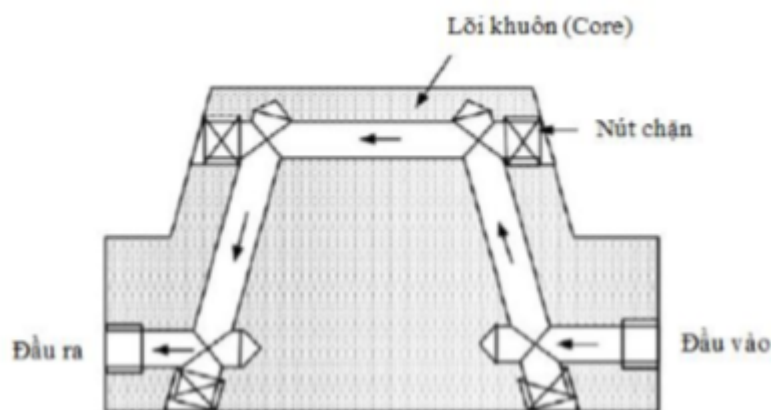


- Hệ thống dạng lỗ góc:

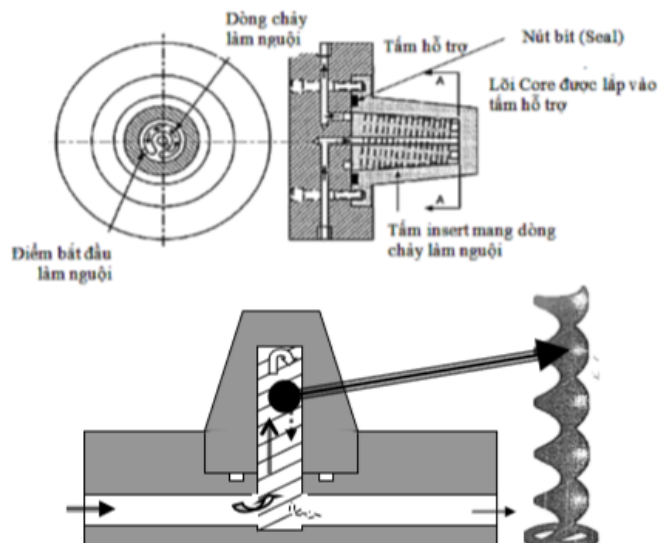
Với kiểu thiết kế này, sẽ rất nguy hiểm nếu phoi trong quá trình khoan những lỗ góc bị kẹt lại tại những bề mặt giao nhau dẫn đến hạn chế dòng chảy của chất làm nguội chảy qua lõi.



- Hệ thống làm lạnh dạng lỗ từng bước:
Hệ thống này thì dễ thiết kế hơn so với hệ thống Angled hole, nhưng nhược điểm của hệ thống này là sau khi những lỗ được khoan phải bịt một đầu lại để điều chỉnh dòng chảy; tuy nhiên đôi khi, có thể bị hỏng dẫn đến rò rỉ.

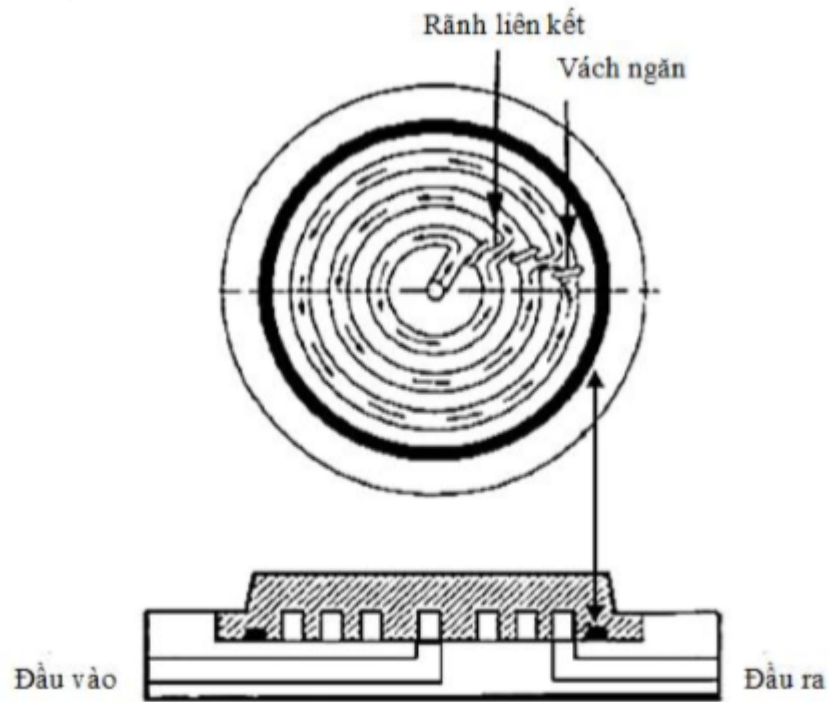


- Hệ thống làm nguội dạng xoắn ốc (Spiral cooling)
Đối với những lõi dạng trụ đường kính lớn hơn 50mm, hệ thống làm lạnh này cung cấp đường làm nguội đều và năng suất hơn, có khả năng điều khiển nhiệt độ tốt.

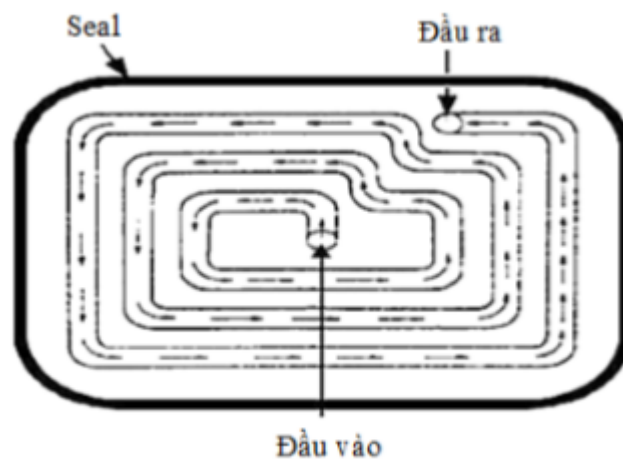


- **Làm nguội lòng khuôn (Cavity):**

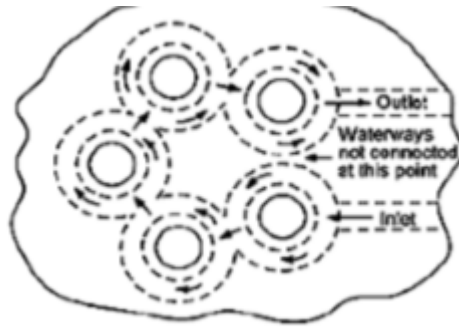
- Dạng tròn:



- Dạng hình chữ nhật:



- Dạng vành khuyên:



- **Tính lưu lượng nước làm nguội:**
- Công thức tính:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta_p \times \pi^2 \times g \times D^5}{8 \times \lambda \times L}}$$

- + Δ_p : Tổn thất áp dọc đường trong kênh nguội.
- + g : Hệ số gia tốc trọng trường, $g = 9.81(m/s^2)$.
- + L : tổng chiều dài của kênh nguội.
- + D : đường kính kênh nguội.
- + λ : hệ số tổn thất.

$$\Delta_p = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g} \times \frac{1}{D^5}$$

$$\lambda = f \times \left(\frac{\varepsilon}{D} \times R_e\right)$$

Trong đó:

ε : độ nhám tuyệt đối

D : đường kính kênh làm nguội

Theo công thức trên, thấy rằng đường kính kênh nguội tỉ lệ nghịch với tổn thất áp trong kênh nguội. Nếu đường kính kênh nguội càng giảm thì diện tích trao đổi nhiệt của kênh nguội và khuôn giảm làm cho tổn thất áp tăng lên đáng kể. Nhưng đường kính kênh nguội quá lớn thì sẽ ảnh hưởng đến độ bền khuôn, cũng như vị trí các bộ phận của hệ thống đẩy được bố trí trên khuôn.

Đường kính kênh nguội (mm)	Lưu lượng nước tối thiểu (lít/phút)
8	2,84
10	3,41
14	5,11
16	5,68
20	6,82
25	9,46

Bảng 1.5.10.1. Lưu lượng nước tối thiểu tương ứng với đường kính kênh nguội

- **Tính toán thời gian làm nguội:**

- Thời gian làm nguội được hiểu là thời gian từ lúc khuôn bắt đầu chịu tác động của áp suất giữ khuôn cho đến trước khi mở khuôn ra. Thời gian làm nguội có thể được xem như là một hàm số của: nhiệt độ khuôn, nhiệt độ chảy dẻo, tính chất vật liệu đem phun ép, và chiều dày của sản phẩm.

+ Trường hợp đơn giản, tính thời gian làm nguội với độ dày thành sản phẩm từ 1÷4 mm, nhiệt độ thành khuôn dưới 60°C có thể sử dụng công thức:

$$T_c = S_{\max} \times (1 + 2 \times S_{\max})$$

$S_{\max}$: thành dày nhất của sản phẩm

Ví dụ: $T_c = 2.5 \times (1 + 2 \times 2.5) = 15$ (s), sản phẩm dày 2.5 mm

Trường hợp nhiệt độ thành khuôn cao hơn 60°C thì thời gian làm nguội cộng thêm khoảng 30%:

$$t_c = \frac{h^2}{\alpha \times \pi^2} \times \ln \left(\frac{4}{\pi} \times \left(\frac{t_M - t_W}{t_E - t_W} \right) \right)$$

Trong đó:

h : chiều dày sản phẩm (m)

α : độ khuếch tán nhiệt

$$T = T_c + 30\% \times T_c$$

+ Trường hợp tổng quát:

t_E : nhiệt độ sản phẩm và được chọn theo bảng sau:

Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
$t_E(^{\circ}\text{C})$	82	118	93	116	170

Bảng 1.5.11.1. Nhiệt độ sản phẩm

t_W : nhiệt độ khuôn, đối với 1 số loại nhựa có thể chọn theo bảng sau:

Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
$t_W(^{\circ}\text{C})$	57	82	79	41	85

Bảng 1.5.11.2. Nhiệt độ khuôn

t_M : nhiệt độ chảy dẻo được chọn theo bảng sau:

Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
$t_M(^{\circ}\text{C})$	238	302	260	243	260

Bảng 1.5.11.3. Nhiệt độ chảy dẻo

+ Độ khuếch tán nhiệt được tính theo công thức sau:

$$\alpha = \frac{K}{\rho \times C_p}$$

Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
K (W/m. $^{\circ}\text{K}$)	0.264	0.19	0.246	0.246	0.25

CP: nhiệt dung riêng của nhựa, và hệ số CP có thể được chọn dựa theo bảng sau:

Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
CP (J/kg. $^{\circ}\text{K}$)	1314	1298	1252	1741	4400

ρ : khối lượng riêng của nhựa, và được cho theo bảng sau:

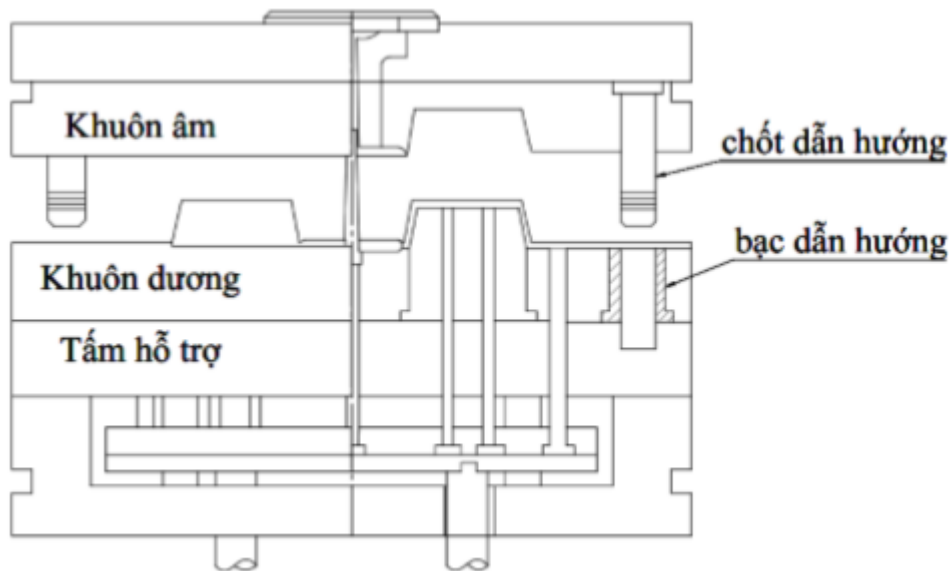
Loại nhựa	ABS	PC	PC/ABS	PBT	Nylon
ρ (kg/m ³)	1040	1200	1120	1310	961

Bảng 1.5.11.4. Độ dẫn nhiệt, nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của một số loại nhựa

HỆ THỐNG DẪN HƯỚNG VÀ ĐỊNH VỊ

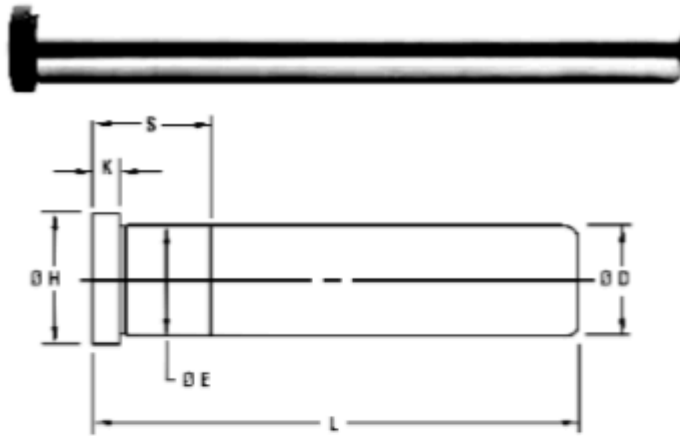
Có rất nhiều phương pháp để định vị hai tấm khuôn. Phương pháp được chọn phụ thuộc vào hình dạng của chi tiết, độ chính xác của sản phẩm, thậm chí cả tuổi thọ dự kiến của khuôn. Có vài cách chọn sau đây:

- (1) Không sử dụng định vị trong khuôn
- (2) Chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng
- (3) Khóa côn giữa lòng khuôn và lõi khuôn
- (4) Khóa côn giữa nhóm lòng khuôn và lõi khuôn
- (5) Khóa nêm
- (6) Kết hợp (2) với (3), (4), (5) hoặc (6)

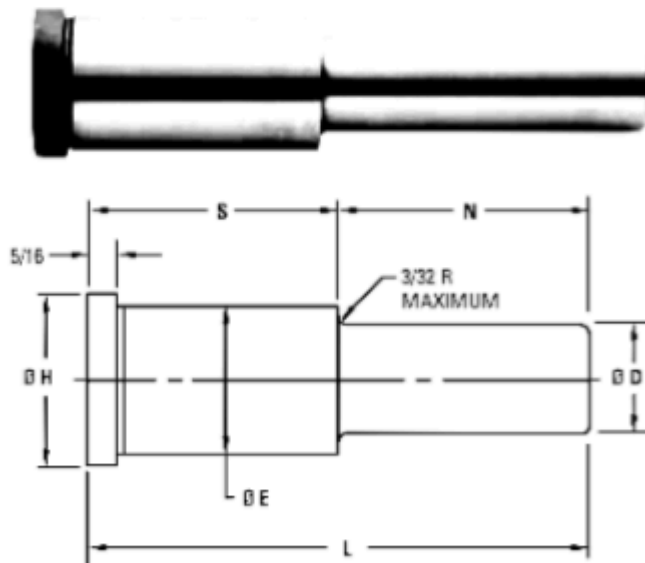


- **Chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng**

Chức năng chính của chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng là đưa khuôn sau vào khuôn trước thẳng hàng với nhau. Chốt dẫn hướng nằm ở khuôn trước và bạc dẫn hướng nằm ở khuôn sau.

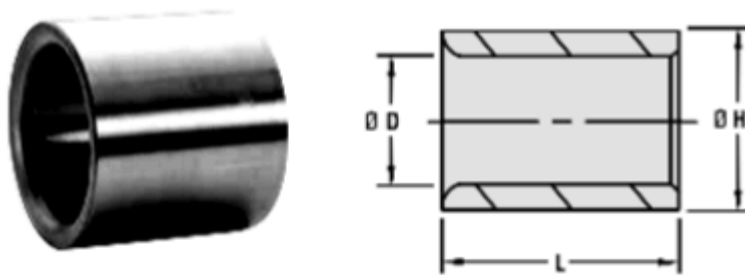


Hình 1.6.1.1. Chốt dẫn hướng thẳng có vai

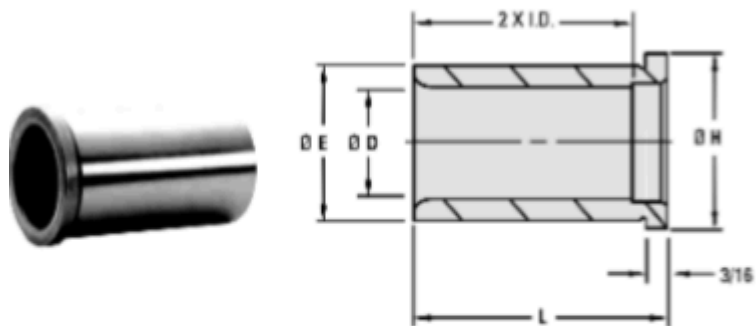


Hình 1.6.1.2. Chốt dẫn hướng bậc có vai

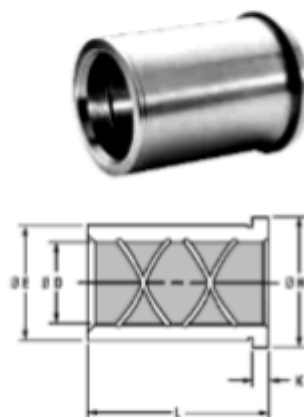
- Các loại bậc dẫn hướng:



Hình 1.6.1.3. Bạc dẫn hướng thẳng không có vai

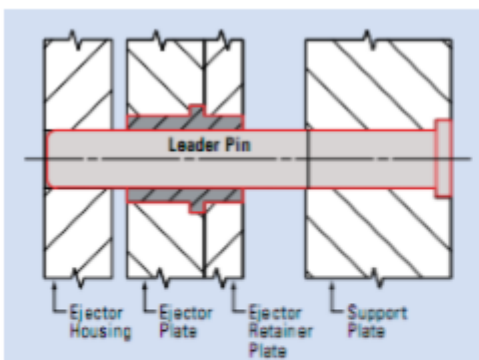
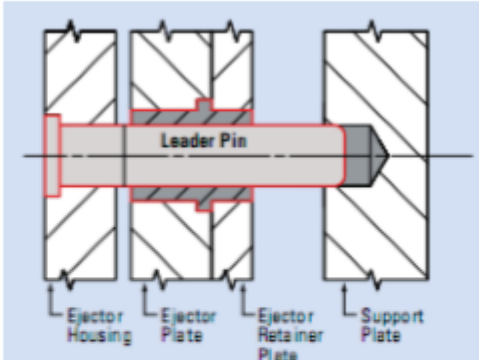


Hình 1.6.1.4. Bạc dẫn hướng có vai



Hình 1.6.1.5. Bạc dẫn có rãnh tra dầu

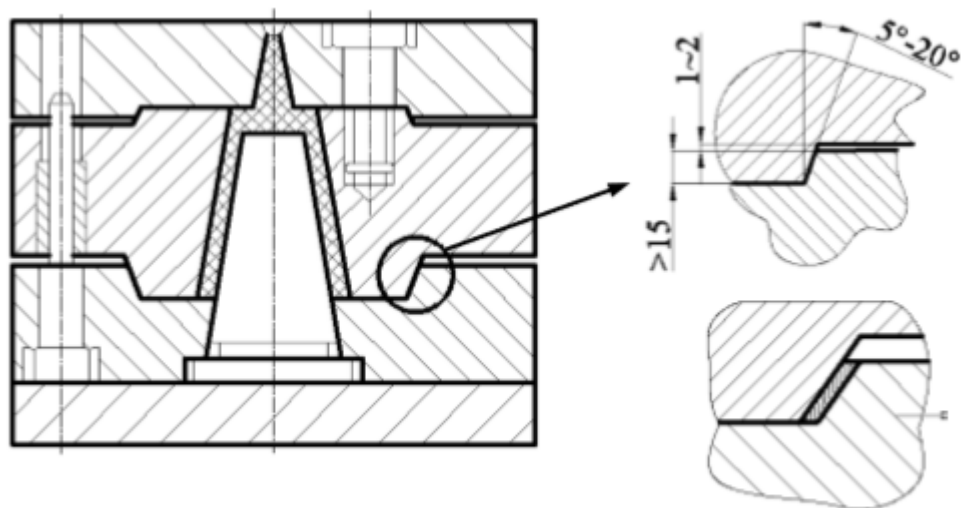
- Cách lắp bạc dẫn hướng và chốt dẫn hướng;

	
Khi chốt được cài đặt trên tấm hỗ trợ, ổ đỡ có thể được gỡ bỏ từ khuôn mà không gỡ bỏ tấm đẩy. Điều này cho phép dễ dàng bảo dưỡng hệ thống đẩy.	Chốt được cài đặt trên ổ đỡ nhanh chóng, khi ổ đỡ gỡ bỏ từ khuôn chuẩn. Lắp ráp hoàn chỉnh bị loại bỏ.

- **Cơ cấu định vị:**

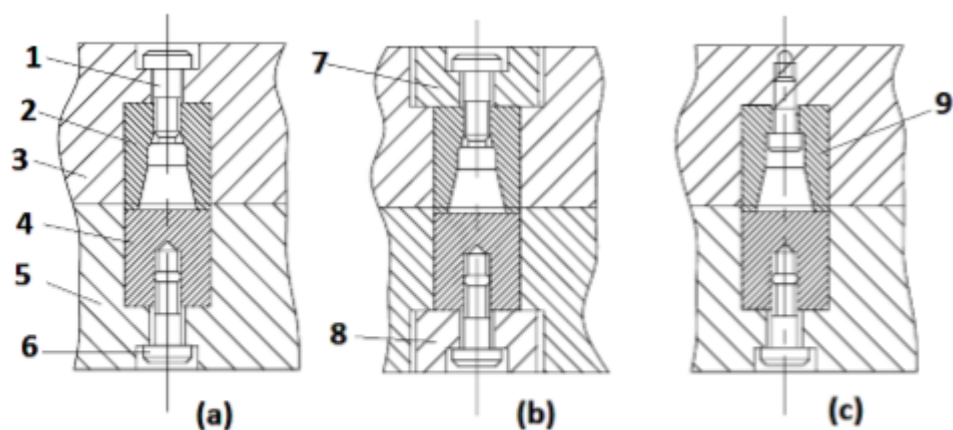
- Cơ cấu định vị mặt côn:

Cấu trúc như hình bên dưới là hình dạng định vị chính xác cho mặt côn giữa các tấm khuôn. Ứng dụng chính cho lòng khuôn rộng và sâu với sản phẩm có thành mỏng. Để tránh bị trên mặt côn và nâng cao tuổi thọ khuôn, nên tối bề mặt ở chỗ tiếp xúc của mặt côn hay lắp vào nó khối lắp ghép đã được tôi bề mặt.



Hình 1.6.2.1. Cơ cấu định vị mặt côn

Hình bên dưới là cơ cấu thường dùng cho mặt côn định vị chính xác trong cơ cấu định vị của khuôn ép nhựa, được lắp xung quanh lòng khuôn. Hình a và b là bạc định vị mặt côn chuẩn, và kết cấu như hình c có thể lắp và tháo trên mặt đường phân khuôn, dễ dàng sửa chữa và bảo trì, và thường xuyên sử dụng khi tấm khuôn cố định dày. Chốt định vị cho mặt côn thường được lắp trên tấm khuôn di động.



Hình 1.6.2.2. Cơ cấu định vị mặt côn chính xác

1&6: vít, 2&9: bạc định vị chính xác mặt côn, 3: tấm khuôn cố định, 4: chốt định vị chính xác mặt côn, 5: tấm di động, 7&8: vòng đệm.

- Cơ cấu định vị bằng mặt vát

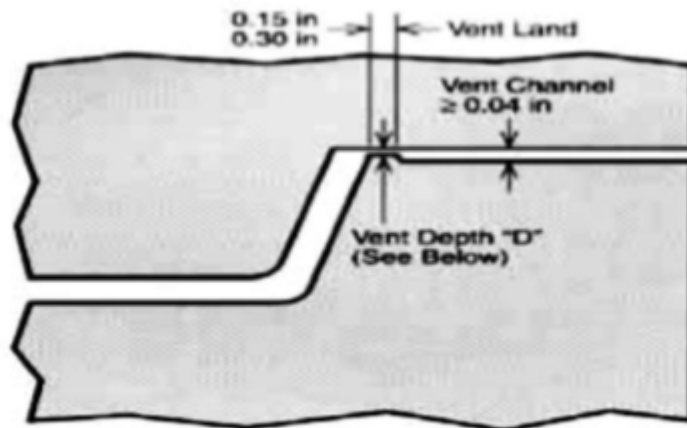
1. Tấm khuôn cố định, 2. Nêm định vị mặt bên, 3. Tấm khuôn di động	1. Tấm khuôn cố định, 2. Nêm hai mặt vát bên, 3. Tấm khuôn di động	1. Nêm mặt bên, 2. Tấm chống ăn mòn
Hình 1.6.2.3. Mặt vát đơn định vị chính xác	Hình 1.6.2.4. Mặt vát đôi định vị chính xác	Hình 1.6.2.5. Mặt vát định vị có tấm chống ăn mòn

HỆ THỐNG THOÁT KHÍ

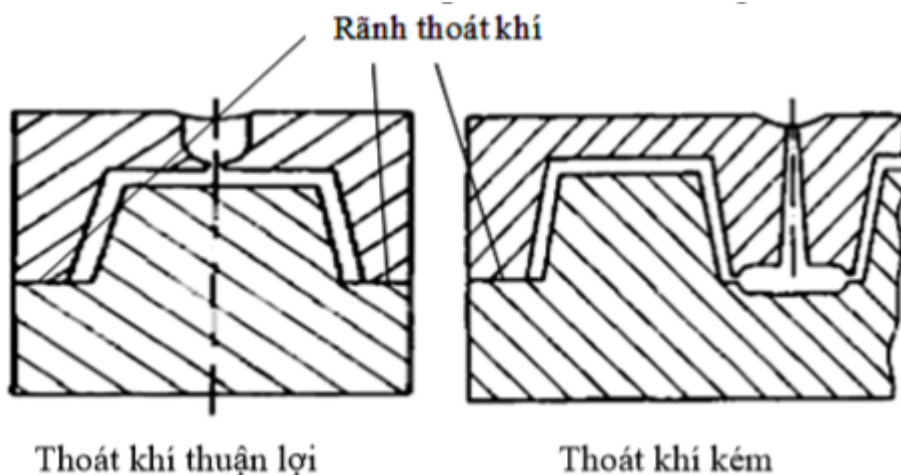
Trong lòng khuôn luôn chứa không khí cần được đẩy ra ngoài khi nhựa điền đầy khuôn. Không khí này phải được thoát một cách nhanh chóng trong suốt quá trình điền đầy. Như vậy, hệ thống thoát khí là cung cấp nhiều con đường để không khí bị mắc kẹt trong lòng khuôn thoát ra một cách nhanh chóng và dễ dàng. Hệ thống thoát khí cần thiết kể sao cho không khí dễ dàng thoát ra, nhưng không cho nhựa nóng chảy đi qua.

Khi không có hệ thống thoát khí hay hệ thống thoát khí không được thiết kế tốt thì sẽ gây ra một số khuyết tật nghiêm trọng trên sản phẩm như bị đường hàn, vết cháy, chi tiết không điền đầy..

- **Các kiểu thoát khí:**
 - Thoát khí qua rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn
 - Thoát khí qua hệ thống đẩy trên khuôn
 - Thoát khí qua hệ thống hút chân không
 - Thoát khí qua hệ thống làm mát, insert, Slide
- **Rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn:**

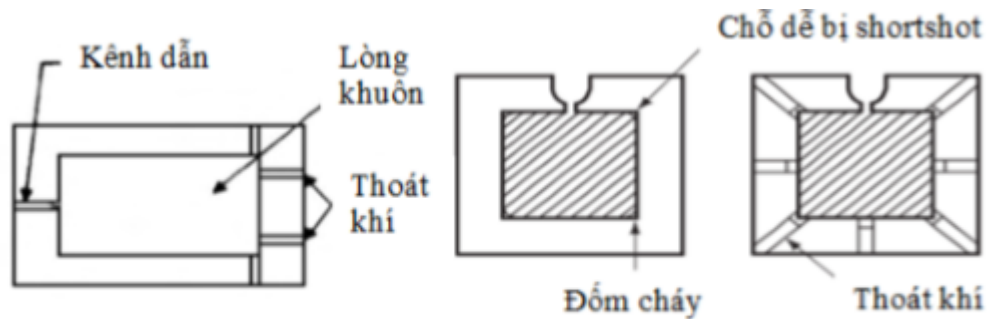


Hình 1.7.3.1 - Rãnh thoát khí

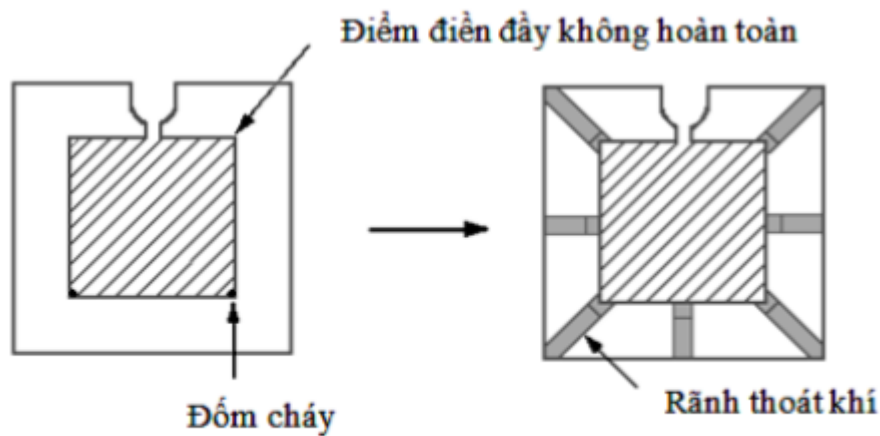


- Cách bố trí:

Nên đặt tại nhiều vị trí khác nhau dọc theo hệ thống kênh dẫn và đường bao chi tiết. Nhưng chúng đặc biệt cần thiết nằm ở những vị trí được điền đầy cuối cùng. Thông thường đó là những khu vực xa cổng vào nhựa nhất. Vì khi điền đầy thì khu vực cuối này không khí bị nén lại và hình thành các bẫy khí nên nó được bố trí tại đây

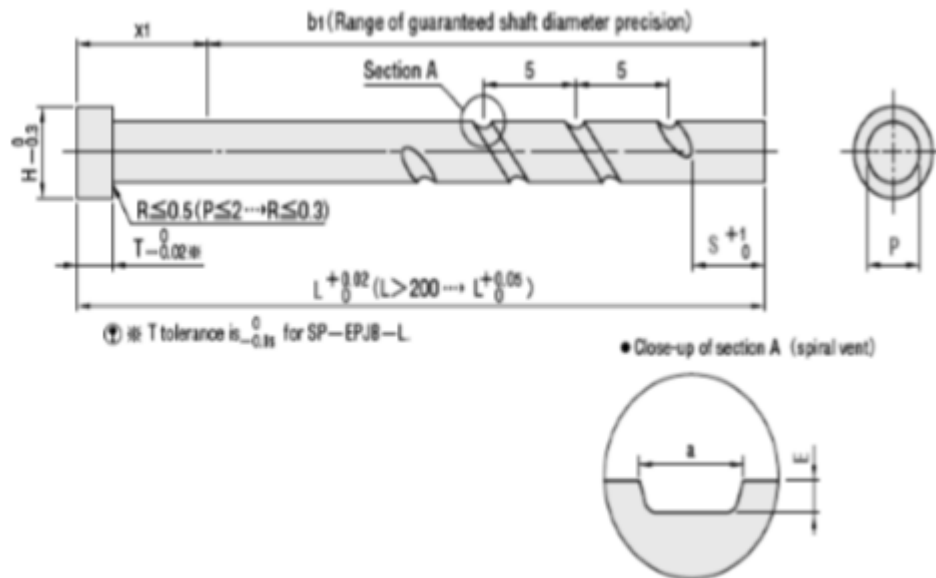


Hình 1.7.3.5. Cách bố trí rãnh thoát khí



Hình 1.7.3.6. Cách bố trí rãnh thoát khí

- **Thoát khí qua hệ thống đẩy trong khuôn:**
 - Dựa vào hệ thống đẩy trên khuôn. Trên các ty đẩy này, thiết kế các rãnh xoắn để từ đó không khí trong khuôn theo các rãnh này đi ra ngoài.

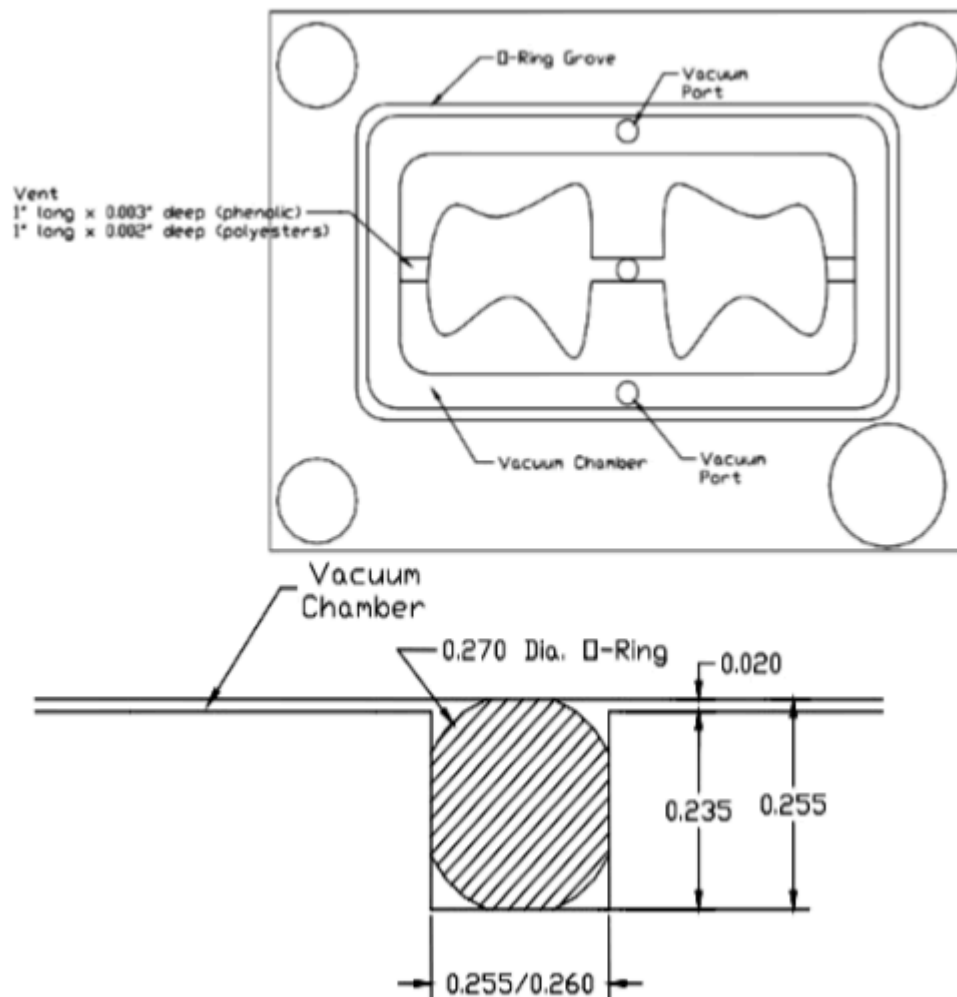


Hình 1.7.5.1. Cách bố trí rãnh thoát khí trên ty đẩy

- Mặt mài trên ti lõi (ejector pin): dựa vào độ hở giữa trục với lỗ khi lắp ráp, vì hệ thống đẩy phải trượt dọc trục để đẩy chi tiết ra ngoài, nên lắp ráp ở đây là lắp ráp có độ hở. Chính vì vậy mà dựa vào khe hở đó không khí có thể thoát ra ngoài loại bỏ các bẫy khí.

- Khi sử dụng hệ thống đẩy vào việc thoát khí thì cần lau chùi hàng ngày để loại bỏ những vật làm ngăn không cho thoát khí. Cần được thay thế hay tháo ra làm sạch khi bị tắt.

- Ưu điểm:
 - + Thiết kế chung với hệ thống đẩy nên tiết kiệm chi phí
- Nhược điểm:
 - + Đòi hỏi độ chính xác cao mới có thể thoát khí tốt
 - + Đòi hỏi hệ thống đẩy có độ bóng cao
- **Thoát khí qua hệ thống hút chân không:**
 - Hiện nay, hệ thống hút chân không đang dần được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp khuôn mẫu vì những ưu điểm của nó. Đối với một số khuôn, việc sử dụng những phương pháp thoát khí truyền thống là không triệt để, do kết cấu lòng khuôn phức tạp, có nhiều điểm chết (dead pocket) khiến không khí không thể thoát ra ngoài hoàn toàn. Phương pháp hút chân không đã khắc phục được những vấn đề này.



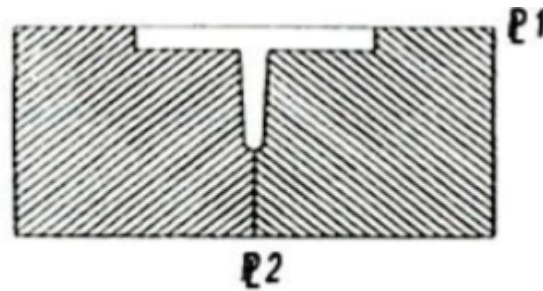
Hình 1.7.6.1. Cách bố trí hệ thống hút chân không

- Hình trên trình bày sơ lược về cấu tạo của hệ thống, bao gồm:
 - + Các rãnh dẫn đưa không khí ra 1 rãnh chứa khí bao quanh chu vi của lòng khuôn
 - + Bên ngoài có 1 vòng đệm bằng cao su để cách ly giữa môi trường ngoài và bên trong khuôn, làm cho không khí bên ngoài không thể lọt vào khuôn.
 - + Tại rãnh chứa khí: thiết kế các lỗ thông để nối với bơm chân không.
- Nguyên lí hoạt động:

Khi khuôn đóng, bơm chân không được mở để đưa toàn bộ lượng không khí ra ngoài khuôn, tạo cho thể tích bên trong lòng khuôn hoàn toàn là chân không; như vậy, khi nhựa được phun vào sẽ không bị cản trở bởi lượng khí còn tồn đọng.
- Thời điểm bắt đầu mở máy bơm chân không

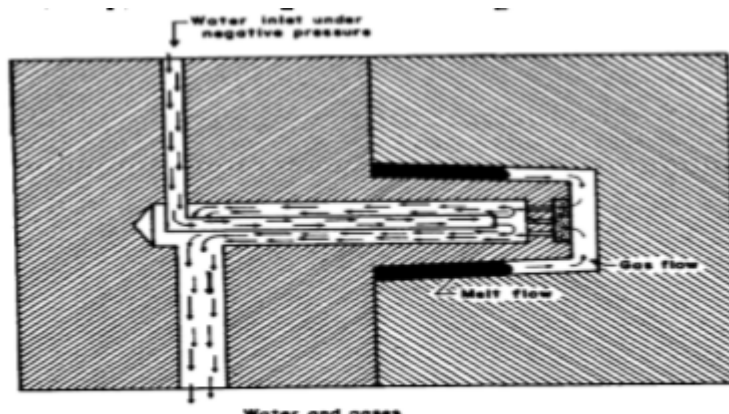
Để biết được thời điểm bắt đầu hút khí ra khỏi lòng khuôn, tiến hành đóng khuôn và đặt một máy đo chân không ở cuối miệng phun nhựa. Sau đó, bắt đầu mở máy bơm chân không và xác định thời gian để hút toàn bộ khí trong lòng khuôn ra ngoài. Từ thông tin này giúp cho việc xác định thời gian mở máy hút chân không cho hợp lý.
- Ưu điểm:
 - + Hiệu quả thoát khí rất cao
 - + Khắc phục nhiều khuyết điểm của phương pháp thoát khí truyền thống, có thể thoát khí tại những điểm chết

- Nhược điểm:
 - + Thiết kế phức tạp, tốn kém
 - + Khó gia công khuôn vì phải bố trí rãnh chứa khí, lỗ thông với máy bơm chân không.
- **Thoát khí qua hệ thống làm mát, Slide, insert...**
 - Đối với những chi tiết có gân, việc dùng rãnh ở mặt phân khuôn hay ty đẩy đều không khả thi, phương án được đưa ra là sử dụng lòng khuôn kiểu insert để tận dụng khe hở lắp ghép giữa 2 mảnh để bố trí rãnh thoát.



Hình 1.7.7.1. Cách bố trí rãnh thoát khí chỗ miêng ghép

- Một cách thoát khí nữa thường được dùng là qua hệ thống làm mát.
- Hình dưới đây cho thấy lòng khuôn được lắp vào 1 mảnh insert được làm từ kim loại xốp, có khả năng dẫn khí từ lòng khuôn vào kênh làm mát.



Hình 1.7.7.2. Cách bố trí rãnh thoát khí thông qua kênh làm mát

- Ưu điểm:
- + Thoát khí tốt cho sản phẩm có gân khắc phục khuyết điểm của thoát khí bằng mặt phân khuôn và hệ thống đẩy
- + Giá rẻ
- Nhược điểm:
- + Lòng khuôn bố trí phức tạp