

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**---&---&---**

**KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO**

**TS. PHẠM SƠN MINH  
ThS. TRẦN MINH THẾ UYÊN**



**GIÁO TRÌNH  
THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO  
KHUÔN PHUN ÉP NHỰA**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

# LỜI NÓI ĐẦU

Trong vòng mười năm trở lại đây, ngành nhựa trở thành ngành có tốc độ tăng trưởng nhanh nhất trong cả nước. Sản phẩm nhựa Việt Nam đã có mặt trên 40 quốc gia và vẫn không ngừng tăng trưởng. Ngành nhựa phát triển lớn mạnh kéo theo sự ra đời của nền công nghiệp khuôn mẫu để hỗ trợ là điều tất yếu. Chính điều này đã tạo nên một cơ hội cũng như những thách thức cho đội ngũ các kỹ sư trong lĩnh vực khuôn mẫu.

Sản phẩm nhựa có thể được chế tạo bằng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó, phổ biến nhất là công nghệ ép phun. Công nghệ này mang lại hiệu quả kinh tế rất cao, tốn ít thời gian tạo ra sản phẩm, thích hợp cho sản xuất hàng loạt. Hiện nay, ngành công nghệ ép phun có nhiều phát triển vượt bậc, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của việc ứng dụng CAD/CAM/CNC-CAE vào thiết kế và lập quy trình sản xuất, ngành công nghiệp nhựa đang dần khẳng định được vị trí của mình trong nền công nghiệp nước nhà.

Với mục đích giúp người đọc làm quen và có khả năng thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa, nhóm tác giả đã biên soạn cuốn sách này với sự giúp đỡ tận tình của KS. Chu Minh Tuấn, KS. Hoàng Minh Hải, KS. Lê Nhật Sơn, KS. Nguyễn Nhật Bình và các đồng nghiệp – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, nhằm dùng làm tài liệu học tập cho môn học THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO KHUÔN PHUN ÉP NHỰA, dùng cho sinh viên Đại học và học viên Cao học thuộc nhóm ngành Kỹ thuật Cơ khí.

Trong quá trình biên soạn, không thể tránh khỏi những thiếu sót. Nhóm tác giả rất mong nhận được sự góp ý của người đọc để các lần biên soạn sau được hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến đóng góp xin vui lòng gửi về địa chỉ email: minhps@hcmute.edu.vn hoặc uyentmt@hcmute.edu.vn.

*Tp. Hồ Chí Minh, tháng 03 năm 2014, Nhóm tác giả:*

***TS. Phạm Sơn Minh***

***ThS. Trần Minh Thế Uyên***

***Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM***

# MỤC LỤC

|   |    |
|---|----|
| LỜI NÓI ĐẦU .....   | 3  |
| MỤC LỤC .....   | 4  |
| Chương 1. CẤU TẠO KHUÔN ÉP PHUN.....  | 10 |
| 1.1 TỔNG QUÁT .....   | 10 |
| 1.1.1 Khái niệm về khuôn .....  | 10 |
| 1.1.2 Phân loại khuôn ép phun .....   | 11 |
| 1.1.3 Kết cấu chung của một bộ khuôn .....                                  | 12 |
| 1.2 HỆ THỐNG CẤP NHỰA NGUỘI (Cool runner).....                              | 13 |
| 1.2.1 Tổng quan về hệ thống cấp nhựa nguội.....                             | 13 |
| 1.2.2 Đặc điểm và chức năng các bộ phận của hệ thống kênh dẫn<br>nguội..... | 15 |
| 1.2.3 Ví dụ.....  | 45 |
| 1.3 HỆ THỐNG CẤP NHỰA NÓNG (HOT RUNNER - HR).....                           | 47 |
| 1.3.1 Nhiệm vụ, yêu cầu, lợi ích và hạn chế .....                           | 47 |
| 1.3.2 Cấu trúc và chức năng của hệ thống Hot Runner .....                   | 50 |
| 1.3.3 Đặc điểm, cách tính và bố trí các thành phần.....                     | 51 |
| 1.4 HỆ THỐNG LẤY SẢN PHẨM .....   | 76 |
| 1.4.1 Các cách lấy sản phẩm ra khỏi khuôn .....                             | 76 |
| 1.4.2 Khái niệm hệ thống đẩy.....   | 76 |
| 1.4.3 Nguyên lý chung .....   | 77 |
| 1.4.4 Các hệ thống đẩy thường dùng.....                                     | 77 |
| 1.4.5 Điều khiển hệ thống đẩy.....  | 82 |
| 1.4.6 Một số điểm cần lưu ý khi thiết kế hệ thống đẩy .....                 | 85 |
| 1.4.7 Ví dụ về tính toán hệ thống đẩy .....                                 | 85 |
| 1.5 HỆ THỐNG LÀM NGUỘI .....  | 90 |
| 1.5.1 Tầm quan trọng và mục đích của hệ thống làm nguội .....               | 90 |
| 1.5.2 Một số chất làm nguội .....   | 91 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 1.5.3  | Độ dẫn nhiệt của kim loại.....                                 | 91  |
| 1.5.4  | Các thành phần của hệ thống làm nguội trong khuôn ép nhựa..... | 91  |
| 1.5.5  | Quy luật thiết kế kênh dẫn nguội.....                          | 92  |
| 1.5.6  | Thiết kế kênh làm nguội.....                                   | 95  |
| 1.5.7  | Làm nguội lõi khuôn .....                                      | 96  |
| 1.5.8  | Làm nguội lòng khuôn .....                                     | 102 |
| 1.5.9  | Các chi tiết sử dụng trong hệ thống làm nguội.....             | 106 |
| 1.5.10 | Tính lưu lượng nước làm nguội.....                             | 112 |
| 1.5.11 | Tính toán thời gian làm nguội .....                            | 113 |
| 1.5.12 | Thời gian làm nguội của 1 số dạng chi tiết .....               | 115 |
| 1.5.13 | Kiểm soát nhiệt độ khuôn.....                                  | 116 |
| 1.6    | HỆ THỐNG DẪN HƯỚNG VÀ ĐỊNH VỊ.....                             | 117 |
| 1.6.1  | Chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng.....                           | 118 |
| 1.6.2  | Cơ cấu định vị .....   | 121 |
| 1.6.3  | Vị trí của chốt và bạc dẫn hướng.....                          | 123 |
| 1.7    | HỆ THỐNG THOÁT KHÍ .....                                       | 123 |
| 1.7.1  | Khái quát .....  | 123 |
| 1.7.2  | Các kiểu thoát khí.....  | 125 |
| 1.7.3  | Rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn .....                       | 125 |
| 1.7.4  | Hệ thống thoát khí trên kênh dẫn .....                         | 130 |
| 1.7.5  | Thoát khí qua hệ thống đẩy trong khuôn.....                    | 130 |
| 1.7.6  | Thoát khí qua hệ thống hút chân không .....                    | 132 |
| 1.7.7  | Thoát khí qua hệ thống làm mát, slide, insert... ..            | 134 |
| 1.7.8  | So sánh các phương pháp thoát khí.....                         | 135 |
| 1.7.9  | Ví dụ.....   | 135 |
| 1.8    | HỆ THỐNG THÁO UNDERCUT .....                                   | 137 |
| 1.8.1  | Giới thiệu.....  | 137 |
| 1.8.2  | Undercut mặt ngoài .....                                       | 139 |
| 1.8.3  | Undercut mặt trong.....  | 145 |

|   |     |
|---|-----|
| 1.8.4 Xilanh thủy lực tháo undercut .....                   | 149 |
| 1.8.5 Ren trong (hoặc undercut trong dạng tròn xoay) .....  | 151 |
| 1.8.6 Ren ngoài (hoặc undercut ngoài dạng tròn xoay).....   | 154 |
| 1.9 MỘT SỐ LOẠI KHUÔN .....                                 | 157 |
| 1.9.1 Khuôn hai tấm .....                                   | 157 |
| 1.9.2 Khuôn ba tấm .....                                    | 158 |
| 1.9.3 Khuôn nhiều tầng .....                                | 159 |
| 1.9.4 Khuôn cho sản phẩm nhiều màu .....                    | 162 |
| Chương 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ THIẾT KẾ KHUÔN ÉP NHỰA         | 163 |
| 2.1 Các nguyên tắc cơ bản để thiết kế sản phẩm nhựa .....   | 163 |
| 2.1.1 Dòng đồng hướng.....                                  | 163 |
| 2.1.2 Cân bằng dòng.....                                    | 163 |
| 2.1.3 Phân bố áp suất .....                                 | 163 |
| 2.1.4 Ứng suất trượt cực đại.....                           | 164 |
| 2.1.5 Vị trí đường hàn và đường nối .....                   | 164 |
| 2.2 Quy trình thiết kế .....                                | 164 |
| 2.2.1 Quy trình sản xuất khuôn .....                        | 164 |
| 2.2.2 Quy trình thiết kế khuôn.....                         | 165 |
| 2.2.3 Quy trình thiết kế sản phẩm .....                     | 166 |
| 2.2.4 Quy trình thiết kế hệ thống kênh dẫn .....            | 167 |
| 2.2.5 Quy trình thiết kế hệ thống làm nguội.....            | 168 |
| 2.3 Trình tự thiết kế khuôn .....                           | 168 |
| 2.4 Các yêu cầu kỹ thuật đối với chi tiết của bộ khuôn..... | 170 |
| 2.4.1 Độ chính xác về hình dáng .....                       | 170 |
| 2.4.2 Độ chính xác về kích thước .....                      | 171 |
| 2.4.3 Độ cứng của các chi tiết trong khuôn.....             | 171 |
| 2.4.4 Độ bóng .....   | 171 |
| 2.5 Tính số lòng khuôn .....                                | 172 |
| 2.5.1 Số lòng khuôn tính theo số lượng lô sản phẩm .....    | 172 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.5.2 Số lòng khuôn tính theo năng xuất phun của máy .....                           | 172        |
| 2.5.3 Số lòng khuôn tính theo năng xuất làm dẻo của máy.....                         | 172        |
| 2.5.4 Số lòng khuôn tính theo lực kẹp khuôn của máy .....                            | 173        |
| 2.5.5 Số lòng khuôn theo kích thước tấm gá đặt trên máy ép .....                     | 173        |
| 2.6 Tính toán ước lượng lực kẹp khuôn.....   | 173        |
| 2.7 Ước lượng áp xuất trung bình của lòng khuôn .....                                | 174        |
| <b>Chương 3. MÔ PHỎNG PHÂN TÍCH (CAE) DÒNG CHẢY CỦA NHỰA.....</b>                    | <b>177</b> |
| 3.1 Giới thiệu về CAE .....  | 177        |
| 3.2 Lợi ích của ứng dụng CAE .....   | 177        |
| 3.3 Tổng quan về CAE .....   | 179        |
| 3.3.1 Lý thuyết về phần tử hữu hạn khi chia lưới sản phẩm .....                      | 179        |
| 3.3.2 Độ nhớt của chất lỏng.....   | 179        |
| 3.3.3 Lý thuyết về truyền nhiệt.....   | 181        |
| 3.4 Thông số đầu vào của việc phân tích dòng chảy (CAE) trong công nghệ ép phun..... | 181        |
| 3.5 Kết quả của việc phân tích mô phỏng dòng chảy .....                              | 183        |
| 3.6 Sai số giữa kết quả phân tích CAE với thực tế ép sản phẩm.....                   | 184        |
| <b>Chương 4. CÁC KHUYẾT TẬT TRÊN SẢN PHẨM ÉP VÀ CÁCH KHẮC PHỤC .....</b>             | <b>185</b> |
| 4.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến công nghệ ép phun .....                                 | 185        |
| 4.1.1 Nhiệt độ .....   | 185        |
| 4.1.2 Tốc độ phun.....   | 185        |
| 4.1.3 Áp xuất phun .....   | 186        |
| 4.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm .....                               | 187        |
| 4.3 Các khuyết tật sản phẩm và cách khắc phục.....                                   | 187        |
| 4.3.1 Sản phẩm bị sai lệch kích thước lắp ghép .....                                 | 188        |
| 4.3.2 Sản phẩm bị cong vênh .....  | 189        |
| 4.3.3 Tập trung bọt khí .....  | 190        |
| 4.3.4 Sản phẩm có các vết lõm.....   | 191        |

|                              |   |     |
|------------------------------|---|-----|
| 4.3.5                        | Hiện tượng phun thiếu.....  | 192 |
| 4.3.6                        | Sản phẩm bị bavìa .....   | 193 |
| 4.3.7                        | Sản phẩm có đường hàn nổi .....   | 194 |
| 4.3.8                        | Sản phẩm có nhiều nếp nhăn.....   | 195 |
| 4.3.9                        | Bề mặt bong tróc, có vết xước, không bằng phẳng .....                     | 195 |
| 4.3.10                       | Các vết rạn nứt.....  | 196 |
| 4.3.11                       | Sản phẩm có vết cháy đen .....  | 197 |
| Chương 5. CHẾ TẠO KHUÔN..... |   | 199 |
| 5.1                          | Vật liệu làm khuôn ép nhựa.....   | 199 |
| 5.1.1                        | Những yếu tố ảnh hưởng đến việc chọn vật liệu làm khuôn. ....             | 199 |
| 5.1.2                        | Vật liệu đối với hệ thống dẫn hướng và định vị.....                       | 200 |
| 5.1.3                        | Vật liệu làm thân khuôn .....   | 200 |
| 5.1.4                        | Vật liệu cho các miếng ghép và tấm khuôn cho khuôn âm và khuôn dương..... | 200 |
| 5.1.5                        | Đặc tính của một số loại thép dùng để làm khuôn ép phun... ..             | 201 |
| 5.2                          | Tham khảo một số loại thép chế tạo khuôn nhựa .....                       | 202 |
| 5.2.1                        | Thép 1055.....  | 202 |
| 5.2.2                        | Thép 2311 (thép chế tạo khuôn đã xử lý nhiệt).....                        | 203 |
| 5.2.3                        | Thép 2083(thép không gỉ chế tạo khuôn).....                               | 203 |
| 5.2.4                        | Thép NAK 80(thép chế tạo khuôn đã xử lý nhiệt) .....                      | 204 |
| 5.2.5                        | Thép SKD11 (thép gia công dập nguội).....                                 | 205 |
| 5.2.6                        | Thép SKD61 (Thép chế tạo khuôn dập nóng).....                             | 206 |
| 5.2.7                        | Nhôm.....   | 206 |
| 5.3                          | Công nghệ chế tạo khuôn .....   | 208 |
| 5.3.1                        | Giới thiệu về quy trình chế tạo khuôn .....                               | 208 |
| 5.3.2                        | Quy trình thiết kế chế tạo khuôn ép phun .....                            | 208 |
| 5.3.3                        | Giới thiệu các công nghệ gia công .....                                   | 216 |
| 5.3.4                        | Gia công các tấm khuôn .....  | 219 |
| 5.4                          | Ứng dụng phần mềm hỗ trợ thiết kế chế tạo khuôn.....                      | 228 |

|                          |   |     |
|--------------------------|---|-----|
| 5.4.1                    | Ứng dụng phần mềm Creo Parametric thiết kế chế tạo khuôn        | 228 |
| 5.4.2                    | Tách khuôn với Creo Parametric.....                             | 230 |
| 5.4.3                    | Ứng dụng Creo Parametric gia công khuôn .....                   | 236 |
| 5.5                      | Xử lý bề mặt lòng khuôn .....                                   | 243 |
| 5.5.1                    | Kỹ thuật đánh bóng khuôn .....                                  | 243 |
| 5.5.2                    | Quy trình lắp ráp khuôn.....                                    | 248 |
| 5.6                      | Thử khuôn.....  | 253 |
| 5.6.1                    | Trình tự các bước .....   | 253 |
| 5.6.2                    | Các thông số gia công của một số vật liệu nhựa .....            | 253 |
| 5.6.3                    | Các bước lắp đặt khuôn .....                                    | 255 |
| 5.6.4                    | Thiết lập thông số ép .....                                     | 257 |
| 5.6.5                    | Ép thử - Kiểm tra sản phẩm.....                                 | 258 |
| 5.6.6                    | Hiệu chỉnh thông số ép.....                                     | 259 |
| 5.6.7                    | Sửa khuôn.....  | 259 |
| Chương 6.                | THIẾT KẾ HÌNH HỌC SẢN PHẨM NHỰA.....                            | 261 |
| 6.1                      | Chu trình thiết kế sản phẩm nhựa .....                          | 261 |
| 6.2                      | Yêu cầu hình học đối với sản phẩm nhựa trong khuôn ép phun..... | 261 |
| 6.2.1                    | Góc thoát khuôn .....   | 261 |
| 6.2.2                    | Bề dày.....   | 264 |
| 6.2.3                    | Góc bo .....  | 267 |
| 6.2.4.                   | Gân .....   | 269 |
| 6.2.5                    | Vấu lồi .....   | 273 |
| 6.2.6                    | Lỗ trên sản phẩm .....  | 278 |
| 6.2.7                    | Thiết kế sản phẩm có ren.....                                   | 280 |
| 6.2.8                    | Undercut .....  | 282 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO ..... |   | 287 |



# Chương 1

## CẤU TẠO KHUÔN ÉP PHUN

*Mục tiêu chương 1: Giới thiệu về khuôn mẫu và công nghệ ép phun*

*Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:*

- 1) Định nghĩa được khuôn là gì.
- 2) Phân biệt được các loại khuôn phun ép nhựa.
- 3) Giải thích được công dụng của các bộ phận trong khuôn
- 4) Vận dụng được quy trình thiết kế khuôn cho sản phẩm

### 1.1 TỔNG QUÁT

#### 1.1.1 Khái niệm về khuôn

Khuôn là dụng cụ (thiết bị) dùng để tạo hình sản phẩm theo phương pháp định hình, khuôn được thiết kế và chế tạo để sử dụng cho một số lượng chu trình nào đó, có thể là một lần và cũng có thể là nhiều lần.

Kết cấu và kích thước của khuôn được thiết kế và chế tạo phụ thuộc vào hình dáng, kích thước, chất lượng và số lượng của sản phẩm cần tạo ra. Ngoài ra, còn có rất nhiều vấn đề khác cần phải quan tâm đến như các thông số công nghệ của sản phẩm (góc nghiêng, nhiệt độ khuôn, áp xuất gia công,...), tính chất vật liệu gia công (độ co rút, tính đàn hồi, độ cứng,...), các chỉ tiêu về tính kinh tế của bộ khuôn. Khuôn sản xuất sản phẩm nhựa là một cụm gồm nhiều chi tiết lắp ghép với nhau, được chia ra làm hai phần khuôn chính là:

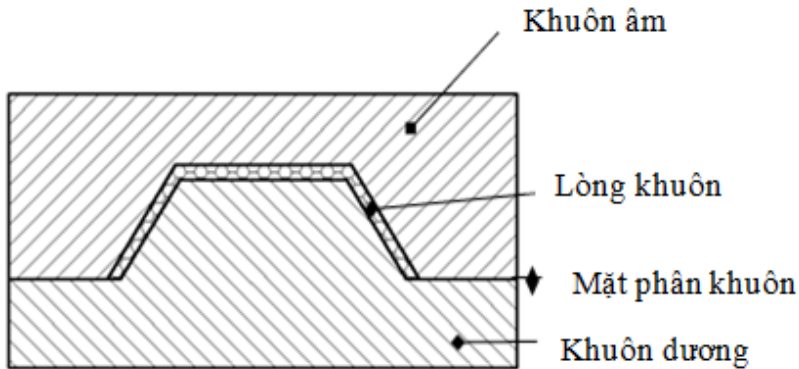
- Phần cavity (phần khuôn cái, phần khuôn cố định): được gá trên tấm cố định của máy ép nhựa.

- Phần core (phần khuôn đực, phần khuôn di động): được gá trên tấm di động của máy ép nhựa.

Ngoài ra, khoảng trống giữa cavity và core (phần tạo sản phẩm) được điền đầy bởi nhựa nóng chảy. Sau đó, nhựa được làm nguội, đông đặc lại rồi lấy ra khỏi khuôn bằng hệ thống lấy sản phẩm hoặc thao tác bằng tay. Sản phẩm thu được có hình dạng của lòng khuôn.

Trong một bộ khuôn phần lõm vào sẽ xác định hình dạng bên ngoài của sản phẩm được gọi là lòng khuôn (hay còn gọi là khuôn âm, khuôn

cái, cối, cavity), còn phần lõi ra sẽ xác định hình dạng bên trong của sản phẩm được gọi là lõi (hay còn gọi là khuôn dương, khuôn đực, chày, core) một bộ khuôn có thể có một hoặc nhiều lòng khuôn và lõi. Phần tiếp xúc giữa lòng khuôn và lõi được gọi là mặt phân khuôn.



*Hình 1.1.1.1. Khuôn âm và khuôn dương ở trạng thái đóng*

### 1.1.2 Phân loại khuôn ép phun

- Theo số tầng lòng khuôn:
  - + Khuôn 1 tầng
  - + Khuôn nhiều tầng
- Theo loại kênh dẫn:
  - + Khuôn dùng kênh dẫn nóng
  - + Khuôn dùng kênh dẫn nguội
- Theo cách bố trí kênh dẫn:
  - + Khuôn hai tấm
  - + Khuôn ba tấm
- Theo số màu nhựa tạo ra sản phẩm:
  - + Khuôn cho sản phẩm một màu
  - + Khuôn cho sản phẩm nhiều màu

Tóm lại, có các loại khuôn ép phun sau: khuôn hai tấm (two plate mold), khuôn ba tấm (three plate mold), khuôn có kênh dẫn nóng (hot runner system), khuôn nhiều tầng (stack mold- tích hợp nhiều lòng khuôn giống nhau lên một bộ khuôn) và khuôn cho sản phẩm nhiều màu (tích hợp nhiều lòng khuôn khác nhau lên một bộ khuôn), loại khuôn này đòi hỏi máy ép có nhiều đầu phun. Ngoài ra còn có các cách phân loại như sau:

- Theo lực đóng khuôn chia ra loại: 7,...50,... 100, ... 8000 tấn.
- Theo lượng nguyên liệu cho một lần phun tối đa: 1, 2, 3, 5, 8,..., 56, 120oz (ounce-1 ounce = 28,349 gram)
- Theo lực kẹp khuôn:

| Lực kẹp khuôn  | Kích thước tương đối |
|----------------|----------------------|
| 25 - 100 tấn   | Nhỏ                  |
| 100 - 500 tấn  | Vừa                  |
| 500 - 1000 tấn | Lớn                  |
| Trên 1000 tấn  | Rất lớn              |

**Bảng 1.1.2.1. Phân loại theo lực kẹp khuôn**

- Theo loại pitton hay trục vít.
- Phân loại theo phương đặt đầu phun nhựa: nằm ngang hay thẳng đứng
- Phân loại theo tên gọi của hãng sản xuất.

### 1.1.3 Kết cấu chung của một bộ khuôn

Ngoài core và cavity ra thì trong bộ khuôn còn có nhiều bộ phận khác. Các bộ phận này lắp ghép với nhau tạo thành những hệ thống cơ bản của bộ khuôn, bao gồm:

- Hệ thống dẫn hướng và định vị: gồm tất cả các chốt dẫn hướng, bạc dẫn hướng, vòng định vị, bộ định vị, chốt hồi,... có nhiệm vụ giữ đúng vị trí làm việc của hai phần khuôn khi ghép với nhau để tạo lòng khuôn chính xác.

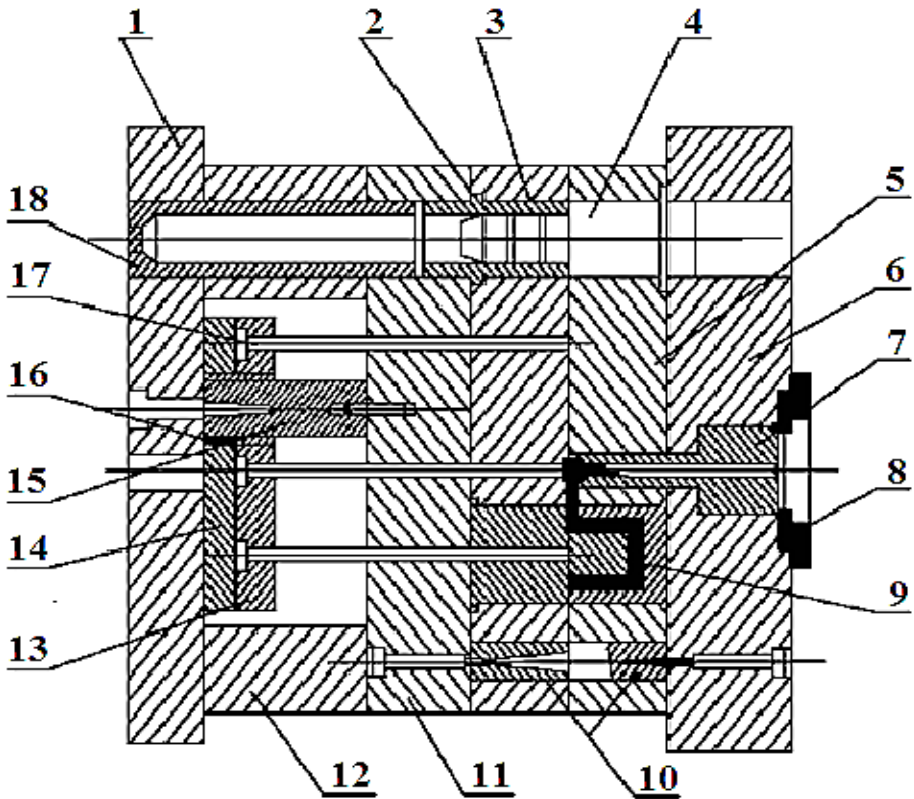
- Hệ thống dẫn nhựa vào lòng khuôn: gồm bạc cuống phun, kênh dẫn nhựa và miệng phun làm nhiệm vụ cung cấp nhựa từ đầu phun máy ép vào trong lòng khuôn.

- Hệ thống đẩy sản phẩm: gồm các chốt đẩy, chốt hồi, chốt đỡ, bạc chốt đỡ, tấm đẩy, tấm giữ, khối đỡ,... có nhiệm vụ đẩy sản phẩm ra khỏi khuôn sau khi ép xong.

- Hệ thống lõi mặt bên: gồm lõi mặt bên, má lõi, thanh dẫn hướng, cam chốt xuyên, xy lanh thủy lực,... làm nhiệm vụ tháo những phần không thể tháo (undercut) ra được ngay theo hướng mở của khuôn.

- Hệ thống thoát khí: gồm có những rãnh thoát khí, có nhiệm vụ đưa không khí tồn đọng trong lòng khuôn ra ngoài, tạo điều kiện cho nhựa điền đầy lòng khuôn dễ dàng và giúp cho sản phẩm không bị bọt khí hoặc bị cháy.

- Hệ thống làm nguội: gồm các đường nước, các rãnh, ống dẫn nhiệt, đầu nối,... có nhiệm vụ ổn định nhiệt độ khuôn và làm nguội sản phẩm một cách nhanh chóng.



*Hình 1.1.3.1. Kết cấu chung của một bộ khuôn*

Chú thích:

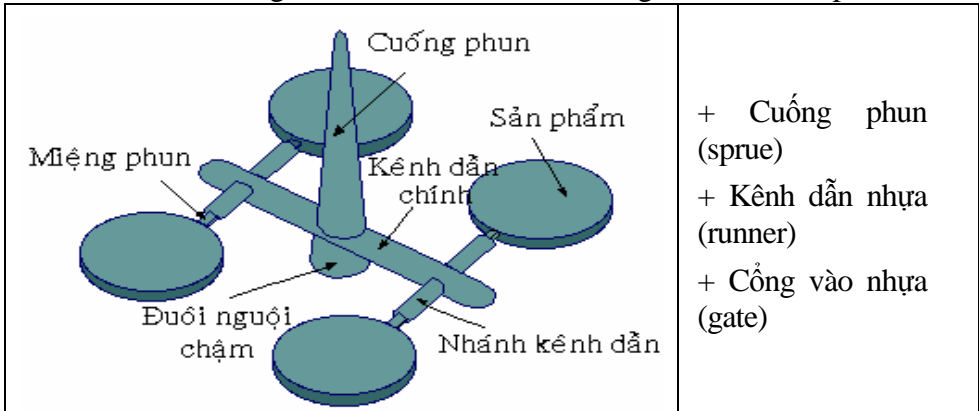
|                    |                  |                |                   |
|--------------------|------------------|----------------|-------------------|
| 1: Tấm kẹp sau     | 5: Tấm khuôn âm  | 10: Bộ định vị | 14: Tấm đáy       |
| 2: Bạc dẫn hướng   | 6: Tấm kẹp trước | 11: Tấm đỡ     | 15: Chốt đỡ       |
| 3: Tấm khuôn dương | 7: Bạc cứng phun | 12: Khối đỡ    | 16: Bạc dẫn hướng |
| 4: Chốt dẫn hướng  | 8: Vòng định vị  | 13: Tấm giữ    | 17: Chốt hồi về   |
|                    | 9: Sản phẩm      |                | 18: Bạc mở rộng   |

## 1.2 HỆ THỐNG CẤP NHỰA NGUỘI (Cool runner)

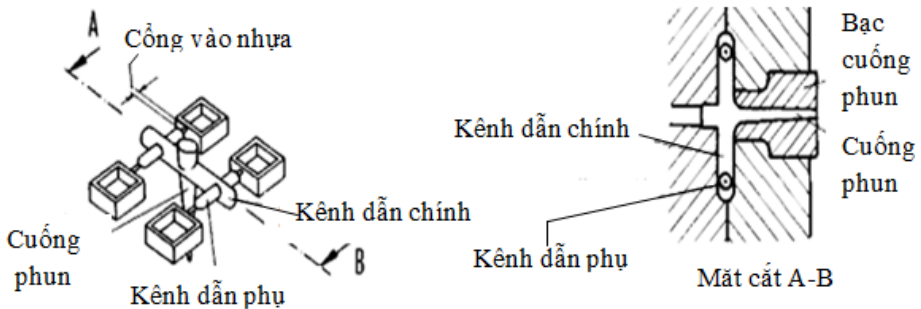
### 1.2.1 Tổng quan về hệ thống cấp nhựa nguội

#### a) Đặc điểm

- Một hệ thống kênh dẫn nhựa cơ bản bao gồm các thành phần:



- + Cuống phun (sprue)
- + Kênh dẫn nhựa (runner)
- + Cổng vào nhựa (gate)



*Hình 1.2.1.1. Hệ thống kênh dẫn nhựa*

### **b) Nguyên tắc hoạt động**

- Hệ thống kênh dẫn nhựa có chức năng phân phối nhựa chảy dẻo từ vòi phun đến các lòng khuôn. Sự thiết kế, hình dạng và kích thước của nó ảnh hưởng đến tiến trình điền đầy khuôn cũng như chất lượng của sản phẩm.

- Thông thường, đối với khuôn có một lòng khuôn thì hệ thống cấp nhựa chỉ cần cuống phun. Nhựa được cung cấp từ máy ép phun tới cuống phun bằng cách thông qua bạc cuống phun, sau đó trực tiếp tới lòng khuôn.

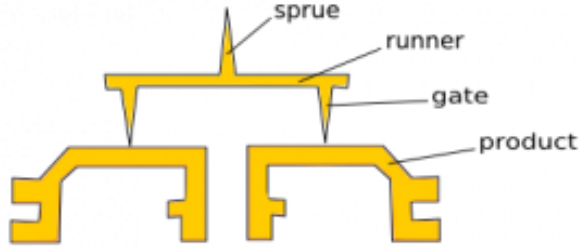
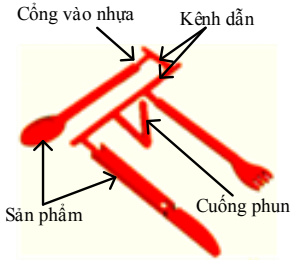
- Với khuôn có nhiều lòng khuôn, nhựa được cung cấp từ vòi phun, qua cuống phun và hệ thống kênh dẫn; sau đó, được bơm vào các lòng khuôn qua các cổng vào nhựa.

### **c) Nguyên tắc thiết kế**

- Đảm bảo sự điền đầy đồng thời các lòng khuôn.

- Lựa chọn đúng vị trí miệng phun sao không cho ảnh hưởng đến thẩm mỹ sản phẩm và đặc tính cơ học của sản phẩm.

- Phải đảm bảo lấy sản phẩm nhanh.

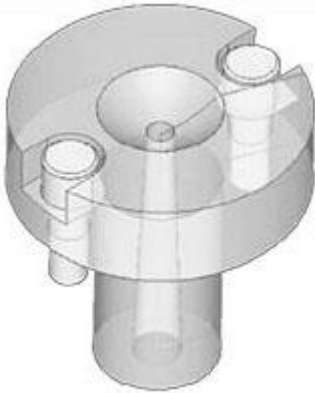


**Hình 1.2.1.2.** Một số kiểu thiết kế hệ thống kênh dẫn nhựa nguội

## 1.2.2 Đặc điểm và chức năng các bộ phận của hệ thống kênh dẫn nguội

### a) Cuồng phun

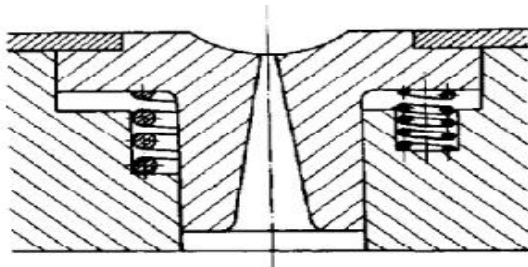
- Dưới đây là hình ảnh hai loại bạc cuồng phun có 2 bulông và 4 bulông để gắn vào bộ khuôn.



**Hình 1.2.2.1.** Bạc cuồng phun dùng 2 bulông



**Hình 1.2.2.2.** Bạc cuồng phun dùng 4 bulông



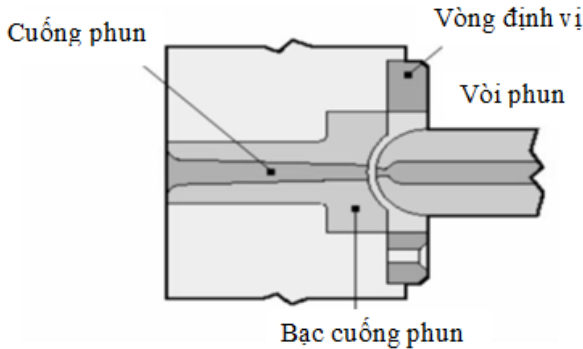
**Hình 1.2.2.3.** Cuồng phun có lò xo giảm xóc

- Cuồng phun là chỗ nối giữa vòi phun của máy và kênh nhựa, có nhiệm vụ đưa dòng nhựa từ vòi phun của máy đến kênh dẫn hoặc trực tiếp đến lòng khuôn (đối với khuôn không có kênh dẫn). Hệ thống cuồng

phun được sử dụng thông thường nhất có bạc cuống phun, thường dùng bạc cuống phun để dễ thay thế và gia công.

- Để tăng tuổi thọ của khuôn, gắn lò xo dưới cuống phun để giảm va chạm có hại cho khuôn và vòi phun.

- Dùng vòng định vị gắn ở đầu bạc cuống phun để bảo đảm sự đồng tâm giữa vòi phun và cuống phun. Vòng định vị thường được tôi cứng để không bị vòi phun của máy làm hỏng.

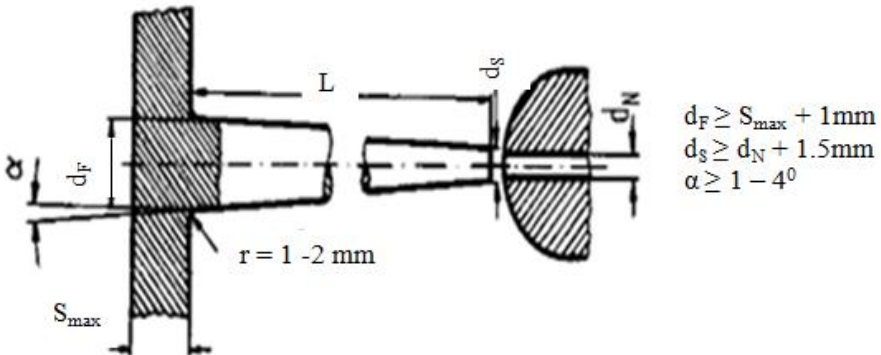


**Hình 1.2.2.6.** Lắp ghép giữa bạc cuống phun và vòng định vị

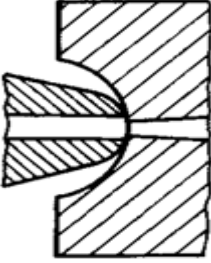
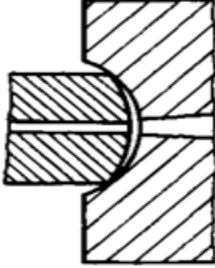
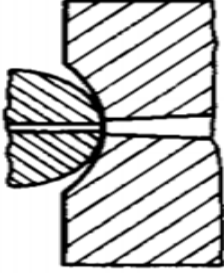
- Kích thước của cuống phun phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- + Khối lượng, độ dày thành của sản phẩm, loại vật liệu nhựa được sử dụng.
- + Độ dài của cuống phun phải phù hợp với bề dày của các tấm khuôn.
- + Cuống phun được thiết kế sao cho có độ dài hợp lý, đảm bảo dòng nhựa ít bị mất áp lực nhất trên đường đi.

- Cách tính kích thước:



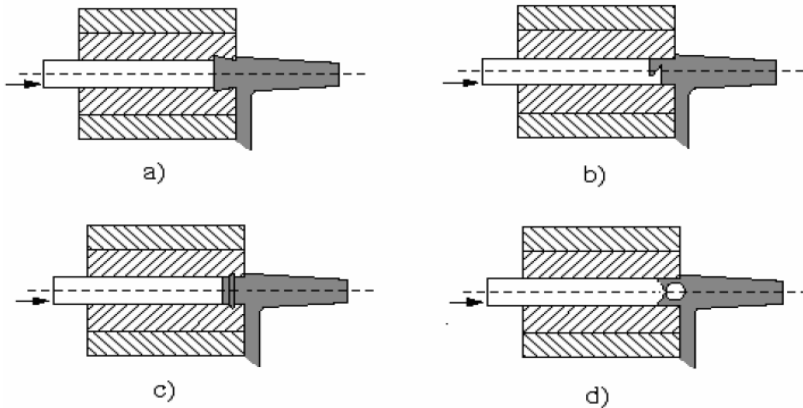
**Hình 1.2.2.7.** Kích thước cuống phun cho thiết kế

|   |   |  |
|---|---|--|
|  |  |  |
| <p>Đường kính vòi phun lớn hơn cổng phun không hợp lý</p>                         | <p>Bán kính tiếp xúc giữa vòi phun và phần lõm của cổng phun không hợp lý</p>     | <p>Hợp lý</p>  |
| <p><b>Hình 1.2.2.8. Kích thước hợp lý của cổng phun</b></p>                       |   |  |

- Điều này bảo đảm không có khe hở giữa cổng phun và vòi phun khi tiếp xúc nhau. Khe hở như vậy do bị mòn có thể lớn dần gây ra một số vấn đề rò rỉ vật liệu.

- Góc côn của cổng phun cần phải đủ lớn để thoát khuôn nhưng nếu quá lớn sẽ làm tăng thời gian làm nguội, tổn vật liệu, tổn thời gian cắt cổng phun ra khỏi sản phẩm. Nếu góc côn quá nhỏ có thể gây ra khó khăn khi tháo cổng phun khi mở khuôn. Vì vậy, góc côn tối thiểu nên là  $1^\circ$ .

- Trên khuôn, cổng phun được lấy ra cùng lúc với lấy sản phẩm. Do đó, cần có bộ phận kéo cổng phun khi mở khuôn. Lợi dụng phần nhựa để giữ cổng phun làm nguội chậm.

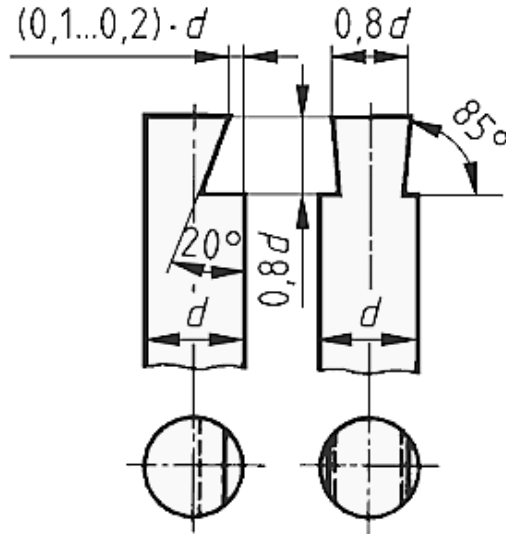


**Hình 1.2.2.9. Các dạng chốt dẹt đuôi keo**

- a) Dạng cổng phun được kéo nhờ côn ngược (tốt nhất)
- b) Dạng cổng phun chữ “Z” (tốt)
- c) Dạng cổng phun được kéo nhờ rãnh vòng (ít dùng)
- d) Dạng cổng phun được kéo nhờ rãnh chốt đẩy đầu bi (ít dùng)



- Cách tính kích thước phần đầu giựt đuôi keo:



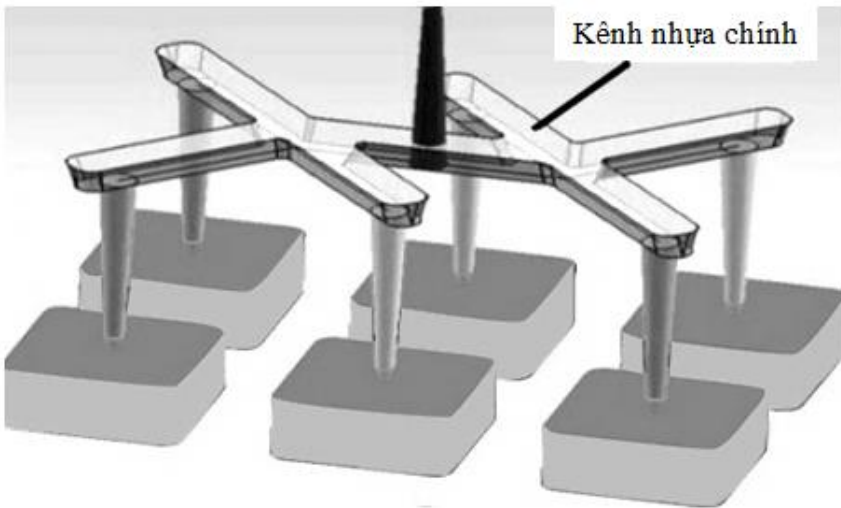
*Hình 1.2.2.10. Kích thước phần giựt đuôi keo*

### **b) Kênh dẫn nhựa**

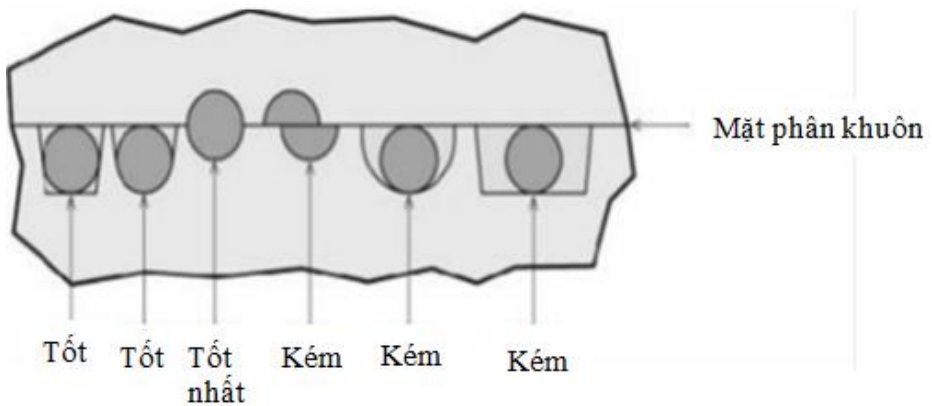
- Kênh dẫn nhựa là đoạn nối giữa cuống phun và miệng phun. Làm nhiệm vụ đưa nhựa vào lòng khuôn.

- Vì thế, khi thiết kế cần phải tuân thủ một số nguyên tắc kỹ thuật để đảm bảo chất lượng cho hầu hết sản phẩm. Sau đây là một số nguyên tắc cần phải tuân thủ:

- + Giảm đến mức tối thiểu sự thay đổi tiết diện kênh dẫn.
- + Nhựa trong kênh dẫn phải thoát khuôn dễ dàng.
- + Toàn bộ chiều dài kênh dẫn nên càng ngắn càng tốt, để có thể nhanh chóng điền đầy lòng khuôn mà tránh không mất áp lực và mất nhiệt trong quá trình điền đầy.
- + Kích thước của kênh nhựa tùy thuộc vào từng loại vật liệu mà khác nhau. Một mặt kênh nhựa phải đủ nhỏ để làm giảm phế liệu, rút ngắn thời gian nguội (ảnh hưởng đến chu kỳ của sản phẩm), giảm lực kẹp. Mặt khác phải đủ lớn để chuyển một lượng vật liệu đáng kể để điền đầy lòng khuôn nhanh chóng và ít bị mất áp lực.

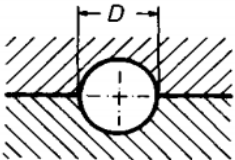


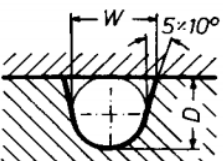
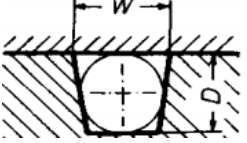
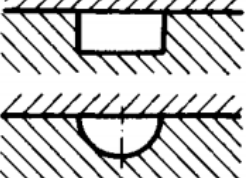
Hình 1.2.2.11 -Kênh dẫn nhựa



Hình 1.2.2.12. Một số tiết diện kênh dẫn

- Sau đây là bảng so sánh giữa các tiết diện kênh dẫn:

| Loại kênh dẫn   | Ưu điểm  | Nhược điểm  |
|---|--|---|
| <p>Tiết diện tròn</p>  <p><math>D = T_{max} + 1.5 \text{ mm}</math><br/> <math>T_{max}</math>: bề dày thành lớn nhất của chi tiết.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diện tích bề mặt cắt nhỏ nhất.</li> <li>- Ít mất nhiệt, ít ma sát.</li> <li>- Có lõi nguội chậm giúp duy trì nhiệt và áp suất.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Khó vì phải gia công trên hai nửa khuôn nhưng hiện nay máy gia công CNC đã khắc phục được nhược điểm này.</li> </ul> |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>Tiết diện hình thang hiệu chỉnh</p>  <p><math>W = 1.25 \times D</math><br/><math>D = T_{max} + 1.5 \text{ mm}</math></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chỉ xếp sau kênh dẫn tiết diện tròn về tính năng.</li> <li>- Gia công trên một nửa khuôn.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tốn nhiều vật liệu hơn.</li> <li>- Mất nhiệt nhanh hơn kênh tròn do diện tích bề mặt lớn hơn.</li> </ul>                |
| <p>Tiết diện hình thang</p>  <p><math>W = 1.25 \times D</math></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gia công trên một nửa khuôn.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tốn nhiều vật liệu.</li> </ul>  |
| <p>Tiết diện hình chữ nhật và nửa hình tròn</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gia công dễ.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Do tiết diện nguội không đều nên làm tăng ma sát, áp suất không đều.</li> <li>- Khó thoát khuôn, ma sát lớn.</li> </ul> |

**Bảng 1.2.2.1. So sánh tiết diện 1 số kênh dẫn**

**1 - Thiết kế kênh dẫn nguội**

- Loại tròn được đề nghị sử dụng, loại này cho phép vật liệu chảy tốt nhất.

- Loại hình thang và loại trung gian cũng có thể được dùng. Tuy nhiên, dòng chảy của nhựa tới lòng khuôn bị hạn chế hơn bởi kiểu thiết kế có khuynh hướng làm giảm sự nguội của vật liệu trong hệ thống rãnh dẫn.

- Các loại còn lại không được đề nghị do không có dòng chảy tối ưu và làm nguội vật liệu nhanh. Nếu vật liệu nguội nhanh thì vật liệu trong khuôn không có độ nén phù hợp, vì vậy gây ra hiện tượng co ngót hoặc một số khuyết tật khác.

**2 - Các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế và kích thước của kênh dẫn**

Kích thước của hệ thống kênh dẫn bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố.

|   |   |
|---|---|
| Vật liệu nhựa (tính dẻo, thành phần hoá học, thời gian đông đặc, độ mềm hoá, nhiệt độ mềm hoá, độ nhạy với nhiệt độ, độ co rút,...) | Kiểu khuôn (lấy xương keo tự động hay bán tự động, hệ thống điều khiển nhiệt độ của kênh dẫn,...) |
| Máy (loại kiềm, áp lực phun, tốc độ phun)   | Thời gian làm lạnh  |
| Chất lượng sản phẩm yêu cầu   | Sự thất thoát nhiệt   |
| Độ nhẵn bề mặt  | Sự ma sát   |
| Kích thước sản phẩm (chiều dài dòng chảy)   | Tính kinh tế,....   |
| Vật liệu làm khuôn  |   |

**Bảng 1.2.2.2.** Các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế và kích thước của kênh dẫn

### 3 - Yêu cầu của kênh dẫn

Yêu cầu của kênh dẫn là một trong những yếu tố quan trọng để có một thiết kế tốt.

|   |   |
|---|---|
| Điền đầy với đường hàn là nhỏ nhất  | Không dính keo và kênh dẫn  |
| Độ bóng bề mặt của kênh dẫn cao   | Nhựa di chuyển nhanh và theo con đường ngắn nhất để sự thất thoát nhiệt và áp xuất là nhỏ nhất                          |
| Vật liệu đi vào các lòng khuôn tại các cổng với cùng một thời gian, áp xuất bằng nhau và nhiệt độ là như nhau | Tiết kiệm vật liệu, nếu tiết diện quá lớn thì thời gian làm lạnh tăng, còn nếu tiết quá nhỏ thì thời gian điền đầy tăng |
| Không cản trở dòng chảy   | Thời gian điền đầy trong chu kỳ là ngắn nhất  |
| Các phần tử nhựa có cùng tốc độ chảy  |   |

**Bảng 1.2.2.3.** Yêu cầu của kênh dẫn

Kênh dẫn có nhiều tiết diện khác nhau, tuy nhiên, việc chọn kiểu tiết diện nào là tối ưu nhất thì còn tùy thuộc vào nhiều yếu tố. Trong quá trình thiết kế, cần chú ý đến các yêu cầu đặt ra, kết hợp với các ưu-nhược điểm của từng loại tiết diện để có sự chọn lựa đúng đắn. Ngoài ra, để đảm bảo sản phẩm ổn định, độ dài của rãnh dẫn từ cuống

phun tới mỗi lòng khuôn phải có cùng độ dài và đường kính. Phải tính toán, bố trí sao cho các lòng khuôn trong một khuôn có sự cân bằng dòng chảy và áp suất.

Bảng dưới đây cho đường kính của kênh dẫn theo độ dài của kênh và bề dày sản phẩm.

| Đường kính rãnh dẫn (mm) | Chiều dài tối đa (mm) | Độ dày tối đa (mm) |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|
| 3.18 - 4.75              | 152                   | 4.75               |
| 6.35 - 7.94              | 304.8                 | 12.7               |
| 9 - 53                   | 381                   | 19.05              |

**Bảng 1.2.2.4.** Đường kính của rãnh dẫn theo độ dài của rãnh và bề dày sản phẩm

- Ngoài ra, để so sánh các loại kênh dẫn có thể sử dụng chỉ số đường kính thủy lực và sự cân dòng.

Khi đường kính thủy lực càng lớn thì sự cân dòng càng bé, có thể tính đường kính thủy lực dựa vào công thức sau:

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

Trong đó:

$D_h$ : đường kính thủy lực (mm)

A: diện tích mặt cắt ngang ( $\text{mm}^2$ )

P: chu vi mặt cắt ngang (mm)

Ngoài ra có thể tính toán kích thước kênh dẫn theo các công thức sau:

$$D = \frac{W^{1/2} \cdot L^{1/4}}{3,7}$$

Trong đó:

D: đường kính kênh dẫn (mm)

W: khối lượng sản phẩm (g)

L: chiều dài kênh dẫn (mm)

Hoặc:

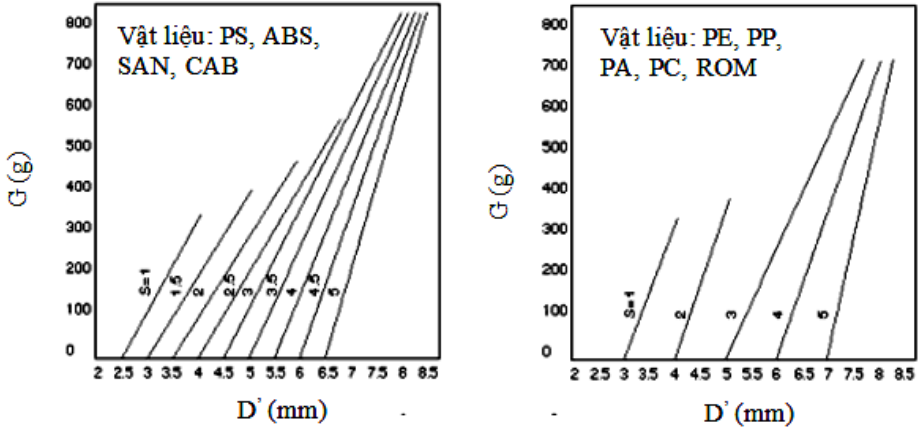
$$D = D' \cdot f_L$$

Trong đó:

$D'$ : đường kính kênh dẫn tham khảo

$f_L$ : hệ số chiều dài

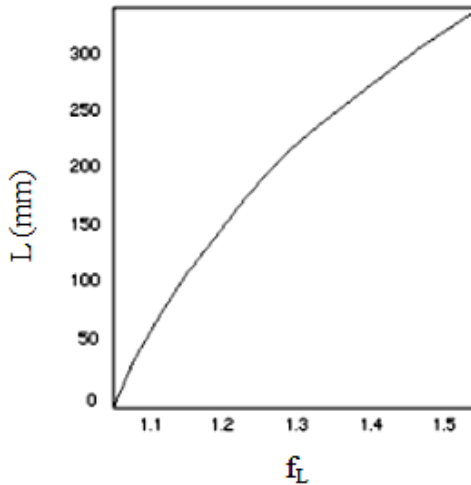
Dùng 3 đồ thị sau để xác định  $D'$  và  $f_L$ :



G: khối lượng sản phẩm (g)

S: bề dày danh nghĩa thành sản phẩm (mm)

**Biểu đồ 1.2.2.1.** Mối quan hệ giữa đường kính kênh dẫn tham khảo với khối lượng sản phẩm và bề dày thành sản phẩm



**Biểu đồ 1.2.2.2.** Quan hệ giữa hệ số chiều dài và chiều dài kênh dẫn

Mối quan hệ giữa đường kính kênh dẫn chính và kênh dẫn nhánh như sau:

$$D_c = D_n \cdot N^{1/3}$$

$D_c$ : đường kính kênh dẫn chính (mm).

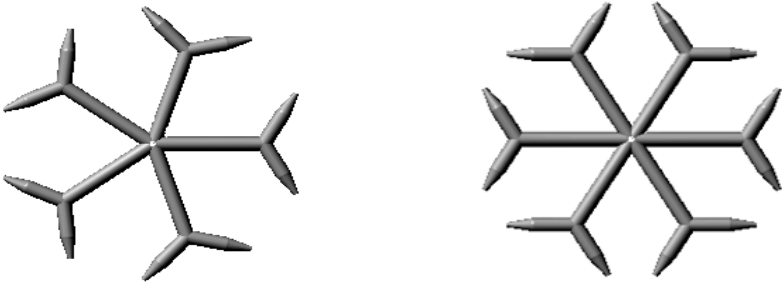
$D_n$ : đường kính kênh dẫn nhánh (mm).

N: số nhánh rẽ.

Kênh nhựa phải được thiết kế để điền đầy lòng khuôn đúng tỉ lệ quy định để tránh vượt quá lưu lượng dẫn đến sự cố, bị cong vênh. Để tránh được điều này cần phải có sự cân bằng hệ thống kênh nhựa.



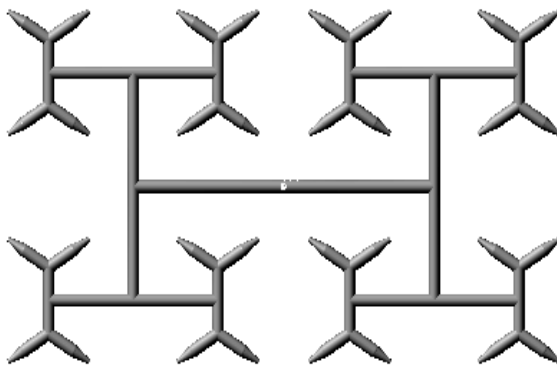
Kênh nhựa 5 miệng phun    Kênh nhựa 8 miệng phun    Kênh nhựa 6 miệng phun



Kênh nhựa 10 miệng phun

Kênh nhựa 12 miệng phun

*Hình 1.2.2.13. Một số dạng kênh nhựa*



*Hình 1.2.2.14. Kênh nhựa 32 miệng phun*

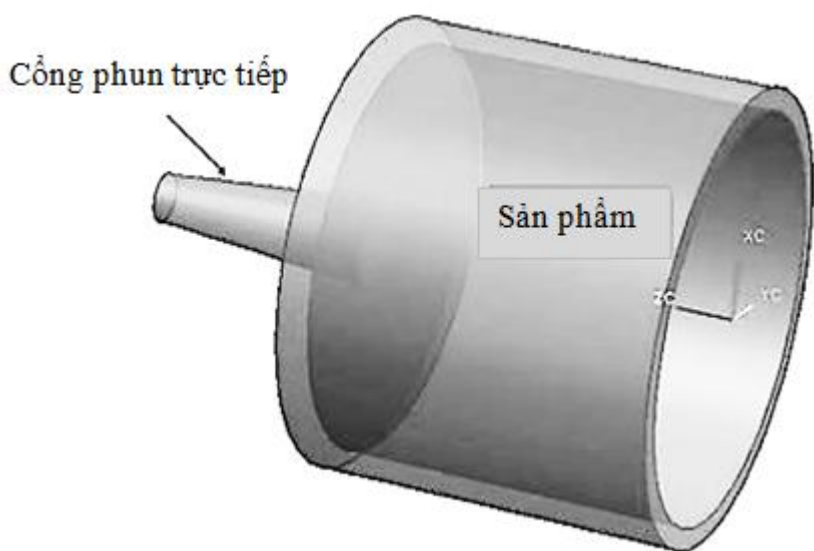
### **c) Miệng phun**

- Miệng phun là phần nằm giữa kênh dẫn nhựa và lòng khuôn.
- Khi thiết kế miệng phun cần chú ý các điểm sau:
  - + Miệng phun cần phải đặt ở vị trí sao cho dòng nhựa chảy vào nơi có bề dày thành lớn nhất đến nhỏ nhất để vật liệu có thể điền đầy sản phẩm.
  - + Vị trí miệng phun tối ưu sẽ tạo dòng nhựa chảy êm.
  - + Đặt miệng phun ở vị trí không quan trọng của sản phẩm vì nơi đặt miệng phun có khuynh hướng tồn tại ứng suất dư trong quá trình gia công.
  - + Miệng phun cần đặt ở vị trí sao cho có thể tổng hết không khí ra khỏi lỗ thoát hơi mà không tạo bọt khí trong sản phẩm.
  - + Đặt miệng phun sao cho không để lại đường hàn, nhất là khi sử dụng nhiều miệng phun.
  - + Đối với các vật tròn, trụ cần đặt miệng phun tại tám để duy trì tính đồng tâm.
  - + Miệng phun thường được giữ ở kích thước nhỏ nhất và được mở rộng nếu cần thiết. Tuy nhiên, cần xem xét để hạn chế thời gian thực hiện thêm nguyên công cắt và tránh tạo vết trên sản phẩm.
- Các kiểu miệng phun thông dụng:

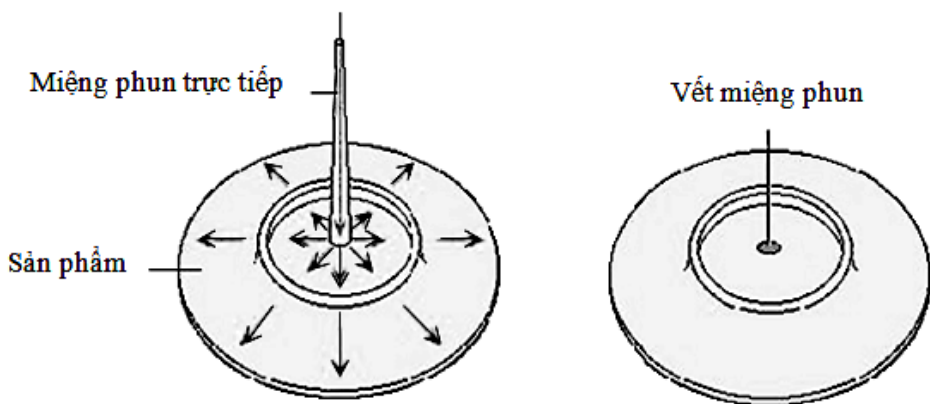
#### ***1 - Miệng phun trực tiếp***

Thường dùng cho các khuôn có một lòng khuôn, nơi mà vật liệu được điền vào khuôn một cách trực tiếp mà không qua hệ thống kênh dẫn. Do đó, việc mất áp trong quá trình điền đầy là rất bé, tuy nhiên, dấu vết để lại trên sản phẩm lớn và phải mất thời gian cho quá trình tách cuống phun.



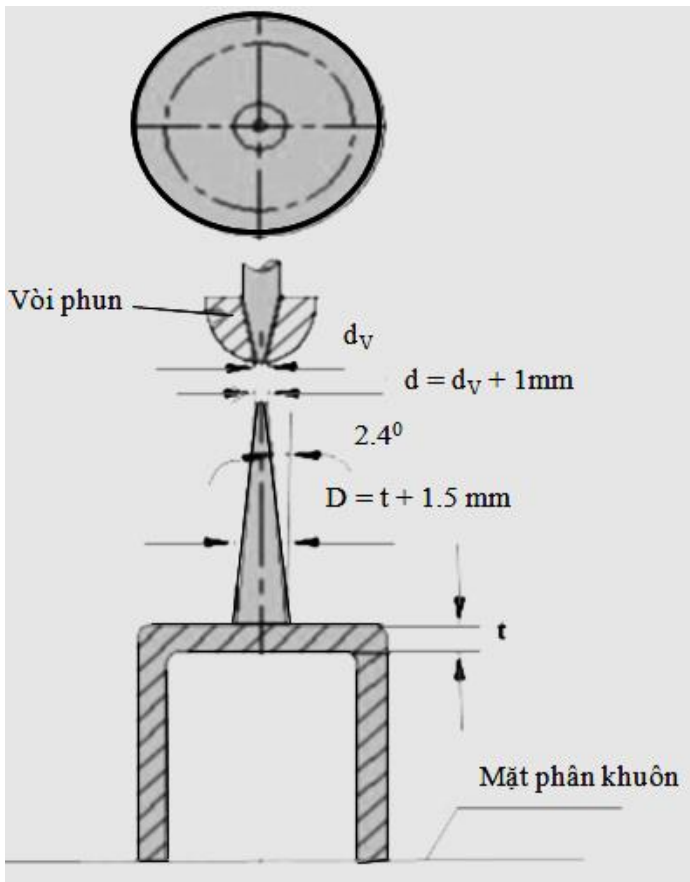


*Hình 1.2.2.15. Miệng phun trực tiếp*



*Hình 1.2.2.16. Miệng phun trực tiếp và vết cắt để lại trên sản phẩm*

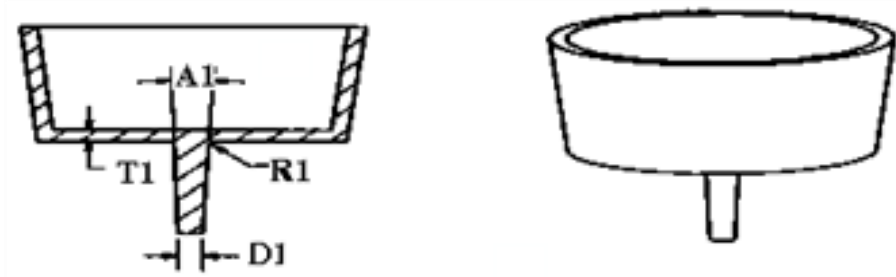
Kích thước dành cho việc thiết kế:



**Hình 1.2.2.17. Miệng phun trực tiếp**

Hay:

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| A1 | 2 → 3"                            |
| R1 | 1.5 mm (0.06')                    |
| D1 | (1.25 → 4) x T1 (bề dày sản phẩm) |

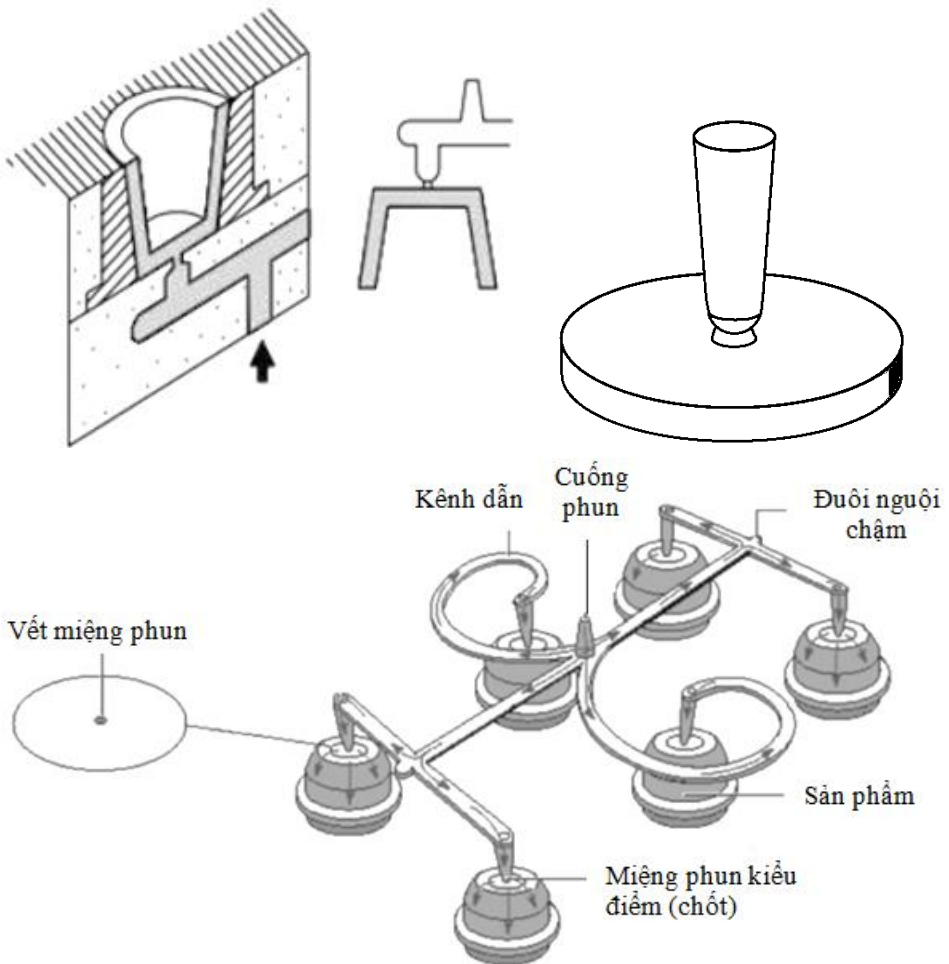


**Hình 1.2.2.18. Thiết kế miệng phun**

## 2 - Miệng phun điểm chốt

Kiểu này thông dụng với cấu trúc khuôn ba tấm hoặc những lòng khuôn lớn cần nhiều miệng phun, hoặc cho loại khuôn có nhiều lòng khuôn. Hệ thống kênh nhựa thường là hình thang hay hình thang hiệu chỉnh ở tiết diện ngang để tiện việc gia công và lắp chốt kéo miệng phun khi mở khuôn. Ưu điểm của loại này là có thể bố trí nhiều miệng phun vào lòng khuôn đối với những lòng khuôn lớn, giúp cho việc điền đầy nhanh chóng và tốt hơn. Tuy nhiên, có thể gây quá nhiệt đối với loại vật liệu có cấu trúc sợi dài và có độ nhớt kém.

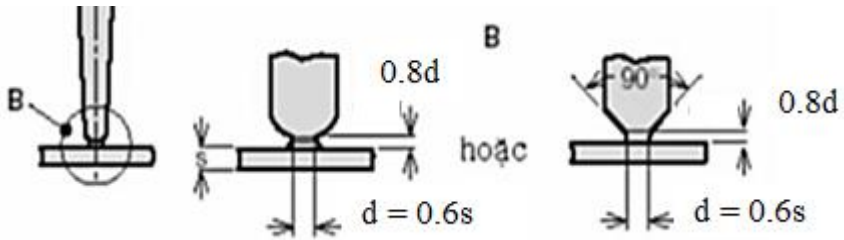
Miệng phun điểm chốt



**Hình 1.2.2.19.** Miệng phun kiểu chốt

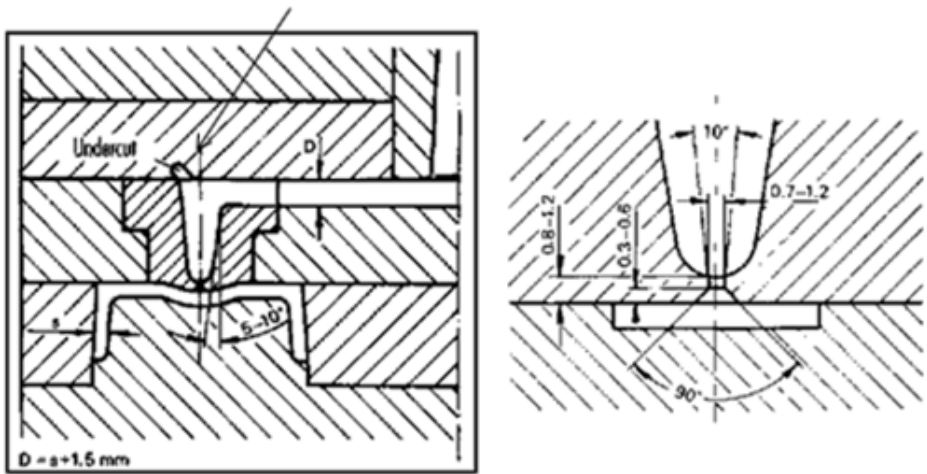
Kích thước của miệng phun điểm chốt quan trọng, nếu điểm chốt quá to hoặc phần côn quá nhỏ thì dấu vết của nó thấy rất rõ.

Kích thước dành cho việc thiết kế:

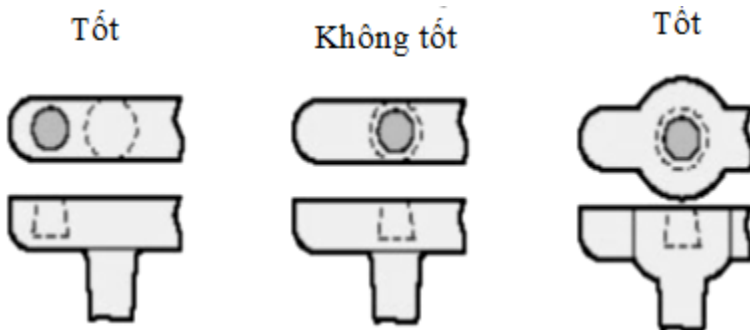


**Hình 1.2.2.20.** Kích thước cho thiết kế miệng phun điểm

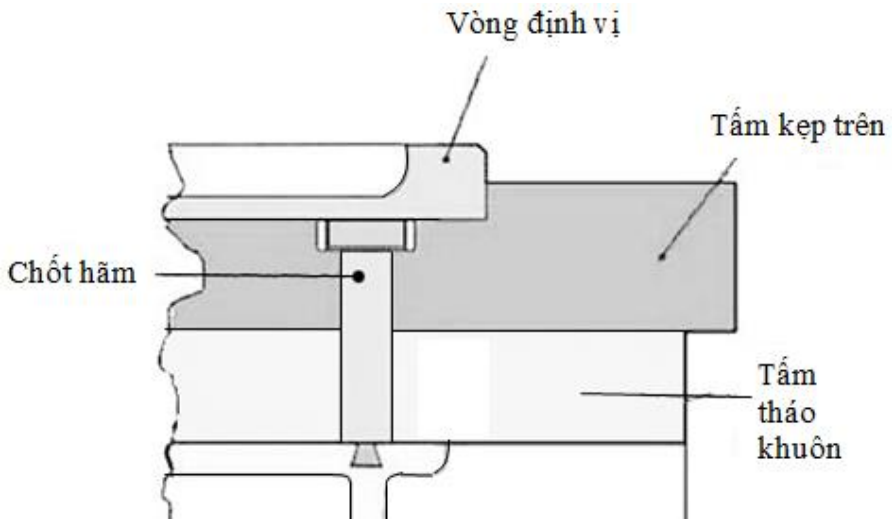
Mẫu kéo kênh dẫn cắt xương keo



**Hình 1.2.2.21.** Miệng phun kiểu điểm chốt

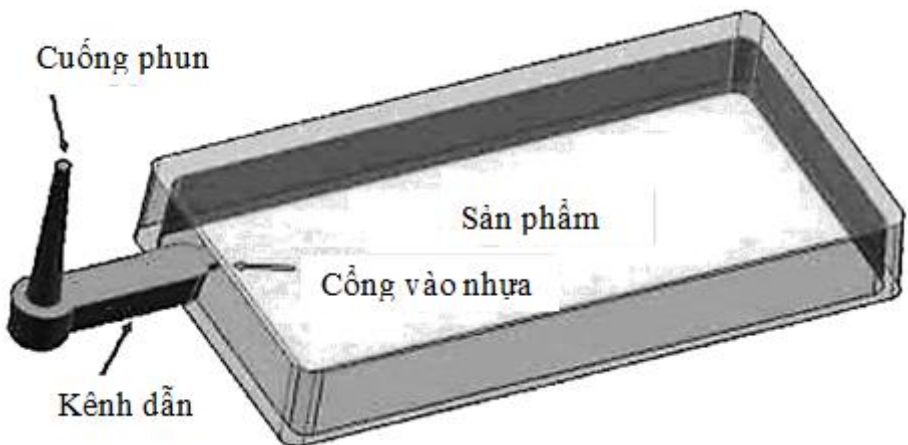


**Hình 1.2.2.22.** Các kiểu lỗ chốt kéo kênh dẫn



**Hình 1.2.2.23.** Vị trí chốt kéo trên khuôn

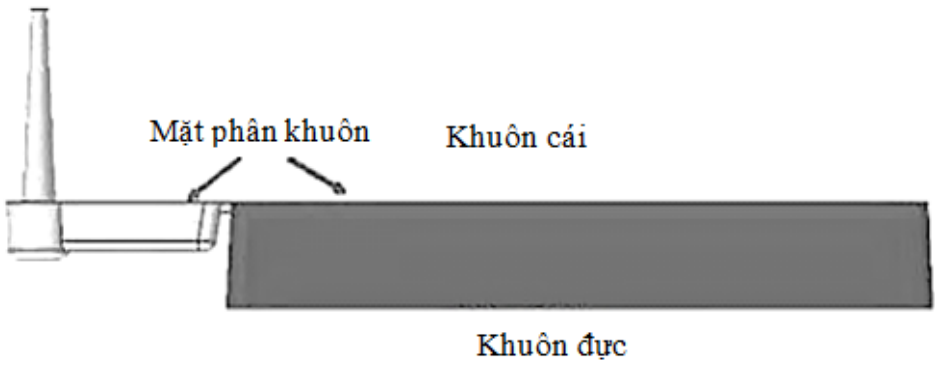
### 3 - Miệng phun cạnh



**Hình 1.2.2.24.** Miệng phun cạnh

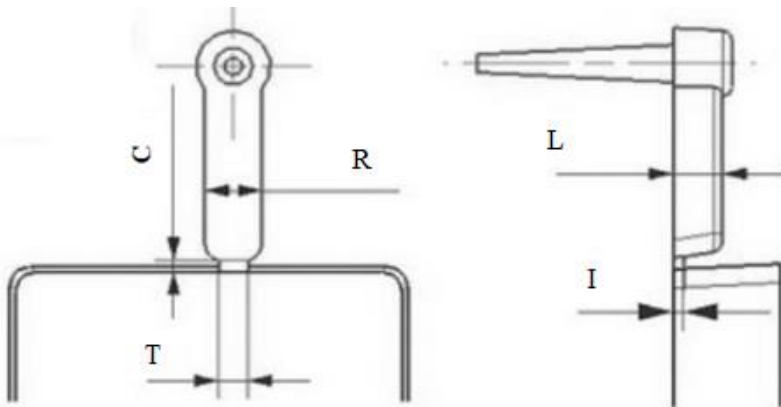
Là kiểu miệng rất thông dụng nó có thể sử dụng cho các loại sản phẩm có thành mỏng hoặc trung bình bởi kết cấu đơn giản và không cần độ chính xác cao.

Miệng phun kiểu cạnh được đặt trên mặt phân khuôn, và điền đầy lòng khuôn từ bên hông, trên hay dưới.



**Hình 1.2.2.25.** Miệng phun cạnh

Kích thước khuyên dùng cho thiết kế:



$$L = (0.8 \rightarrow 0.9) \times R$$

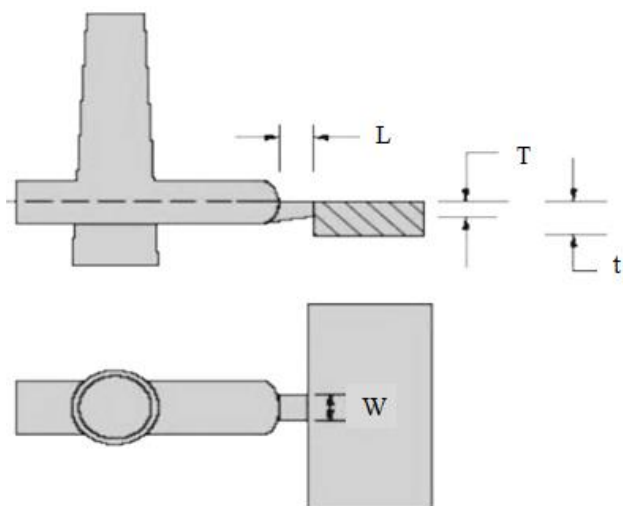
$$I = 0.6 \rightarrow 0.7 \text{ bề dày thành sản phẩm}$$

$$C = 0.8 \rightarrow 1.5 \text{mm}$$

$$T = 1 \rightarrow 5 \text{mm}$$

**Hình 1.2.2.26.** Miệng phun cạnh

Hay:



$$L = 0.08 \text{ inch (2 mm)}$$

$$T = (0.5 \rightarrow 0.8) \times t$$

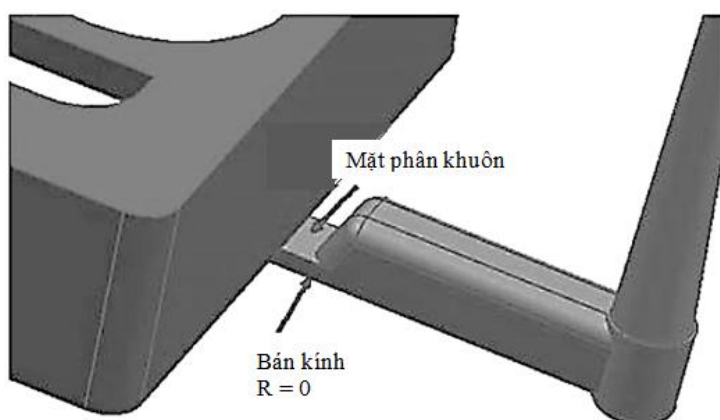
$$W = (2 \rightarrow 4) \times T$$

**Hình 1.2.2.27. Miệng phun cạnh**

Hoặc: bề dày thường bằng 80-100% bề dày thành có thể đến 3.5mm và bề rộng từ 1→12mm. Chiều dài miệng phun không quá 1mm, 0.5mm là giá trị tối ưu.

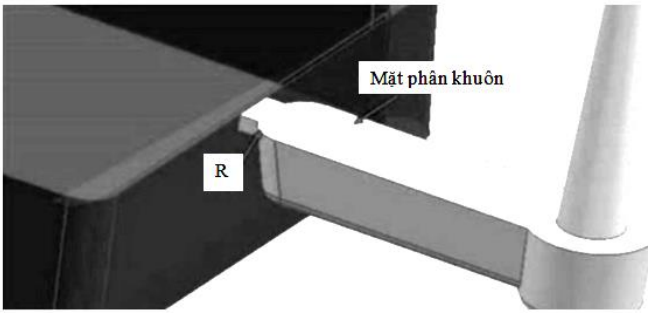
Hai cách thiết kế khác nhau của miệng phun cạnh:

Độ côn là 30-45°



**Hình 1.2.2.28. Miệng phun cạnh**

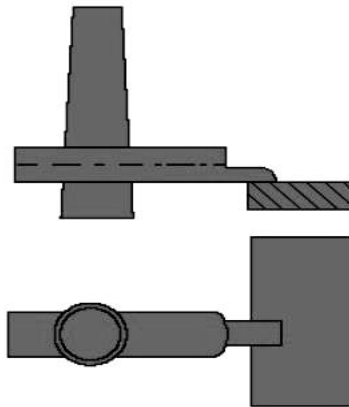
Độ côn là 10-20°



**Hình 1.2.2.29.** Miệng phun cạnh

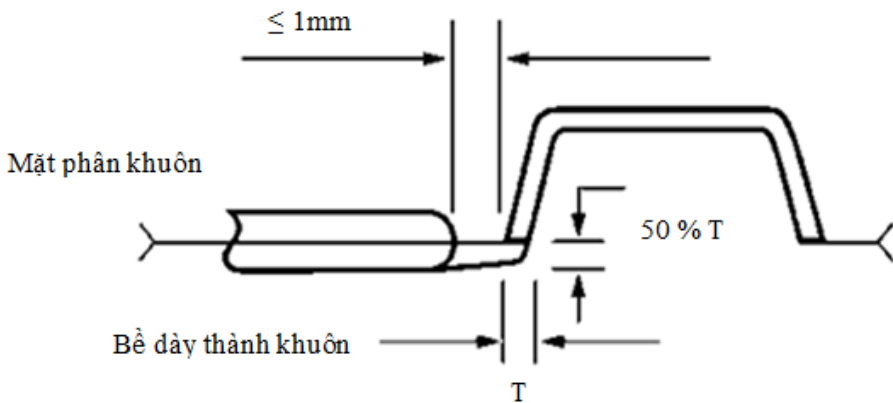
**4 - Miệng phun kiểu gổi**

Tương tự như miệng phun kiểu cạnh, chỉ khác là miệng phun nằm lắp trên bề mặt sản phẩm.



**Hình 1.2.2.30.** Miệng phun kiểu gổi

Kích thước dành cho thiết kế:



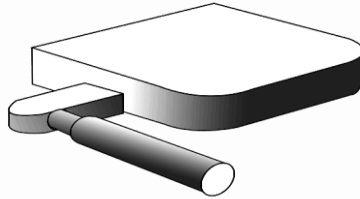
**Hình 1.2.2.31.** Kích thước miệng phun kiểu gổi



Kích thước bằng 10-80% bề dày thành, bề rộng 1→12mm. Chiều dài miệng phun không quá 1mm, tối ưu là 0.5mm.

### 5 - Miệng phun kiểu then

Thường dùng cho các sản phẩm mỏng và phẳng nhằm giảm ứng suất cắt trong khuôn. Lực cắt cao tập trung xung quanh miệng phun bị hạn chế bởi then, then này được cắt sau khi mở khuôn.

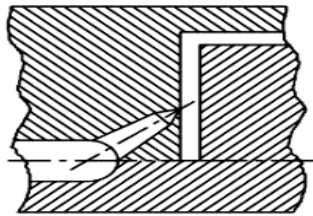


Hình 1.2.2.32. Miệng phun kiểu then

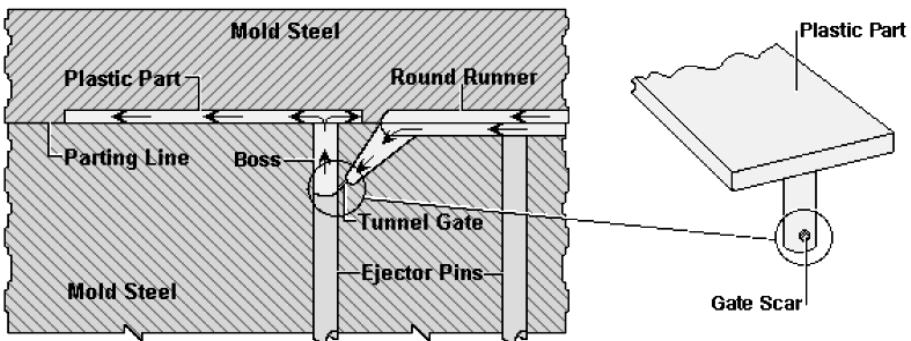
Kích thước thiết kế: Bề rộng nhỏ nhất là 6mm, bề dày nhỏ nhất bằng 75% chiều sâu lòng khuôn.

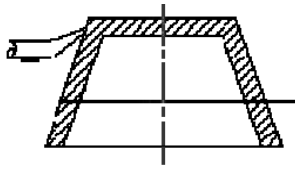
### 6 - Miệng phun kiểu đường ngầm

Loại này cũng rất thông dụng, có ưu điểm là nó tự cắt khi sản phẩm bị đẩy ra khỏi khuôn. Đặc biệt với kiểu miệng này có thể đặt nó trên các đường hoa văn, đường gân để ẩn đi các dấu vết của miệng phun.

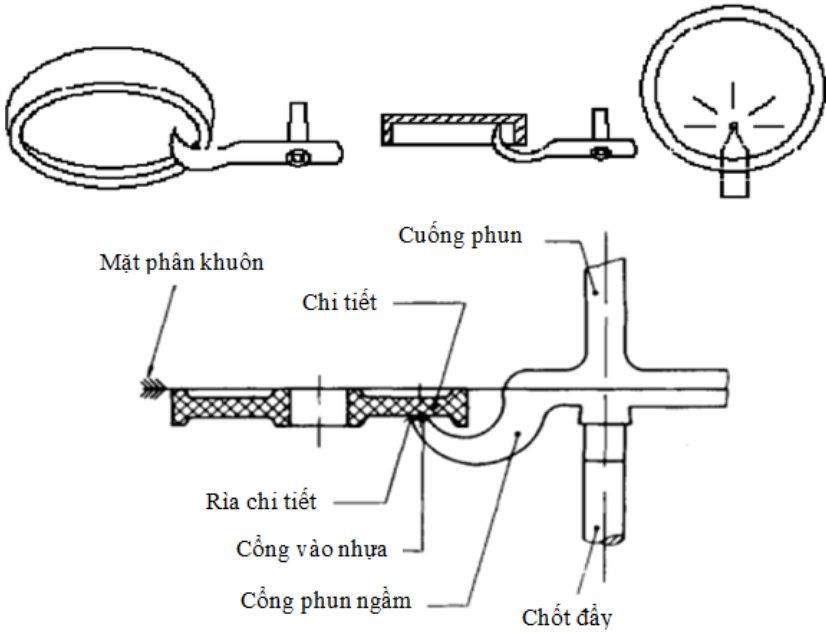


Hình 1.2.2.33. Miệng phun kiểu đường ngầm





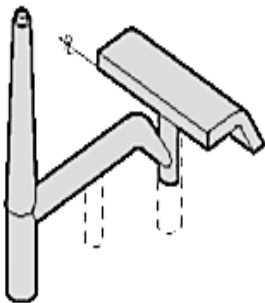
**Hình 1.2.2.34.** Miệng phun kiểu đường ngầm dạng thẳng



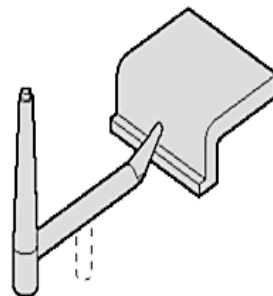
**Hình 1.2.2.35.** Miệng phun ngầm dạng cong

Miệng phun kiểu đường ngầm thường được dùng cho khuôn hai tấm có nhiều lòng khuôn. Khi thiết kế sản phẩm nhỏ và cần cắt kênh dẫn ở mặt bên. Có hai loại: miệng phun ngầm dạng thẳng và miệng phun ngầm dạng cong.

**a) Miệng phun ngầm dạng thẳng**

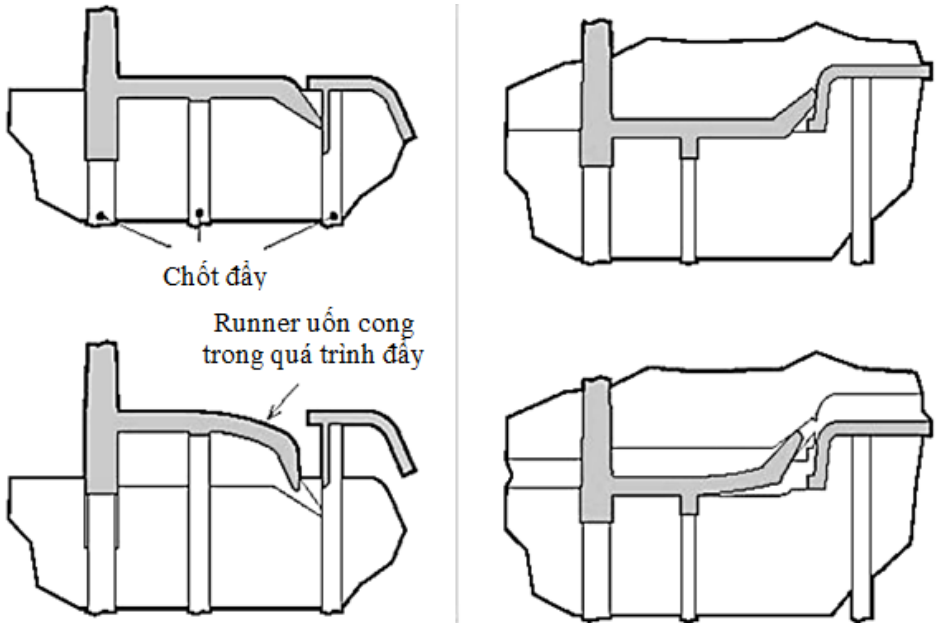


Loại dùng chốt đáy



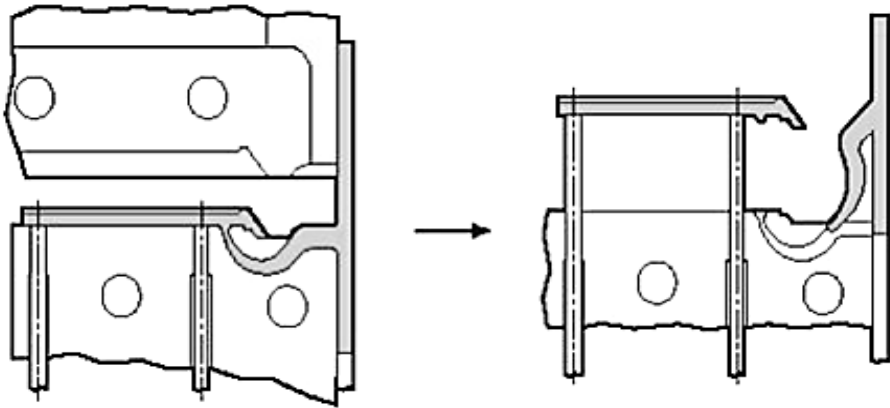
Loại dùng kết cấu lòng khuôn

**Hình 1.2.2.36.** Các loại miệng phun ngầm dạng thẳng



*Hình 1.2.2.37. Quá trình cắt miệng phun ngầm dạng thẳng*

**b) Miệng phun ngầm dạng cong**

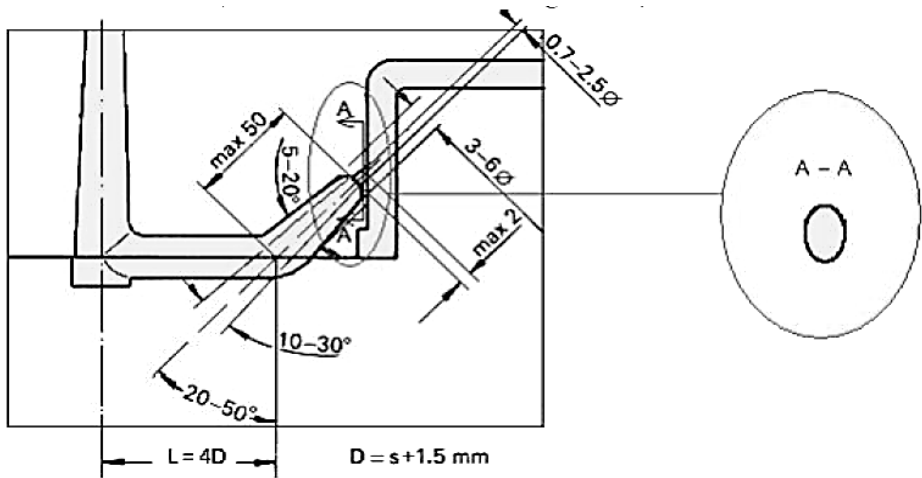


Loại dùng chốt đẩy

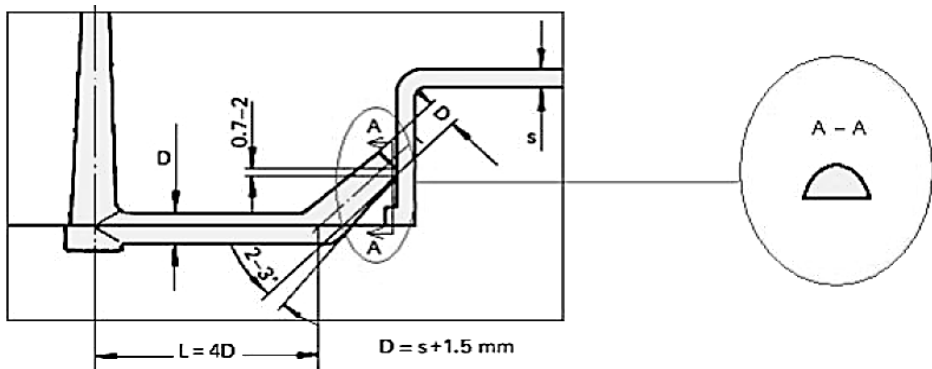
Loại dùng kết cấu lòng khuôn

*Hình 1.2.2.38. Quá trình cắt miệng phun ngầm dạng cong*

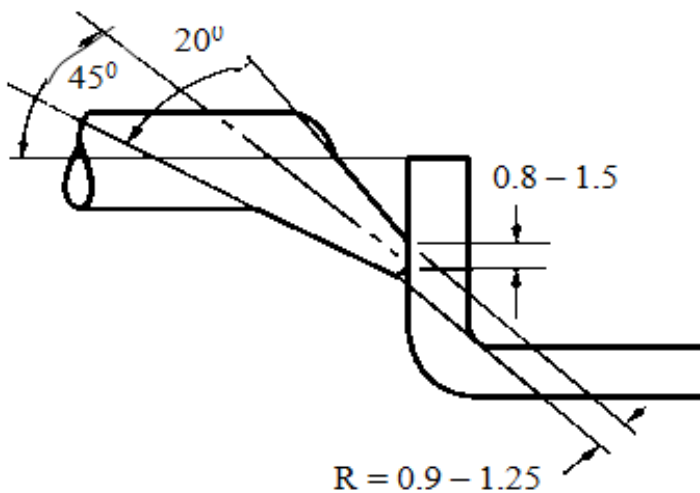
Kích thước thiết kế:



Hình 1.2.2.39. Kích thước cho thiết kế miệng phun ngầm tiêu chuẩn



Hình 1.2.2.40. Kích thước cho thiết kế miệng phun ngầm hiệu chỉnh



$$\frac{X}{D} \geq 2,5$$

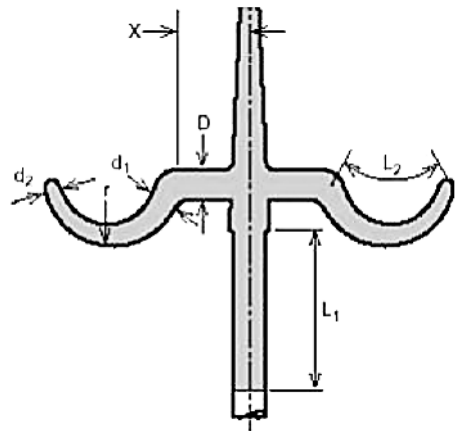
$$D = 4 - 6 \text{ mm (0,16 - 0,235 inch)}$$

$$D - d_1 = 4 - 6 \text{ mm}$$

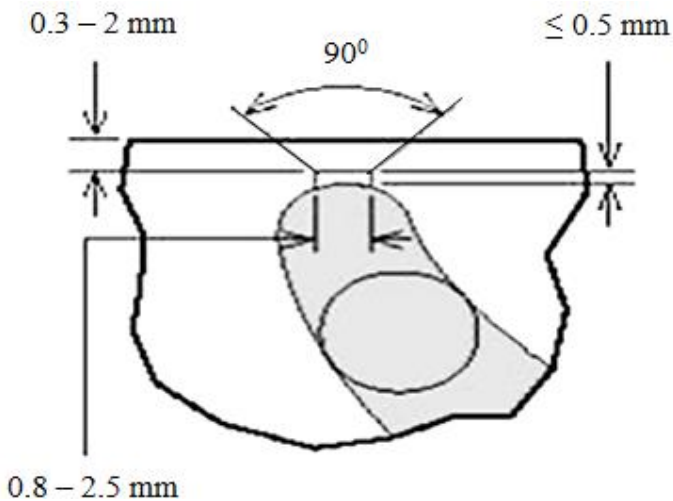
$$r = (2,5 - 3) \times d_1$$

$$L_1 \geq L_2$$

$d_1, d_2$  hình côn nghiêng từ  $3 - 5^\circ$



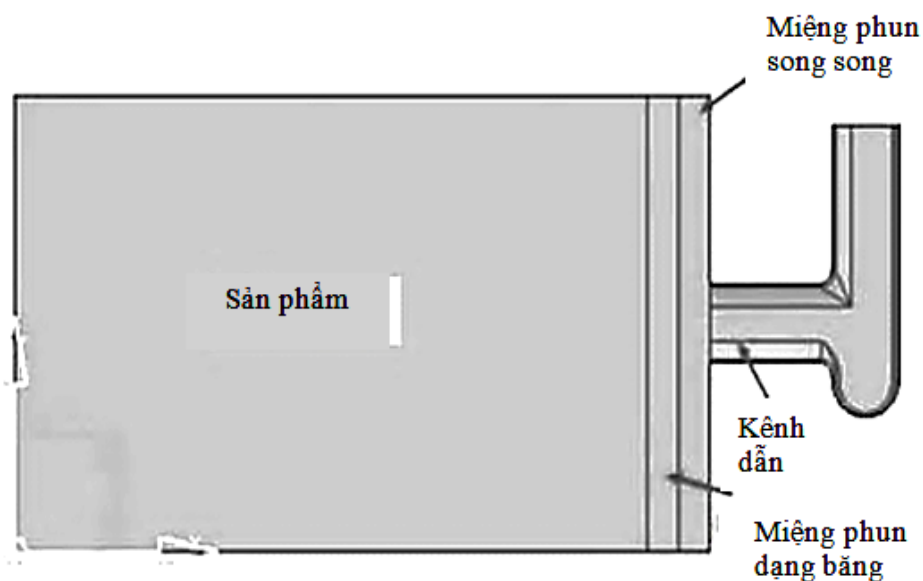
**Hình 1.2.2.41.** Kích thước cho thiết kế kênh dẫn và cuống phun kiểu ngàm



**Hình 1.2.2.42.** Kích thước cho thiết kế miệng phun ngàm dạng cong

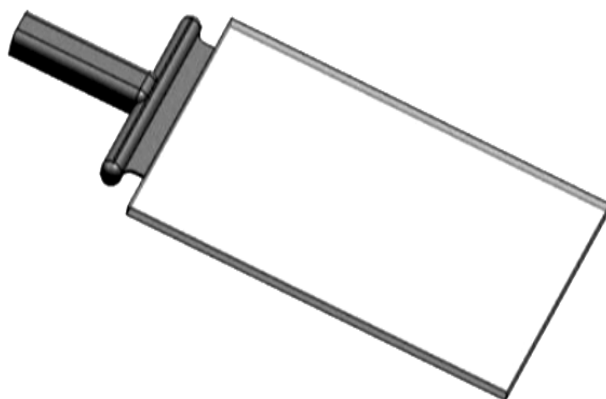
### 7- Miệng phun kiểu bằng

Có kích thước mỏng nhất so với các loại khác, loại này không thông dụng lắm, sử dụng cho các chi tiết có cạnh thẳng, có thể dùng để khắc phục hiện tượng tạo đuôi. Dấu vết của miệng phun rất lớn và chi phí cắt bỏ miệng phun được tính vào sản phẩm. Phù hợp cho sản phẩm lớn và phẳng (đặc biệt là sản phẩm làm bằng nhựa Acrylic) vì nó giúp giảm độ cong vênh cho sản phẩm nhờ sự phân bố đồng đều.



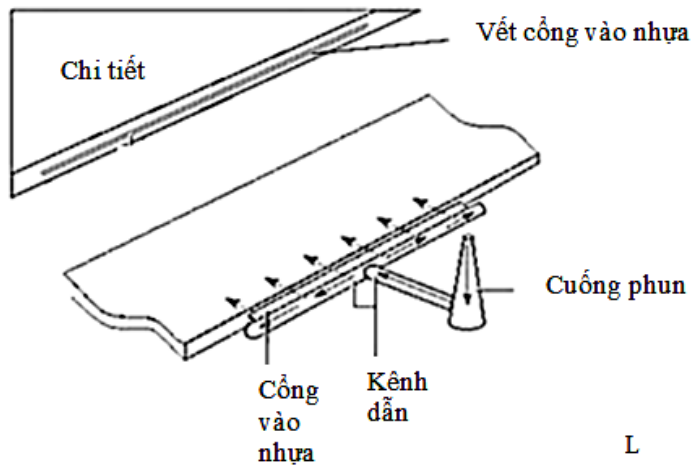
**Hình 1.2.2.43.** Miệng phun kiểu băng

Miệng phun kiểu băng có chứa một kênh dẫn và một miệng phun dọc theo chiều dài của kênh dẫn đó nối với lòng khuôn.



**Hình 1.2.2.44.** Miệng phun kiểu băng

Kích thước thiết kế:



Kích thước dùng cho thiết kế:

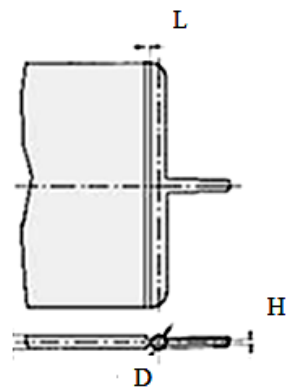
$$D = S \div (4/3)S \div k \text{ (mm)}$$

$k=2$  với sản phẩm có độ dài dòng chảy ngắn và dài

$k=4$  với sản phẩm có độ dài dòng chảy dài và mỏng

$$L = 0.5 \div 2 \text{ (mm)}$$

$$H = (0.2 \div 0.7)S \text{ (mm)}$$



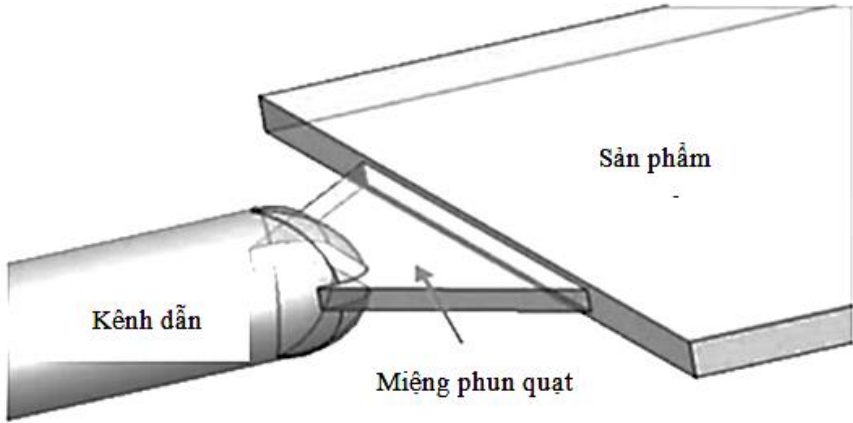
**Hình 1.2.2.45.** Kích thước cho thiết kế miệng phun kiểu băng

Kích thước của miệng phun kiểu này mỏng, khoảng 0.2→0.6mm, đường kính của kênh dẫn song song thường 0.6→1mm.

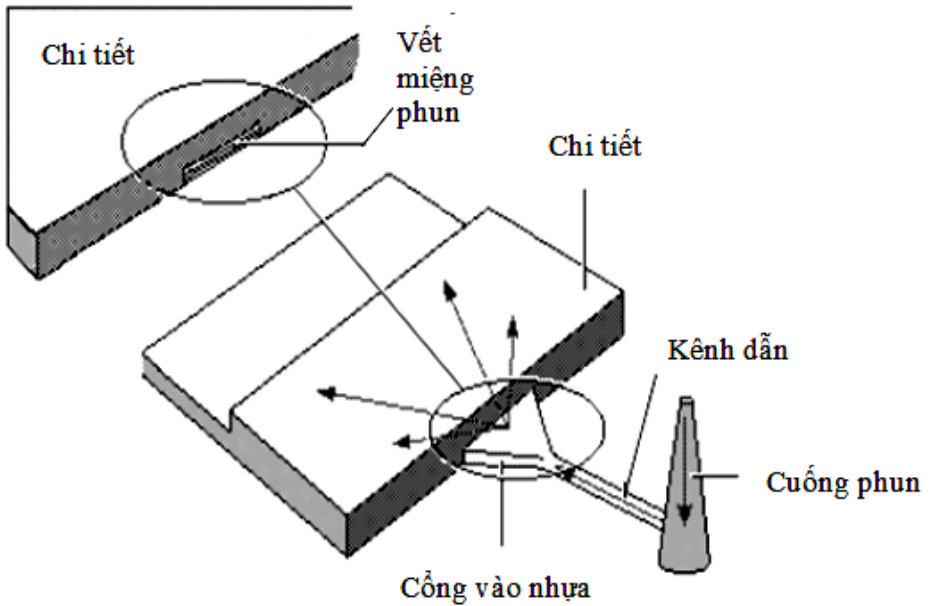
Miệng phun kích thước nhỏ, dày 0.25→0.5mm. chiều dài của miệng phun ngắn, tốt nhất từ 0.5→1mm.

### 8- Miệng phun kiểu quạt

Miệng phun kiểu quạt thực chất cũng là miệng phun cạnh có bề rộng bị biến đổi. Miệng phun kiểu này tạo dòng chảy êm và cho phép điền đầy lòng khuôn một cách nhanh chóng nên rất phù hợp với những sản phẩm lớn và dày. Tuy nhiên, phải chi phí cao khi cắt miệng phun.



*Hình 1.2.2.46. Miệng phun kiểu quạt*



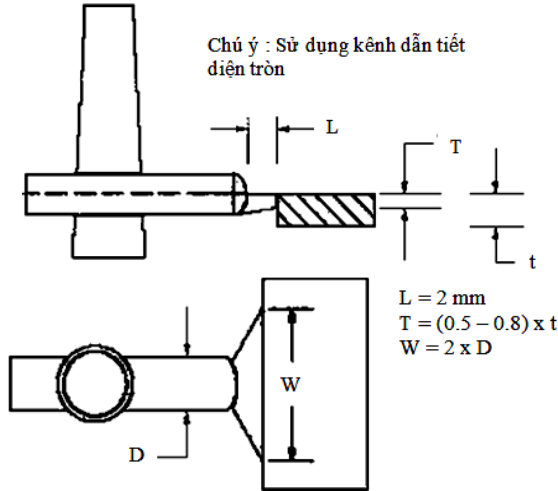
*Hình 1.2.2.47. Miệng phun kiểu quạt và vết miệng phun để lại trên sản phẩm*

Miệng phun kiểu quạt nên làm côn ở cả bề rộng lẫn bề dày để có mặt cắt ngang không đổi, điều này giúp:

- Vận tốc chảy là hằng số.
- Toàn bộ bề rộng được dùng cho lưu lượng.
- Áp suất như nhau qua toàn bề rộng.



Kích thước cho thiết kế:

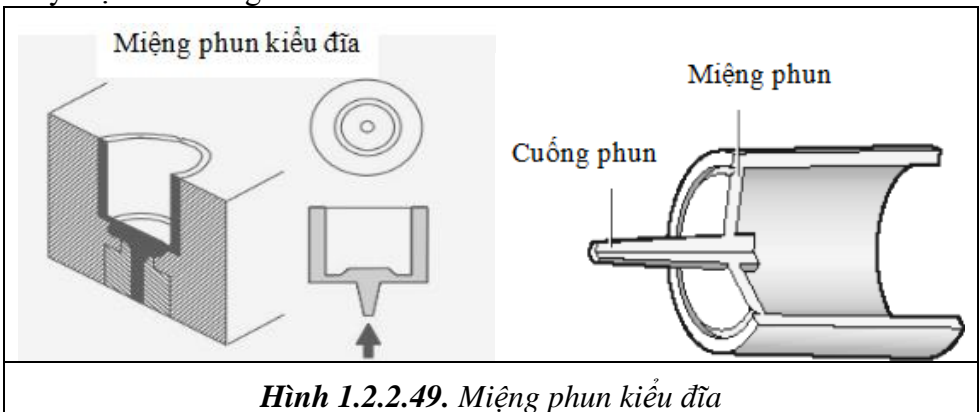


**Hình 1.2.2.48.** Kích thước cho thiết kế miệng phun kiểu quạt

Bề dày của quạt tương đối mỏng có mối quan hệ với bề dày của sản phẩm. Thông thường, bề dày tối đa của cổng hình quạt không vượt quá 80% bề dày của sản phẩm. Nếu sản phẩm quá mỏng - 0.8mm - thì bề dày của cổng phun có thể chọn là 0.7mm. Bề rộng của cổng quạt thường từ 6mm đến 25% chiều rộng của tấm khuôn. Đối với những sản phẩm lớn bề rộng thường bằng chiều rộng của lòng khuôn.

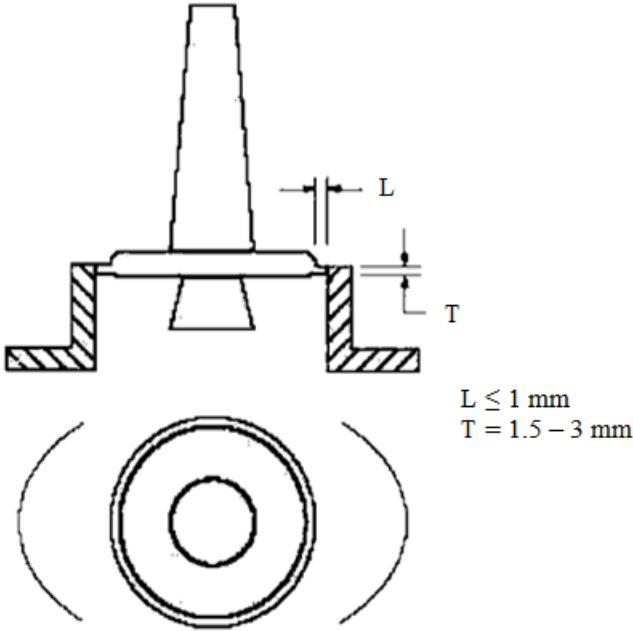
**9- Miệng phun kiểu đĩa**

Thường dùng cho các chi tiết dạng trụ rỗng mà có yêu cầu cao về độ đồng tâm và không có đường hàn miệng phun, kiểu này thực chất là miệng phun màng bao vòng quanh thành sản phẩm. Khi nhựa qua cuống phun, nhờ màng phun vòng quanh thành sản phẩm mà lòng khuôn điền đầy một cách đồng đều.

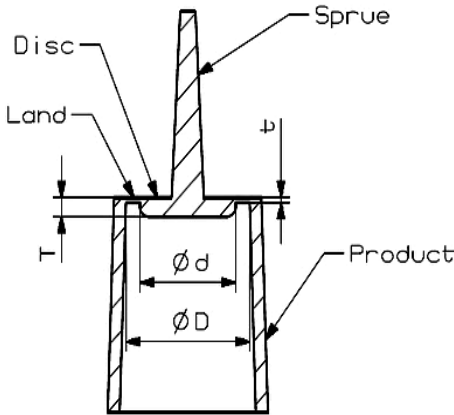


**Hình 1.2.2.49.** Miệng phun kiểu đĩa

Kích thước cho thiết kế:



**Hình 1.2.2.50.** Kích thước cho thiết kế miệng phun kiểu đĩa

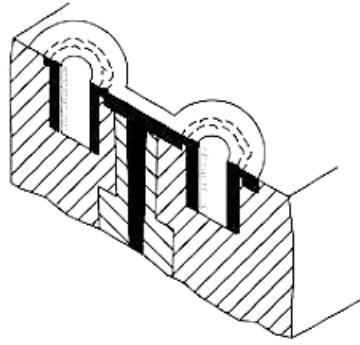


$t = 0.1 - 0.17 \text{ mm}$   
 $T = 5 \rightarrow 10 \text{ mm}$  (tùy  
 thuộc vào kích thước của  
 sản phẩm)  
 Giá trị  $D - d = 1 \rightarrow 5 \text{ mm}$   
 mỗi bên

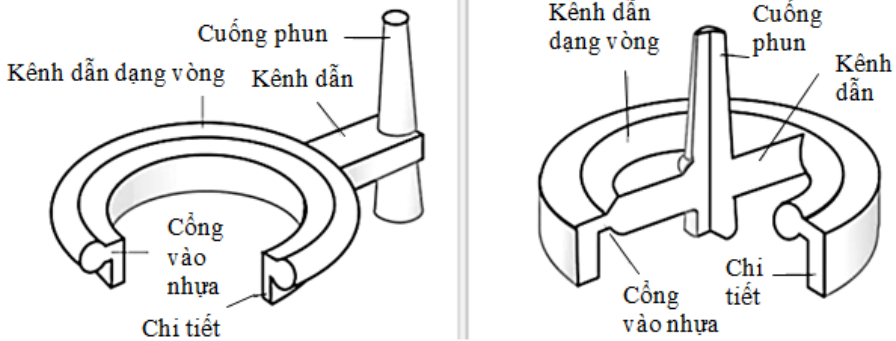
**Hình 1.2.2.51.** Kích thước 1 kiểu miệng phun dạng đĩa khác

**10- Miệng phun kiểu vòng**

Miệng phun kiểu vòng thích hợp cho những sản phẩm có dạng trụ dài có tiết diện mỏng, giúp hạn chế vết hàn, không khí bị kẹt lại trong quá trình điền đầy và giảm ứng suất tập trung quanh miệng phun. Có hai loại miệng phun kiểu vòng: vòng ngoài và vòng trong.



**Hình 1.2.2.52. Miệng phun kiểu vòng**



**Hình 1.2.2.53. Miệng phun kiểu vòng ngoài và vòng trong**

$$D = S + 1.5 \div (4/3)S + k \text{ (mm)}$$

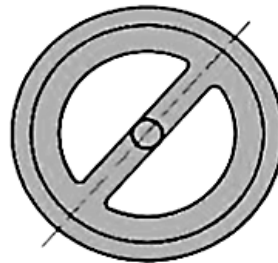
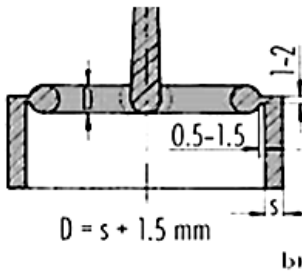
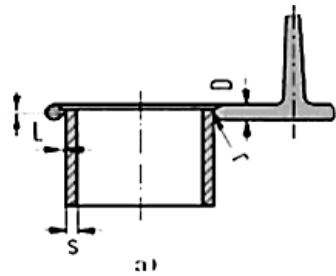
$$L = 0.5 \div 1.5 \text{ (mm)}$$

$$H = (2/3)S \div 2 \text{ (mm)}$$

$$r = 0.2S \text{ (mm)}$$

$k = 2 \text{ mm}$  với sản phẩm có độ dài dòng chảy ngắn và dài

$k = 4 \text{ mm}$  với sản phẩm có độ dài dòng chảy dài và mỏng



a) Thiết kế cho miệng phun kiểu vòng ngoài

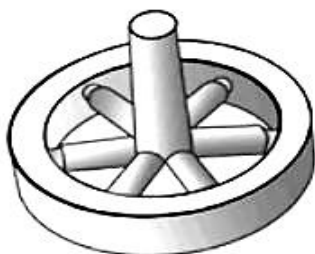
b) Thiết kế cho miệng phun kiểu vòng trong

**Hình 1.2.2.54. Thiết kế miệng phun kiểu vòng**

Miệng phun kiểu vòng ngoài có bề rộng 0.25→1.5mm

### 11- Miệng phun kiểu nan hoa

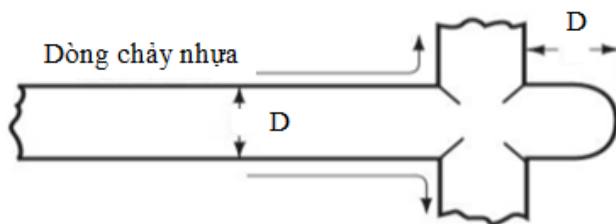
Còn gọi là có nhiều miệng phun, thường dùng cho những sản phẩm có hình ống, dễ cắt bỏ và tiết kiệm được vật liệu. Nhược điểm là sản phẩm có thể bị đường hàn và không tròn hoàn toàn. Kích cỡ đường kính thông thường của cổng là 0.8→5mm.



Hình 1.2.2.55. Miệng phun kiểu nan hoa

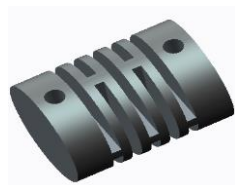
#### d) Đuôi nguội chậm

Để phần vật liệu ở chỗ rẽ nhánh không bị đông đặc sớm gây nghẽn dòng nên thiết kế thêm đuôi nguội chậm. Đuôi nguội chậm sẽ giúp quá trình điền đầy diễn ra nhanh và tốt hơn. Thường nằm ở những nhánh giao nhau của kênh dẫn.



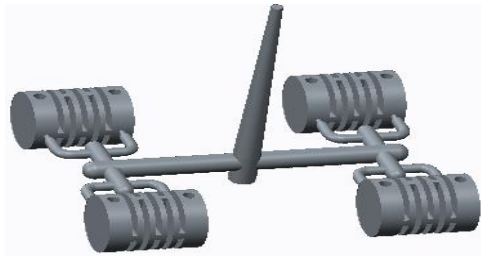
Hình 1.2.2.56. Đuôi nguội chậm

### 1.2.3 Ví dụ



Hình 1.2.3.1. Khớp mềm

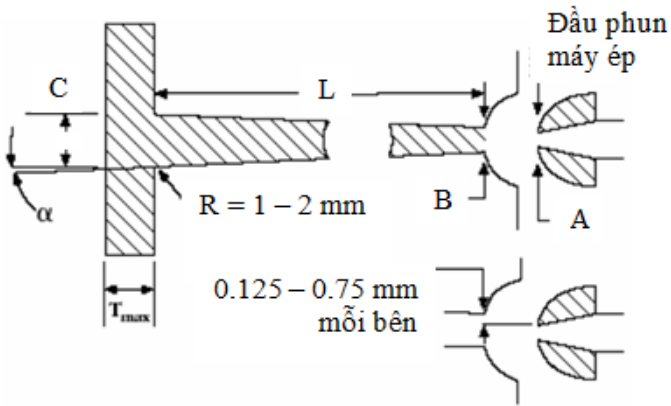
- Khuôn có 4 lòng khuôn được thiết kế như sau:



**Hình 1.2.3.2.** Hệ thống kênh dẫn nhựa cho 4 lòng khuôn

- Khớp mềm có bề dày lớn nhất là 8 mm, bề dày nhỏ nhất là 1.5mm.

+ Cuống phun có kích thước như sau:



$$C \geq T_{\max} + 1.5 \text{ mm} \quad \alpha \geq 1.5^\circ$$

$$B \geq A + 1 \text{ mm} \quad \tan \alpha \geq \frac{C-B}{2L}$$

**Hình 1.2.3.5.** Chọn kích thước cuống phun

$$C \geq T_{\max} + 1.5 = 4 + 1.5 = 5.5 \text{ mm}$$

$$B \geq 2 + 1 = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha \geq \frac{C-B}{2L} \Rightarrow L = 35 \text{ mm}$$

+ Chọn kênh dẫn có tiết diện là hình tròn



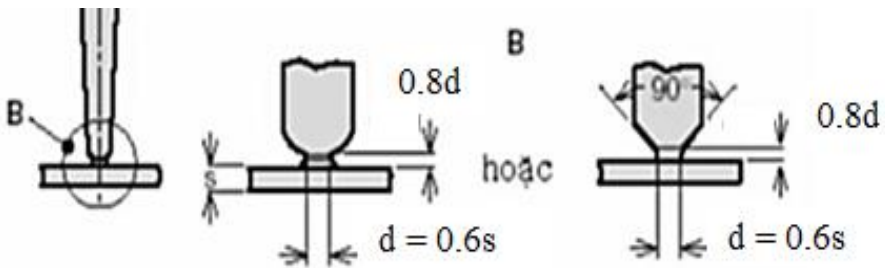
**Hình 1.2.3.3.** Kênh dẫn hình tròn

- Đường kính kênh dẫn theo lý thuyết

$$t = 8 \text{ mm} \Rightarrow D = 8 + 1.5 = 9.5 \text{ mm}$$

nhưng do sản phẩm có kích thước nhỏ nên chiều dài dòng chảy ngắn (40mm) và chọn vị trí cổng vào nhựa tại phần dày nhất của sản phẩm nên sản phẩm dễ điền đầy. Do đó, chọn đường kính kênh dẫn chính 4mm, đường kính kênh dẫn phụ 2 mm và dùng phần mềm CAE để kiểm tra lại khả năng điền đầy sản phẩm.

+ Chọn miệng phun kiểu điềm:



*Hình 1.2.3.4. Chọn miệng phun*

Do thiết kế 2 cổng vào nhựa nên chọn:

Chiều dài miệng phun:  $L = 2 \text{ mm}$

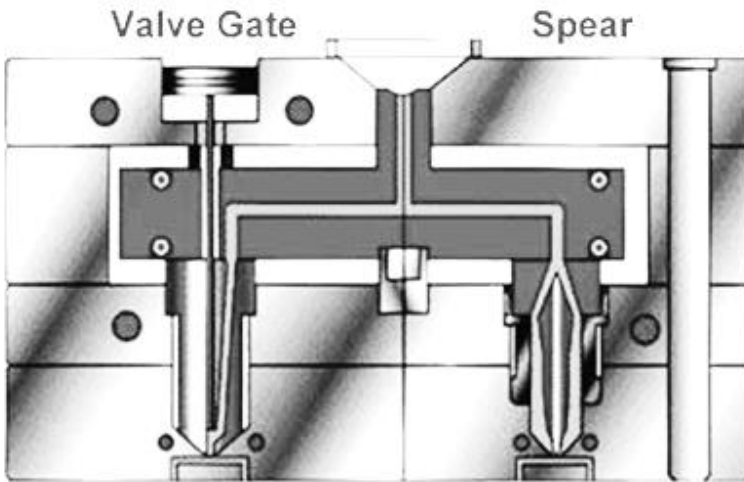
Đường kính miệng phun:  $W = 1 \text{ mm}$

### **1.3 HỆ THỐNG CẤP NHỰA NÓNG (HOT RUNNER - HR)**

#### **1.3.1 Nhiệm vụ, yêu cầu, lợi ích và hạn chế**

##### **a) Nhiệm vụ**

Đưa nhựa nóng vào trong lòng khuôn khi dòng nhựa nóng đi ra từ máy ép và luôn giữ nhựa nóng chảy trong hệ thống kênh dẫn. Nếu một hệ thống HR không được thiết kế đúng thì việc chọn hay chế tạo ra nó có thể gây ra sự hư hỏng ở sản phẩm như rạn nứt, các vết nứt ở các thành phần khuôn, sự nhỏ giọt, kéo sợi,...



*Hình 1.3.1.1. Hệ thống cấp nhựa nóng*

### **b) Yêu cầu kỹ thuật**

- Nhiệt độ phân bố đồng nhất trên toàn dòng chảy. Điều này có nghĩa là hệ thống cấp nhiệt phải đền bù lượng nhiệt bị mất, hệ thống cách nhiệt và điều khiển nhiệt độ chính xác có thể đền bù lượng nhiệt bị thiếu khi nung và tạo nhiệt độ ổn định trên toàn hệ thống kênh dẫn.

- Phải giảm tối thiểu khả năng mất áp suất trong khi dòng nhựa nóng chảy qua kênh dẫn. Điều này yêu cầu phải lựa chọn cẩn thận kênh dẫn và miệng phun (đường kính và chiều dài), chế độ lắp ráp giữa các chi tiết.

- Có khả năng điều khiển trạng thái miệng phun như một cái van nhiệt (thermal):

+ Mở: khi phun nhựa vào lòng khuôn.

+ Đóng: khi mở khuôn lấy sản phẩm.

- Duy trì việc cân bằng dòng, nghĩa là đảm bảo việc điền đầy các lòng khuôn đồng bộ.

- Chống rò rỉ trong hệ thống.

- Trong một số trường hợp, phải dễ đổi màu.

- Tính bền, đặc biệt là bộ phận cấp nhiệt.

- Dễ lắp ráp vào khuôn.

- Dễ dàng làm sạch và thay thế các thành phần bị mòn hoặc hỏng.

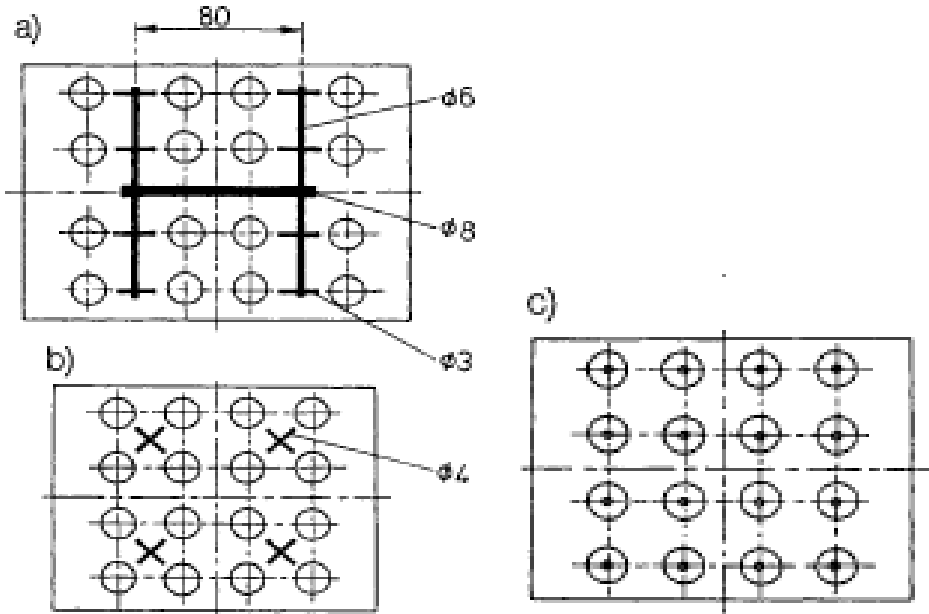
- Định vị chính xác bề mặt của đầu phun (nozzle) với bộ gia nhiệt (manifold) và khu vực làm kín nozzle.

- Tấm manifold phải chế tạo chính xác các kích thước định tấm các lỗ để gắn nozzle và bề dày manifold.

- Phải cho phép tấm manifold và nozzle giãn nở.
- Phải chú ý đến các hệ thống dây điện trở. Phải chắc chắn hệ thống dây điện trở không tiếp xúc trực tiếp với manifold nóng.
- Sử dụng những chi tiết đỡ phụ những nơi cần thiết.
- Cung cấp những đường dây hợp lý cho các nozzle, cặp nhiệt trở và bộ phận gia nhiệt manifold. Các dây phải được hướng về một hợp terminal (thường thì nó được đặt trên đầu của khuôn) trên cạnh khuôn có bị đụng chạm khi vận hành khuôn. Không được nhồi nhét và uốn dây quá nhiều. Phải đảm bảo các dây dẫn có những ghim gài hoặc vỏ bọc.

### c) Lợi ích khi sử dụng

- Giảm thời gian chu kỳ ép.
- Hạn chế được việc sử dụng kênh dẫn nguội (Cold Runner) có thể có những phế liệu sót lại hoặc phải nghiền lại.
- Giảm lượng nhựa tiêu thụ trong khuôn.
- Rút ngắn được việc lãng phí nhựa trong tiến trình tuần hoàn (phân loại, nghiền lại, lưu trữ...), từ đó dẫn đến việc tiết kiệm lao động và giảm năng lượng tiêu thụ.
- Cải thiện độ bền và chất lượng chi tiết.
- Giảm áp xuất phun.



a) Cold Runner

b) Cold Runner-HR

c) HR

**Hình 1.3.1.2. So sánh sự lãng phí phát sinh trong khuôn**



Trên hình a, với việc sử dụng hệ thống Cold Runner, thể tích cuống phun vào khoảng  $25\text{cm}^3$ ; trên hình b với 1 hệ thống Hot Runner đơn giản gồm 4 vòi phun và 1 hệ thống Cold Runner ngắn, thể tích cuống phun giảm xuống còn  $5\text{cm}^3$ ; trong khi ở hình c là hệ thống hoàn toàn Hot Runner với 16 vòi phun, cuống phun và kênh dẫn hoàn toàn bị loại bỏ.

Sử dụng khuôn dạng (b) sẽ giảm được 20% sự lãng phí chỉ với 1 hệ thống Hot Runner có giá vừa phải.

Sử dụng khuôn dạng (c) sẽ rất đắt tiền nhưng sẽ giảm tối đa sự lãng phí nhựa.

#### d) Những giới hạn khi sử dụng hệ thống kênh dẫn nóng

- Hệ thống HR phải được sử dụng cho những ứng dụng và cho những vật liệu nhựa riêng biệt. Việc đổi loại nhựa có thể khó khăn hoặc thậm chí không thể, ví dụ như những Nozzle ở các dạng khác nhau phải được sử dụng cho 1 vật liệu nhựa mới.

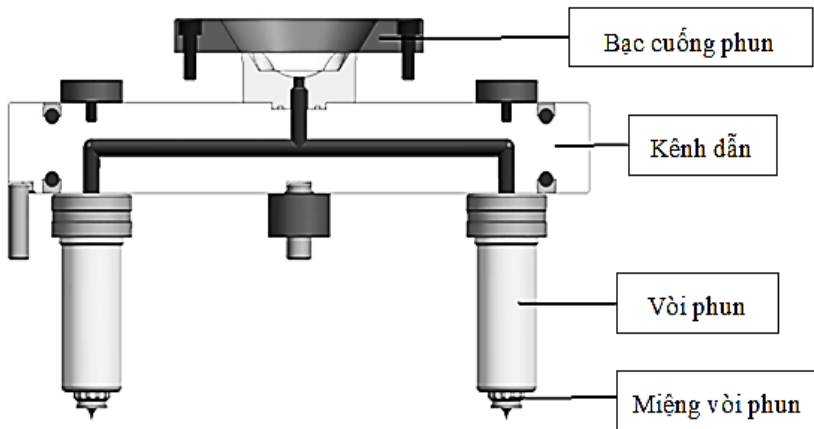
- Sự nguy hiểm về nhiệt khi sử dụng các loại nhựa nhạy nhiệt.
- Bộ điều khiển nhiệt độ yêu cầu phải chính xác.
- Giá thành bảo trì cao.

### 1.3.2 Cấu trúc và chức năng của hệ thống Hot Runner

#### a) Cấu trúc

Một hệ thống HR gồm các thành phần sau:

- Bạc cuống phun (Sprue bushing).
- Kênh dẫn phân phối nhựa tới các vòi phun (Manifold).
- Vòi phun (Nozzle).
- Miệng phun (Gate).



Hình 1.3.2.1. Cấu trúc của một kênh dẫn nóng Hot runner

## b) Chức năng các bộ phận

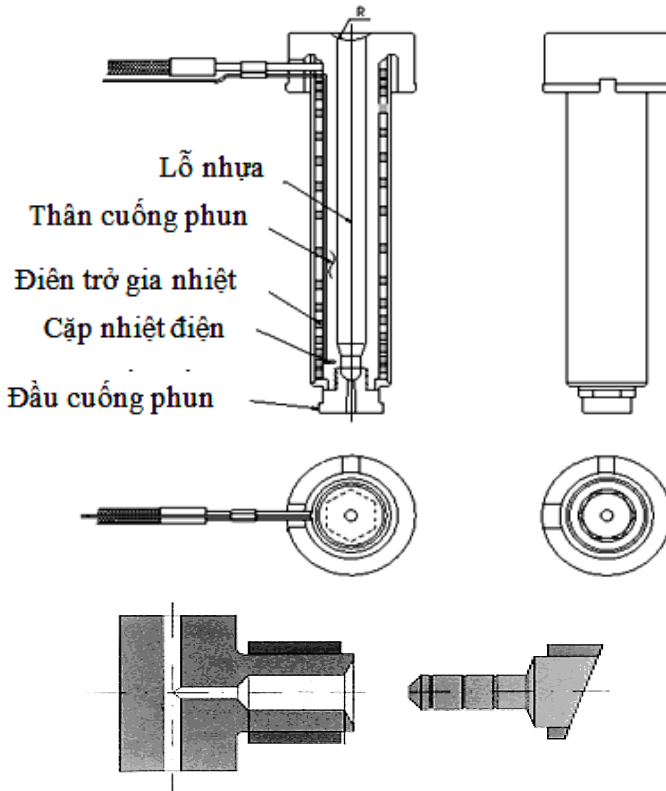
| Tên các bộ phận | Bạc cuống phun (Sprue bushing)   | Kênh dẫn nhựa (Manifold)  | Vòi phun (Nozzle)   | Miệng phun (Gate)  |
|-----------------|--|---|---|--|
| Chức năng       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kết nối với đầu phun của máy phun.</li> <li>- Làm kín hệ thống dòng chảy kết nối từ máy đến vòi phun.</li> <li>- Giảm áp suất khi cần thiết.</li> <li>- Lọc nhựa nóng nếu yêu cầu.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vận chuyển và phân phối dòng nhựa nóng.</li> <li>- Duy trì nhiệt độ nhựa là một hằng số trong khi phun.</li> <li>- Truyền áp suất cho dòng nhựa..</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cấp nhựa nóng đến miệng phun.</li> <li>- Duy trì nhiệt độ nhựa là một hằng số trong khi phun.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cung cấp nhựa nóng đến lòng khuôn.</li> <li>- Duy trì đường dẫn nhựa vào lòng khuôn.</li> <li>- Ngắt dòng chảy nhựa.</li> </ul> |

**Bảng 1.3.2.1. Chức năng các bộ phận của một hệ thống Hot Runner**

### 1.3.3 Đặc điểm, cách tính và bố trí các thành phần

#### a) Bạc cuống phun (Sprue bushing)

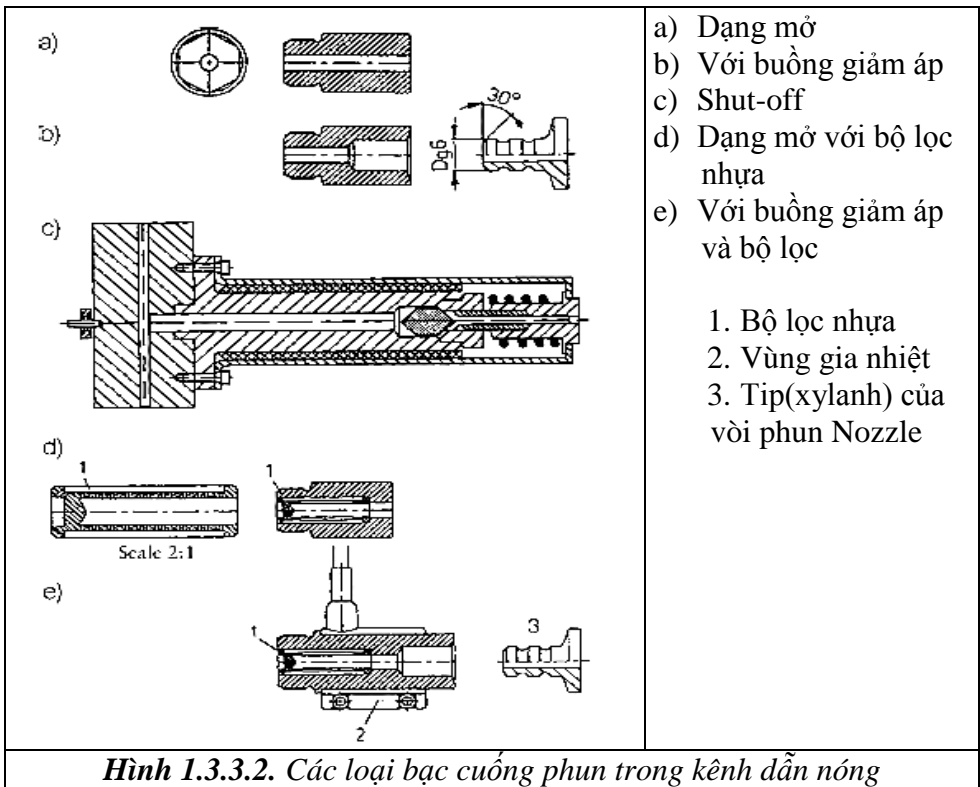
- Bạc cuống phun là bộ phận giúp nhựa từ vòi phun của máy đến manifold. Để đảm bảo nhiệt đồng đều trong hệ thống kênh dẫn thì ngay tại bạc cuống phun này nhựa cũng phải được gia nhiệt và điều khiển nhiệt độ giống như các phần khác của hệ thống kênh dẫn nóng. Nếu nhiệt độ của khu vực này quá thấp đối với những vật liệu nhạy ở nhiệt độ cao thì bề mặt của sản phẩm sẽ không đạt chất lượng. Vì thế phải gia nhiệt cho bạc cuống phun. Đây là một chi tiết tiêu chuẩn được nhiều hãng lớn sản xuất và đạt chất lượng rất tốt.



**Hình 1.3.3.1.** Bạc cuống phun trong kênh dẫn nóng

- Bạc cuống phun kênh dẫn nóng được phân làm 3 loại cơ bản tùy theo dạng sản xuất:

- + Cuống phun dạng mở.
- + Cuống phun có buồng giảm áp.
- + Cuống phun dạng đóng.

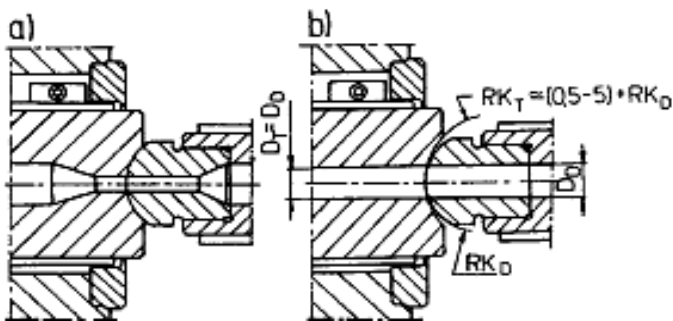


**Hình 1.3.3.2. Các loại bạc cuống phun trong kênh dẫn nóng**

**1 - Cuống phun dạng mở**

Kênh dẫn cho cuống phun dạng mở có thể hình trụ hoặc hình nón. Kênh dẫn hình nón giúp ngăn ngừa thất thoát nhựa từ cuống phun khi Nozzle bị lấy ra.

Kênh dẫn của một Nozzle trong máy ép phun nên phù hợp với kênh dẫn của cuống phun.



- a) Vòi phun và bạc cuống phun tiêu chuẩn cho kênh dẫn hẹp,
- b) Vòi phun với kênh dẫn được mở rộng

**Hình 1.3.3.3. Sự phù hợp giữa vòi phun Nozzle và bạc cuống phun trong Manifold**

## 2 - Cuồng phun với buồng giảm áp

Cuồng phun này được sử dụng với mục đích giảm áp xuất dòng nhựa chảy đều trong hệ thống Hot Runner, nó giúp ngăn chặn việc dòng nhựa bị căng và thất thoát từ những vòi phun Nozzle trong khuôn mở nhanh và ngăn không cho không khí vào bên trong bạc cuồng phun. Không khí sau đó sẽ bị nén trong suốt quá trình phun và đạt đến nhiệt độ cao có thể gây ra sự cháy nhựa.

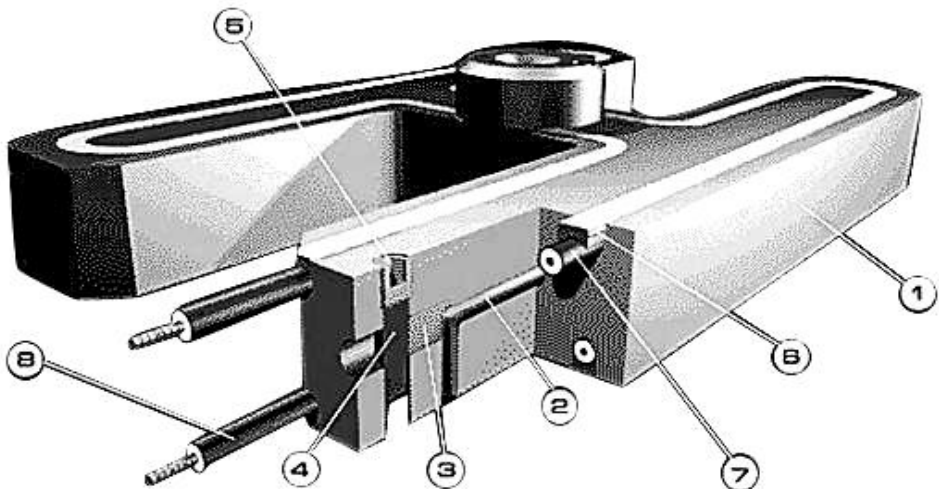
## 3 - Cuồng phun dạng đóng

Được trang bị với 1 van 1 chiều trong kênh dẫn để có thể cho dòng nhựa thông qua do vòi phun bị kéo về hoặc có thể cho không khí đi vào bên trong.

### b) Kênh dẫn Manifold

Manifold được sử dụng khi phun gián tiếp qua nhiều miệng phun, manifold đóng vai trò là tấm phân phối nhựa từ nhánh nóng của máy đến các lòng khuôn. Đối với những lòng khuôn đồng nhất thì việc cân bằng manifold chỉ cần cân bằng tự nhiên, tức là cân bằng đường kính và chiều dài kênh dẫn cho giống nhau, còn đối với những lòng khuôn khác nhau hoặc một lòng khuôn nhưng với nhiều miệng phun ở các vị trí khác nhau (đối với những sản phẩm lớn) thì cần phải cân bằng manifold.

### 1 - Cấu tạo và đặc điểm



Hình 1.3.3.4. Cấu tạo kênh dẫn Manifold

- (1) Thân manifold: được làm từ hợp kim hoặc thép không gỉ.
- (2) Rãnh nhựa: để nhựa lỏng có thể chảy trong nó, yêu cầu càng nhẵn càng tốt.

- (3) Chốt giới hạn: phải kín để tránh rò rỉ nhựa hoặc không bị trượt khi chịu áp suất cao trong quá trình hoạt động, nhưng cũng phải tháo lắp dễ dàng khi cần bảo trì hệ thống.
- (4) Chốt xuyên: Thêm chốt này để có thể đảm bảo nhựa không rò rỉ với áp suất cao, đây là thiết kế để an toàn.
- (5) Đầu ren: để dễ dàng cho lắp ráp.
- (6) Lớp bọc điện trở manifold: làm từ vật liệu kim loại dễ uốn, có hệ số truyền nhiệt rất cao, nó được nén bên trên bộ gia nhiệt vào các rãnh gia nhiệt có sẵn trên thân của manifold. Cung cấp sự duy trì nhiệt độ cho manifold.
- (7) Nhiệt trở hình ống: được sắp xếp bố trí xung quanh chu vi của manifold, nó phải bù được nhiệt độ mất mát trên bề mặt của manifold và không được làm nhựa quá nhiệt sẽ dẫn đến cháy, và tạo những vết đen trên sản phẩm.
- (8) Đây là bộ gia nhiệt thứ hai của hệ thống.

## 2 - Thiết kế Manifold



*Hình 1.3.3.5. Các loại kênh dẫn Manifold*

Để thiết kế một Manifold hoàn chỉnh cần thực hiện các yêu cầu sau:

- Ước lượng trọng lượng sản phẩm và vật liệu được sử dụng dựa trên tiêu chuẩn và đặc điểm kỹ thuật.

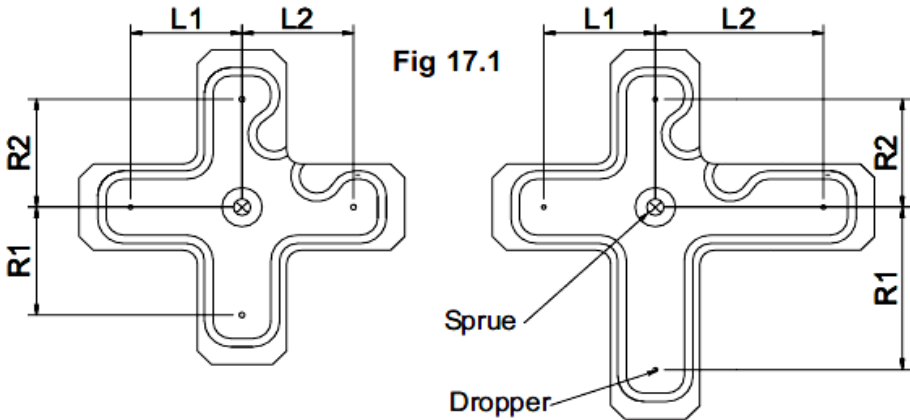
- Xác định công vào nhựa và các dạng công phù hợp. Điều này phụ thuộc vào tính thẩm mỹ, mặt cắt các thành khuôn và độ bền đa chiều.

- Xác định chuỗi Nozzle phù hợp trên các nhân tố: Sự quan trọng của việc đổi màu, chi tiết thành mỏng hoặc chiều dài dòng chảy, vật liệu dễ mòn (Special tips, gate insert...), thời gian chu trình nhanh được yêu cầu (thêm kênh làm nguội) và bề mặt sản phẩm ảnh hưởng hoàn hảo (Công van).

- Tính toán số lượng sản phẩm dựa trên: Kích cỡ máy phun, lực kẹp, khoảng cách ngắn nhất giữa các Nozzle.

- Bản thiết kế Manifold càng đối xứng càng tốt. Những Manifold không đối xứng thì khó cân bằng và thường chế tạo đắt hơn. Xem xét đến Manifold như: Tổng bề dày, lối thoát nhiệt, kết nối cấp nhiệt điện và các dây điện trở, công làm nguội, bề dày thêm vào nếu công van được sử dụng, cho phép khoảng không khí nhỏ nhất là 10mm trong toàn Manifold.

- Chọn những Manifold tiêu chuẩn với kích thước phù hợp và sự chọn lựa 1 cách chi tiết từ catalogue.



Thiết kế Manifold tốt

Thiết kế không tốt

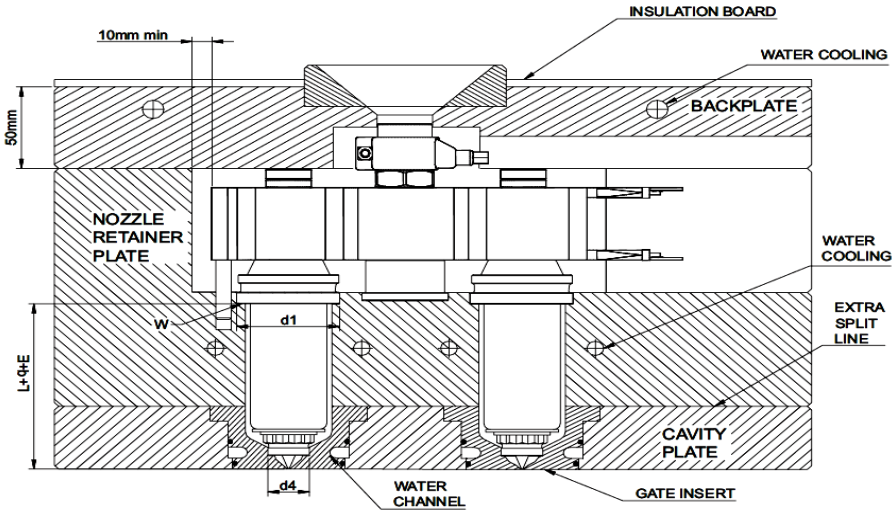
(Các Runner có chiều dài cân bằng)

### Sơ đồ 1.3.3.1. Thiết kế Manifold

- Thiết kế các chi tiết khuôn Hot runner (như hình vẽ dưới đây):

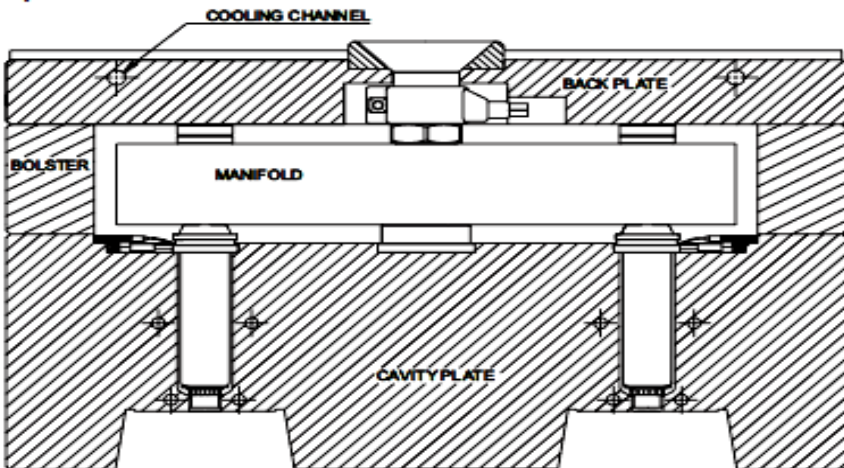
- + Sử dụng tấm Cavity plate cho vòi phun dài hơn để gia tăng độ cứng và độ bền cho khuôn. Thiết kế kênh dẫn nguội ở giữa tấm khuôn xung quanh các vòi phun Nozzle.

- + Sử dụng tấm kẹp (Back plate) dày tối thiểu 50mm.
- + Sử dụng thiết bị kẹp phù hợp giữa tấm Back plate và tấm khuôn giữ vòi khuôn (Nozzle cavity plate) đảm bảo bịt kín giữa Manifold và Nozzle, theo MASTIP.
- + Sử dụng 1 tấm cách nhiệt (Insulation board) phía trên tấm Back Plate.
- + Sử dụng các tấm insert công làm nguội với kênh nguội bao quanh tấm insert.



Sơ đồ 1.3.3.2. Cấu trúc thiết kế khuôn cho hệ thống kênh dẫn nóng

### 3 - Cấu trúc khuôn cho Manifold

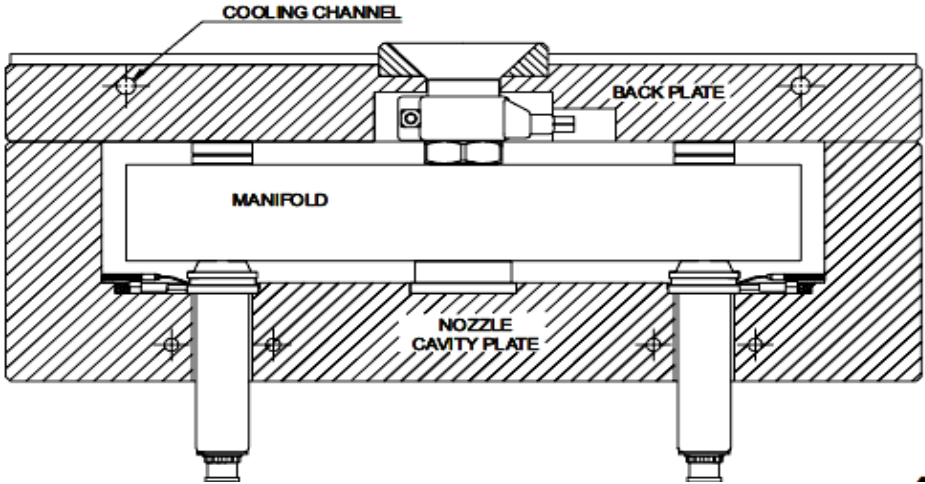


Sơ đồ 1.3.3.3. Thiết kế khuôn manifold điển hình



Đây là bản thiết kế chung và cơ bản nhất. Tấm Back plate và tấm đỡ (Bolster) tách rời.

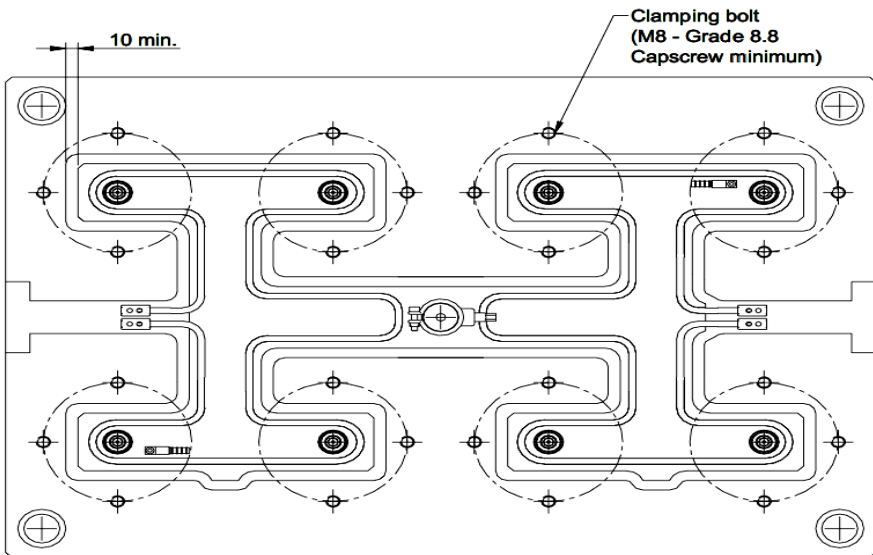
Những cái hốc được gia công cho Manifold kênh dẫn nóng. Điều này giúp các thành phần vững chắc hơn, lắp và tháo dễ dàng hơn.



*Sơ đồ 1.3.3.4. Thiết kế khuôn manifold có các tấm Hot half*

Ở kiểu thiết kế này, tất cả các bộ phận của hệ thống Hot Runner bao gồm các dây gia nhiệt đều có thể tháo lắp được. Các tấm Hot half bên dưới có thể được gia công theo yêu cầu.

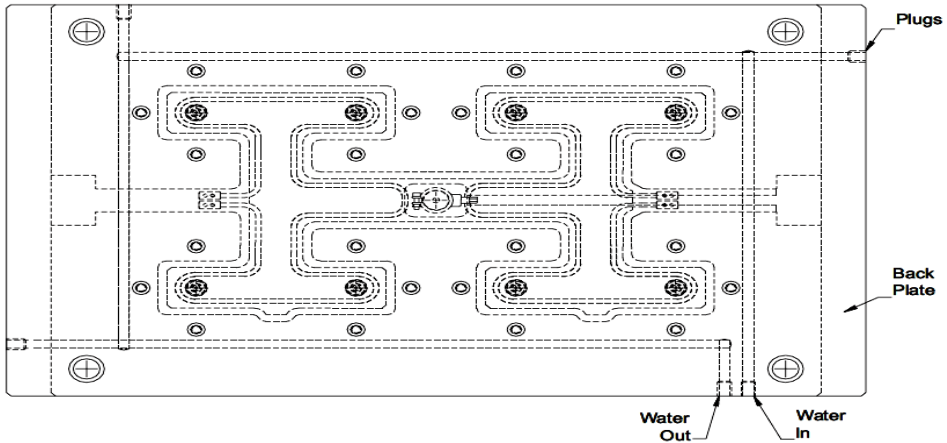
#### **4 - Kẹp chặt**



*Sơ đồ 1.3.3.5. Kẹp chặt manifold*

Tấm chứa vòi phun (Nozzle cavity plate) phải được chế tạo có hốc chứa Manifold và phải có khoảng hở ít nhất 10mm bao quanh. Các bu lông kẹp chặt phải gần Manifold nhất có thể để đảm bảo độ kẹp chặt.

### 5 - Thiết kế hệ thống làm nguội cho tấm Back plate

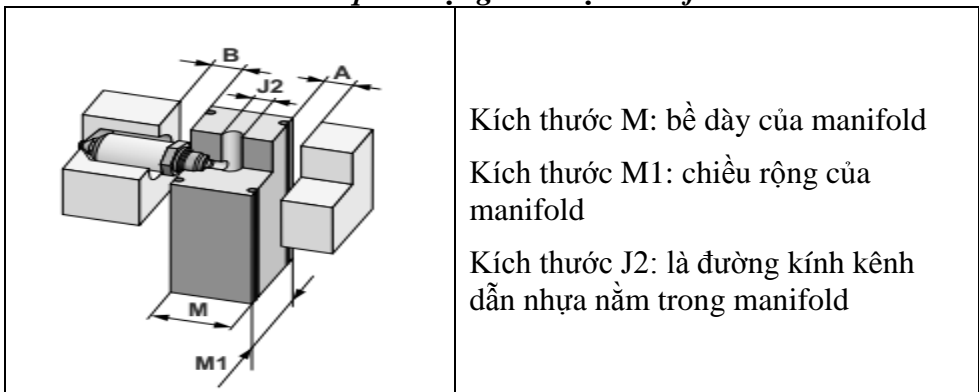


#### Sơ đồ 1.3.3.6. Thiết kế hệ thống làm nguội cho tấm Back plate

Hệ thống làm nguội bao quanh vị trí Manifold như hình vẽ (nằm trong tấm Back Plate), có 1 đầu vào, 1 đầu ra và những nút (plug) để bịt các đầu còn lại.

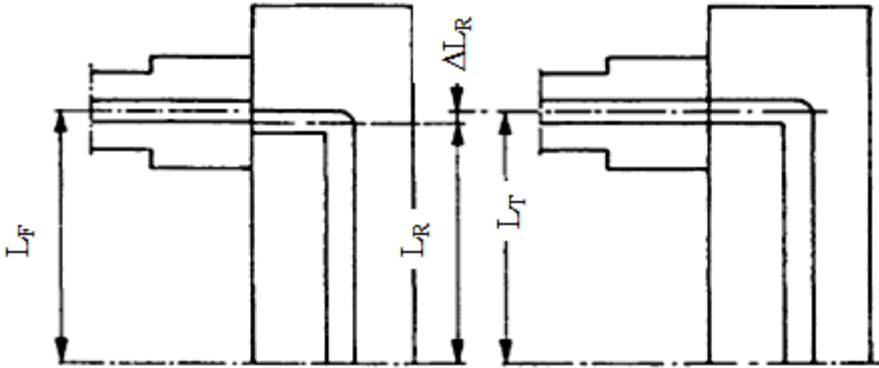
Việc làm nguội cho tấm Back plate rất quan trọng vì 1 số lượng lớn nhiệt sẽ tập trung tại đây. Lượng nhiệt này có thể truyền đến đầu phun máy ép gây ra sự ảnh hưởng đến độ chính xác và cơ cấu trong máy phun.

### 6 - Các kích thước quan trọng của một Manifold



Hình 1.3.3.6. Kích thước của Manifold

**7- Tính toán sự giãn nở vì nhiệt**



**Hình 1.3.3.7. Kích thước tính toán giãn nở nhiệt**

$$L_R = L_F (1 - \alpha (T_R - T_F)) \text{ (mm)}$$

Trong đó:

$L_R$  là kích thước của manifold (mm).

$L_F$  là kích thước của manifold trong khuôn (kích thước khi giãn nở) (mm).

$T_R$  là nhiệt độ của manifold (°C).

$T_F$  là nhiệt độ của khuôn (°C).

$\alpha$  là hệ số giãn nở nhiệt (1/°C).

**c) Vòi phun (Nozzle)**

**1 - Cấu tạo**



**Hình 1.3.3.8. Cấu tạo của Nozzle**

## 2 - Đặc điểm chung

- Vòi phun là vị trí cuối cùng của một hệ thống HR và nó bao gồm một dây dẫn nhiệt đến miệng phun, miệng phun có vài trò cung cấp nhựa nóng từ kênh dẫn chảy vào lòng khuôn.

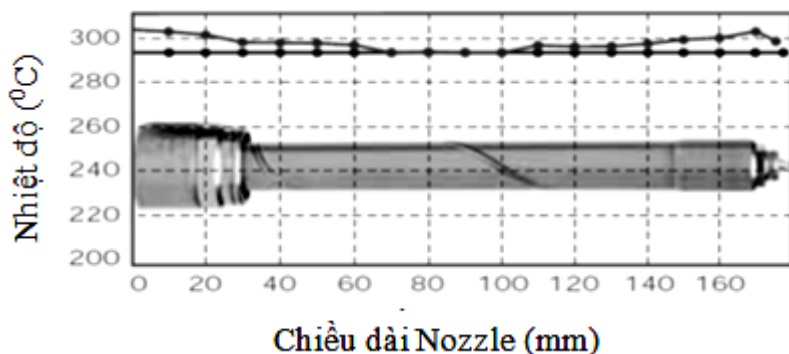
- Vòi phun là chi tiết quan trọng nhất, khó lựa chọn và chế tạo nhất của một hệ thống HR, nó phải đạt được nhiều yêu cầu cao.

- Bên cạnh những yêu cầu chung để hình thành nên hệ thống HR, vòi phun phải đạt những yêu cầu sau:

- + Nhiệt độ nhựa điểm đầu và điểm cuối của vòi phun phải chênh lệch thấp.
- + Cách nhiệt giữa vòi phun và khuôn, một khi không cách nhiệt thì nhiệt độ khuôn tăng sẽ kéo dài thời gian làm nguội hoặc gây ra sự giãn nở khuôn.
- + Không xuất hiện bất kỳ hiện tượng đông cứng nhựa tại miệng phun.
- + Dễ dàng làm sạch, tháo gỡ và thay thế các thành phần bị hư hỏng.
- + Có khả năng thích ứng với các hình dạng của khuôn và tính chất của nhựa.

- Vòi phun được gia nhiệt từ bên trong hoặc bên ngoài. Vòi phun được gia nhiệt trực tiếp bằng bộ gia nhiệt đặt bên cạnh chúng hoặc nhiệt từ hệ thống kênh dẫn manifold đến vòi phun, vòi phun ở dạng này phải làm từ vật liệu có tính dẫn nhiệt cao thường là hợp kim đồng.

- Nhiệt độ nhựa nóng chảy không thay đổi trong kênh dẫn để ngăn ngừa bất kỳ sự biến đổi nào trong đặc tính chảy của dòng nhựa: sự nguội của nhựa ở điểm cuối của vòi hay sự quá nhiệt ở giữa của vòi đều không kiểm soát được. Tốt hơn hết là đặc tính nhiệt nên tuyến tính.



**Biểu đồ 1.3.3.1.** Phân bố nhiệt độ nhựa trong Nozzle (theo Mastermold)

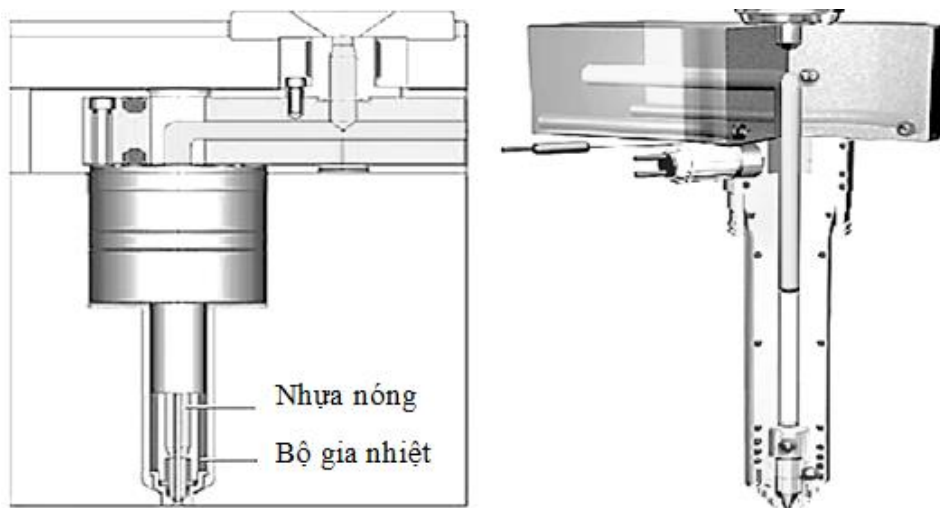
- + Đường thẳng bên dưới: nhiệt độ ép.
- + Đường cong bên trên: nhiệt độ nhựa.

### 3 - Phân loại vòi phun Nozzle

Theo phương pháp cấp nhiệt thì vòi phun Nozzle được chia làm 3 loại chính sau:

- Vòi phun gia nhiệt ngoài.
- Vòi phun gia nhiệt trong.
- Vòi phun kiểu cách ly.

#### a) Vòi phun gia nhiệt ngoài



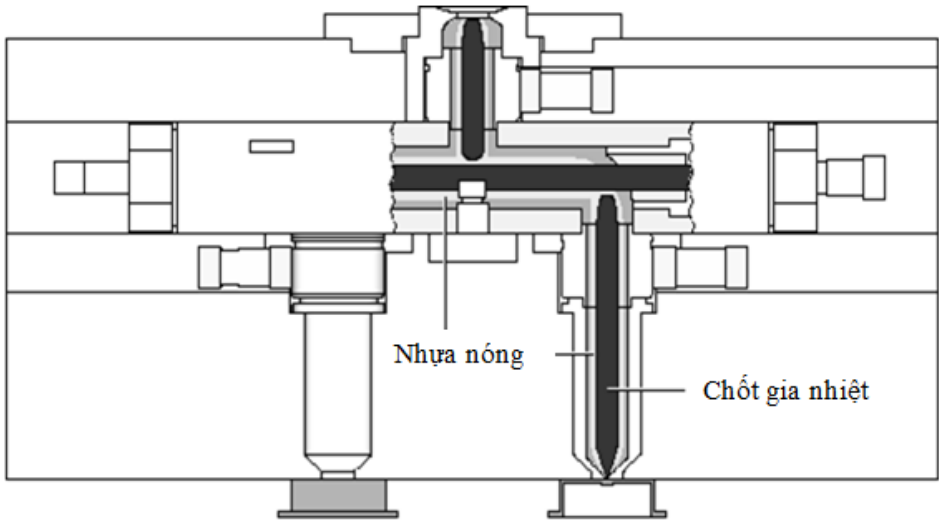
**Hình 1.3.3.9.** Vòi phun Nozzle gia nhiệt ngoài

Vòi bao gồm rãnh nhựa tròn và bao quanh bởi một bạc. Bạc được bao quanh bởi một nhiệt trở kiểu băng hoặc là loại nhiệt trở khác có thể bao quanh được nó. Bạc được gia nhiệt này được bao quanh bởi một lớp khí, dùng để cách ly nhiệt của nó với lòng khuôn. Một cặp nhiệt điện được gắn vào nozzle để cung cấp tín hiệu phản hồi về bộ điều khiển nhiệt độ của nozzle.

Miệng phun của nozzle cung cấp nhựa trực tiếp vào lòng khuôn để điền đầy và đòi hỏi phải để lại dấu vết trên sản phẩm càng nhỏ càng tốt. Với yêu cầu này thì độ mở của miệng phun phải nhỏ nhất có thể. Để giữ độ mở của miệng phun được nhỏ, thì thông thường sử dụng bộ gia nhiệt ở đầu miệng phun. Đầu miệng phun này thường là một tấm insert, có một lỗ nhỏ ở giữa miệng phun và được gia nhiệt gián tiếp (thông qua dẫn nhiệt) từ điện trở của nozzle. Việc gia nhiệt gián tiếp

này giới hạn nhiệt độ của đầu miêng phun. Bất cứ sự thay đổi nhiệt độ của nozzle thì đều tác động đến đầu miêng phun. Với một vài thiết kế, thì nozzle được gia nhiệt phải có 2 điện trở và điều khiển nhiệt độ cách ly khác nhau. Một điện trở nằm ở giữa và gần phần đầu của nozzle, cái khác nằm trên đầu cuối của nozzle và miêng phun. Sử dụng hai nhiệt trở này sẽ làm tăng khả năng điều khiển nhiệt độ ở các khu vực khác nhau đó.

### b) Vòi phun gia nhiệt trong

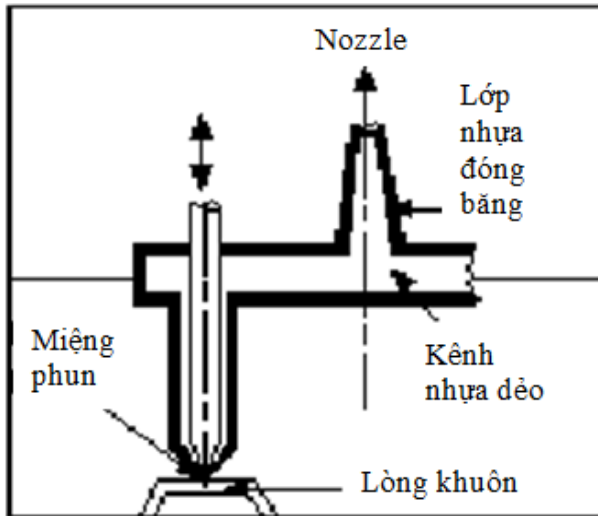


**Hình 1.3.3.10.** Vòi phun Nozzle gia nhiệt trong

Các vòi này thường bao gồm một kênh nhựa, nhựa chảy qua một cái bạc chuyên dụng hoặc có thể gia công trực tiếp đến phần nửa tấm khuôn. Có một đầu gia nhiệt được đặt ở tấm của kênh dẫn tạo thành một khoảng không hình vành khuyên. Một cặp nhiệt điện được đặt trong đầu gia nhiệt này để lấy tín hiệu phản hồi về bộ điều khiển. Ngay khi nhựa chảy vào lòng khuôn thì nó đóng băng dọc theo phía ngoài trong khi giữ lại một lớp nhựa nóng chảy ở gần đầu nhiệt trở. Lớp nhựa đóng băng này giúp bịt kín kênh dẫn không rò rỉ và cách ly nhiệt giữa nhánh nóng với khuôn lạnh. Nếu sử dụng một bạc cuống phun thì phải thêm một lớp khí đệm ở giữa để cách ly nhiệt độ. Thiết kế này tạo ra sự mất áp lớn trên thể tích vật liệu.

Nhiệt trở ở tấm phổ biến là một nhiệt trở hình “vỏ đạn” (cartridge heater), ngoài ra cũng có thể sử dụng các loại gia nhiệt khác. Nhiệt được truyền đến đầu miêng phun, nó được đặt đúng tấm của đầu gia nhiệt.

### c) Vòi phun kiểu cách ly



*Hình 1.3.3.11. Vòi phun Nozzle cách ly*

Một loại khác của hệ thống kênh dẫn nóng bao gồm tấm manifold gia nhiệt bên ngoài và nhiệt được dẫn đến làm nóng các nozzle và các nhánh, loại này phổ biến với những thiết kế riêng. Những nozzle loại dẫn nhiệt được làm từ những vật liệu dẫn nhiệt tốt như hợp kim đồng beri. Tất cả nhiệt đến các nhánh đều được dẫn từ manifold; vì thế, những nhánh này không thể điều khiển nhiệt độ độc lập.

Nozzle thường được nối với manifold bằng mối lắp ren để cho khả năng truyền nhiệt là lớn nhất. Nozzle bao quanh bởi một bạc bên ngoài. Suốt quá trình khởi động nhựa sẽ tràn ra ngoài sang những rãnh khí giữa nozzle dẫn nhiệt và bạc bao quanh. Vật liệu này được giữ lại đó và đóng vai trò là lớp cách ly.

| Kiểu vòi phun                | Ưu điểm   | Nhược điểm   |
|------------------------------|---|--|
| Vòi phun kiểu dẫn nhiệt      | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Thiết kế đơn giản.</li> <li>➤ Chi phí thấp.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Không được ưa thích vì đông đặc nhựa tại miệng phun.</li> <li>➤ Đòi hỏi chu kỳ nhanh để duy trì trạng thái chảy.</li> <li>➤ Giai đoạn khởi động lâu để có thể ổn định được nhiệt độ chảy.</li> <li>➤ Gặp vấn đề về khả năng điền đầy sản phẩm.</li> </ul> |
| Vòi phun gia nhiệt bên trong | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gia tăng sự phân phối nhiệt độ.</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chi phí cao hơn và thiết kế phức tạp hơn</li> <li>➤ Đòi hỏi cân bằng khó khăn và điều</li> </ul>  |

|                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
|                              |   | khiến nhiệt độ phức tạp.<br>➤ Phải tính toán giãn nở vì nhiệt với các chi tiết khác của khuôn.                 |
| Vòi phun gia nhiệt bên ngoài | ➤ Gia tăng sự phân phối nhiệt độ.<br>➤ Điều khiển nhiệt độ tốt hơn. | ➤ Chi phí cao và thiết kế phức tạp.<br>➤ Phải tính toán sự giãn nở vì nhiệt với các chi tiết khác trong khuôn. |

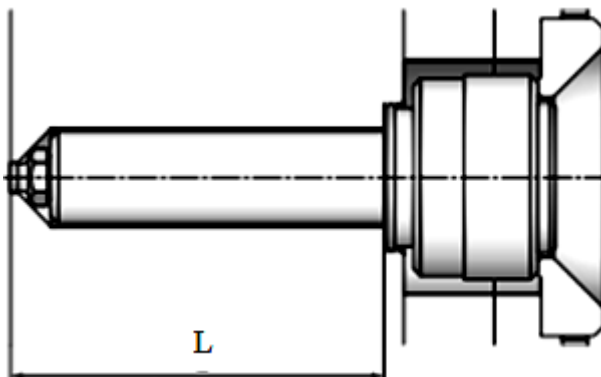
**Bảng 1.3.3.4.** So sánh ưu và nhược điểm của 3 loại vòi phun kiểu dẫn nhiệt, gia nhiệt bên trong và gia nhiệt bên ngoài

#### 4 - Thiết kế và tính toán sự giãn nở vì nhiệt

- Thiết kế nozzle, để lựa chọn được chiều dài Nozzle cho phù hợp thì cần tuân theo những nguyên tắc sau:

- + Lựa chọn chiều dài Nozzle phải phù hợp với chiều cao của khuôn.
- + Lựa chọn chiều dài Nozzle ngắn nhất có thể.
- Lựa chọn loại Nozzle cần lưu ý một số đặc điểm sau:
  - + Trọng lượng nhựa phun ra trong một Nozzle.
  - + Vật liệu nhựa và chất phụ gia (nếu có).
  - + Vị trí miệng phun.
  - + Các thông số quan trọng trên Nozzle:

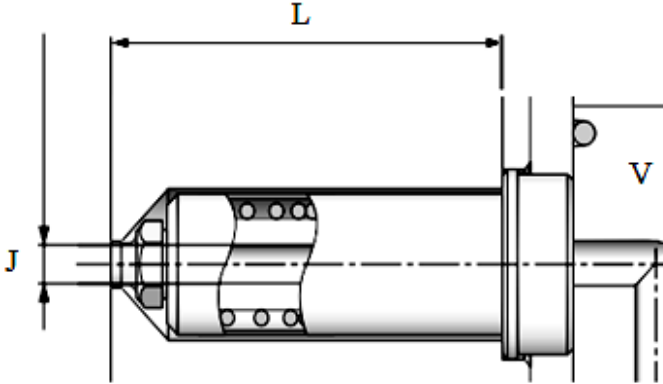
Kích thước L: là chiều dài của Nozzle.



**Hình 1.3.3.12.** Kích thước chiều dài L của vòi phun

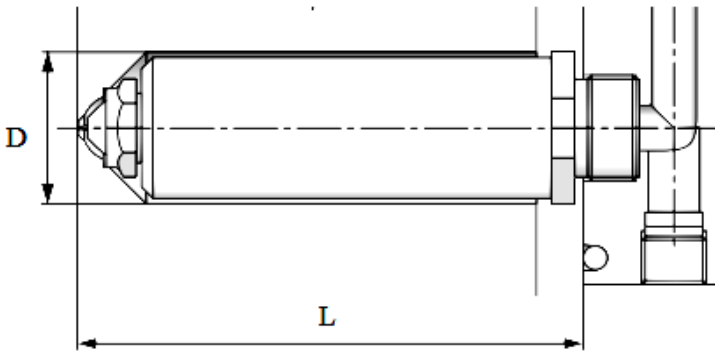


Kích thước J: là kích thước đường kính dòng nhựa chảy trong vòi phun.



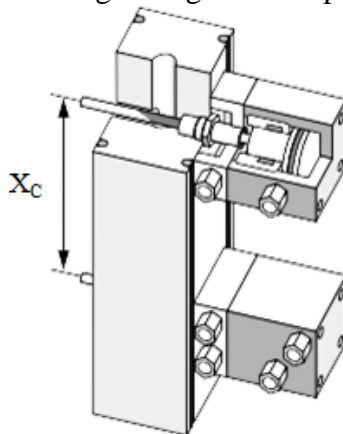
**Hình 1.3.3.13.** Kích thước đường kính dòng chảy nhựa J của vòi phun

Kích thước D: là kích thước đường kính ngoài của vòi phun.



**Hình 1.3.3.14.** Kích thước đường kính ngoài D của vòi phun

Kích thước X<sub>c</sub>: là khoảng cách giữa 2 vòi phun.



**Hình 1.3.3.15.** Khoảng cách giữa 2 vòi phun

- Tính toán giãn nở chiều dài của Nozzle

Nhiệt độ Nozzle của kênh dẫn nóng và nhiệt độ của khuôn chênh lệch rất nhiều, cho nên, sự giãn nở vì nhiệt phải được đưa vào trong thiết kế các tấm Manifold và Nozzle trong điều kiện nguội. Nếu tính toán giãn nở nhiệt không đúng thì hệ thống kênh dẫn nóng hoặc khuôn sẽ bị phá hủy hoặc gây ra sự rò rỉ.

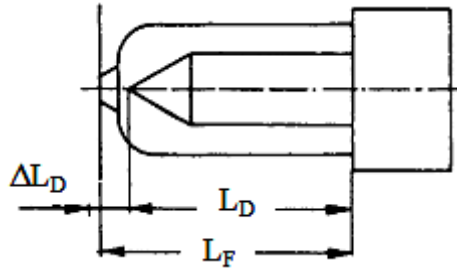
Chiều dài thực của Nozzle =  $L + \Delta L + q$

Trong đó:

$L$ : là chiều dài loại Nozzle được lựa chọn (mm).

$\Delta L$ : là giá trị giãn nở nhiệt của Nozzle (mm).

$q$ : là khe hở miệng phun (mm).



**Hình 1.3.3.16.** Kích thước tính toán giãn nở vòi phun

Giá trị  $\Delta L$  được xác định như sau:

$$\Delta L = L_F - L_D = L_D \times \alpha \times (T_R - T_F) \quad (\text{mm})$$

Trong đó:

$L_D$  là chiều dài Nozzle (mm)

$L_F$  là chiều dài Nozzle lúc giãn nở (mm)

$\alpha$  là hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu ( $1/^\circ\text{C}$ )

$T_R$  là nhiệt độ bộ chia nhựa ( $^\circ\text{C}$ )

$T_F$  là nhiệt độ khuôn ( $^\circ\text{C}$ )

#### **d) Miệng phun (Gate)**

- Miệng phun là vị trí cuối của kênh nhựa, là vùng quan trọng nhất trong hệ thống HR. Nó khống chế chức năng của đầu nozzle, bất chấp nó có được đặt trong nozzle hay không. Miệng phun nó được phân thành dạng van nhiệt hoặc van cơ. Việc điều khiển miệng phun liên quan đến cả việc điều khiển dòng nhựa nóng và thời gian đóng mở miệng phun.

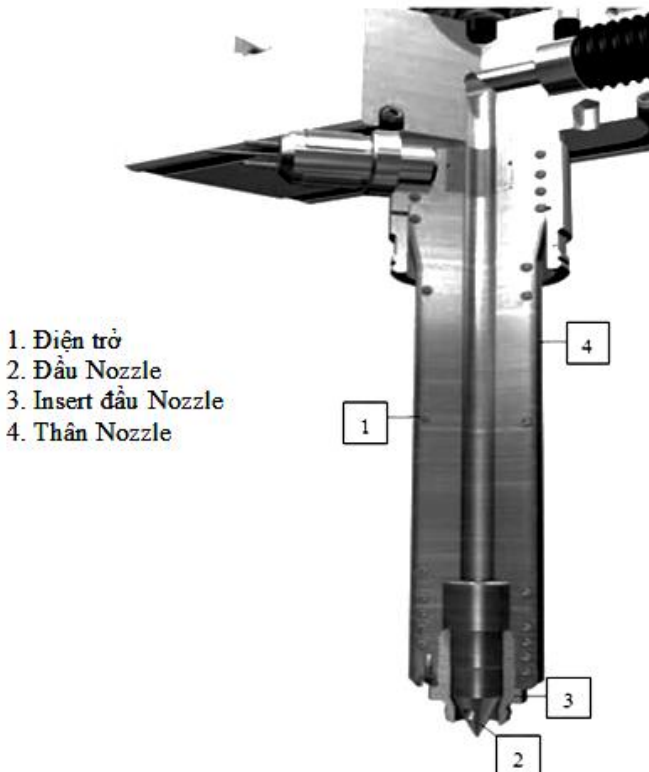
- Những yêu cầu kỹ thuật của miệng phun:

- + Chống lại sự đông đặc và ngắt dòng chảy nhựa.
- + Không có kéo sợi hoặc nhỏ giọt.
- + Mất áp suất nhỏ nhất.

- + Khu vực dòng chảy chết là nhỏ nhất.
- + Để lại dấu vết miệng phun trên sản phẩm là nhỏ nhất.
- Miệng phun được chia ra các loại sau:
  - + Miệng phun dạng mở.
  - + Miệng phun kiểu van.
  - + Miệng phun kiểu van tuần tự.
  - + Miệng phun kiểu van core.

### ***1 - Miệng phun dạng mở***

Có thể dùng cho loại vật liệu tinh thể và vô định hình, các thông số của nó là: đường kính miệng phun, vùng làm mát miệng phun, và điều khiển nhiệt độ ở đỉnh miệng phun để tối ưu hoá chất lượng chi tiết. Miệng phun dạng mở để lại một vết nhỏ trên bề mặt chi tiết. Kích thước của vết này nó liên quan trực tiếp đến hình dạng hình học của miệng phun và đặc tính vật liệu. Vết này lớn hơn đường kính miệng phun, hơn nữa vết này nhô ra. Vì lý do này miệng phun thường lún vào vết lõm hình cầu để mà vết không đùn lên trên bề mặt chi tiết. Miệng phun dạng mở nhìn chung không phù hợp đối với loại vật liệu có chỉ số chảy cao hay ứng suất cắt cao.



***Hình 1.3.3.17. Kết cấu miệng phun kiểu mở***

Việc đóng kín miệng phun bằng nhiệt (tự hoá rắn) có thể thấy ở đầu phun dạng cạnh, dạng nghiêng (tip) và dạng mở khác. Việc làm nguội phần miệng phun sẽ khiến cho miệng phun nhựa tại miệng phun đông đặc và miệng phun bị đóng kín lại. Bởi vì dòng nhựa lúc này cần phải dừng lại, như vậy có một sự thay đổi nhiệt độ nhanh trong miệng phun. Trong quá trình dịch chuyển các thành phần khuôn thì cuống phun được lấy ra, và một chót nhựa ngắn được hình thành trong miệng phun. Việc gỡ chót nhựa diễn ra tại mặt cắt hẹp của phần côn của miệng phun.

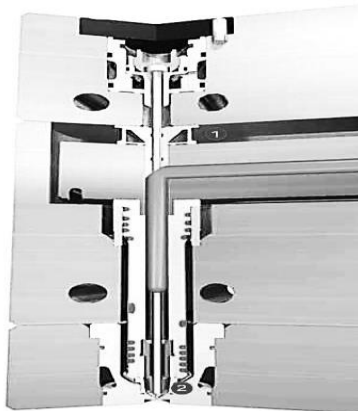
Nếu nhiệt độ miệng phun quá cao thì chót nhựa có thể bị dòng nhựa đục thủng xuyên qua. Như vậy nhựa sẽ bị kéo thành sợi ở vị trí miệng phun từ bên trong của đầu phun. Việc nhựa bị kéo đây là khuyết điểm chính của loại đầu phun dạng mở. Và rất khó loại trừ nó.

Việc hình thành đuôi nhựa có thể gây ra khó khăn trong việc điền đầy khuôn. Vì lúc này khi đóng khuôn nó sẽ bị ép nằm giữa hai mặt phân khuôn tạo thành một lớp nhựa như một miếng nêm gây trở ngại cho miệng phun. Một giải pháp đưa ra là tạo hốc nhỏ hình hộp đậu trong lõi ở phía đối diện với miệng phun, đặc biệt đối với sản phẩm thành mỏng. Những thuận lợi của việc này được xem xét như sau:

- Làm dòng nhựa dễ dàng đồng đều.
- Giúp làm nóng chảy lớp nhựa gây cản trở miệng phun.
- Làm giảm ứng suất nội trong chi tiết tại vị trí quanh miệng phun, vì có thể làm giảm sự không đồng đều về bề dày.

Việc phân tích này cho thấy ý nghĩa của việc áp dụng các nguyên tắc khác nhau để thiết kế hệ thống HR, nó phụ thuộc vào loại nhựa. Việc làm nguội miệng phun tốt là yêu cầu thiết yếu đối với nhựa vô định hình, thậm chí đối với nhựa tinh thể đông đặc chậm (PE, PP) cũng cần yêu cầu này.

## **2 - Miệng phun kiểu van**



**Hình 1.3.3.18. Kết cấu miệng phun kiểu van**

Trong hình chỉ ra kết cấu loại miệng phun kiểu van. Chốt mở van được vận hành bằng thủy lực. Trong cơ cấu thủy lực, piston và xy lanh được đặt ở tấm trên. Trước khi ép, chốt van ở vị trí thụt vào. Điều này làm cho lỗ miệng phun mở rộng để cho phép nhựa chảy vào lòng khuôn. Trước khi nhựa tại miệng phun hoá rắn hoàn toàn, thì chốt di chuyển đến vị trí đóng van. Lò xo ngăn chốt van không cho phép nó điều khiển cùng lúc hoặc sự di chuyển của van. Vì thế, hệ thống miệng phun kiểu van thường được vận hành bằng cơ cấu thủy lực hoặc khí nén.

Khi chốt lùi về thì nó tạo ra lỗ miệng phun lớn, điều này có thể làm mát mát áp suất hơn so với thiết kế miệng phun kiểu mở. Trong những ứng dụng khuôn tốc độ ép cao thì kiểu van có khả năng giảm được thời gian chu kì ép, khi van đóng thì nó cho phép nhựa hóa dẻo trong quá trình mở khuôn.

Một trong những mục đích đầu tiên của việc sử dụng miệng phun kiểu van là để tạo ra một miệng phun hoàn thiện mà không có kéo sợi hay nhỏ giọt. Những loại miệng phun này thì nó có đặc điểm là để lại vết kiểu vòng nhỏ hơn những vết của miệng phun tiêu chuẩn. Việc loại trừ vết của miệng phun tiêu chuẩn thì thường cần thiết cho những loại khuôn làm các sản phẩm y tế. Một bề mặt hoàn mỹ sẽ loại trừ những nguy hiểm khi sử dụng các găng tay cho phẫu thuật và bảo vệ những y phục khác không rách bởi những vết để lại của miệng phun.

Đầu chốt thẳng thì nó loại trừ những vấn đề xảy ra đối với chốt côn như sự hạn chế di chuyển của nó không tạo ra va đập vào bề mặt khác. Tuy nhiên, nó làm tăng thêm rắc rối về vấn đề định tâm. Một chốt không định tâm tốt sẽ gây ra mài mòn giữa đầu chốt và lỗ miệng phun. Khi đẩy sản phẩm ra nó sẽ đẩy vật liệu tại chỗ hở làm tăng vết của miệng phun trên sản phẩm. Thêm nữa, nếu không có phần côn sẽ làm tăng khoảng hở giữa chốt và lỗ khi chịu mài mòn. Một chốt côn sẽ hạn chế mài mòn hơn, các trạng thái đóng mở của nó có thể thường được hiệu chỉnh để duy trì bịt kín. Thêm nữa, vật liệu nhựa đông đặc xung quanh bên trong lỗ miệng phun kiểu thẳng sẽ được đẩy sang sản phẩm khi chốt đóng. Điều này sẽ tạo ra nhiều vấn đề đối với sản phẩm.

Khi chốt van di chuyển xuống thì nó ép và đẩy vật liệu trong lỗ sang lòng khuôn. Để đạt được hiệu quả làm kín tốt thì chốt côn phải chạm vào bề mặt côn của khu vực đầu miệng phun.

Sự di chuyển xuống của chốt van có thể được dừng lại bởi một khóa dừng tại đáy của chốt van. Cách này và một vài biện pháp khác của việc điều khiển các trạng thái đóng mở có thể giúp loại trừ nguy cơ phá hủy ở tại đầu chốt và lỗ miệng phun. Khi thiết kế tấm insert miệng phun,

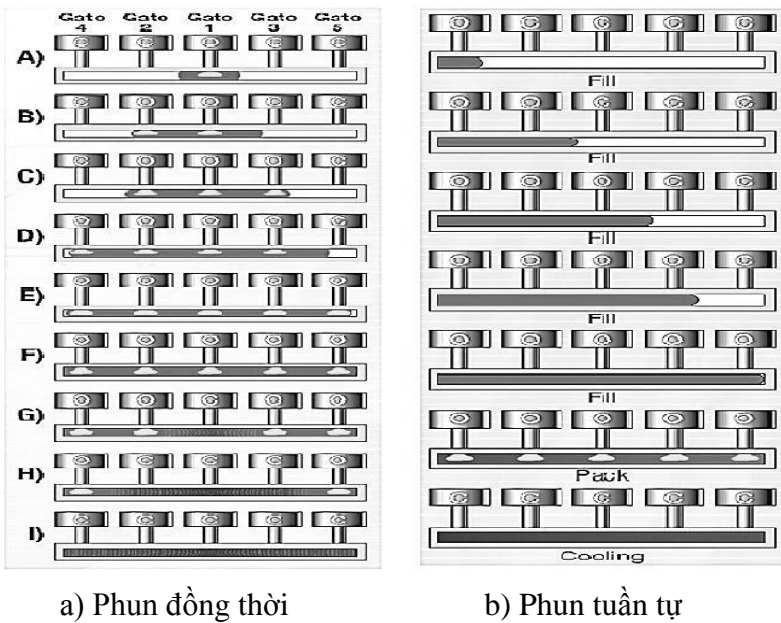
phải xem xét đến mài mòn gây ra bởi sự ma sát tuần hoàn xảy ra của chốt van. Những vấn đề với thiết kế này bao gồm đông đặc nhựa ở thành trong của lỗ miệng phun côn. Vật liệu đông đặc này sẽ ngăn ngừa hoàn toàn các chốt tiến lên trên. Kết quả sẽ để lại một bề mặt trụ nhỏ trên sản phẩm.

Kiểu này rất dễ bị mòn, nó sẽ tạo ra dạng lỗ hỏng hình vành khăn tạo hình bởi chốt van với lỗ trong của miệng phun. Một vòng nhỏ dạng vành khăn có thể tạo hình trên sản phẩm khi độ mòn giữa chốt van và lỗ miệng phun tăng.

Cả hai kiểu chốt này làm việc tốt cho hầu hết các loại nhựa, vô định hình và bán tinh thể. Nó chỉ giới hạn với những loại nhựa có những tác nhân mài mòn. Thiết kế côn thường tốt hơn với những tác nhân gây mòn bởi vì nó có khoảng dung sai lớn hơn cho mài mòn.

Cả hai thiết kế miệng phun kiểu van đòi hỏi phải đảm bảo định tâm tốt giữa lỗ miệng phun và chốt van để mà hạn chế mài mòn. Thêm nữa, điều khiển các trạng thái đóng mở của chốt sẽ làm bịt kín miệng phun và có tạo vết trên sản phẩm do phần nhô ra của chốt hay không. Điều chỉnh giãn nở nhiệt cũng rất cần thiết cho thiết kế và vận hành

### 3 - Miệng phun kiểu van tuần tự

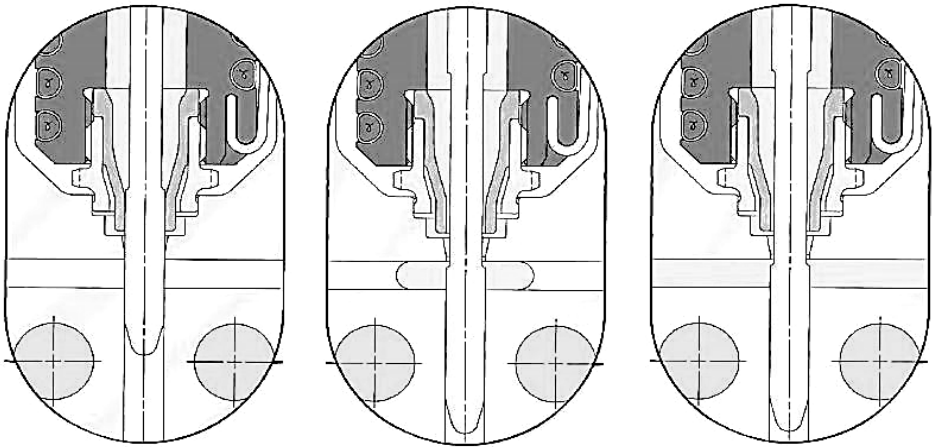


**Hình 1.3.3.19. Miệng phun tuần tự**

Điều khiển đúng lúc mỗi van tại đúng một thời điểm. Nó có khả năng loại trừ những đường hàn ở chi tiết sử dụng nhiều miệng phun bằng cách điều khiển miệng phun mở theo một dòng chảy liên tục. Hình a chỉ

ra mặt cắt ngang của chi tiết được điền đầy đồng thời. Điều này sẽ tạo ra trên sản phẩm nhiều đường hàn. Hình b chỉ ra cũng cùng một sản phẩm được tạo hình với cùng số miệng phun nhưng được mở tuần tự theo dòng chảy của nhựa điền đầy sản phẩm. Lúc đầu một trong các miệng phun sẽ mở và nhựa được đẩy vào. Nhựa cho phép đưa ra phía trước và chảy qua miệng phun thứ 2 gần kề với nó. Khi nhựa đã chảy qua miệng phun thứ 2, miệng phun này mở và tiếp tục điền đầy đến miệng phun thứ 3. Miệng phun thứ 3 mở và cứ tiếp tục như vậy cho đến khi điền đầy phần còn lại của sản phẩm. Loại này loại trừ được sự hình thành của đường hàn.

#### **4 - Miệng phun kiểu vancore**



**Hình 1.3.3.20. Miệng phun kiểu vancore**

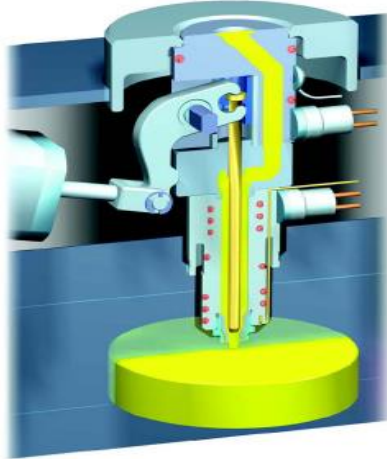
Kiểu này ứng dụng để ép những sản phẩm có dạng lỗ tại tâm chi tiết như bánh răng nhựa, chi tiết dạng ống,...



**Hình 1.3.3.21. Bánh răng nhựa sử dụng miệng phun kiểu vancore**

### 5 - Một số kiểu đóng mở van miệng phun khác

Một kiểu khác để đóng mở van là sử dụng một xy lanh thủy lực hay khí nén rời kết hợp với cơ cấu đóng mở miệng phun. Kiểu này thiết kế phức tạp và thường dùng đối với khuôn một lòng khuôn, sử dụng hệ thống kênh dẫn nóng, với miệng phun kiểu van.

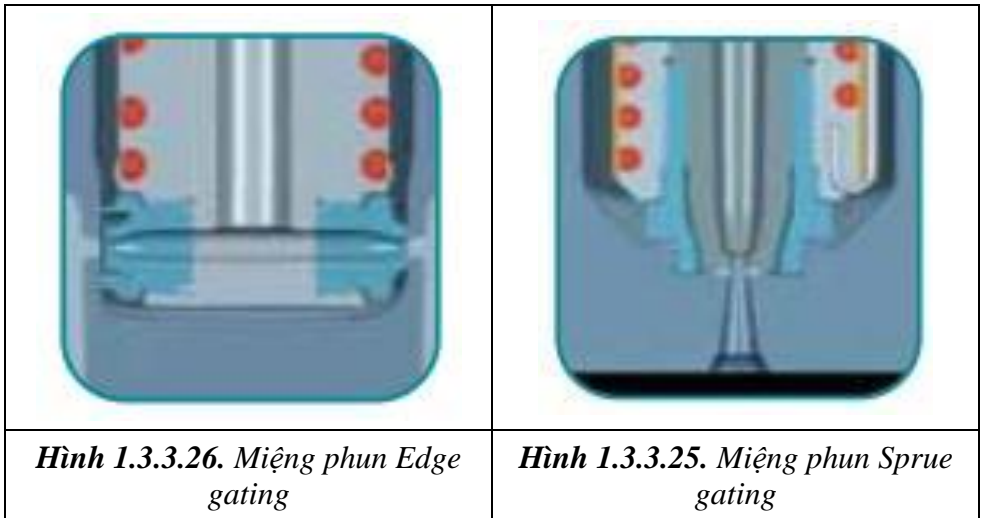


**Hình 1.3.3.22.** Kết cấu van của loại phun thẳng

Các loại miệng phun (thecatalog MoldMasters)

|   |  |
|---|--|
|   |  |
| <p><b>Hình 1.3.3.23.</b> Miệng phun Vangating</p> | <p><b>Hình 1.3.3.24.</b> Miệng phun Tip gating</p> |



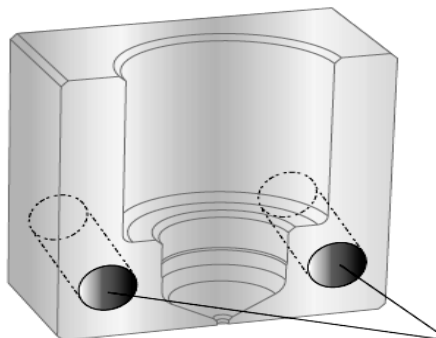


### 6 - Chế tạo miệng phun

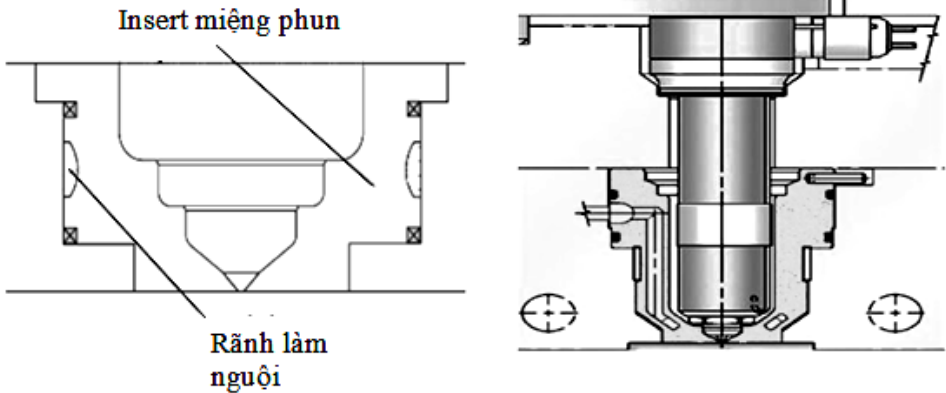
Để thực hiện việc tối ưu độ bền của vùng quanh miệng phun trong khuôn, nên sử dụng loại thép dễ uốn (thép làm việc ở chế độ nóng, ví dụ DIN 12343), với độ cứng khoảng 48-50 HRC. Tránh làm cứng bằng cách thấm Nitơ hoặc Chrome. Việc đánh bóng và bo tròn các góc cạnh được thực hiện để giảm ứng suất bên trong. Nơi miệng phun được gia công thì dễ bị giòn và cần được lưu ý.

Loại miệng phun dạng ghép có thể thay thế được giúp sử dụng các đầu phun linh hoạt hơn. Có thể thay đổi dạng miệng phun mà không cần phải thay đổi toàn bộ đầu phun nozzle.

### 7 - Làm mát miệng phun



**Hình 1.3.3.28.** Làm mát miệng phun bằng cách khoan rãnh làm nguội quanh miệng phun



**Hình 1.3.3.29.** Làm mát miệng phun dùng insert miệng phun

Tấm ghép giúp việc làm mát tốt hơn, và có thể thay được. Việc làm mát miệng phun nên thiết kế sao cho nhiệt độ có thể phân bố đều và nó độc lập với nhiệt độ khoang tạo hình.

Đối với nhựa bán tinh thể có điểm nóng chảy xác định chính xác, thiết kế vùng miệng phun và việc điều khiển nó phải dự phòng nhiệt độ miệng phun cao được duy trì với sai số thấp. Điều này có nghĩa là tốt hơn nên cách nhiệt giữa vùng miệng phun với vùng làm nguội của khuôn, và khả năng gia tăng nhiệt độ truyền đến miệng phun. Việc điều khiển chính xác cần phải đảm bảo nhiệt độ chỉ dao động thay đổi nhỏ là tốt nhất với đầu dò nhiệt được đặt gần miệng phun. Ở trong thân của đầu phun, việc làm mát được điều chỉnh bằng cách bố trí đầu phun nozzle phù hợp. Đối với nhựa tinh thể đặc nhanh (như POM hoặc PA6), việc cách nhiệt miệng phun là cần thiết, với chiều dài giới hạn là ngắn nhất có thể. Đối với nhựa đặc chậm (PE, PP) cần có đường làm mát miệng phun, và chiều dài tiếp xúc nhỏ là tốt hơn cả.

Cũng có thể có đường làm mát bên trong thân đầu phun nó giúp cho việc điều khiển nhiệt độ của miệng phun dễ dàng hơn và nó cũng có thể dùng cho nhựa vô định hình.

Đối với đầu phun dạng vòng có cấp nhiệt bên trong thì ít bị dính (bị kẹt). Khi nhựa được phun vào, nó tạo thành từng lớp sát thành khuôn, bởi vì đầu phun nóng nên nhựa không dính lên miệng phun. Đỉnh miệng phun cung cấp dòng nhiệt không đủ để ngăn ngừa nhựa bị đông và gây nghẹt. Việc nhô ra không đáng kể của đỉnh phun giúp điều khiển dòng chảy tốt hơn. Trong đầu phun có hệ thống giúp cho việc điều khiển thay đổi nhiệt độ nhanh chóng, nó được trang bị giúp chống thất thoát nhiệt.

## 1.4 HỆ THỐNG LẤY SẢN PHẨM

### 1.4.1 Các cách lấy sản phẩm ra khỏi khuôn

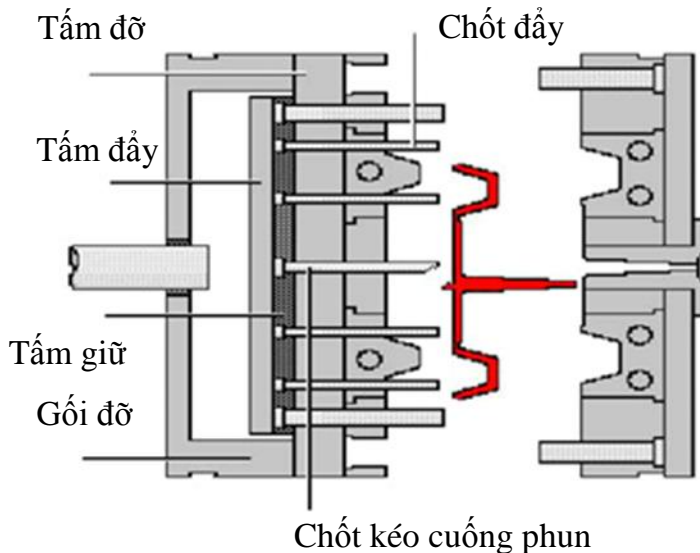
- Người công nhân sẽ lấy sản phẩm, kiểm tra sản phẩm và cắt đuôi keo (nếu có) sau mỗi chu kỳ ép phun. Thường áp dụng cho sản phẩm lớn, khó bố trí hệ thống đẩy trong khuôn, hay cần kiểm tra kỹ chất lượng sản phẩm ép ra.

- Dùng hệ thống tay robot, áp dụng tự động hóa cao nhưng chi phí ban đầu cao.

- Dùng hệ thống đẩy lấy sản phẩm, cách này hay dùng nhất.

### 1.4.2 Khái niệm hệ thống đẩy

Sau khi sản phẩm trong khuôn được làm nguội, khuôn được mở ra, lúc này sản phẩm còn dính trên lòng khuôn do sự hút của chân không và sản phẩm có xu hướng co lại sau khi được làm nguội nên cần hệ thống đẩy để đẩy sản phẩm ra ngoài.



*Hình 1.4.2.1. Cấu tạo chung của hệ thống đẩy*

- Đơn giản hóa (không quá phức tạp đối với khuôn, cơ cấu nhỏ, nhẹ và hiệu quả).

- Độ cứng của chốt đẩy khoảng  $40 \div 45$  HRC, được gia công chính xác và được lắp theo hệ thống trục, độ chịu mài mòn tốt vì quá trình phun ép có chu kỳ rất nhỏ, bạc dẫn lại không tự bôi trơn nên rất nhanh mòn, tuổi thọ sẽ giảm.

- Tốc độ tác động lên sản phẩm nhanh, tác động cùng lúc nhiều nơi đối với sản phẩm có bề rộng lớn (ty lõi), tác động cục bộ đối với sản phẩm ngắn (tấm lõi – lõi bùng), tác động lên sản phẩm không đồng phẳng (ống lõi), hay với sản phẩm có bề sâu (khí nén).

- Có khoảng đẩy và lực đẩy phù hợp để đẩy sản phẩm.

- Có thể lấy sản phẩm ra dễ dàng và không ảnh hưởng đến hình dạng sản phẩm, tính thẩm mỹ của sản phẩm.

- Hệ thống đẩy phải nằm trên khuôn di động (khuôn 2 tấm).

### 1.4.3 Nguyên lý chung

Sau khi kết thúc quá trình nhựa điền đầy lòng khuôn và quá trình làm mát thì máy ép sẽ mở khuôn và trục đẩy của máy ép (ejector rod) sẽ đẩy hai tấm đẩy (ejector plate) và thông qua các chi tiết đẩy (chốt đẩy, lưỡi đẩy, ống đẩy, tấm tháo, ...) đẩy sản phẩm ra ngoài.

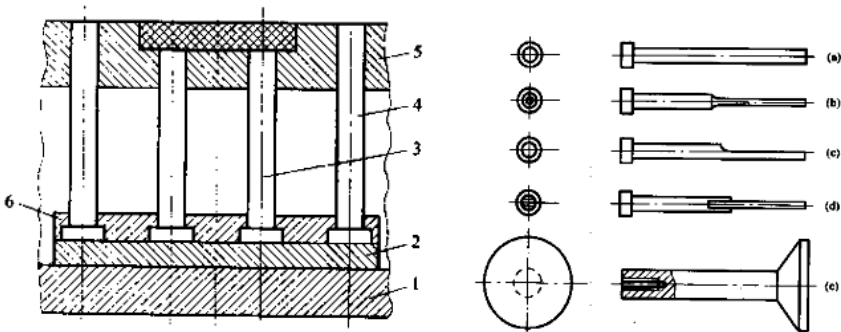
Trong quá trình đẩy thì tấm đẩy làm lò xo của khuôn nén lại. Khi trục đẩy của máy ép trở về vị trí ban đầu, lực tác động lên tấm đẩy không còn nữa, lúc này lực nén lò xo sẽ giúp tấm đẩy trở về vị trí ban đầu, quá trình này có sự tham gia dẫn hướng của chốt hồi.

### 1.4.4 Các hệ thống đẩy thường dùng

#### a) Hệ thống đẩy dùng chốt đẩy

Đây là hệ thống đẩy được dùng phổ biến nhất. Vật liệu thường dùng là T8A hoặc T10A, được tôi cứng hơn 50HRC và nhám bề mặt yêu cầu 0,8  $\mu\text{m}$ ; lắp chặt H8/f8. Chốt đẩy là chi tiết tiêu chuẩn với đường kính, chiều dài, hình dạng khác nhau.

Những lỗ tròn dễ gia công, nên hệ thống này khá đơn giản dễ thực hiện. Tuy nhiên để gia công những lỗ tròn dài và chính xác thì vẫn khó khăn, do đó nên cần doa rộng các lỗ chốt đẩy một khoảng chiều dài nhất định.

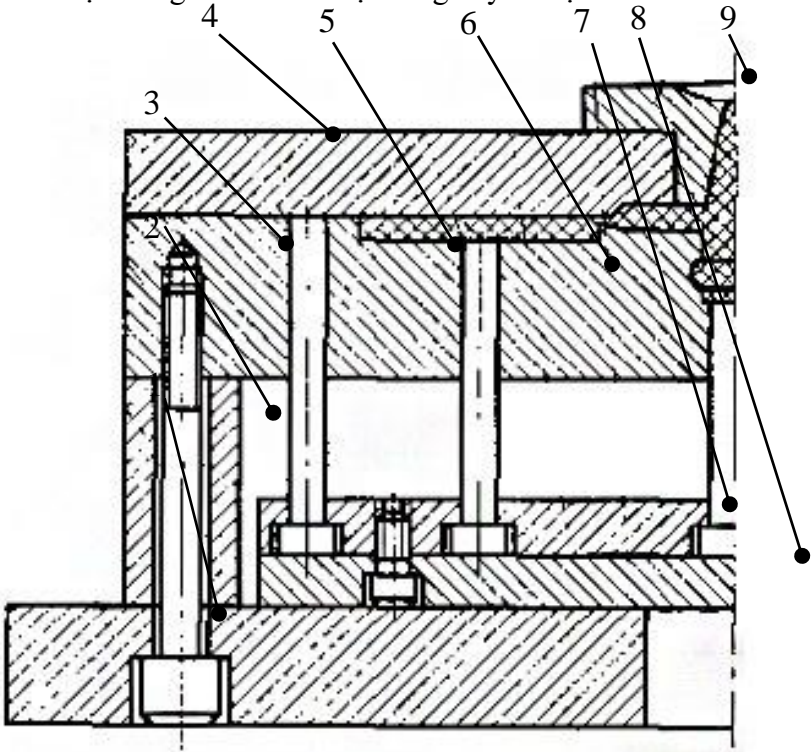


**Hình 1.4.4.1.** Hệ thống đẩy và hình dạng các chốt đẩy thường sử dụng

1. Tấm di động, 2. Tấm đẩy, 3. Chốt đẩy, 4. Chốt hồi, 5. Tấm khuôn di động, 6. Tấm giữ

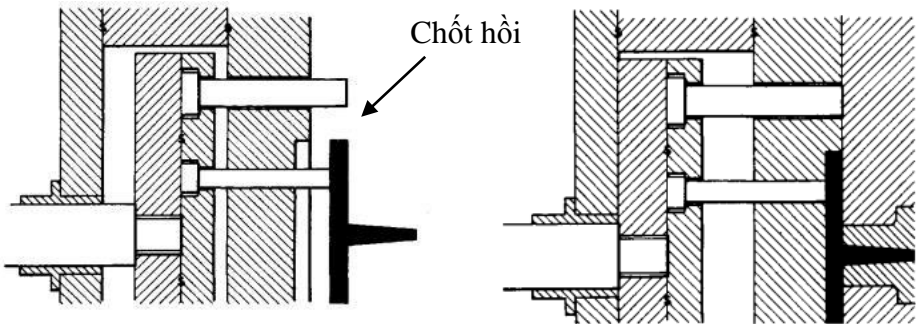
Chốt đẩy phải trở về vị trí ban đầu sau khi đẩy sản phẩm rơi ra ngoài. Có 3 hệ thống chốt hồi phổ biến:

- Sử dụng chốt hồi: mặt chóp của chốt hồi phải ngang hàng với đường phân khuôn, tấm khuôn cố định (4) điều khiển chốt hồi (5) trong quá trình khuôn đóng. Khi khuôn đóng, nửa khuôn còn lại sẽ tác động lên chốt hồi nhờ lực đóng khuôn đưa hệ thống đẩy về vị trí ban đầu.



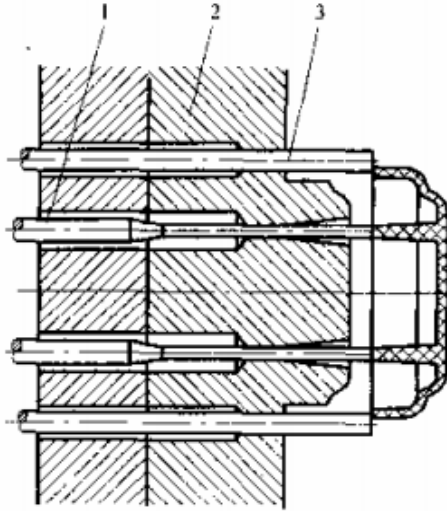
**Hình 1.4.4.2.** Chức năng của chốt hồi

1. Tấm kẹp dưới, 2. Gối đỡ, 3. Tấm khuôn di động, 4. Tấm khuôn cố định, 5. Chốt hồi, 6. Chốt đẩy, 7. Tấm giữ, 8. Tấm đẩy, 9. Bạc cố định phun.



**Hình 1.4.4.3.** Chốt hồi khi khuôn mở (trái) và khi khuôn đóng (phải)

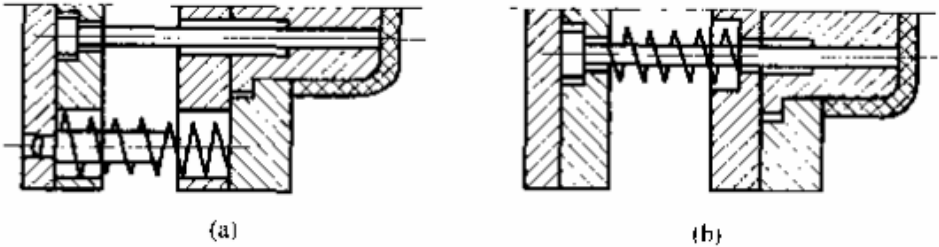
- Sử dụng chốt đẩy đồng thời cũng là chốt hồi



**Hình 1.4.4.4.** Sử dụng chốt đẩy như chốt hồi

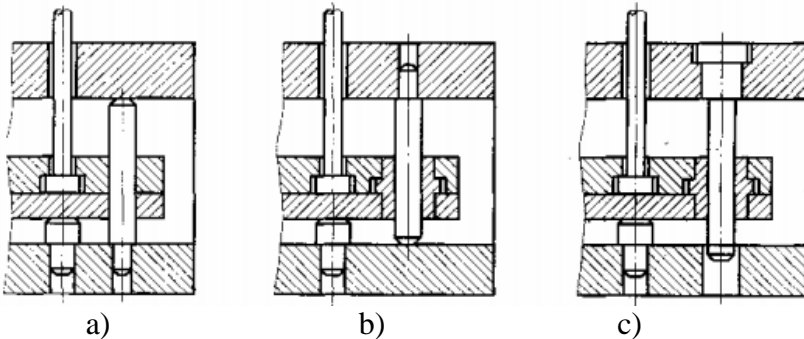
1. Chốt đẩy, 2. Tấm di động, 3. Chốt đẩy có chức năng hồi

- Sử dụng lò xo để hồi



**Hình 1.4.4.5.** Hồi nhờ lực lò xo

Đôi khi quá nhiều chốt đẩy trong cụm đẩy, hoặc cụm đẩy khá mỏng, hoặc lực đẩy không cân bằng, chốt đẩy có thể nghiêng sau khi đẩy. Kết quả là chốt đẩy bị cong hoặc nứt, cần phải sử dụng hệ thống dẫn hướng.

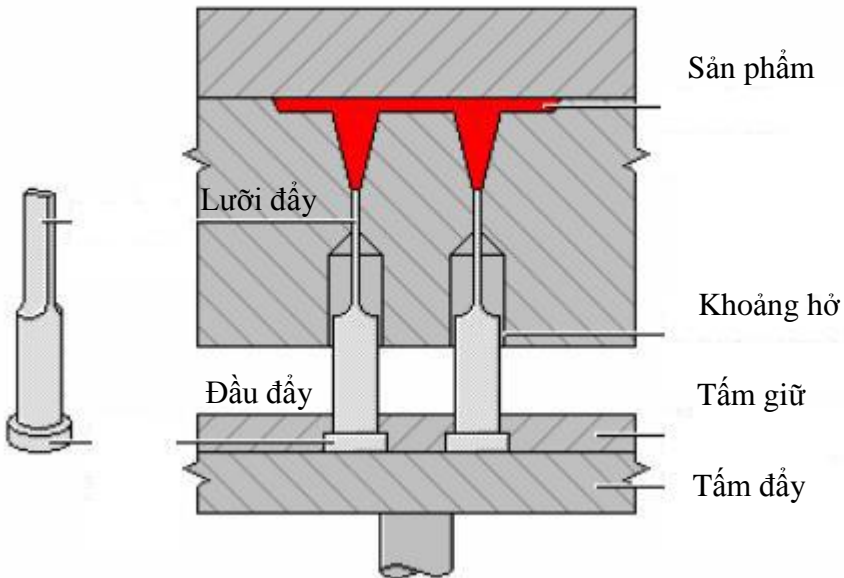


**Hình 1.4.4.6.** Hệ thống hồi có dẫn hướng

## b) Hệ thống đẩy dùng lưới đẩy

Lưới đẩy thường dùng để đẩy những chi tiết có thành mỏng và hình dáng phức tạp vì khi sử dụng các chốt đẩy tròn đối với chi tiết có thành mỏng dễ làm cho chi tiết bị lún vào trong.

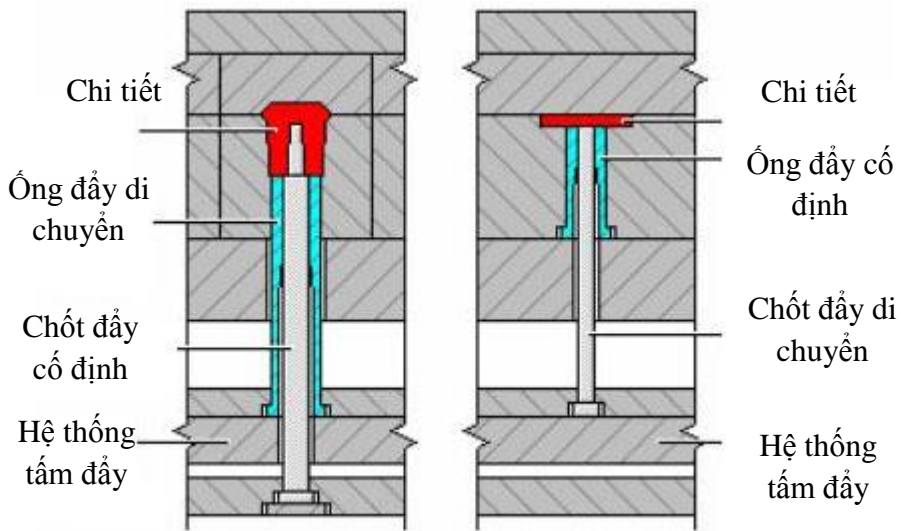
Hệ thống đẩy sử dụng lưới đẩy sẽ có lực đẩy lớn hơn do cấu tạo lưới đẩy lớn hơn và diện tích tiếp xúc của lưới đẩy lên sản phẩm lớn hơn chốt đẩy.



*Hình 1.4.4.7. Hệ thống đẩy dùng lưới đẩy*

## c) Hệ thống đẩy dùng ống đẩy

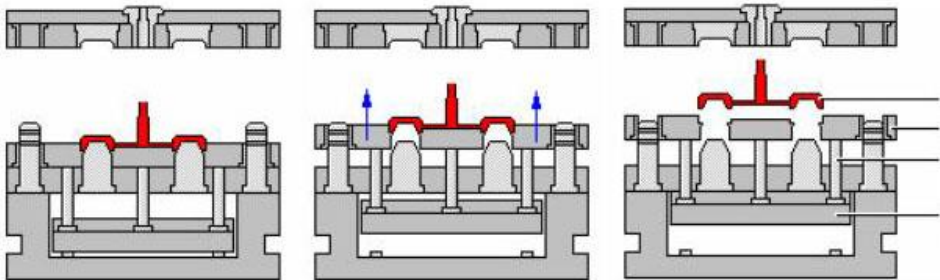
Ống đẩy dùng để đẩy các chi tiết dạng tròn xoay. Hệ thống đẩy dùng ống đẩy gồm có chốt được gắn cố định, có nhiệm vụ dẫn hướng ống đẩy di trượt tịnh tiến khi tấm đáy được tác động. Chốt cố định còn có nhiệm vụ làm lõi tạo hình cho sản phẩm dạng tròn xoay.



**Hình 1.4.4.8. Hệ thống đẩy dùng ống đẩy**

**d) Hệ thống đẩy sử dụng tấm tháo**

- Dùng để đẩy những chi tiết có dạng trụ tròn hay hình hộp chữ nhật có bề dày thành mỏng.
- Hệ thống này thì sản phẩm luôn đạt được tính thẩm mỹ do không có vết chốt đẩy.
- Nhược điểm của hệ thống này là sử dụng lực đẩy lớn hơn so với các phương pháp khác, do tấm tháo có trọng lượng lớn hơn.

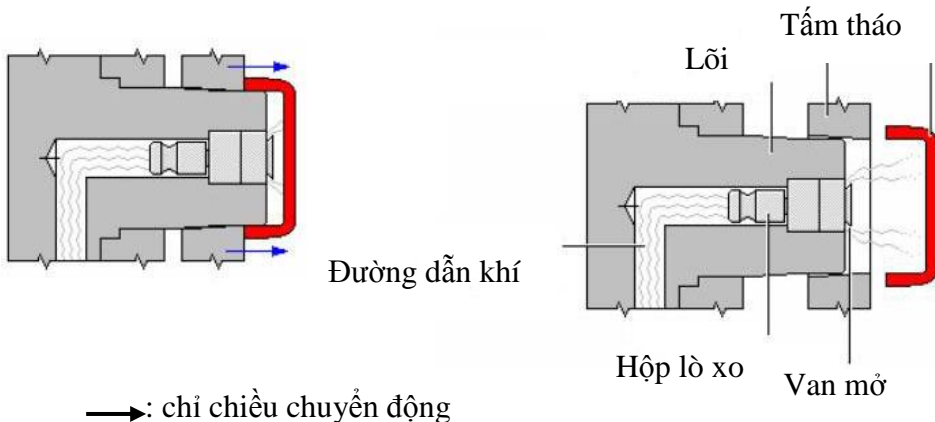


**Hình 1.4.4.9. Hệ thống đẩy dùng tấm tháo**

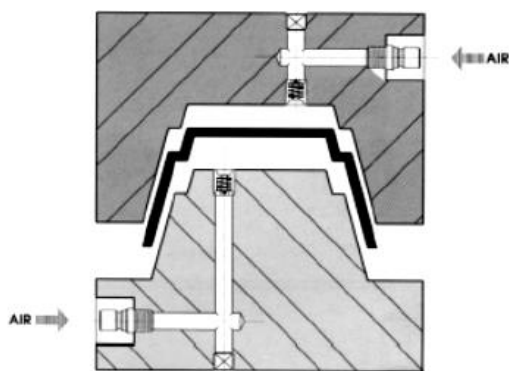
**e) Hệ thống đẩy dùng khí nén**

Dùng cho các sản phẩm có lòng khuôn sâu như: xô, chậu,... bởi vì khi sản phẩm nguội thì độ chần không trong lòng khuôn và lõi khuôn rất lớn nên sản phẩm khó có thể thoát khuôn. Do đó, cần một lực đẩy lớn và phân bố đều để đẩy sản phẩm thoát khuôn. Lời khuyên là sử dụng khí nén kết hợp tấm tháo để lấy sản phẩm.



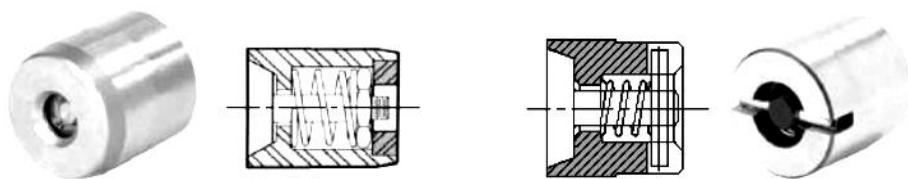


**Hình 1.4.4.10.** Hệ thống đẩy dùng khí nén kết hợp tấm tháo



**Hình 1.4.4.11.** Thổi khí trên cả hai tấm khuôn

Để bớt rườm rà khi thiết kế thêm tấm tháo thì có thể bố trí hai dòng khí qua hai van khí trên cả hai tấm khuôn để lấy sản phẩm.

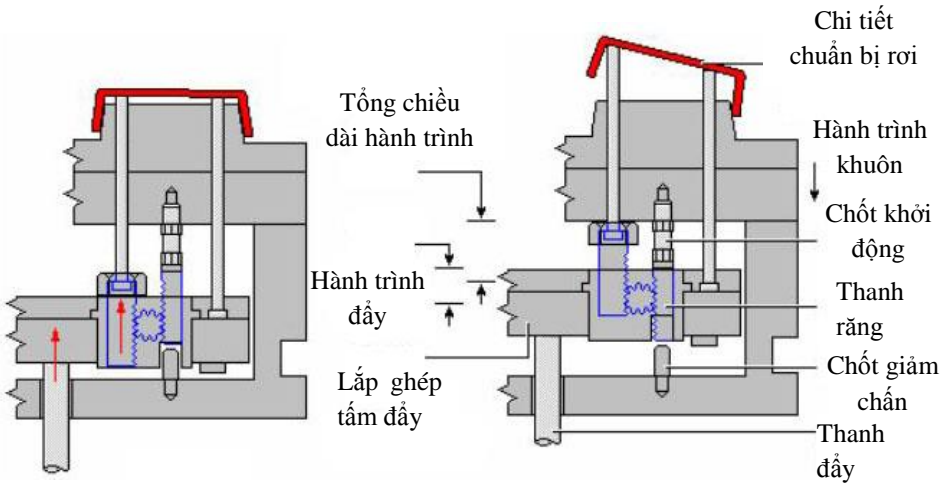


**Hình 1.4.4.12.** Hai kiểu van khí thường dùng

### 1.4.5 Điều khiển hệ thống đẩy

#### a) Gia tốc thêm cho một chốt đẩy

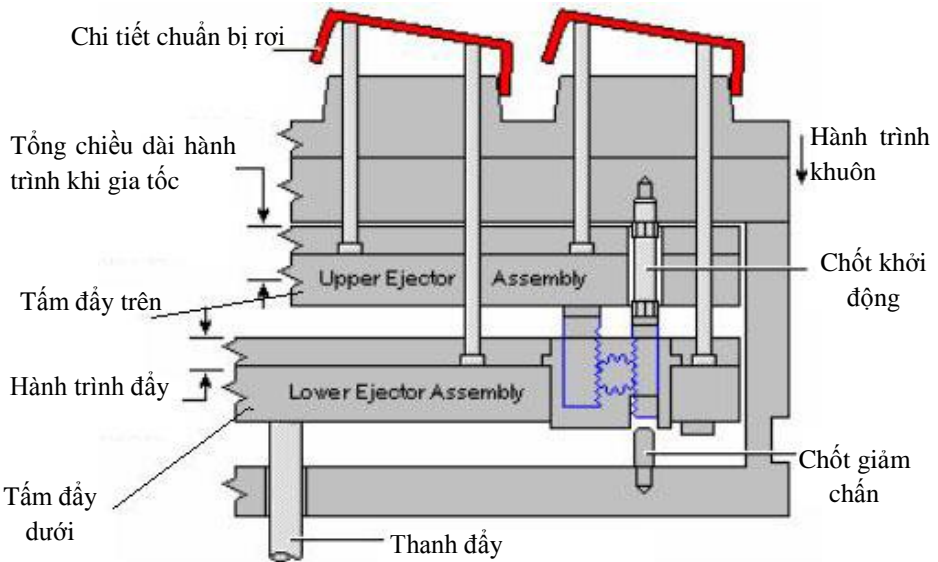
Dùng cơ cấu thanh răng bánh răng để gia tốc thêm cho chốt đẩy. Hệ thống đẩy có gia tốc sẽ giúp cho sản phẩm rời khuôn nhanh hơn.



**Hình 1.4.5.1.** Hệ thống đẩy có gia tốc thêm cho chốt đẩy

**b) Gia tốc thêm cho tấm đẩy trên (đẩy kép có gia tốc)**

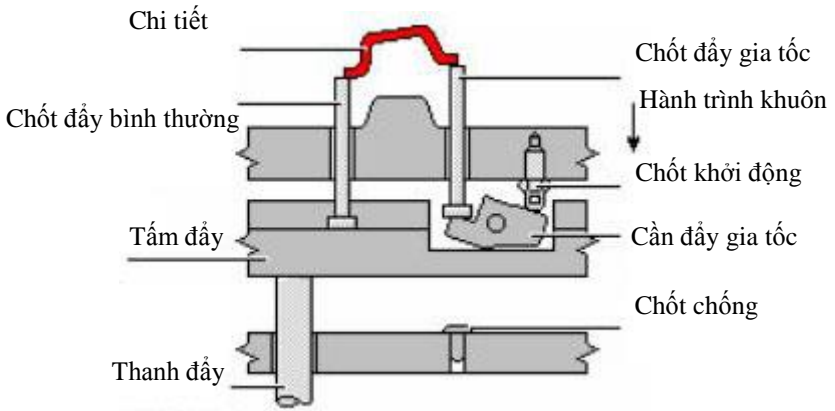
Tương tự như hệ thống đẩy có gia tốc cho một chốt đẩy chỉ khác ở chỗ hệ thống thanh răng sẽ điều khiển tấm đẩy ở phía trên.



**Hình 1.4.5.2.** Hệ thống đẩy có gia tốc thêm cho tấm đẩy trên

**c) Tấm đẩy có đòn bẩy**

Hệ thống tấm đẩy của hệ thống này sẽ được lắp thêm đòn bẩy để tăng chiều cao đẩy về một phía giúp sản phẩm rơi ra khỏi khuôn một cách dễ dàng.



*Hình 1.4.5.3. Tấm đẩy có đòn bẩy*

**d) Đẩy kép**

Ứng dụng cho các sản phẩm phức tạp, cần phải đẩy tuần tự thì dùng hệ thống đẩy kép.



*Hình 1.4.5.4. Hệ thống đẩy kép*

### 1.4.6 Một số điểm cần lưu ý khi thiết kế hệ thống đẩy

- Luôn được lắp ở nửa khuôn di động, trừ một số trường hợp đặt biệt thì hệ thống đẩy được lắp ở nửa khuôn cố định.

- Bố trí các chốt đẩy hay lưỡi đẩy ở góc, cạnh hoặc gân của sản phẩm.

- Hành trình đẩy bằng chiều sâu lớn nhất của sản phẩm theo hướng mở khuôn cộng thêm 5÷10 mm.

- Các đỉnh chốt đẩy nên nằm ngang so với mặt phân khuôn để đảm bảo không để lại vết trên bề mặt sản phẩm.

- Đặt chốt đẩy tại những vị trí không yêu cầu về tính thẩm mỹ.

- Lực đẩy là hết sức quan trọng đối với thiết kế khuôn, làm cho sản phẩm rơi ra mà không ảnh hưởng đến sản phẩm cũng như khuôn.

### 1.4.7 Ví dụ về tính toán hệ thống đẩy

#### a) Khoảng đẩy

- Khoảng đẩy phải lớn hơn  $5 \div 10$  mm so với chiều cao sản phẩm được lấy từ khuôn sau theo hướng tách khuôn. Không nên làm khoảng đẩy quá dài, chốt đẩy quá nhỏ đôi khi khoảng đẩy dài sẽ làm yếu hệ thống đẩy.

- Sau khi sản phẩm được lấy ra, hệ thống đẩy phải trở về vị trí ban đầu, tránh chốt đẩy làm hỏng lòng khuôn. Vì thế cần chốt hồi về (ty hồi). Chốt hồi và chốt đẩy cùng nằm trên tấm đẩy, tấm đẩy chịu áp lực lớn nên tấm đẩy cũng phải có bề dài thích hợp:

| Bề mặt sản phẩm(cm <sup>2</sup> ) | Độ dày tấm đẩy(mm) |
|-----------------------------------|--------------------|
| 5                                 | 12                 |
| 10                                | 15                 |
| 25                                | 20                 |
| 50                                | 30                 |
| 100                               | 50                 |

- Kích thước của chốt đẩy phụ thuộc vào kích thước của sản phẩm, đường kính phải lớn hơn 3 mm, trừ khi điều đó cần thiết cho sản phẩm.

- Thiết kế hệ thống đẩy sao cho không làm yếu khuôn.

- Những sản phẩm có hành trình đẩy dài hoặc có những chốt đẩy nhỏ, thì nên có những chốt dẫn hướng trong hệ thống đẩy.

## b) Chốt đẩy

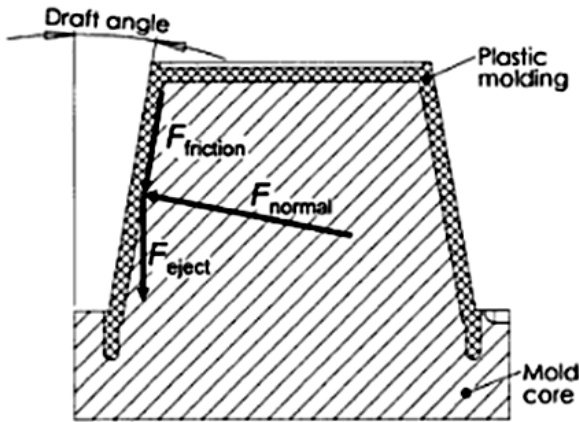
- Sản phẩm có các vách xung quanh cao, hoặc có gân sâu, thì phần này dính rất chặt trong khuôn (phần core), vì vậy phải bố trí ty đẩy ở gần những vị trí này để có thể đẩy sản phẩm ra khỏi khuôn dễ dàng. Vị trí ty đẩy càng xa những phần gân này bao nhiêu thì lực tác dụng lên nó càng yếu, và có nguy cơ làm thủng bề mặt nhựa tại vị trí chốt đẩy trước khi đẩy được sản phẩm ra khỏi khuôn (với những sản phẩm có độ dày mỏng).

- Phần đỉnh của chốt đẩy về lý thuyết nằm ngang bằng với lòng khuôn, nhưng thực tế, có thể là trên hoặc dưới  $0,05 \div 0,1$  mm. Tốt nhất là đặt thấp hơn khoảng  $0,02 \div 0,04$  mm.

- Để linh hoạt, khi thiết kế khuôn thường gắn trên tấm kẹp sau các con vít, đệm cao su vừa giảm chấn động khi lò xo ở chốt hồi đẩy hệ thống đẩy về vừa có thể điều chỉnh khoảng cách của ty đẩy so với lòng khuôn bằng cách vặn các con vít này lên hay xuống để thay đổi độ cao.

## c) Tính lực đẩy

Tính lực đẩy cho chi tiết như hình:



**Hình 1.4.7.1.** Chi tiết cần tính lực đẩy

- Công thức tính lực đẩy:

$$F_{\text{friction}} = \mu_s \cdot F_{\text{normal}} \text{ (N)}$$

$$F_{\text{eject}} = \cos(\Phi) \cdot F_{\text{friction}} = \cos(\Phi) \cdot \mu_s \cdot F_{\text{normal}} \text{ (N)}$$

$$F_{\text{normal}} = \oint_{A_{\text{eff}}} \sigma(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}) dA_{\text{eff}} \text{ (N)}$$

Trong đó:

$F_{\text{friction}}$ : lực ma sát (N)

$F_{\text{normal}}$ : phản lực pháp tuyến (N)

$F_{\text{eject}}$ : lực đẩy (N)

Draft angle: góc thoát  $\Phi$

$A_{\text{eff}}$ : diện tích bề mặt cắt ngang của chi tiết ( $\text{mm}^2$ )

- Công thức tính độ biến dạng dẻo  $\mu_s$  của sản phẩm:

$$\mu_s = \text{CTE} \cdot (T_{\text{solidification}} - T_{\text{ejection}})$$

Trong đó:

$T_{\text{solidification}}$ : nhiệt độ hóa rắn của vật liệu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{\text{ejection}}$ : nhiệt độ khi lấy sản phẩm ra khỏi khuôn ( $^{\circ}\text{C}$ )

CTE: hệ số giãn nở vì nhiệt của vật liệu nhựa ( $\text{cm}/^{\circ}\text{C}$ )

- Ứng suất tại mặt cắt ngang của sản phẩm:

$$\sigma = E \cdot \mu_s = E \cdot \text{CTE} \cdot (T_{\text{solidification}} - T_{\text{ejection}})$$

$$F_{\text{normal}} = \sigma \cdot A_{\text{eff}} \text{ (N)}$$

$$F_{\text{eject}} = \cos(\Phi) \cdot \mu_s \cdot F_{\text{normal}} = \cos(\Phi) \cdot \mu_s \cdot E \cdot \text{CTE} \cdot (T_{\text{solidification}} - T_{\text{ejection}}) \cdot A_{\text{eff}} \text{ (N)}$$

Cần kiểm tra so sánh ứng suất do ty đẩy gây ra với ứng suất bền của vật liệu làm sản phẩm, để xem lực đẩy có làm hư sản phẩm hay không, nếu có, phải tăng đường kính ty đẩy hoặc tăng số lượng ty đẩy.

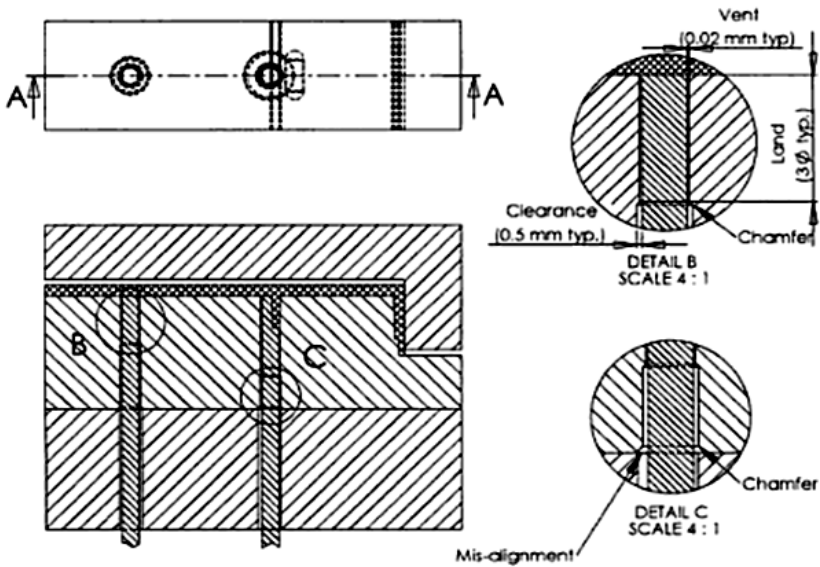


**Hình 1.4.7.2.** Sơ đồ phân bố lực

- Sau khi tính toán số ty lõi cần thiết thì các yêu cầu bố trí ty lõi là:

- + Đặt thấp hơn lòng khuôn  $0,02 \div 0,1 \text{ mm}$ .
- + Bố trí ty lõi tốt nhất là ở cạnh hoặc gân của sản phẩm.
- + Để linh hoạt thì gắn trên tấm kẹp sau các con vít các vòng đệm để giảm chấn động khi lò xo đẩy hệ thống đẩy về theo chốt hồi.

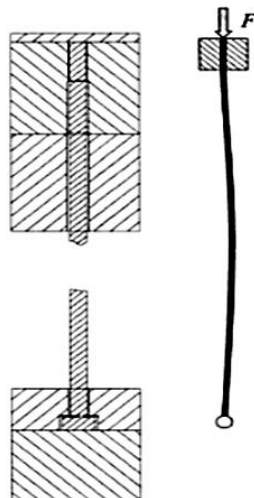
- + Đường kính chốt thường  $1 \div 25\text{mm}$  chiều dài thường nằm trong khoảng  $150 \div 500\text{mm}$ .
- Thiết kế lỗ dẫn cho ty đẩy:



**Hình 1.4.7.3.** Dung sai giữa chốt và rãnh dẫn

- Trong 1 số trường hợp hệ thống đẩy còn có tác dụng là rãnh thoát khí và để dễ dàng chuyển động thì giữa chốt đẩy và lỗ dẫn thường có dung sai lắp lỏng lớn.

- Trong nhiều trường hợp, nếu ty lỏi quá dài thì khi chịu tác dụng lực thì dễ bị bẻ cong. Không tốt cho khuôn vì chốt nhanh bị mòn và yếu.



**Hình 1.4.7.4.** Sự phá hỏng của chốt đẩy

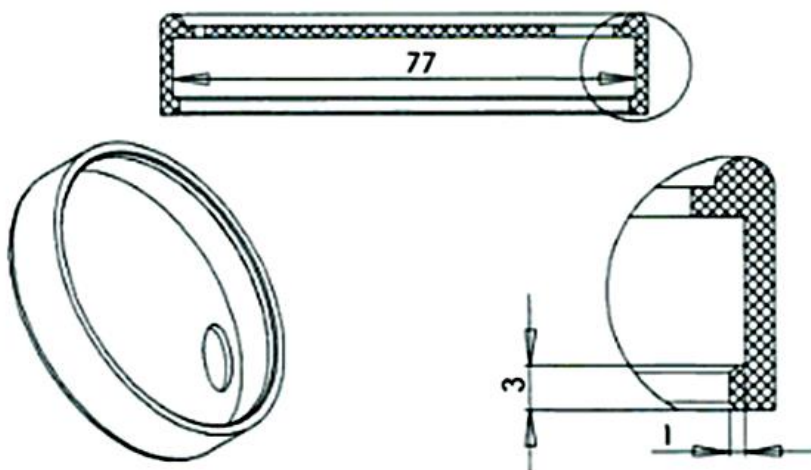
### f) Tính toán lò xo

- Kích thước lò xo được xác định tiêu chuẩn có sẵn.
- Tổng chiều dài nén của lò xo không được vượt quá 35% tổng chiều dài tự do của lò xo.
- Bằng cách tính toán tải trọng của hệ thống đẩy, để có thể chọn lò xo có độ cứng phù hợp. Nếu quá cứng thì khó lắp ráp, nếu quá mềm thì không đủ lực đàn hồi.
- Để tránh trường hợp bị kẹt thì lò xo thường được lắp cố định với tấm đỡ, bao lấy chốt hồi và hạn chế ma sát với chốt.

### g) Tính toán ống đẩy và tấm lót

Công thức tính lực đẩy cho hệ thống ống lót và tấm lót:

$$F_{\text{eject}} = \cos(\Phi) \cdot \mu_s \cdot F_{\text{normal}} = \cos(\Phi) \cdot \mu_s \cdot E \cdot \frac{\sigma}{L} \cdot A_{\text{eff}} \text{ (N)}$$



*Hình 1.4.7.5. Sản phẩm đẩy bằng tấm đẩy*

- Với sản phẩm như trên thì:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{L} \cdot \frac{1}{77} = 1.3\%$$

- Với hệ số ma sát 0.5
- Góc thoát khuôn  $0^\circ$

- Dựa vào công thức  $A_{\text{eject}} > \frac{F_{\text{eject}}}{\sigma}$ . Tính được diện tích cần thiết dành cho ống đẩy hoặc tấm đẩy.



## **h) Tính toán bạc và chốt hồi**

- Có 2 loại chốt hồi:

- + Hồi khuôn tự động: sau khi đẩy sản phẩm ra khỏi khuôn thì dưới lực đàn hồi của lò xo thì hệ thống sẽ trở về trạng thái ban đầu chuẩn bị cho chu kỳ ép tiếp theo.
- + Hồi khuôn cưỡng bức: sau khi đẩy sản phẩm ra khỏi khuôn, hệ thống chốt hồi về tỷ vào mặt tấm khuôn đưa hệ thống đẩy về vị trí ban đầu.

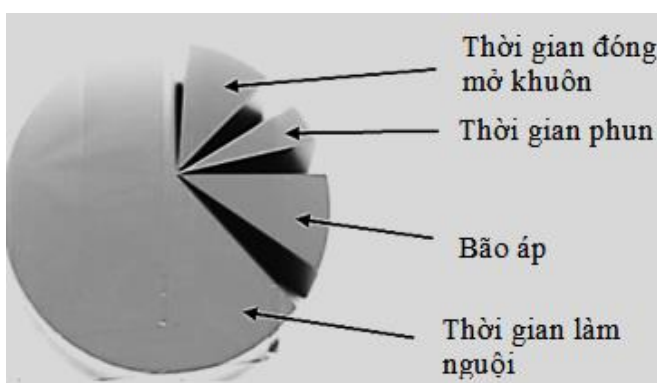
- Khi thiết kế cần phải bố trí vị trí chốt hồi đối xứng.

## **1.5 HỆ THỐNG LÀM NGUỘI**

### **1.5.1 Tầm quan trọng và mục đích của hệ thống làm nguội**

#### **a) Tầm quan trọng**

Thời gian làm nguội chiếm khoảng 60% thời gian của chu kỳ khuôn, vì thế việc làm sao để có thể giảm thời gian làm nguội nhưng vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm là quan trọng, nhiệt độ chảy của nhựa đưa vào khuôn thường vào khoảng  $150^{\circ}\text{C} \div 300^{\circ}\text{C}$ , khi nguyên liệu nhựa được đưa vào khuôn ở nhiệt độ cao này, một lượng nhiệt lớn từ nguyên liệu nhựa được truyền vào khuôn và thông qua hệ thống làm nguội giải nhiệt khuôn. Nếu hệ thống làm nguội vì một nguyên nhân nào đó chưa đưa được nhiệt ra khuôn một cách hữu hiệu, làm nhiệt độ trong khuôn không ngừng tăng lên, làm tăng chu kỳ sản xuất.



*Hình 1.5.1.1. Thời gian làm nguội*

#### **b) Mục đích**

- Giữ cho khuôn có nhiệt độ ổn định để nguyên liệu nhựa có thể giải nhiệt đều.

- Giải nhiệt nhanh, tránh trường hợp nhiệt giải không kịp, gây nên hiện tượng biến dạng sản phẩm gây ra phế phẩm.

- Giảm thời gian chu kỳ, tăng năng xuất sản xuất

### 1.5.2 Một số chất làm nguội

| Chất làm nguội thông dụng               |                       |
|---|-----------------------|
| Chất làm nguội                          | Nhiệt độ làm việc(°C) |
| Chất chống đóng 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             |

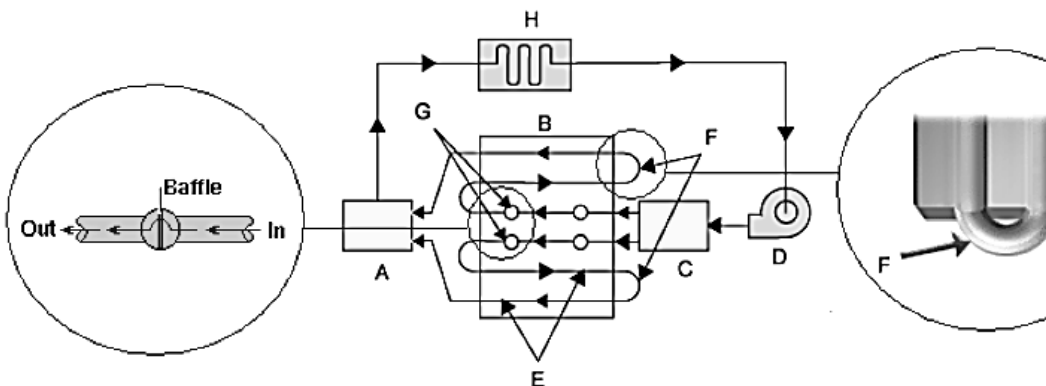
*Bảng 1.5.2.1. Các chất làm lạnh thường được sử dụng nhất*

### 1.5.3 Độ dẫn nhiệt của kim loại

| Vật liệu khuôn              | Độ dẫn nhiệt (W/m.K) |
|-----------------------------|----------------------|
| Thép Ni – Cr                | 30 – 60              |
| Thép không rỉ (12 – 15% Cr) | 13 – 18              |
| Nhôm                        | 197                  |

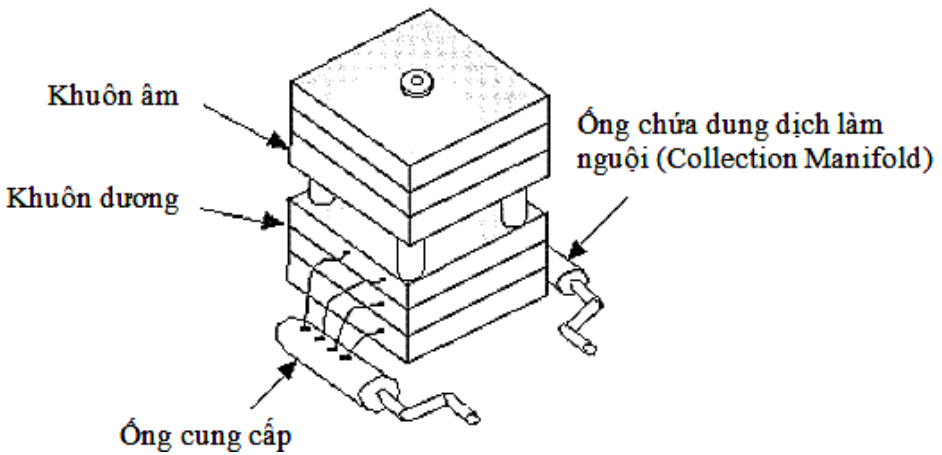
*Bảng 1.5.3.1. Giá trị độ dẫn nhiệt của 1 số kim loại làm khuôn thông dụng*

### 1.5.4 Các thành phần của hệ thống làm nguội trong khuôn ép nhựa



*Sơ đồ 1.5.4.1. Thành phần hệ thống làm nguội*

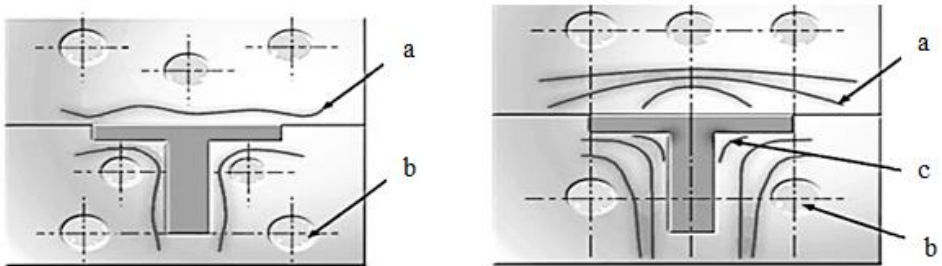
- A: Bể chứa dung dịch làm nguội (Collection manifold)
- B: Khuôn (Mold)
- C: Ống cung cấp chất làm nguội (Supply manifold)
- D: Bơm (Pump)
- E: Kênh làm nguội (Regular Cooling Channels)
- F: Ống dẫn (Hoses)
- G: Vách làm nguội (Baffle)
- H: Bộ điều khiển nhiệt độ (Temperature Controller)



*Hình 1.5.4.1. Hệ thống làm nguội trên khuôn*

### 1.5.5 Quy luật thiết kế kênh dẫn nguội

- Đảm bảo làm nguội đồng đều toàn sản phẩm. Do đó, cần chú ý đến những phần dày nhất của sản phẩm.



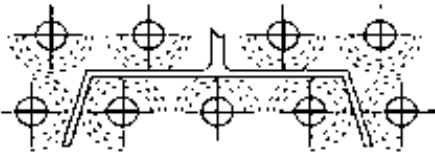
Làm nguội đều

Làm nguội không đều

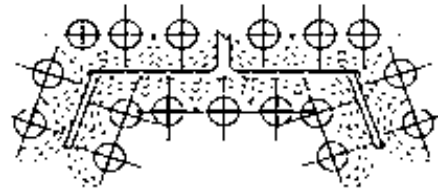
a - Đường đẳng nhiệt

b - Kênh dẫn nguội

c - Đốm nóng



Làm nguội đều



Làm nguội không đều

**Sơ đồ 1.5.5.1. Bố trí kênh dẫn nguội làm nguội đều và không đều**

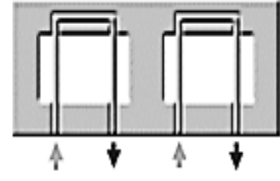
- Kênh dẫn nguội nên để gần mặt lòng khuôn để có thể giải nhiệt tốt hơn.
- Đường kính của rãnh dẫn nguội nên không đổi trên toàn bộ chiều dài kênh để tránh sự ngắt dòng sẽ làm trao đổi nhiệt không tốt.
- Thiết kế đường nước sao cho có 1 đầu vào và 1 đầu ra
- Nên chia kênh làm nguội thành nhiều vòng làm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

**Sơ đồ 1.5.5.2. Kênh dẫn nguội không nên quá dài**

- Dòng nước làm mát phải chảy liên tục và mang nhiệt độ từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp.
- Hệ thống làm mát phải đồng đều cả 2 phía khuôn âm (Cavity) và khuôn dương (Core): vì thường thì ở phía Cavity dễ bố trí đường nước hơn do có nhiều diện tích trống hơn, trong khi phía core có ít diện tích trống vì bị hệ thống ty đẩy chiếm chỗ, nên việc thiết kế đường nước phía Core gặp nhiều khó khăn hơn, thường phải nghĩ đến việc đặt những đường nước chéo nhau. Mục tiêu của việc thiết kế là làm sao cho lượng nước chảy qua Core và Cavity phải bằng nhau.

- Nhiệt độ ở đầu vào và đầu ra càng ít chênh lệch càng tốt ( $\Delta T = T_{ra} - T_{vào}$ ),  $\Delta T$  đảm bảo trong khoảng từ 1 ÷ 5°C. Lượng nhiệt được giải tỏa ra khỏi khuôn tỷ lệ với vận tốc dòng chảy, muốn lượng nhiệt giải tỏa ra

nhieu và nhanh chóng, phải làm sao tăng vận tốc dòng chảy thông qua hệ thống bơm thủy lực.

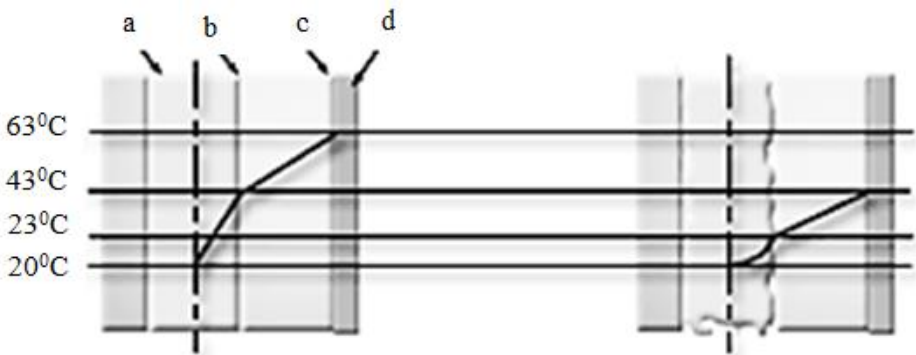
- Việc bố trí đường nước theo kiểu nối tiếp hoặc song song hay vừa nối tiếp vừa song song là không quan trọng, mà quan trọng là bố trí sao cho phù hợp với quy luật dòng chảy.

- 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  $\varnothing 8$  P.T 1/8 hoặc  $\varnothing 10$  P.T 1/4.

- Cần ưu tiên thiết kế đường nước chonhững vị trí trên sản phẩm có thành dày đột ngột, khi thiết kế cần liên hệ với khách hàng, để nếu có thể thì giảm bớt độ dày của thành cho cân đối. Những trường hợp gặp những chỗ trên Cavity dạng tấm mỏng, nếu có khoan đường nước thì tính hiệu quả cũng không cao, phải chọn giải pháp khác, đó là chọn hợp kim khác thay thế, có khả năng giải nhiệt nhanh hơn.

- Cần lưu ý làm mát cả những tấm khuôn quan trọng, mặc dù nơi đó không có sản phẩm (ví dụ như khuôn ba tấm thì nên thiết kế đường nước giải nhiệt cho cả tấm lấy xương keo, vì trong khuôn ba tấm, tấm lấy xương keo thường mỏng hơn tấm kẹp, nên chịu ảnh hưởng nhiệt nhiều hơn, giãn nở nhiều hơn so với tấm kẹp nên dễ gây biến dạng chót; do đó, khó mở khuôn.

- 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 tầng

Dòng chảy rối

a – Chất làm nguội b – Bề mặt nước/kim loại c – Thành khuôn d – Chi tiết nhựa

**Biểu đồ 1.5.5.1. So sánh dòng chảy rối và dòng chảy tầng**

- Dòng chảy rối được đặc trưng bởi số Raynold (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               |

**Bảng 1.5.5.1. Trạng thái dòng chảy dựa trên số Raynold**

- Số Reynold có thể tính theo công thức sau:

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

Trong đó:  $\rho$ : tỷ trọng riêng của chất làm nguội(kg/m<sup>3</sup>)

$U$ : vận tốc trung bình của dòng chất làm nguội(m/s)

$d$ : đường kính kênh làm nguội(m)

$\mu$ : hệ số nhớt kênh làm nguội(m<sup>2</sup>/s)

- Cần xem xét độ bền cơ học của tấm khuôn khi khoan các kênh làm nguội.

### 1.5.6 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.

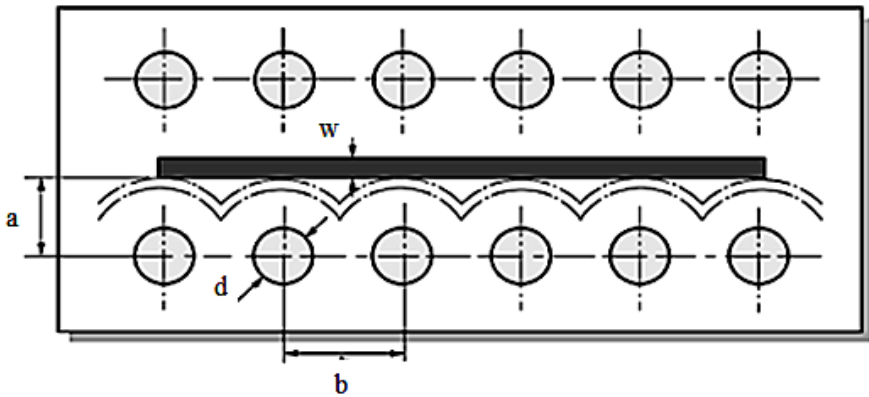
- Đường kính kênh làm nguội phải lớn hơn 8mm (8 hoặc 10) để dễ gia công và phải giữ nguyên như vậy để tránh tốc độ chảy của chất lỏng đang làm nguội khác nhau do đường kính các kênh làm nguội khác nhau.

- 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.

- Tính dẫn nhiệt của vật liệu làm khuôn cũng rất quan trọng.

- Lưu ý đến hiện tượng cong vênh do sự co rút khác nhau khi bề dày sản phẩm khác nhau.



**Sơ đồ 1.5.6.1.** Kích thước kênh làm nguội cho thiết kế

| W                               | D                                   | a  | b                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Bề dày thành sản phẩm mm (inch) | Đường kính kênh làm nguội mm (inch) | Khoảng cách từ tâm kênh làm nguội đến thành sản phẩm | Khoảng cách giữa 2 tâm kênh dẫn nguội |
| 2(0.08)                         | 8÷10(0.30÷0.40)                     |  |                                       |
| 2÷4 (0.08÷0.16)                 | 10÷12(0.40÷0.47)                    | 2÷2.5d   | 2÷3d                                  |
| 4÷6(0.16÷0.24)                  | 12÷14(0.47÷0.55)                    |  |                                       |

**Bảng 1.5.6.1.** Kích thước làm nguội cho thiết kế

### 1.5.7 Làm nguội lõi khuôn

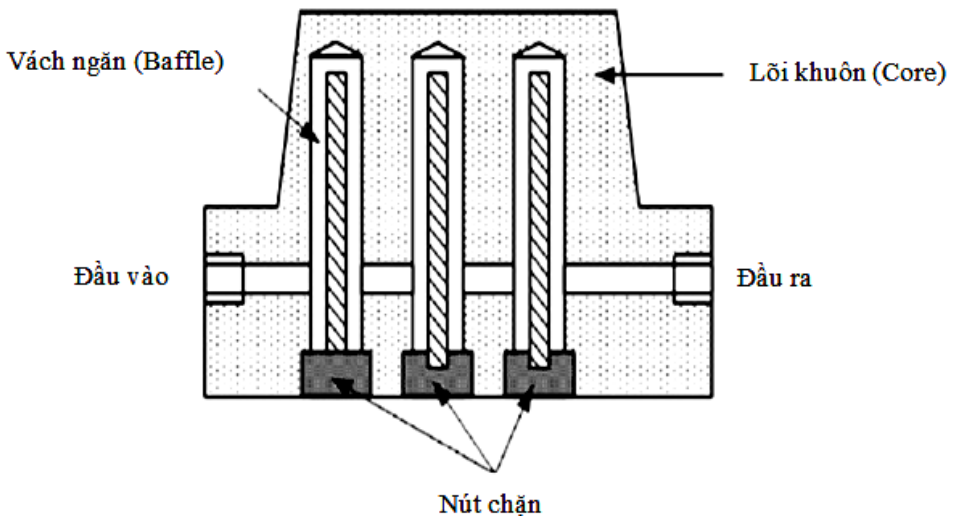
Một số phương thức dùng để làm lạnh lõi phụ thuộc vào kích cỡ và cấu trúc:

- 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

#### a) 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 dây vách ngăn này có thể sử dụng trong những lõi lớn hơn.

Khoan những lỗ vào tấm core và những dải đồng được chèn vào bên trong. Nó phải được lắp đặt phù hợp với lỗ để dòng chảy không bị rò rỉ khi đi qua. Ở đáy của những lỗ khoan được bịt kín bằng những nút plug.

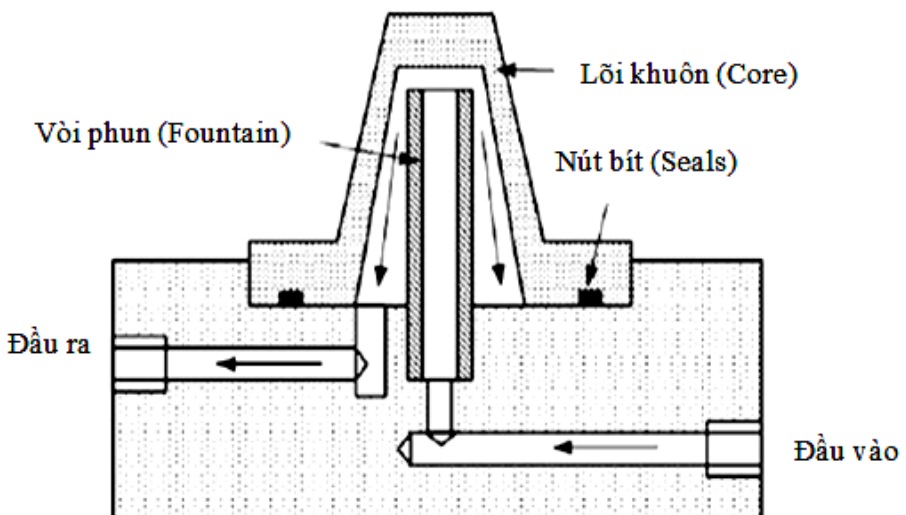


*Hình 1.5.7.1. Hệ thống làm lạnh vách ngăn*

- Chất làm nguội đi vào qua đầu vào (inlet) và thông qua các vách ngăn đứng để giải nhiệt đều cho khuôn.

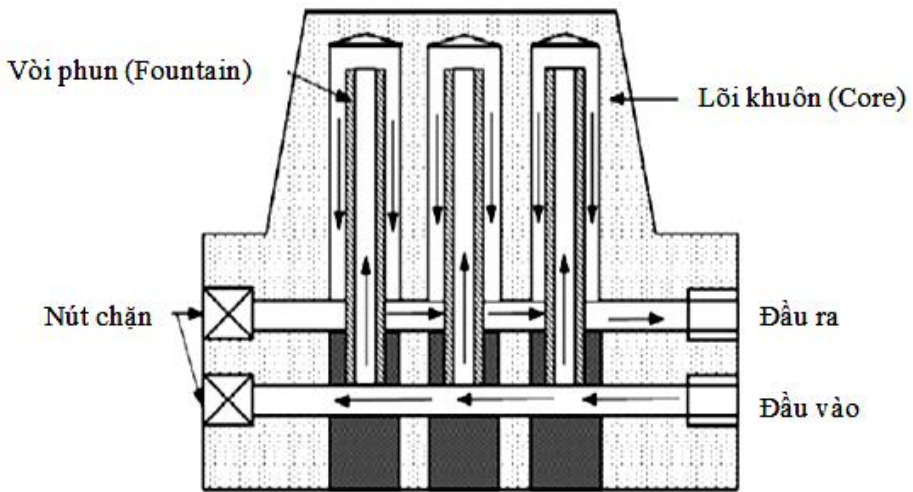
**b) Hệ thống kiểu vòi phun (Fountain system)**

- 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.



*Hình 1.5.7.2. Hệ thống làm nguội một vòi phun*



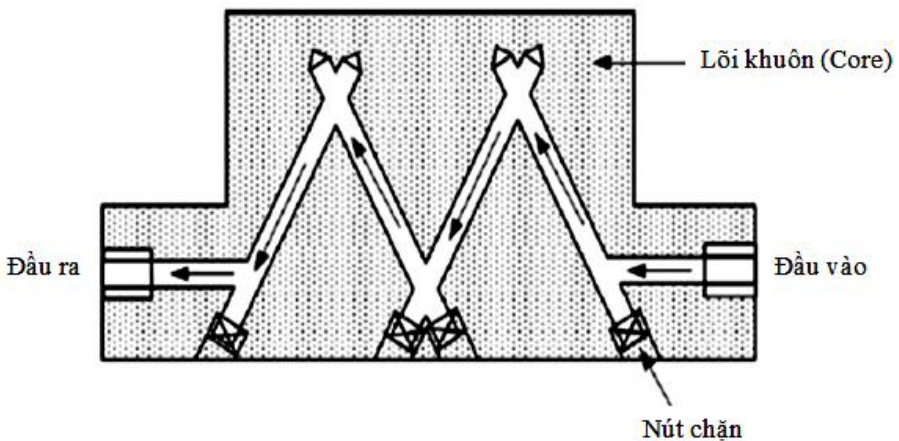


**Hình 1.5.7.3. Hệ thống đa vòi phun**

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

**c) Thiết kế hệ thống dạng lỗ góc (Angle holed design)**

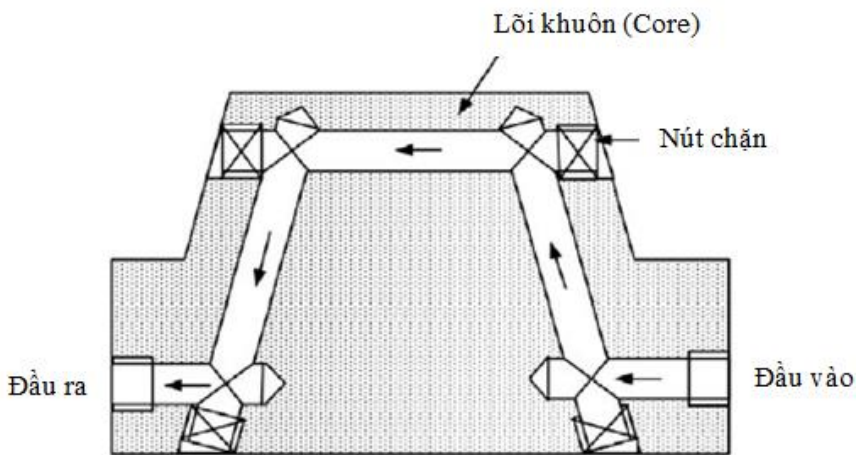
- Với kiểu thiết kế này, sẽ rất nguy hiểm nếu phoi trong quá trình khoan những lỗ góc bị kẹt lại tại những bề mặt giao nhau dẫn đến hạn chế dòng chảy của chất làm nguội chảy qua lõi.



**Hình 1.5.7.3. Làm nguội kiểu lỗ góc**

**d) Hệ thống làm lạnh dạng lỗ từng bước (Stepped hole design)**

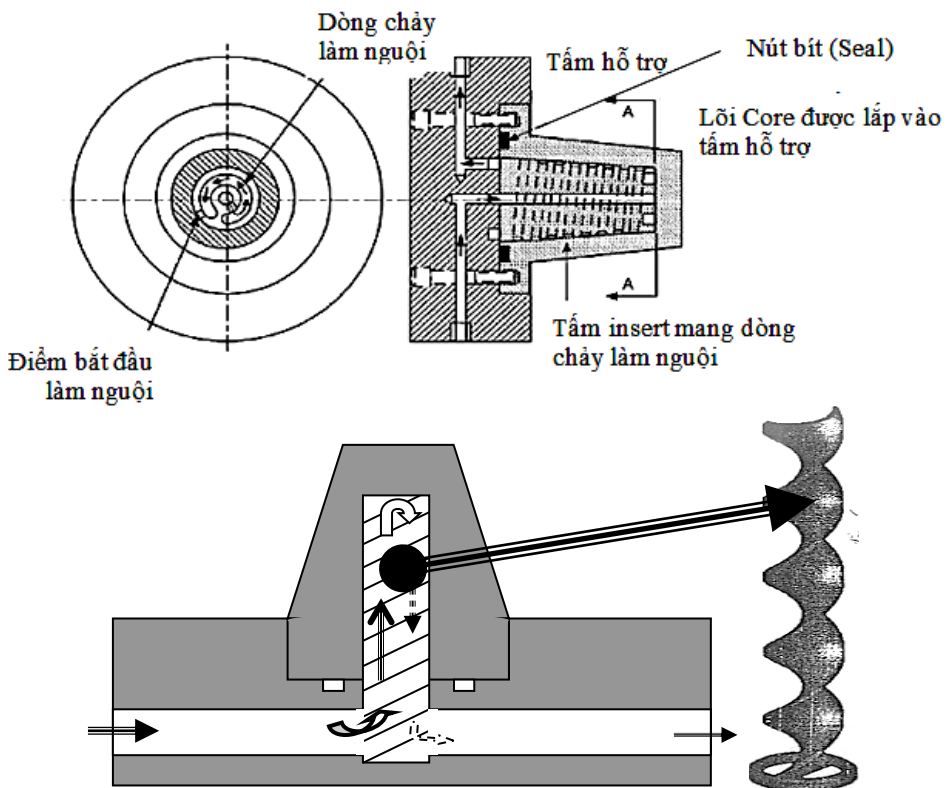
- Hệ thống này thì dễ thiết kế hơn so với hệ thống Angled hole, nhưng nhược điểm của hệ thống này là sau khi những lỗ được khoan phải bịt một đầu lại để điều chỉnh dòng chảy; tuy nhiên đôi khi, có thể bị hỏng dẫn đến rò rỉ.



**Hình 1.5.7.4. Hệ thống làm nguội lõi bước**

**e) 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.

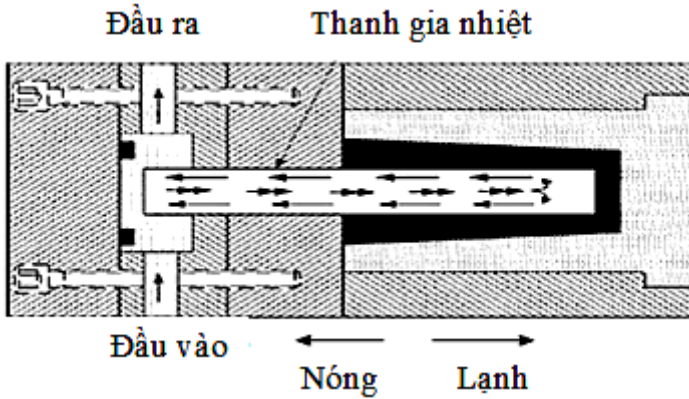


**Hình 1.5.7.5. Hệ thống làm nguội dạng xoắn ốc**

- Chất làm lạnh đi vào chính giữa của “insert carrying cooling insert” và đi theo đường xoắn ốc trở xuống để đưa chất làm nguội ra ngoài.

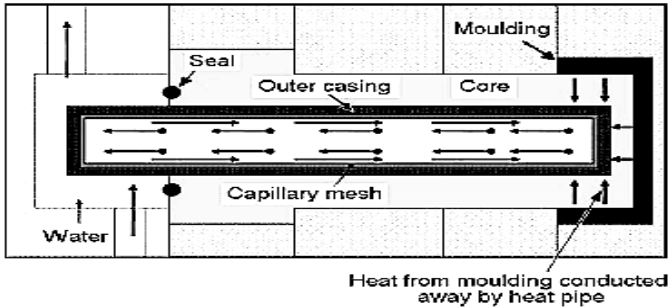
**f) Các dạng giải nhiệt khác**

- Có thể dùng thanh giải nhiệt (Heat rod) và Heat pipe (ống nhiệt):



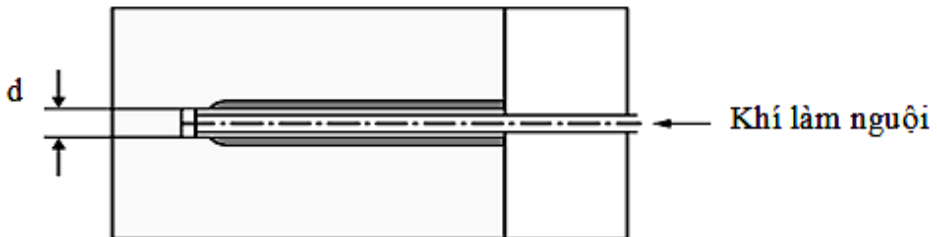
*Hình 1.5.7.6. Thanh gia nhiệt*

- Dùng thanh gia nhiệt (Heat rod), nước làm lạnh sẽ truyền nhiệt cho nó để giải nhiệt cho khuôn và Heat rod cũng đóng vai trò chính là lõi khuôn (Core).



*Hình 1.5.7.7. Ống dẫn nhiệt*

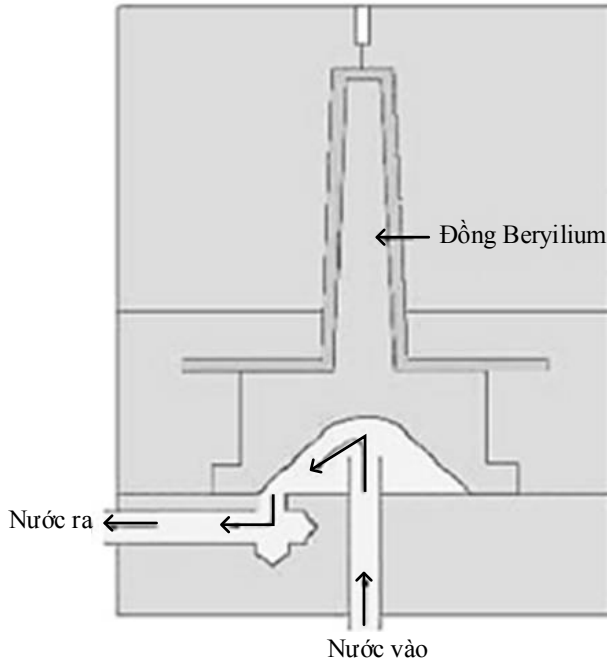
- Tính năng của ống dẫn nhiệt cũng tương tự như thanh dẫn nhiệt nhưng không đóng vai trò của lõi khuôn.



*Hình 1.5.7.8. Làm nguội bằng khí*

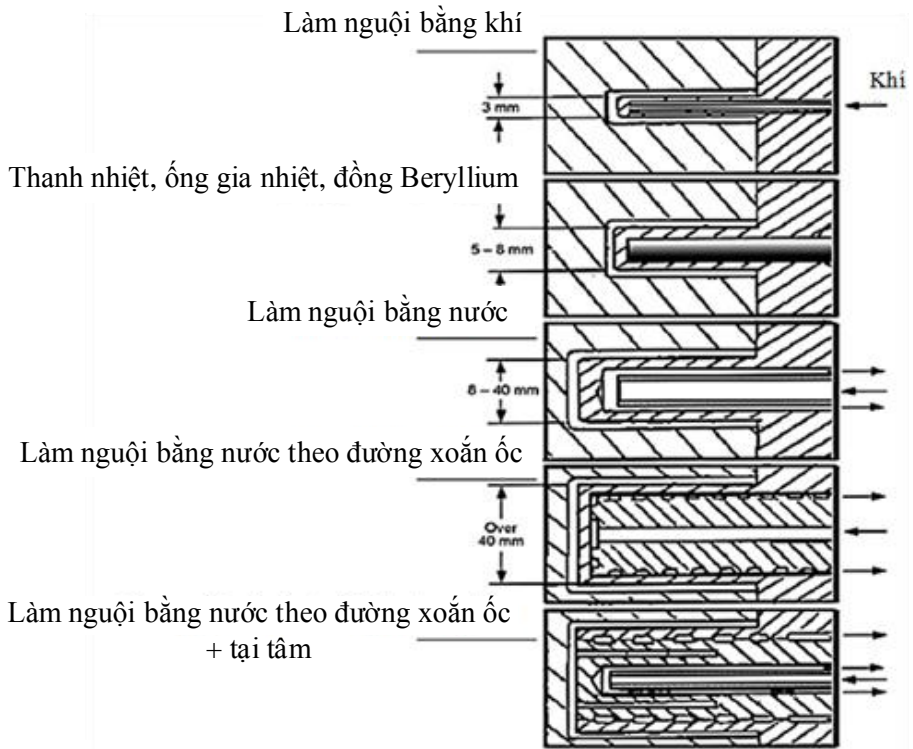
- Đối với lõi nhỏ ( $d \leq 3\text{mm}$ ) có thể sử dụng khí như là 1 chất làm nguội.

- Cách đơn giản nhất là làm lõi bằng vật liệu có độ dẫn nhiệt cao như đồng hoặc đồng berilium, nhưng có nhược điểm là độ bền thấp.



**Hình 1.5.7.9.** Giải nhiệt lõi

## SƠ ĐỒ TÓM TẮT THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÀM LẠNH LỖI KHUÔN (CORE)



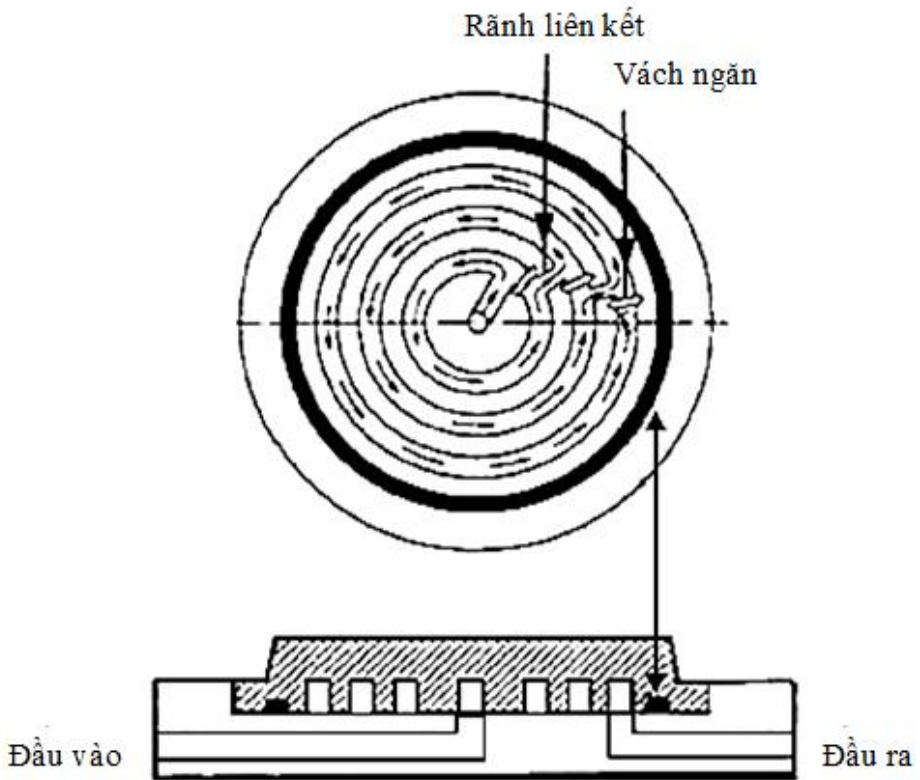
**Sơ đồ 1.5.7.1. Thiết kế kiểu hệ thống làm nguội**

| Bề rộng lõi khuôn | Kiểu làm lạnh                      |
|-------------------|------------------------------------|
| 3mm               | Làm lạnh bằng khí                  |
| 5÷8mm             | Thanh nhiệt, ống nhiệt, đồng berry |
| 8÷40mm            | Kiểu vòi phun                      |
| >40mm             | Kiểu xoắn ốc                       |
| Lớn hơn           | Xoắn ốc đôi và vòi phun            |

**Bảng 1.5.7.1. Thiết kế kiểu làm nguội cho khuôn**

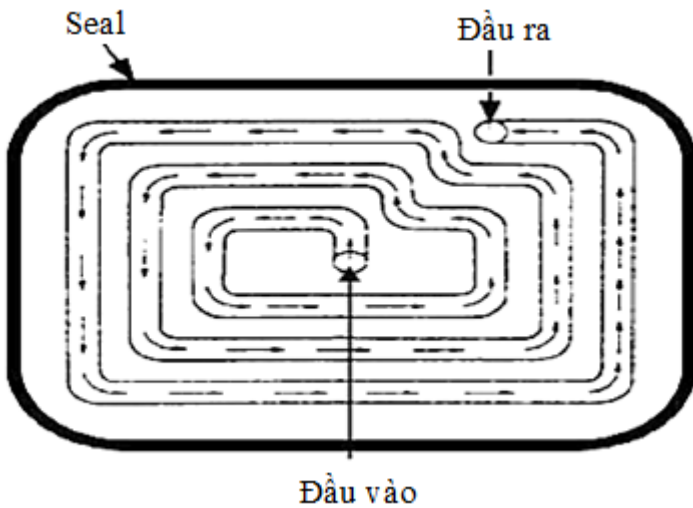
### 1.5.8 Làm nguội lòng khuôn

- Làm nguội Cavity cũng quan trọng như khi làm lạnh lõi (Core). Trong nhiều trường hợp, làm lạnh lõi mà không làm lạnh lòng khuôn (Cavity) sẽ dẫn tới sự làm lạnh không đều, mất kiểm soát.

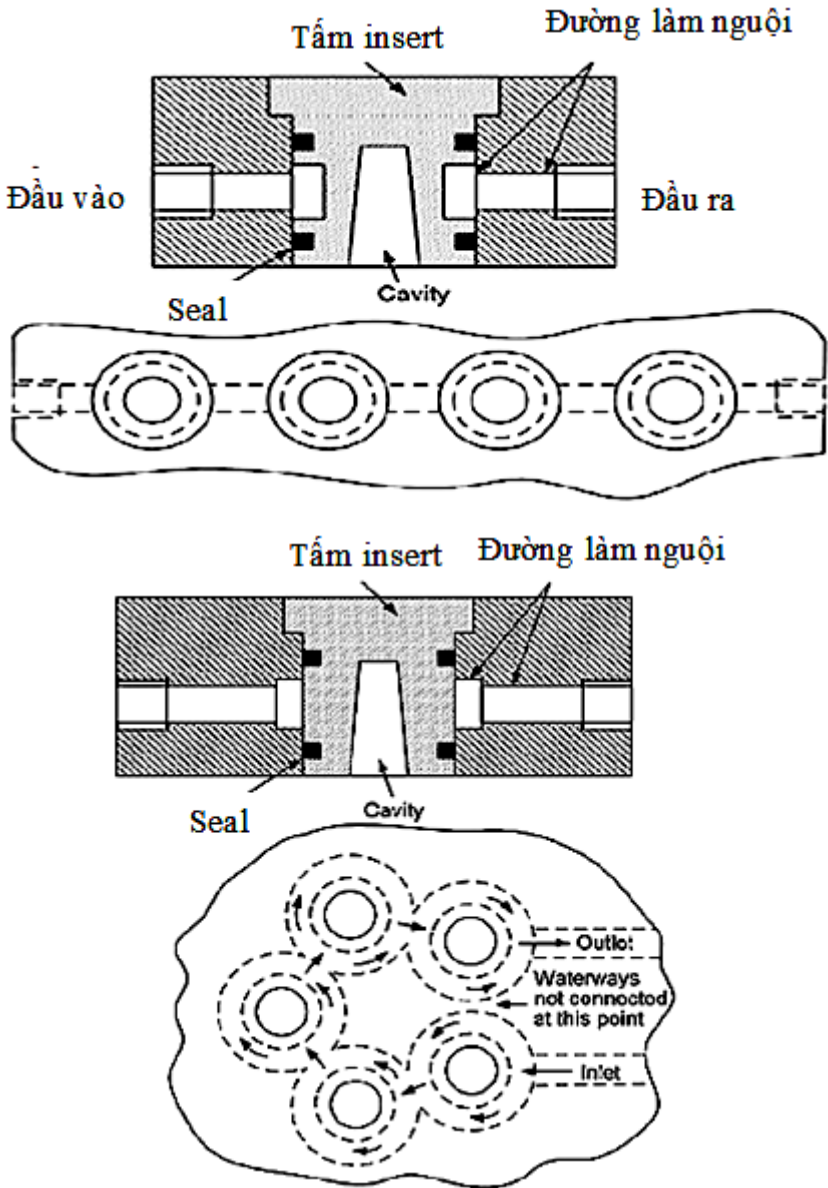


**Hình 1.5.8.1.** Hệ thống làm lạnh Cavity dạng tròn

- Hệ thống làm nguội này sẽ giải nhiệt cho cả Cavity và sản phẩm.



**Hình 1.5.8.2.** Làm lạnh Cavity dạng chữ nhật



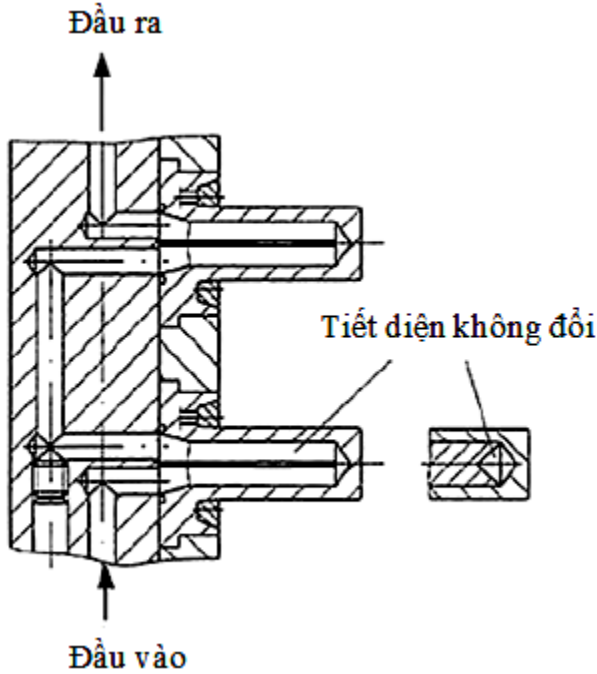
*Hình 1.5.8.3. Hệ thống làm lạnh dạng vành khuyên*

**a) Hệ thống làm nguội nối tiếp (Series circuit)**

- Trong hệ thống này chỉ có 1 đầu vào (inlet) và 1 đầu ra (outlet). Dòng chảy làm lạnh thông qua hệ thống làm lạnh và ngày càng gia nhiệt trong quá trình đi từ cổng vào đến cổng ra.

Đặc điểm:

- + Dòng chảy làm lạnh thông qua 1 mạch được kết nối.
- + Có sự chênh lệch nhiệt độ giữa cổng vào và cổng ra.
- + Có sự rơi áp suất cao giữa cổng vào và cổng ra.
- + Bất cứ sự tắc nghẽn nào trong mạch này đều dễ dàng nhận biết.



*Hình 1.5.8.4. Hệ thống vách ngăn nối tiếp*

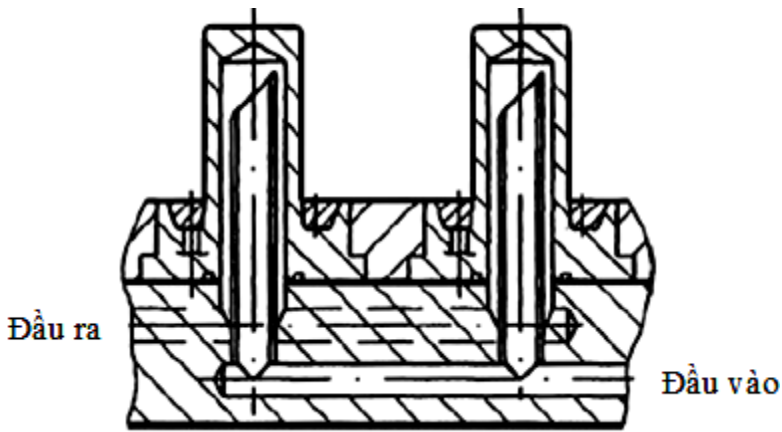
#### **b) Hệ thống làm nguội song song (Parallel circuit)**

- Trong hệ thống này chất làm lạnh được cung cấp đồng thời đến những bộ làm nguội riêng biệt. Mỗi core, cavity được cung cấp chất làm lạnh tại cùng 1 nhiệt độ. Điều này có nghĩa là có sự phân chia nhiệt độ đồng đều giữa các tấm khuôn.

Đặc điểm:

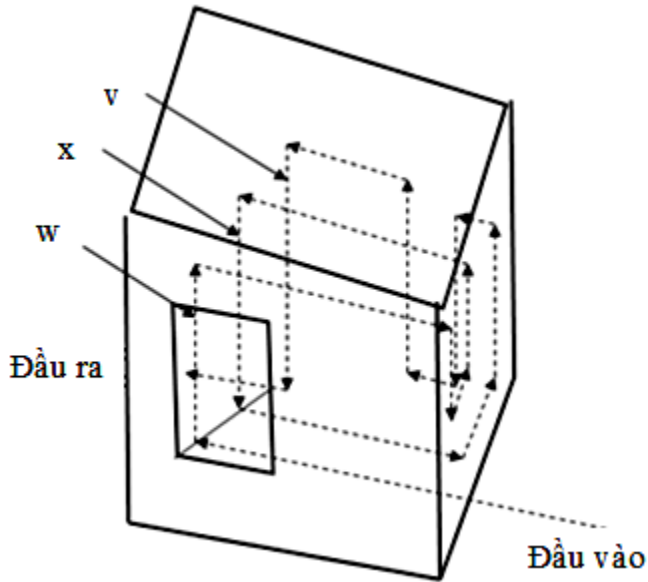
- + Tất cả các mạch được cung cấp cùng 1 nguồn làm lạnh chung tại cùng 1 nhiệt độ.
- + Có 1 sự chênh lệch nhiệt độ thấp hơn khi thông qua khuôn.
- + Có 1 độ rơi nhiệt độ thấp hơn giữa đầu vào (inlet) và đầu ra (outlet)
- + Nhiệt độ khuôn đồng đều hơn.
- + Sự tắc nghẽn mạch khó phát hiện hơn.





*Hình 1.5.8.5. Hệ thống vòi phun song song*

**c) Hệ thống làm nguội nhiều tầng**

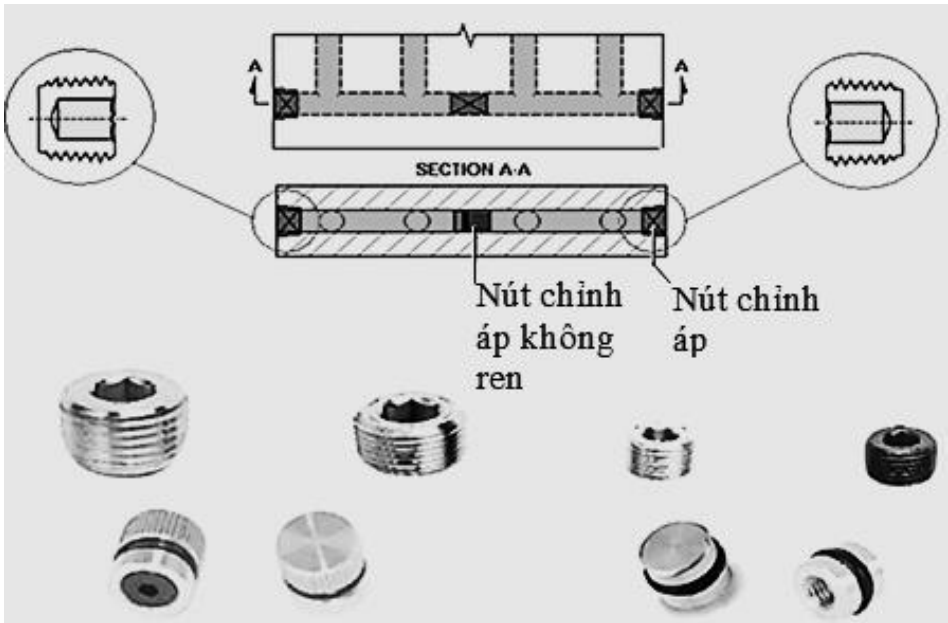


*Hình 1.5.8.6. Hệ thống làm nguội nhiều tầng*

**1.5.9 Các chi tiết sử dụng trong hệ thống làm nguội**

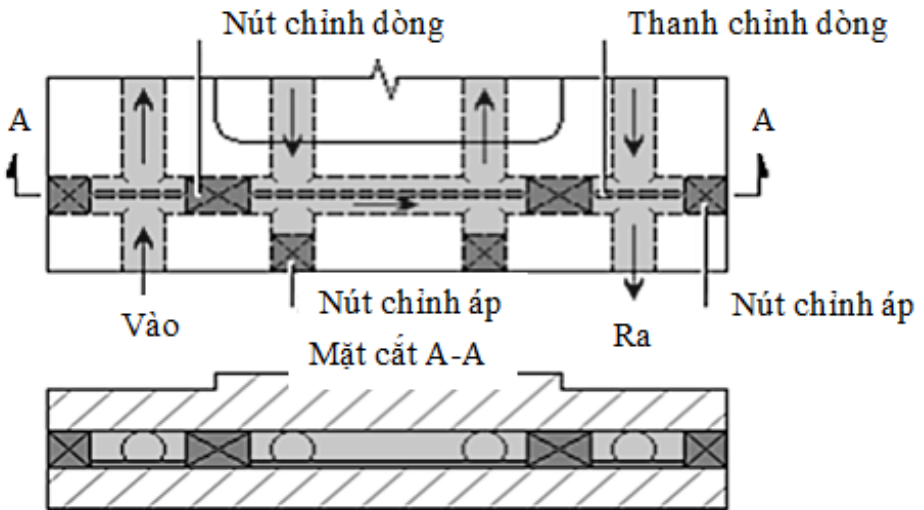
**a) Các nút chặn dòng (pressure plugs)**

Dùng để khóa hoặc điều khiển dòng chảy của chất làm nguội trong kênh làm nguội theo ý muốn của người thiết kế.

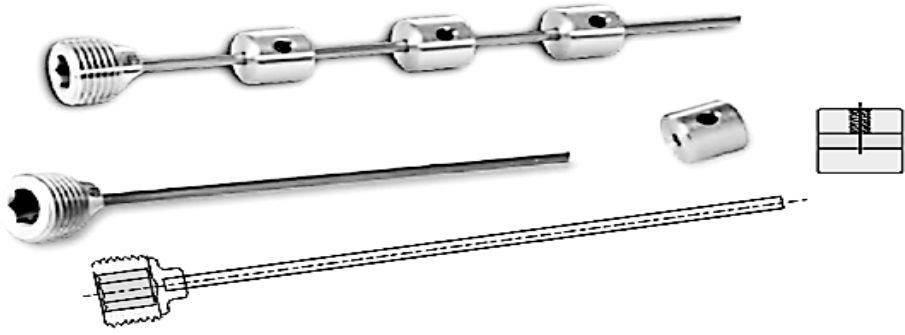


*Hình 1.5.9.1. Một số loại nút chỉnh dòng*

**b) Nút và que làm chệch hướng dòng (diverting plug and rod)**



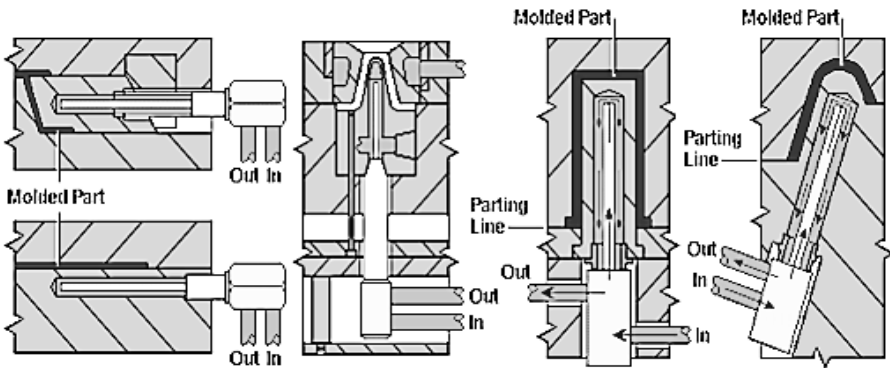
*Hình 1.5.9.2. Nút và que làm chệch hướng trên khuôn*



*Hình 1.5.9.3. Một loại nút và que làm chệch hướng dòng*

**c) Cascade water junction**

Dùng để làm nguội các lõi được cấy vào khuôn hoặc ở những vùng khó thiết kế kênh làm nguội.



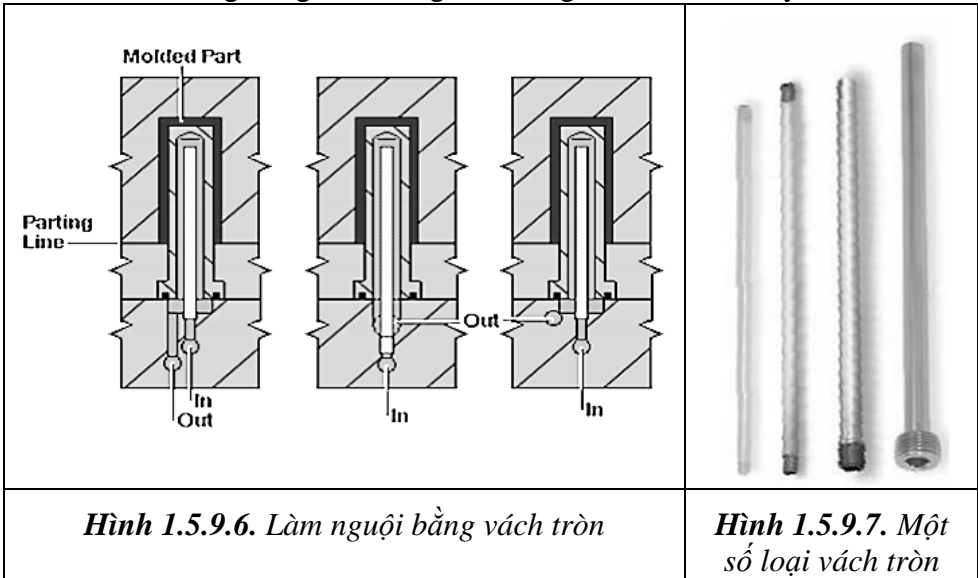
*Hình 1.5.9.4. Làm nguội bằng Cascade water junction*



*Hình 1.5.9.5. Một số loại Cascade water junction*

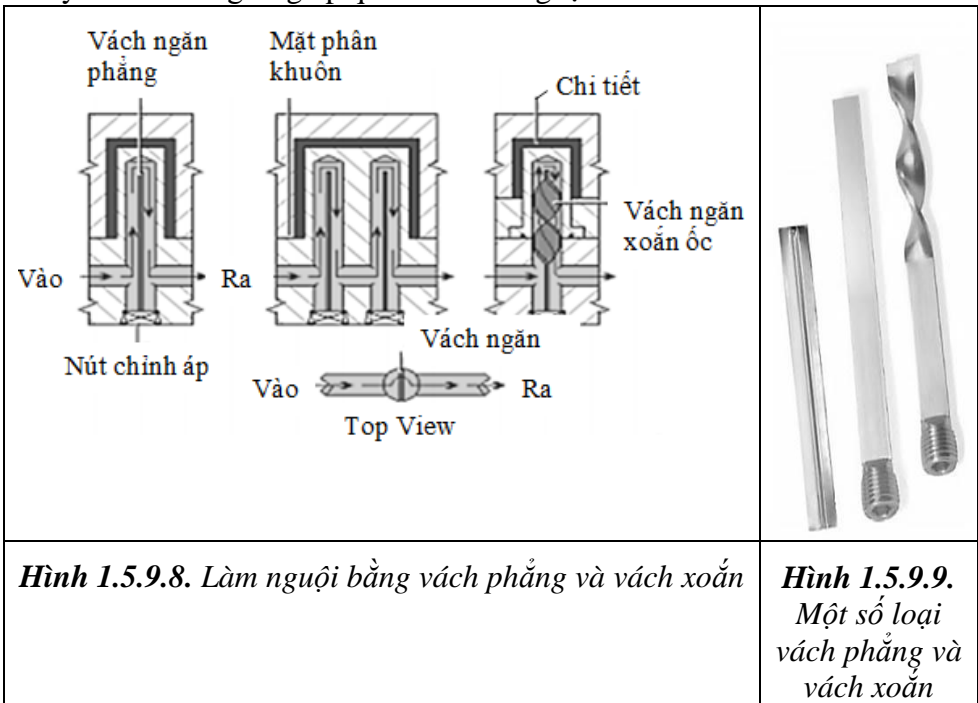
**d) Vách tròn (bubbler tube)**

Là loại ống dùng để làm nguội những lõi nhỏ được cấy vào khuôn.



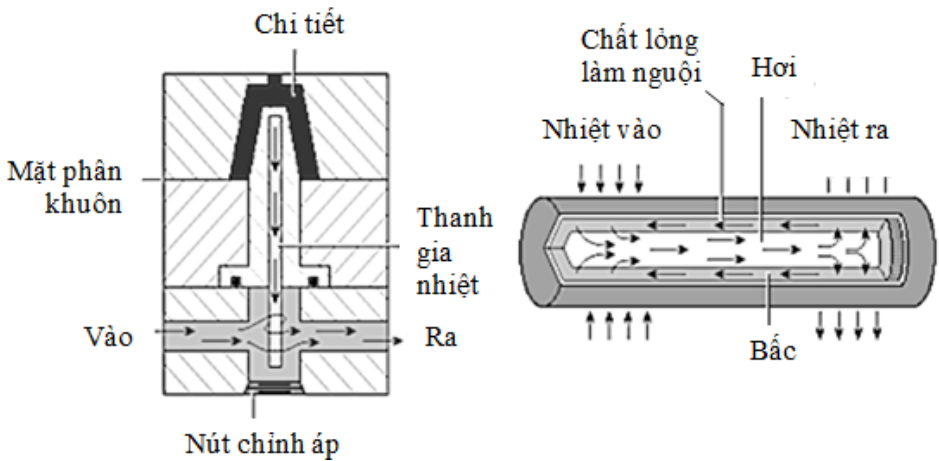
**e) Vách phẳng hoặc vách xoắn (baffle or spiral baffle)**

Dùng để chia lỗ khoan làm nguội thành hai phần. Các vách phẳng sẽ giúp chất làm nguội chạy lên xuống bên trong các lỗ khoan và tạo ra dòng chảy rối bên trong để giúp quá trình làm nguội diễn ra nhanh hơn.



### f) Ống dẫn nhiệt (thermal pin)

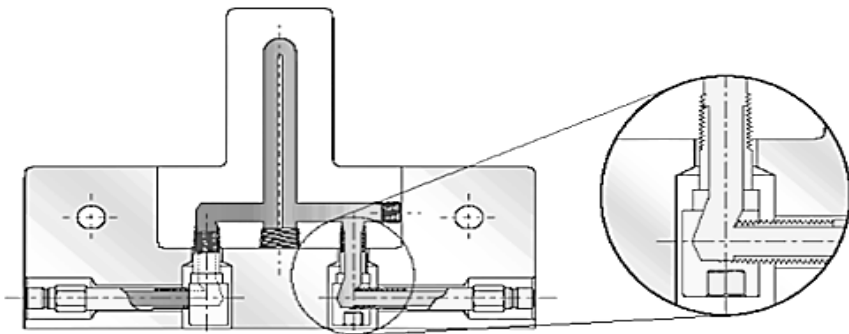
Dùng để làm nguội lõi cấy hoặc các lõi trượt trên mặt bên



*Hình 1.5.9.10. Làm nguội bằng ống dẫn nhiệt*

### g) Đầu nối chuyển tiếp (elbow)

Dùng để nối các đoạn gấp khúc của kênh làm nguội.



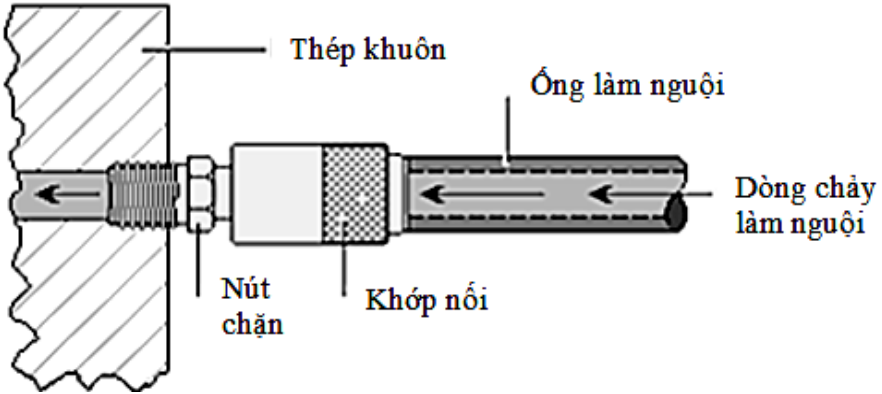
*Hình 1.5.9.11. Các đoạn gấp khúc của kênh làm nguội dùng đầu nối chuyển tiếp*



*Hình 1.5.9.12. Một số loại đầu nối chuyển tiếp*

### h) Đầu nối (connector)

Dùng để kết nối ống dẫn chất làm nguội với kênh làm nguội.

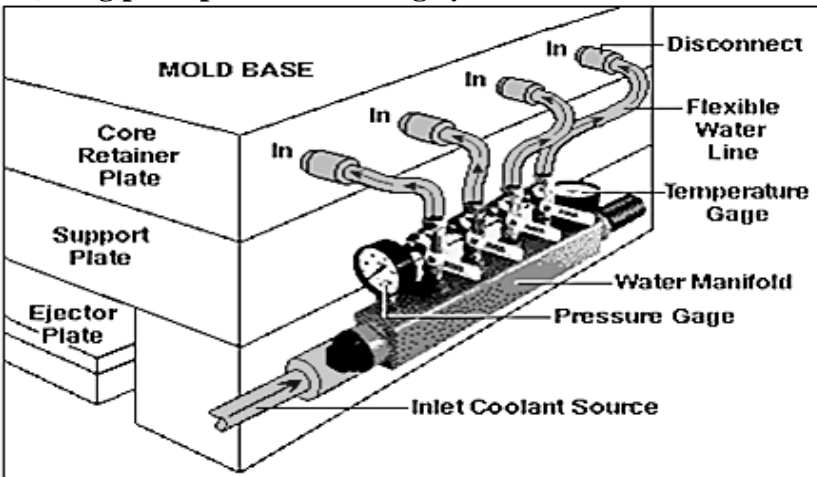


Hình 1.5.9.13. Đầu nối trên khuôn



Hình 1.5.9.14. Một số loại đầu nối

### i) Ống phân phối chất làm nguội



Hình 1.5.9.15. Ống phân phối

### 1.5.10 Tính lưu lượng nước làm nguội

- Cần thiết phải biết lưu lượng nước làm nguội vì nó trực tiếp liên quan đến đường kính của kênh nguội sẽ được thiết kế. Lưu lượng nước làm nguội được tính theo công thức sau:

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

+  $\Delta_p$ : Tổn thất áp dọc đường trong kênh nguội.

+  $g$ : Hệ số gia tốc trọng trường,  $g = 9.81(\text{m/s}^2)$ .

+  $L$ : tổng chiều dài của kênh nguội.

+  $D$ : đường kính kênh nguội.

+  $\lambda$ : hệ số tổn thất.

- Tổn thất áp dọc đường trong kênh nguội ( $\Delta_p$ ): Tổn thất áp dọc đường trong kênh nguội được định nghĩa như sau:

$$+ \Delta_p = P_{\text{vào}} - P_{\text{ra}}$$

+  $P_{\text{vào}}$ ,  $P_{\text{ra}}$ : áp suất vào và áp suất ra khỏi hệ thống làm nguội.

- Đường kính kênh nguội  $D$ : Việc tính toán đường kính kênh nguội rất quan trọng. Hệ thống giải nhiệt có làm việc hiệu quả hay không phụ thuộc rất nhiều vào đường kính kênh nguội. Từ công thức trên, viết lại như sau:

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

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.

Theo thực nghiệm, có thể lựa chọn lưu lượng nước tối thiểu yêu cầu tương ứng với đường kính kênh nguội như bảng sau để luôn thỏa mãn yêu cầu trạng thái chảy rối của dòng:

| 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

- Lựa chọn lưu lượng nước tương ứng với đường kính kênh nhựa.

Các giá trị trong bảng trên được tính cho một đường nước và chỉ mang tính chất tham khảo, có thể không chính xác vì chưa tính đến các yếu tố tác động phụ (như nhiệt độ đầu vào của nước, lượng tạp chất trong nước..).

- Hệ số tổn thất: Đối với dòng chảy rối thì hệ số tổn thất được xác định chủ yếu dựa vào thực nghiệm và phụ thuộc vào các yếu tố sau:

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

Trong đó:

$\varepsilon$ : độ nhám tuyệt đối

D: đường kính kênh làm nguội

### 1.5.11 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.

- Thời gian làm nguội tối thiểu có thể được tính theo công thức sau:

+ 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)

$\alpha$ : độ khuếch tán nhiệt

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

- + Trường hợp tổng quát:

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

| Loại nhựa  | ABS | PC  | PC/ABS | PBT | Nylon |
|------------|-----|-----|--------|-----|-------|
| $t_E$ (°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 |
|------------|-----|----|--------|-----|-------|
| $t_W$ (°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 |
|------------|-----|-----|--------|-----|-------|
| $t_M$ (°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.°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:

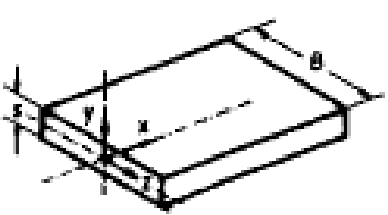
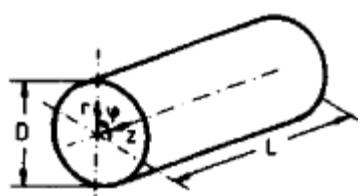
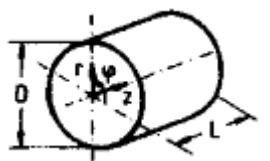
| Loại nhựa    | ABS  | PC   | PC/ABS | PBT  | Nylon |
|--------------|------|------|--------|------|-------|
| CP (J/kg.°K) | 1314 | 1298 | 1252   | 1741 | 4400  |

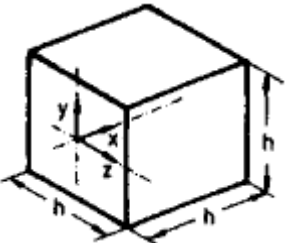

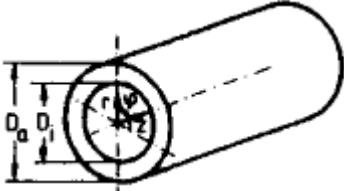
$\rho$ : khối lượng riêng của nhựa, và được cho theo bảng sau:

| Loại nhựa                   | ABS  | PC   | PC/ABS | PBT  | Nylon |
|-----------------------------|------|------|--------|------|-------|
| $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | 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

### 1.5.12 Thời gian làm nguội của 1 số dạng chi tiết

| Hình dạng   | Công thức tính   |
|---|--|
|    | $tc = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W}\right)$ $tc = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a} \cdot \ln\left(\frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W}\right)$  |
|   | $tc = \frac{D^2}{23.14 \cdot a} \cdot \ln(0.692 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W})$ $tc = \frac{D^2}{23.14 \cdot a} \cdot \ln(1.692 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W})$  |
|  | $tc = \frac{1}{\left(\frac{23.14}{D^2} + \frac{\pi^2}{L}\right) \cdot a} \cdot \ln\left(0.561 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W}\right)$ $tc = \frac{1}{\left(\frac{23.14}{D^2} + \frac{\pi^2}{L}\right) \cdot a} \cdot \ln\left(2.04 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W}\right)$ |

|   |   |
|---|---|
|  | $tc = \frac{h^2}{3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha} \cdot \ln\left(0.533 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\bar{t}_E - \bar{t}_W}\right)$ $tc = \frac{h^2}{3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha} \cdot \ln\left(2.064 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\hat{t}_E - \bar{t}_W}\right)$ |
|  | $tc = \frac{D^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot \alpha} \cdot \ln\left(2 \cdot \frac{t_M - \bar{t}_W}{\hat{t}_E - \bar{t}_W}\right)$   |
|  | <p>Tương tự như hình đầu tiên với:</p> $s = Da - Di$  |

**Bảng 1.5.12.1. Thời gian làm nguội 1 số dạng chi tiết**

$t_M$ : nhiệt độ chảy dẻo của nhựa

$\bar{t}_W$ : nhiệt độ trung bình của khuôn

$\bar{t}_E$ : nhiệt độ trung bình sản phẩm

$\hat{t}_E$ : nhiệt độ lớn nhất của sản phẩm

### 1.5.13 Kiểm soát nhiệt độ khuôn

- Nhiệt độ khuôn là thông số quan trọng nhất ảnh hưởng chu kỳ định hình và chất lượng sản phẩm. Nhiệt độ khuôn thấp hơn có thể rút ngắn thời gian làm nguội, nhưng có thể vì nhiệt độ giảm xuống nhanh mà tăng cản trở quá trình điền đầy nhựa vào khuôn. Những hiện tượng này khiến thành phẩm tồn tại ứng suất cao. Còn khi tăng nhiệt độ khuôn làm cho sự co rút định hình đầy đủ, giảm co rút về sau. Đồng thời làm giảm ứng suất nội tại và tăng chất lượng bề mặt sản phẩm.

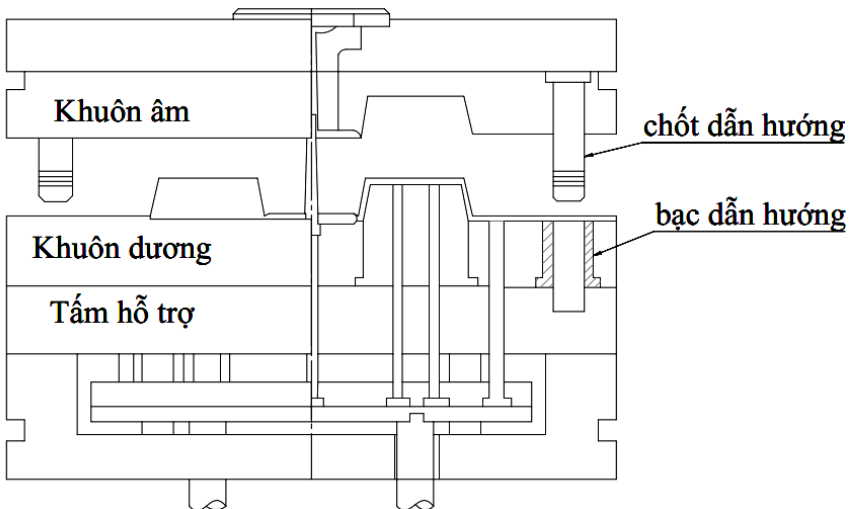
- Thời gian làm nguội được xác định chủ yếu dựa vào nhiệt độ khuôn. Không thể rút ngắn thời gian làm nguội bằng cách giảm nhiệt độ khuôn mà phải quan tâm từ khâu thiết kế thành sản phẩm (tránh độ dày không cần thiết), thiết kế khuôn (vật liệu khuôn, kênh nhựa, đường nước làm nguội...).

- Để đáp ứng được tính chất sản phẩm, đặc biệt là tính định hình thì cần phải xác định nhiệt độ khuôn đạt được. Nguyên tắc thực hiện là thiết bị theo dõi nhiệt độ hoạt động sao cho nhiệt độ khuôn giữ dao động ở mức cố định. Trước tiên, trong chu kỳ ép phun, nhiệt độ của khuôn sẽ tăng từ  $5^{\circ}\text{C} \div 15^{\circ}\text{C}$  do tiếp xúc với nhựa lỏng. Trong chu kỳ tiếp theo, lượng nhiệt tăng lên này cần phải được làm giảm bằng cách tản nhiệt đi. Vì thế, với một chu kỳ ổn định thì đồ thị nhiệt độ dao động có chu kỳ răng cưa. Trong suốt giai đoạn khởi đầu, nhiệt độ khuôn sẽ tăng trong khoảng thời gian xác định để đạt tới trạng thái nhiệt độ ổn định vào thiết bị trao đổi nhiệt. Nhiệt độ này có thể cao hơn từ  $10^{\circ}\text{C}$  đến  $30^{\circ}\text{C}$  so với nhiệt độ ban đầu của hệ thống và cũng cần kiểm soát sự dao động của nhiệt độ trong suốt quá trình sản xuất.

## 1.6 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)



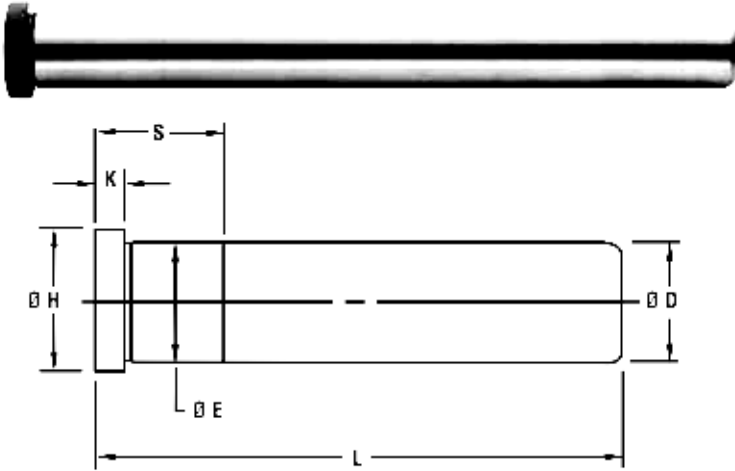
**Hình 1.6.1.** Hệ thống dẫn hướng và định vị

### 1.6.1 Chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng

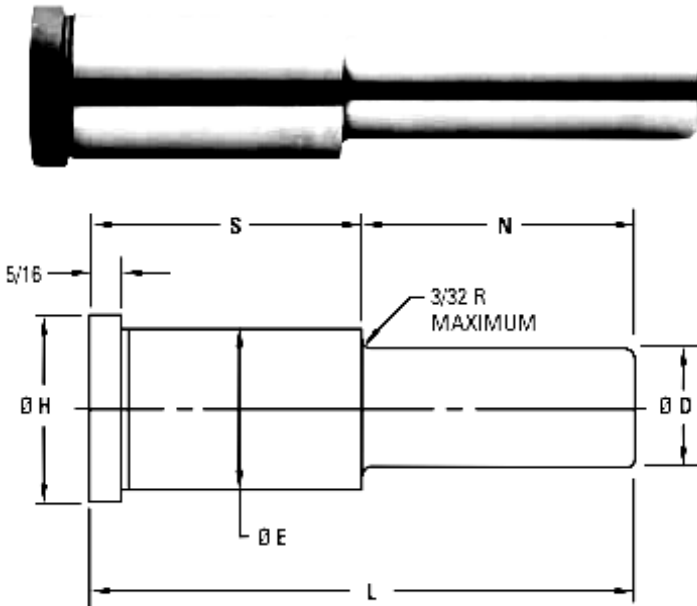
Chức năng chính của chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng là đưa khuôn sau vào khuôn trước thẳng hàng với nhau. Chốt dẫn hướng nằm ở khuôn trước và bạc dẫn hướng nằm ở khuôn sau.

Độ dài của chốt dẫn hướng phải dài hơn miêng ghép cao nhất để tránh hỏng hóc khi đóng khuôn đặc biệt là khi lắp ráp.

#### a) Các loại chốt dẫn hướng

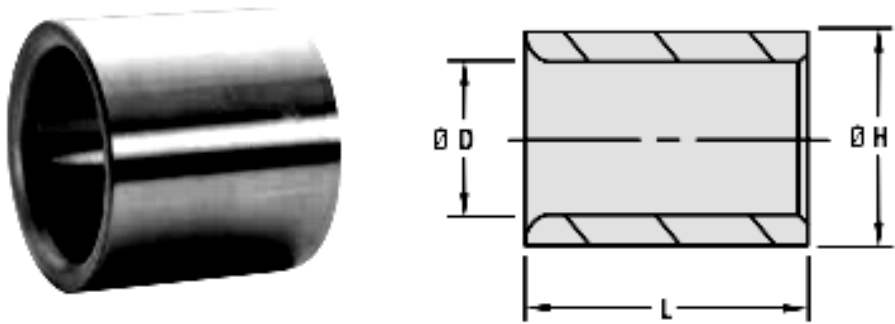


*Hình 1.6.1.1. Chốt dẫn hướng thẳng có vai*

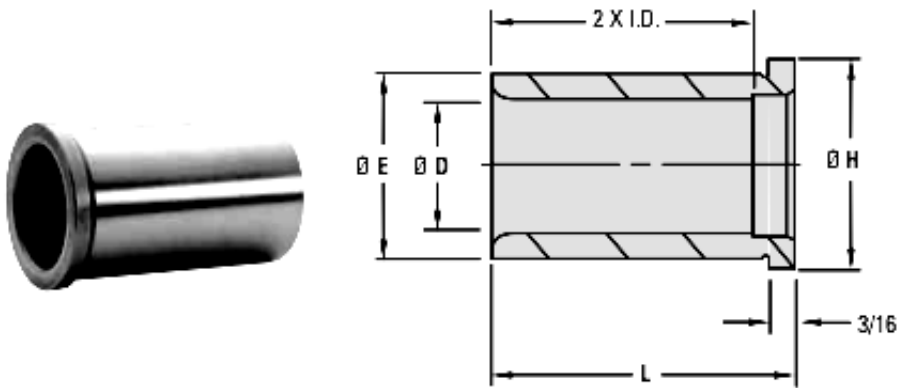


*Hình 1.6.1.2. Chốt dẫn hướng bạc có vai*

## b) Các loại bạc dẫn hướng



*Hình 1.6.1.3. Bạc dẫn hướng thẳng không có vai*

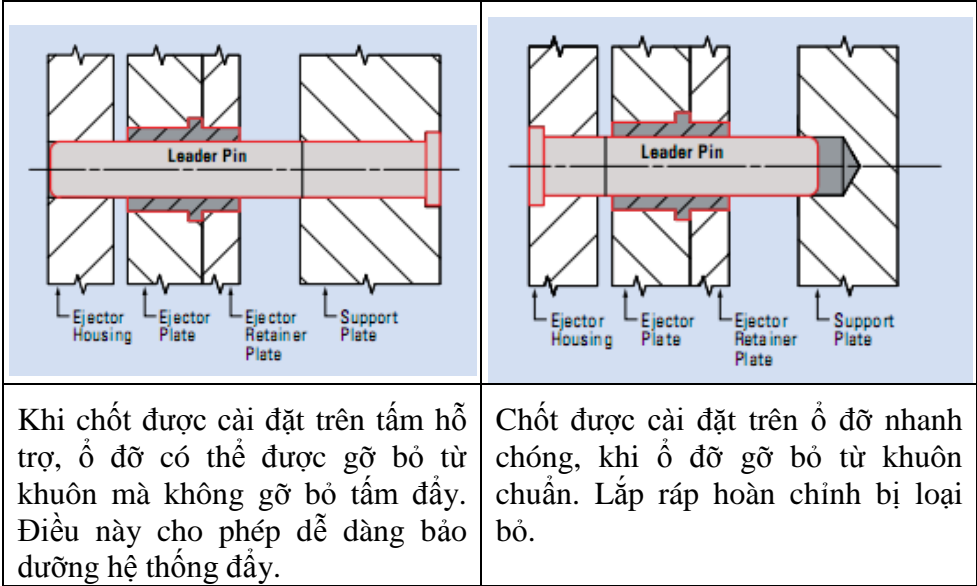


*Hình 1.6.1.4. Bạc dẫn hướng có vai*



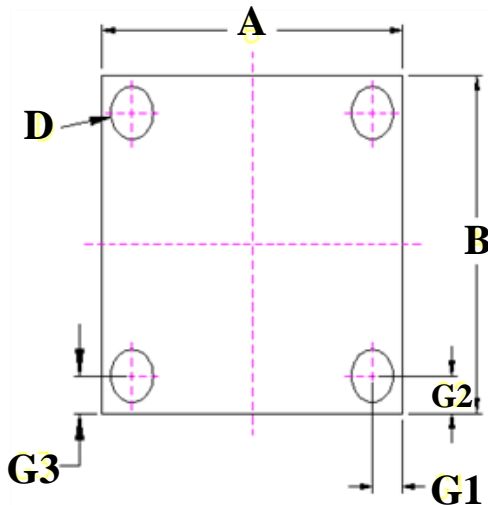
*Hình 1.6.1.5. Bạc dẫn có rãnh tra dầu*

### c) Cách lắp bạc dẫn hướng và chốt dẫn hướng



**Hình 1.6.1.6.** Lắp bạc dẫn hướng và chốt dẫn hướng

Việc lắp đặt các chốt dẫn hướng trong khuôn cũng rất quan trọng, trong một khuôn bình thường có 4 chốt dẫn hướng, đơn giản nhất là 2 hoặc 3 chốt, còn những khuôn có kích thước lớn có thể lên tới 6 chốt. Khi lắp ráp, có thể xảy ra việc hai phần khuôn đặt ngược nhau có thể gây ra hỏng hóc nặng cho lòng khuôn và lõi. Để tránh điều này, thường dùng các chốt có đường kính khác nhau trong khuôn, thường thì có 1 chốt phải có đường kính khác, hoặc 1 vị trí lỗ hoặc đường kính lỗ bị xô dịch.



| AxB     | D  | G1 | G2 | G3 | AxB     | D  | G1 | G2 | G3 |
|---------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|
| 150x100 | 20 | 20 | 20 | 25 | 350x330 | 30 | 30 | 30 | 35 |
| 150x150 | 20 | 20 | 20 | 25 | 350x350 | 30 | 30 | 30 | 35 |
| 150x250 | 20 | 20 | 25 | 30 | 350x450 | 30 | 30 | 30 | 35 |
| 150x280 | 20 | 20 | 25 | 30 | 350x500 | 30 | 30 | 30 | 35 |
| 150x300 | 20 | 20 | 25 | 30 | 350x550 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 150x320 | 20 | 20 | 25 | 30 | 350x600 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 150x350 | 20 | 20 | 25 | 30 | 400x330 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 180x180 | 20 | 20 | 20 | 25 | 400x400 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 180x200 | 20 | 20 | 20 | 25 | 400x450 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 180x220 | 20 | 20 | 20 | 25 | 400x500 | 35 | 35 | 35 | 40 |
| 180x250 | 20 | 20 | 20 | 25 | 400x550 | 40 | 40 | 40 | 45 |
| 180x300 | 20 | 20 | 25 | 30 | 400x600 | 40 | 40 | 40 | 45 |
| 180x350 | 20 | 20 | 25 | 30 | 400x650 | 40 | 40 | 40 | 45 |
| 180x400 | 20 | 20 | 25 | 30 | 400x700 | 40 | 40 | 40 | 45 |

*Bảng tra các kích thước trục dẫn hướng*

### 1.6.2 Cơ cấu định vị

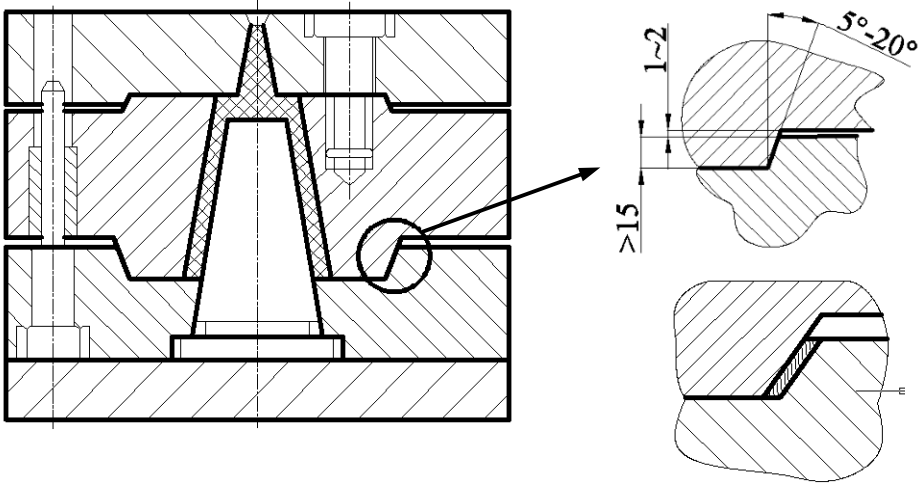
Thông thường các chốt dẫn hướng có thể giữ được một độ thẳng hàng sơ bộ, nhưng với khuôn chính xác thì dung sai của các chốt dẫn hướng và bạc dẫn hướng là quá lớn vì thế cần có bộ định vị.

Đối với loại sản phẩm lớn, nhất định phải dùng bộ định vị. Trong trường hợp này khuôn phải chịu lực ép mặt bên, đặc biệt khi khuôn chưa điền đầy và các chốt dẫn hướng không thể chịu được các lực ép mặt bên này.

#### a) Cơ cấu định vị mặt côn

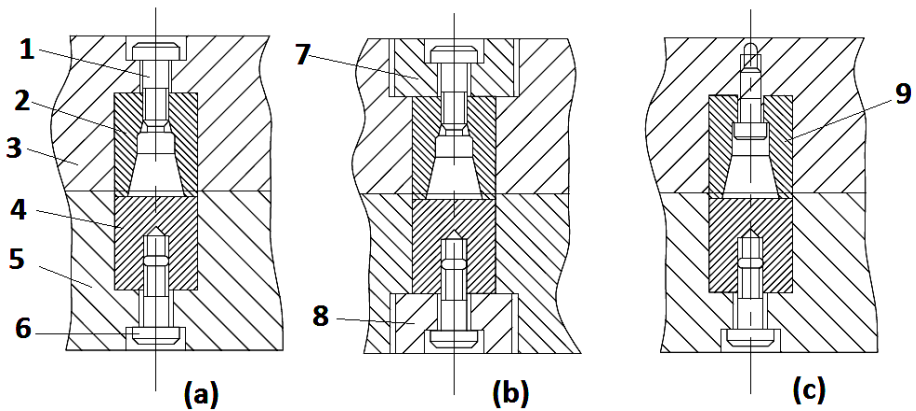
Cấu trúc như hình bên dưới là hình dạng định vị chính xác cho mặt côn giữa các tấm khuôn. Ứng dụng chính cho lòng khuôn rộng và sâu với sản phẩm có thành mỏng. Để tránh bị trên mặt côn và nâng cao tuổi thọ khuôn, nên tô bề mặt ở chỗ tiếp xúc của mặt côn hay lắp vào nó khối lắp ghép đã được tô bề mặt.





**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, để dàng sửa chữa và bảo trì, và thường xuyên sử dụng khi tẩm khuôn cố định dày. Chốt định vị cho mặt côn thường được lắp trên tấm khuôn di động.



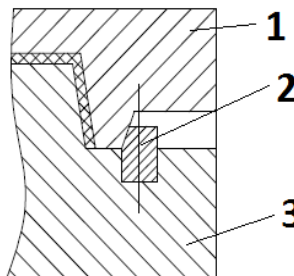
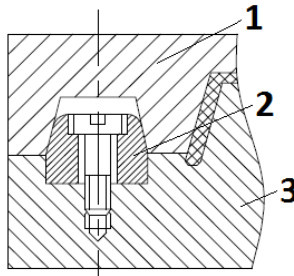
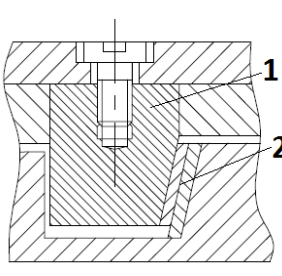
**Hình 1.6.2.2. Cơ cấu định vị mặt côn chính xác**

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.

### **b) Cơ cấu định vị chính xác bằng mặt vát**

Ứng dụng cơ cấu định vị chính xác bằng mặt vát như hình bên dưới. Trong vài trường hợp, bề mặt vát định vị chính xác cắt thẳng trên

tấm khuôn, và trong vài trường hợp khác, khối chèn cho vị trí chính xác được thêm vào, để nâng cao tuổi thọ và thuận lợi cho việc sửa chữa, đôi khi những tấm chèn tôi cứng chống mài mòn được lắp vào mặt xác định vị trí chính xác.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  |  |  |
| <p>1. Tấm khuôn cố định,<br/>2. Nêm định vị mặt bên, 3. Tấm khuôn di động</p>     | <p>1. Tấm khuôn cố định,<br/>2. Nêm hai mặt vát bên, 3. Tấm khuôn di động</p>     | <p>1. Nêm mặt bên, 2. Tấm chống ăn mòn</p>   |
| <p><i>Hình 1.6.2.3. Mặt vát đơn định vị chính xác</i></p>                         | <p><i>Hình 1.6.2.4. Mặt vát đôi định vị chính xác</i></p>                         | <p><i>Hình 1.6.2.5. Mặt vát định vị có tấm chống ăn mòn</i></p>                    |

### 1.6.3 Vị trí của chốt và bạc dẫn hướng

Việc đặt các chốt dẫn hướng trong khuôn cũng rất quan trọng. Một khuôn bình thường có 4 chốt dẫn hướng, tuy nhiên với loại khuôn đơn giản 2 hoặc 3 chốt dẫn là đủ, nhiều khi hai phần khuôn ngược nhau có thể gây ra hỏng hóc nặng cho lòng khuôn và lõi nếu lắp nhầm chiều. Để tránh điều này, thường dùng các chốt có đường kính khác nhau trong khuôn, với khuôn chốt dẫn hướng thì một chốt phải có đường kính khác hoặc lỗ xê dịch so với các chốt (lỗ) còn lại. Đây là hệ thống các thân khuôn tiêu chuẩn.

## 1.7 HỆ THỐNG THOÁT KHÍ

### 1.7.1 Khái quát

#### a) Khái niệm

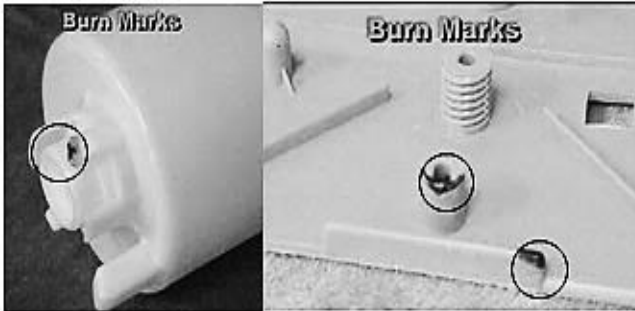
- Trong lòng khuôn luôn chứa không khí cần được đẩy ra ngoài khi nhựa điền đầy khuôn. Không khí này phải được thoát một cách nhanh chóng trong suốt quá trình điền đầy. Như vậy, hệ thống thoát khí là cung cấp nhiều con đường để không khí bị mắc kẹt trong lòng khuôn thoát ra một cách nhanh chóng và dễ 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,...

- Hệ thống thoát khí được dùng phổ biến nhất là các rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn và mặt mài quanh ti lõi (ti đẩy) sản phẩm. Ngoài ra, khí trong khuôn cũng có thể thoát ra ngoài qua đường nước làm nguội, các khe hở nhỏ của hệ thống trượt, phần ghép (cục cây).....

## **b) Những khuyết tật trên sản phẩm nhựa**

### **1 - Các đốm cháy (Burn Marks)**

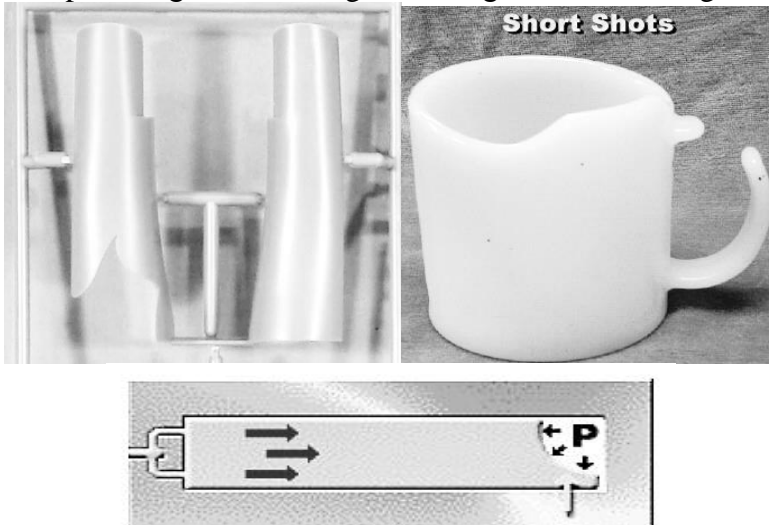


*Hình 1.7.1.1. Các đốm cháy trên sản phẩm khi ép*

Vận tốc và áp suất phun quá cao khiến cho các bọt khí trong hệ thống kênh dẫn và lòng khuôn không thể thoát kịp ra ngoài qua hệ thống thoát khí. Phải bố trí hệ thống thoát khí cho phù hợp.

### **2 - Không điền đầy hoàn toàn (Short shot)**

Tạo áp suất ngược do không khí không thoát được ra ngoài.



*Hình 1.7.1.2. Sản phẩm không điền đầy*

### 3 - Đường hàn (Weld line)

Dòng chảy của nhựa sẽ bị tách ra khi gặp vật cản trên chi tiết, sau đó khí vượt qua vật cản các dòng chảy sẽ nhập lại và sinh ra đường hàn.



*Hình 1.7.1.3. Sản phẩm bị lỗi đường hàn*

#### 1.7.2 Các kiểu thoát khí

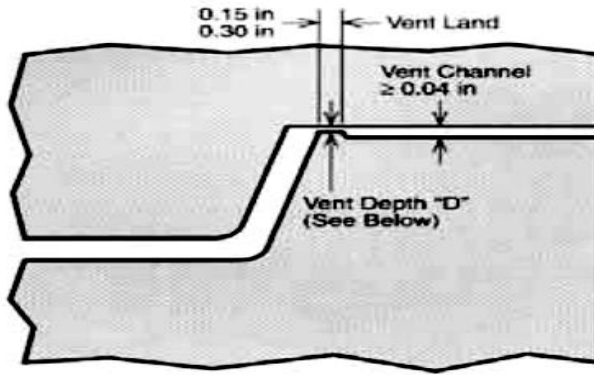
- Trên thực tế có rất nhiều phương án thoát khí có thể được sử dụng, tùy thuộc vào kết cấu của lòng khuôn, vị trí cổng phun, khả năng gia công, áp xuất phun,...

- Một số phương án đang được sử dụng rộng rãi hiện nay gồm:

- + 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,...

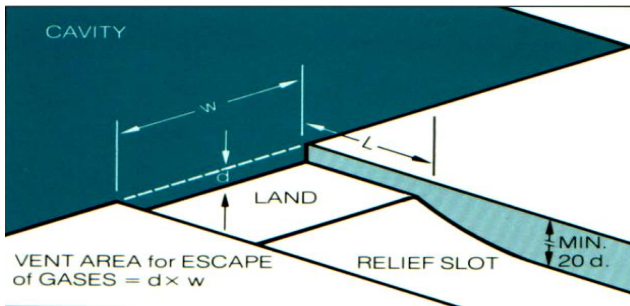
#### 1.7.3 Rãnh thoát khí trên mặt phân khuôn

- Sự lựa chọn đầu tiên là rãnh thoát khí được bố trí ở mặt phân khuôn vì dễ gia công và vệ sinh. Những rãnh này đóng vai trò như một cầu nối giữa lòng khuôn và môi trường ngoài giúp đưa không khí thoát ra khỏi lòng khuôn.



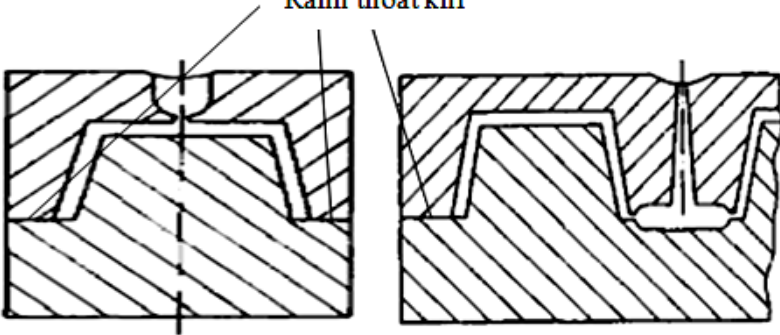
Hình 1.7.3.1 - Rãnh thoát khí

- Cấu tạo của rãnh thoát khí thể hiện ở hình dưới, và được chia làm hai phần chính: rãnh dẫn và rãnh thoát.



Hình 1.7.3.2. Kích thước hệ thống thoát khí trên mặt phân khuôn

**Rãnh thoát khí**



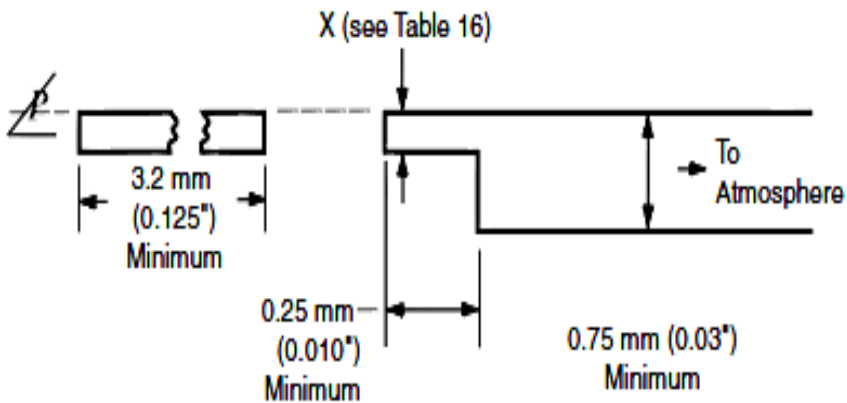
Thoát khí thuận lợi

Thoát khí kém

Hình 1.7.3.3. Thoát khí trên mặt phân khuôn

**a) Rãnh dẫn (vent land)**

Nằm ở phần đầu của rãnh thoát khí. Phải thiết kế sao cho không cho vật liệu chảy vào các lỗ thông hơi trong suốt quá trình điền đầy.



**Hình 1.7.3.4. Rãnh dẫn**

Độ sâu tại vị trí đầu của rãnh thoát khí thường nhỏ để tránh cho vật liệu chảy ra ngoài. Và tùy thuộc vào độ nhớt của từng loại nhựa thì có độ sâu khác nhau. Cho ở bảng sau:

| Loại nhựa            | Chiều sâu (mm)   |
|----------------------|------------------|
| ABS                  | 0.0254 ÷ 0.381   |
| ACETAL               | 0.0127 ÷ 0.0254  |
| ACRYLIC              | 0.0381 ÷ 0.0508  |
| CELLULOSE ACET, CAB  | 0.0254 ÷ 0.0381  |
| ETHYLENE VINYL ACET  | 0.0254 ÷ 0.0381  |
| IONOMER              | 0.0127 ÷ 0.0258  |
| LCP                  | 0.0127 ÷ 0.01778 |
| NYLON                | 0.00762 ÷ 0.0127 |
| POLYPROPYLENE        | 0.0127 ÷ 0.0508  |
| PC (RIGID)           | 0.01524 ÷ 0.0254 |
| PVC (FLEXIBLE)       | 0.0127 ÷ 0.01778 |
| POLYETHYLENE         | 0.0127 ÷ 0.03048 |
| PET, PBT, POLYESTERS | 0.0127 ÷ 0.01778 |
| POLYSULFONE          | 0.0254 ÷ 0.0508  |

**Bảng 1.7.3.1. Chiều sâu vị trí đầu rãnh dẫn**

Độ rộng của rãnh không có giới hạn, nhưng trong thực tế nằm trong khoảng 3.175 ÷ 12.7 mm.

Chiều dài rãnh (l):  $0.762 \text{ mm} \leq l \leq 3.175 \text{ mm}$

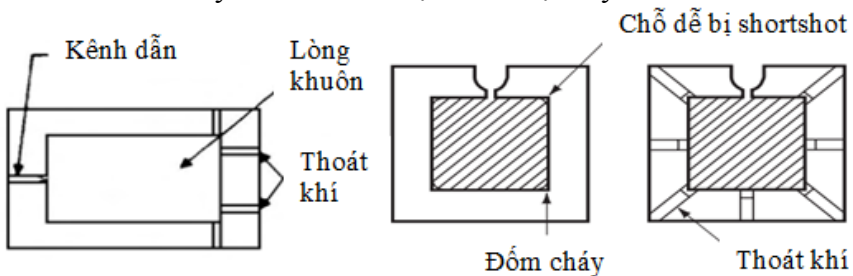
Khi thiết kế rãnh dẫn cần chú ý các điều sau:

- + Số rãnh tùy thuộc vào lưu lượng và tốc độ điền đầy.
- + Khi cần tăng thoát khí thì có thể tăng thêm rãnh thoát khí hay mở rộng các rãnh.

**b) Rãnh thoát (relief slot):** đưa không khí từ rãnh dẫn thoát ra ngoài. Có chiều sâu và bề rộng lớn hơn rãnh dẫn, để giảm áp suất và không khí thoát ra ngoài hoàn toàn. Thường có kích thước  $20 \times d$ . (d: chiều sâu rãnh dẫn)

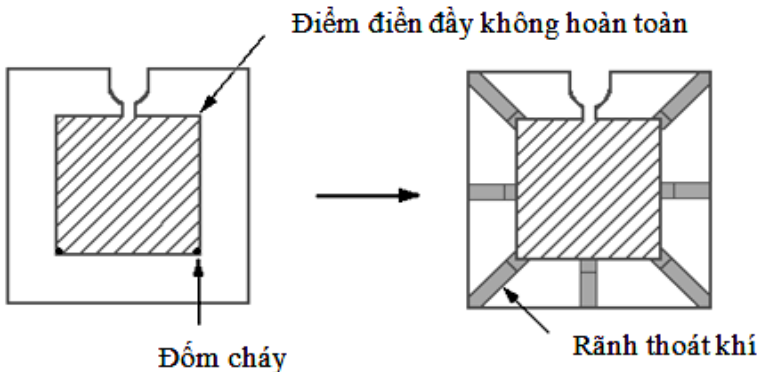
### 1- Cách bố trí

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 bọt khí nên nó được bố trí tại đây.



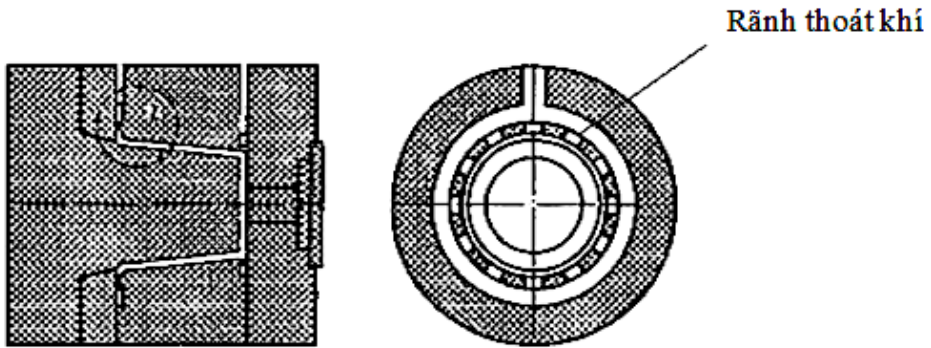
**Hình 1.7.3.5.** Cách bố trí rãnh thoát khí

Bố trí rãnh thoát khí ở những nơi dễ tạo ra phế phẩm do không khí không thoát ra được, như: lỗ khí, vết cháy,...



**Hình 1.7.3.6.** Cách bố trí rãnh thoát khí

Ngoài ra, một giải pháp khác đó là gia công kênh dẫn hình vành khuyên, không khí sẽ theo các lỗ khí chung quanh thoát ra.



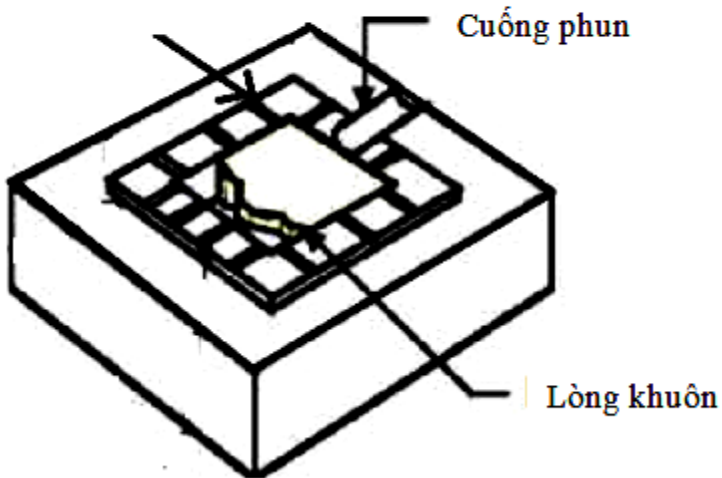
**Hình 1.7.3.7.** Thoát khí thông qua lỗ khí và kênh dẫn hình vành khuyên

### 2 - Số lượng rãnh thoát khí cần thiết

Không thể bố trí quá nhiều rãnh thoát khí. Số lượng rãnh thoát khí phụ thuộc vào chu vi của chi tiết. Tổng chu vi rãnh thoát khí phải gần bằng 30% chu vi của chi tiết để đảm bảo khả năng thoát khí.

Nếu sử dụng 6.35 mm bề rộng rãnh thoát khí, có tổng cộng 12 rãnh thông hơi cho phân này. Chúng có thể được đặt cách đều nhau như hình, hoặc bắt đầu bằng cách đặt một rãnh thông hơi ở mỗi bốn góc, một trực tiếp đối diện công và rãnh thoát khí khác bằng nhau ở các vùng còn lại.

**Rãnh dẫn đặt xung quanh chi tiết, chu vi tổng số rãnh dẫn = 30% chu vi chi tiết**



**Hình 1.7.3.8.** Cách bố trí rãnh thoát khí



### 1.7.4 Hệ thống thoát khí trên kênh dẫn

- Để tăng thêm khả năng thoát khí ra khỏi lòng khuôn nên bố trí thêm hệ thống thoát khí trên kênh dẫn.

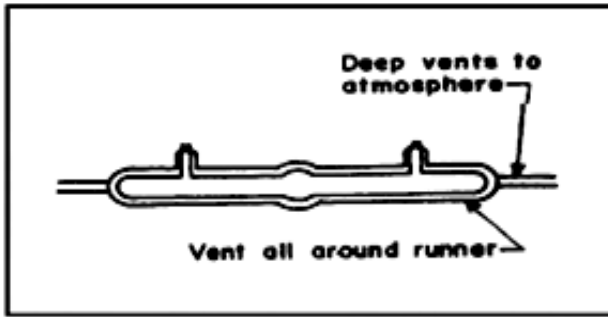
- Rãnh thoát khí sẽ được bố trí thành 1 vòng khép kín quanh chu vi của kênh dẫn và cũng được dẫn ra ngoài bởi các rãnh thoát.

- Do trong kênh dẫn đã tồn tại không khí trước khi nhựa được dẫn vào.

- Do đó khi nhựa được dẫn vào kênh dẫn sẽ dồn thêm không khí trong kênh dẫn vào trong lòng khuôn.

- Nhựa với nhiệt độ và áp suất cao cộng với nhiệt độ và áp suất sẵn có sẽ tiếp tục tích tụ thêm và lòng khuôn gây nên hiện tượng quá nhiệt làm hư hỏng chi tiết.

- Vì vậy, thiết kế thêm hệ thống thoát khí trên kênh dẫn để thoát không khí ra ngoài hơn là đẩy thêm không khí vào lòng khuôn.



*Hình 1.7.4.1. Cách bố trí rãnh thoát khí ở kênh dẫn*

#### a) Ưu điểm:

- Dễ gia công và vệ sinh.

- Có thể bố trí ở bất kỳ vị trí nào trên mặt phân khuôn.

#### b) Nhược điểm

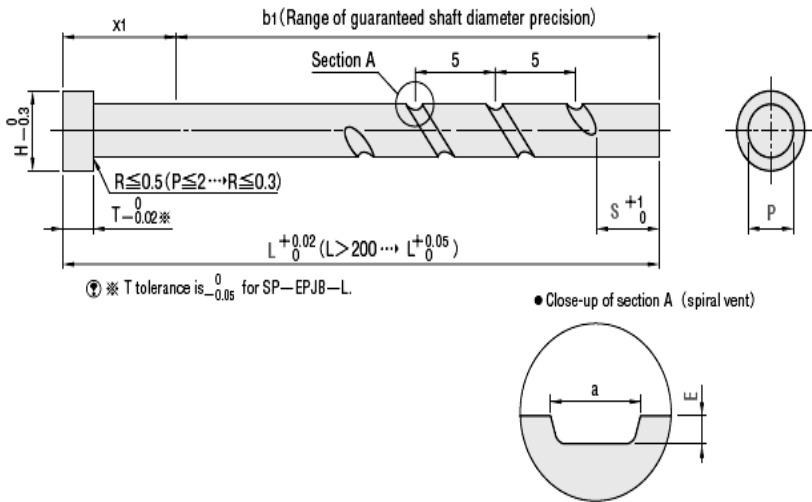
- Phải thiết kế rãnh thoát khí sao cho không khí thoát ra ngoài nhưng nhựa không chảy ra khỏi lòng khuôn.

- Phụ thuộc vào tốc độ và lưu lượng dòng chảy khi bố trí hệ thống thoát khí.

- Không bố trí được hệ thống thoát khí trên chi tiết quá mỏng, có gân (rib), rãnh cụt (blind holes).

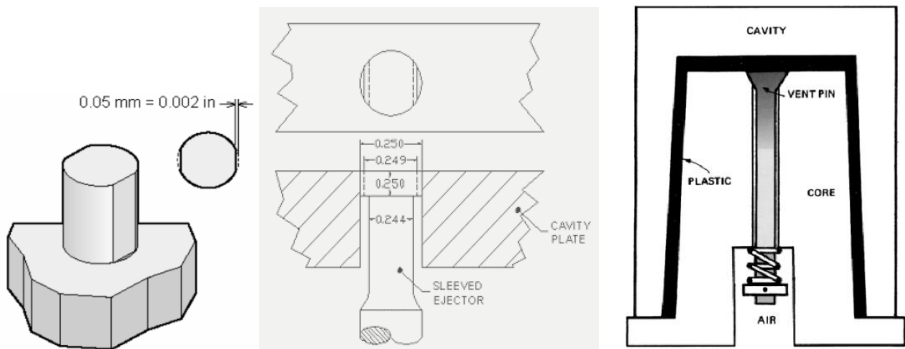
### 1.7.5 Thoát khí qua hệ thống đẩy trong khuôn

- 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 lỏi (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.



**Hình 1.7.5.2.** Cách bố trí rãnh thoát khí trên ty đẩy

- 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.

**a)Ưu điểm:**

- Thiết kế chung với hệ thống đẩy nên có thể tiết kiệm chi phí.

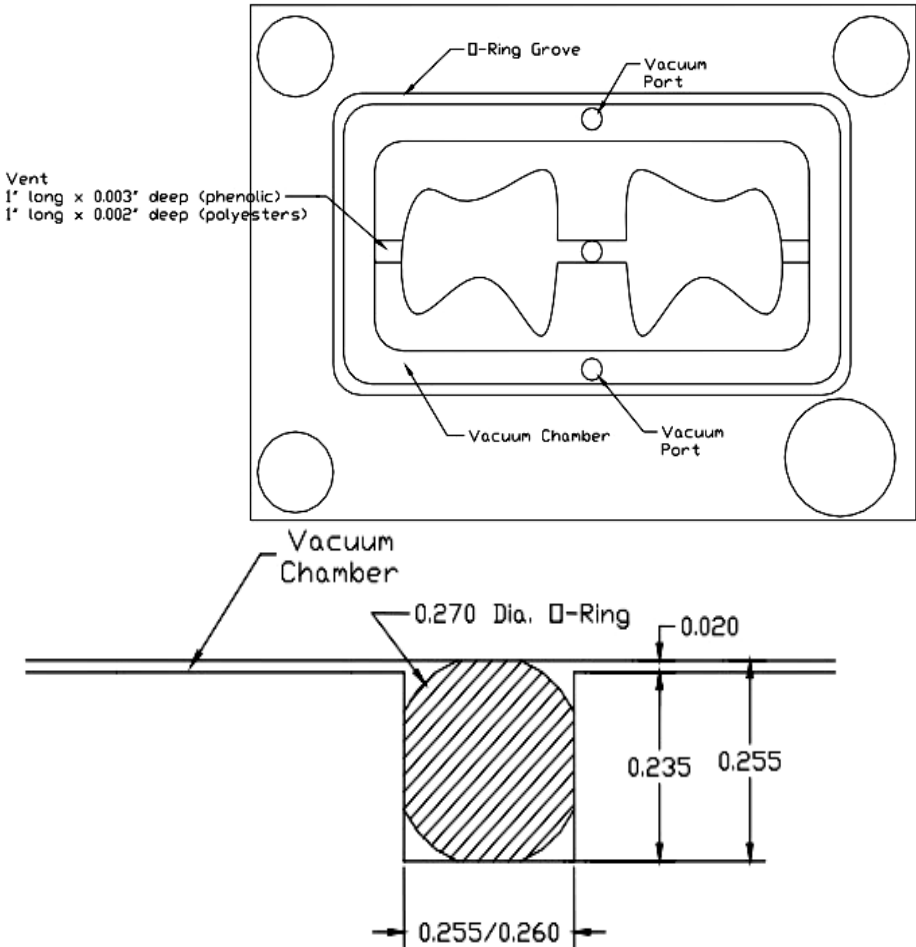
**b)Nhược điểm**

- Đòi hỏi độ chính xác cao mới có thể thoát khí tốt.

- Đòi hỏi hệ thống đẩy có độ bóng cao.

### 1.7.6 Thoát khí qua hệ thống hút chân không

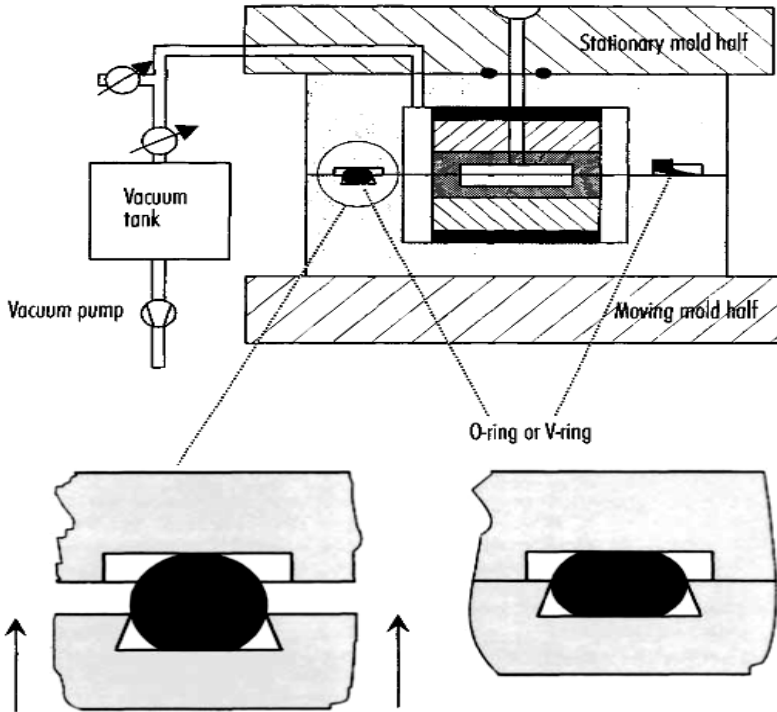
- Hiện nay, hệ thống hút chân không đang dần được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp khuôn mẫu vì những ưu điểm của nó. Đối với một số khuôn, việc sử dụng những phương pháp thoát khí truyền thống là không triệt để, do kết cấu lòng khuôn phức tạp, có nhiều điểm chết (dead pocket) khiến không khí 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.



*Hình 1.7.6.2. Hệ thống hút chân không trong khuôn*

### a) Nguyên lý 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.

### b) 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.

### c) Ưu điểm

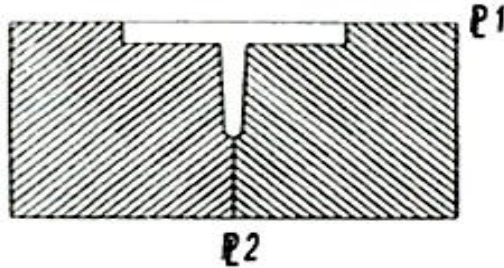
- Hiệu quả thoát khí rất cao.
- Khắc phục nhiều khuyết điểm của phương pháp thoát khí truyền thống, có thể thoát khí ở những điểm chết (dead pocket).

#### d) 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.

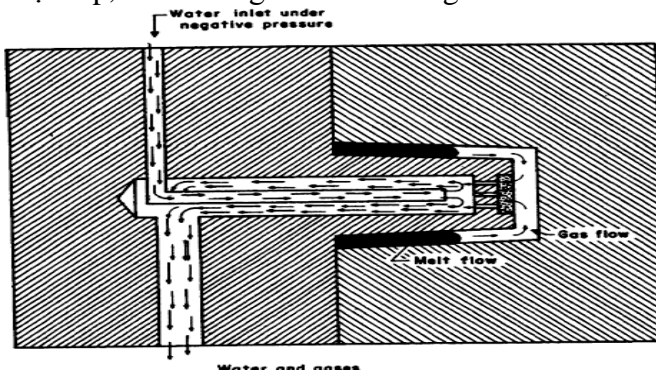
#### 1.7.7 Thoát khí qua hệ thống làm mát, slide, insert...

- 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*

- Một số khuôn có cơ cấu trượt tháo lõi mặt bên, cũng có thể tận dụng cơ cấu này để bố trí rãnh thoát khí.

#### a) 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.

## b) Nhược điểm

- Lòng khuôn bố trí phức tạp.

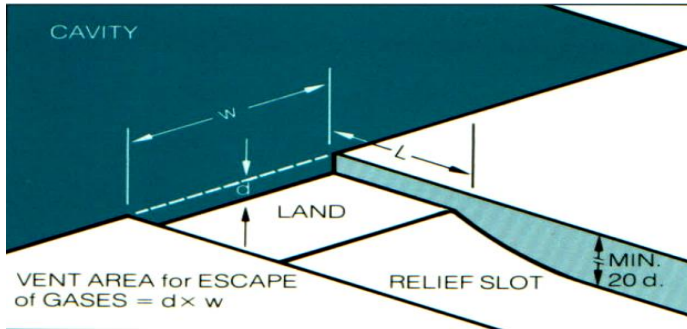
### 1.7.8 So sánh các phương pháp thoát khí

| Tiêu chí              | Thoát khí qua mặt phân khuôn   | Thoát khí qua hệ thống đẩy                        | Thoát khí dùng hệ thống hút chân không                                 | Thoát khí qua hệ thống làm mát, insert, slide                              |
|-----------------------|--|---|--|--|
| 1. Vị trí bố trí      | Chỉ có thể bố trí tại mặt phân khuôn của chi tiết.                               | Chỉ bố trí tích hợp trong hệ thống đẩy.           | Bố trí ở nhiều vị trí trong lòng kể cả những điểm chết (dead pockets). | Thường bố trí tại chi tiết có gân không thể thoát khí bằng mặt phân khuôn. |
| 2. Khả năng thoát khí | Thoát khí tốt tại vị trí mặt phân khuôn, không thoát khí được ở những điểm chết. | Chỉ thoát khí ở những vị trí có đặt hệ thống đẩy. | Hầu như thoát khí được toàn bộ vị trí trong lòng khuôn.                | Thoát khí đặc biệt tốt cho sp có gân, lòng khuôn kiểu insert.              |
| 3. Khả năng gia công  | Nằm trên mặt phân khuôn nên dễ gia công nhưng phải đảm bảo kích thước.           | Chỉ phải gia công trên hệ thống đẩy.              | Khó gia công các rãnh dẫn và lỗ thông nối máy bơm chân không.          | Không phải gia công nhiều do lợi dụng khe hở trong khuôn dạng insert.      |
| 4. Tính kinh tế       | Rẻ tiền.   | Rẻ tiền.  | Đắt do phải gia công và sử dụng máy bơm chân không.                    | Rẻ tiền.   |

*Bảng 1.7.8.1. So sánh các phương pháp thoát khí*

### 1.7.9 Ví dụ

- Tính toán thiết kế kênh thoát khí khi sản phẩm là nắp chai nhựa PP
- Chọn loại hình thoát khí theo kiểu thoát khí qua mặt phân khuôn. Đây là kiểu thoát khí khá rẻ tiền và dễ gia công.
- Các thông số cần để thiết kế kênh thoát khí:



**Hình 1.7.9.1.** Kích thước hệ thống thoát khí trên mặt phân khuôn

- + Độ sâu của rãnh dẫn:  $d$
- + Chiều rộng của rãnh dẫn:  $W$
- + Chiều dài rãnh dẫn:  $l$
- + Độ sâu của rãnh thoát  $D = 20d$
- + Số rãnh thoát khí cần thiết

- Do sản phẩm làm bằng nhựa PP nên  $0.0005 \leq d \leq 0.0012$  chọn  $d = 0.001$  (inch)

Vậy  $D = 20d = 0.02$  (inch)

- Các thông số  $W$  và  $l$  lấy theo khoảng kích thước thực tế:

$0.030" \leq l \leq 0.125"$  chọn  $l = 0.1$  (inch)

$1/8 \leq W \leq 1/2$  chọn  $W = 0.25$  (inch)

- Chu vi của 1 rãnh thoát khí:  $a = 2(W+d) = 2(0.25+0.001) = 0.5002$  inch

- Chu vi của sản phẩm: ví dụ nắp chai nhựa có  $D = 3 \text{ cm} = 1.18$  inch, chiều cao của nắp:  $h = 1.5 \text{ cm} = 0.59$  inch

- Vậy chu vi gần đúng của sản phẩm:  $A = ((2 \times 3.14 \times 0.59) + 0.59) \times 2 = 8.5904$  inch

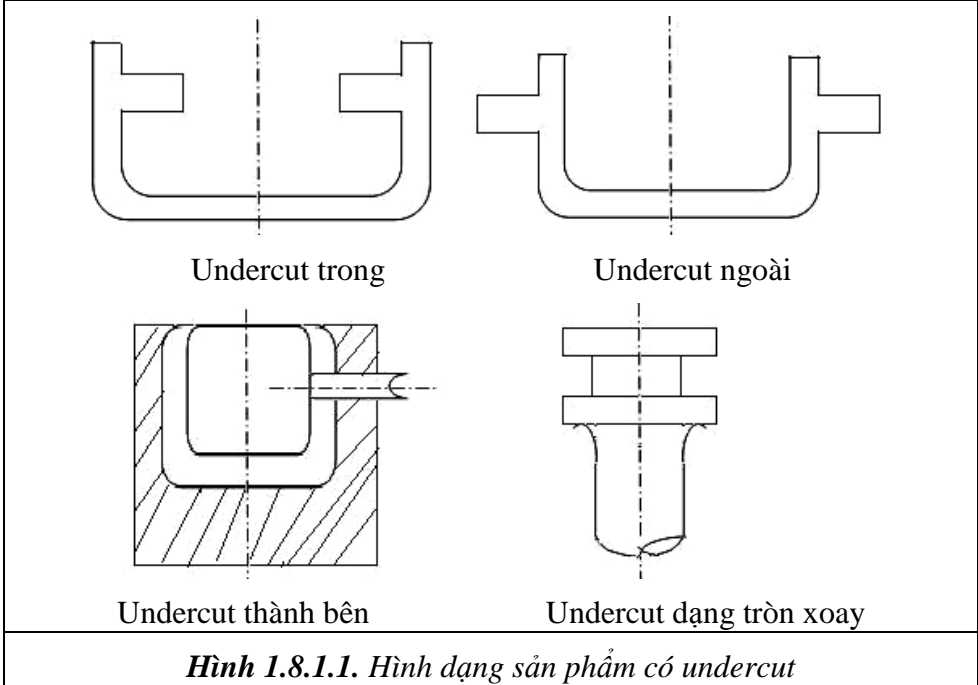
- Số lượng rãnh thoát khí  $X$ : có  $X \cdot a = 0.3A$  Vậy  $X = 0.3A/a = 0.3 \times 8.5904 / 0.5002 = 5.15 \rightarrow$  Chọn  $X = 6$

- Cách bố trí rãnh thoát khí: 6 rãnh thoát khí sẽ được bố trí trên mặt phân khuôn mỗi rãnh cách nhau  $60^\circ$ .

## 1.8 HỆ THỐNG THÁO UNDERCUT

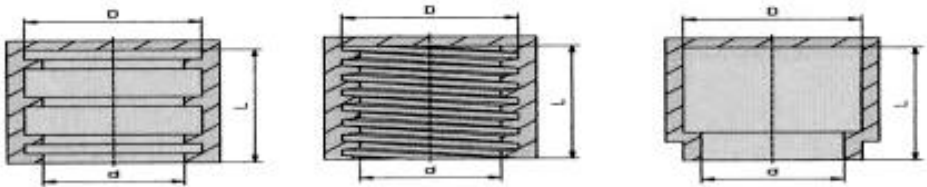
### 1.8.1 Giới thiệu

Undercut là đặc điểm hình dạng sản phẩm bị vướng, ngăn không cho lấy sản phẩm theo hướng mở khuôn. Phân loại có undercut mặt ngoài và mặt trong.

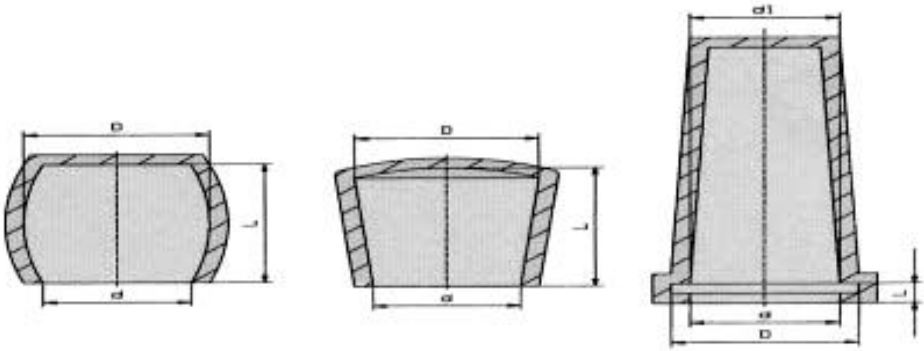


Một số undercut điển hình:

- Gò trên lõi
- Ren trong hoặc ren ngoài
- Dạng thùng tròn
- Côn ngược
- Rãnh trên bề mặt trong của vật thể

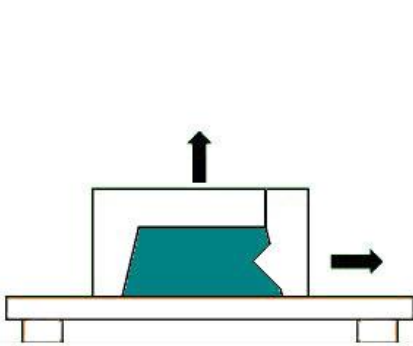




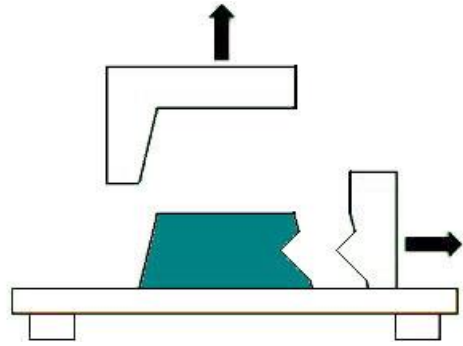


**Hình 1.8.1.2.** Một số undercut điển hình

Nguyên lý tháo undercut



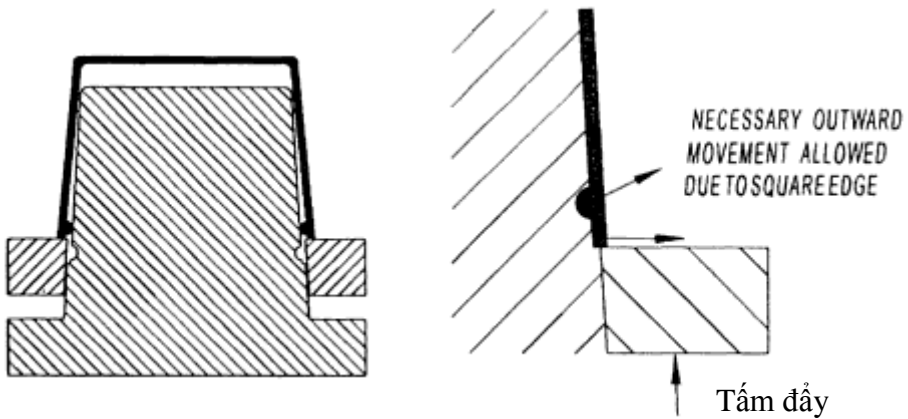
**Hình 1.8.1.3.** Khuôn ở trạng thái đóng



**Hình 1.8.1.4.** Khuôn ở trạng thái mở

Những bề mặt có undercut trên sản phẩm được tách thành những bề mặt lõi riêng biệt và rút theo hướng khác với hướng mở khuôn để giải phóng sản phẩm.

Hệ thống dùng để tháo undercut thường chiếm khoảng 15÷30% giá thành bộ khuôn cũng như tăng giá thành sản phẩm ép nhựa. Đối với những undercut nhỏ và vật liệu đủ dẻo thường dùng phương pháp đẩy cưỡng bức để lấy sản phẩm ra khỏi khuôn mà không cần dùng các hệ thống lõi mặt bên.

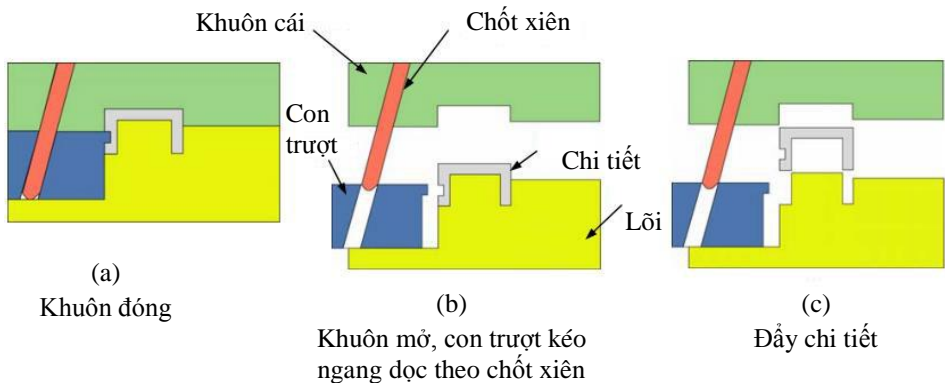


**Hình 1.8.1.5.** Đẩy cường bức bằng tấm tháo

## 1.8.2 Undercut mặt ngoài

### a) Tổng quát

Hệ thống trượt (slides) thường được sử dụng để tháo undercut phía ngoài. Chuyển động trượt được tác động bởi cơ cấu cơ khí.



**Hình 1.8.2.1.** Tháo undercut mặt ngoài sử dụng lõi trượt

Một hệ thống trượt cơ bản gồm các thành phần sau:

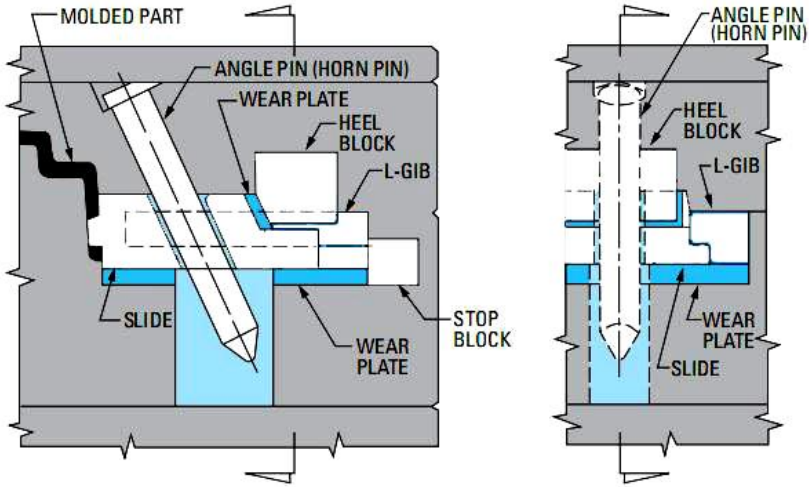
- Chốt xiên: chức năng dùng để tác động di chuyển khối trượt. Góc nghiêng của chốt xiên hợp với phương đứng thường khoảng  $5 \rightarrow 28^\circ$ . Độ lớn của góc nghiêng và chiều dài chốt quyết định hành trình trượt của lõi mặt bên.

- Lõi trượt: là một phần của khuôn tạo hình chi tiết, thường trượt trên tấm chống mòn và được giữ trong hệ thống ray dẫn hướng.

- Ray dẫn: giữ lõi trượt, đảm bảo cho lõi trượt chuyển động chính xác và nhẹ nhàng không có bất kỳ sự xô dịch nào.

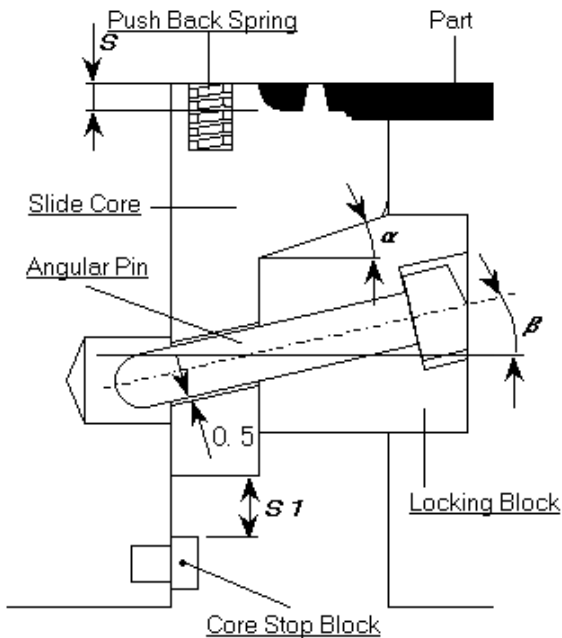
- Tấm chống mòn: tạo bề mặt cho lõi trượt di chuyển, chống mài mòn trong suốt vòng đời của bộ khuôn.

- Cơ cấu giữ: giữ lõi trượt tại thời điểm khuôn mở hoàn toàn.
- Khối nêm: khóa lõi trượt đứng yên trong quá trình phun ép. Nêm chịu toàn bộ lực ép, chốt xiên không chạm vào lõi trượt trong suốt quá trình này.



**Hình 1.8.2.2.** Các thành phần cơ bản của một hệ thống lõi trượt

Thông số cơ bản:



**Hình 1.8.2.3.** Các thông số cơ bản của lõi trượt

- S: độ sâu undercut
- S1: hành trình khoảng trượt

- $\alpha$ : góc nghiêng của khối khóa
- $\beta$ : góc nghiêng của chốt xiên

$$S1 = S + 5\text{mm}$$

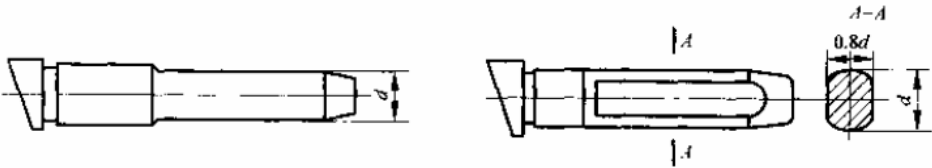
$$\alpha = \beta + (2 \div 5^\circ)$$

Khe hở giữa lỗ và chốt xiên thường: 0.5 mm

## b) Thiết kế

### 1 - Chốt xiên

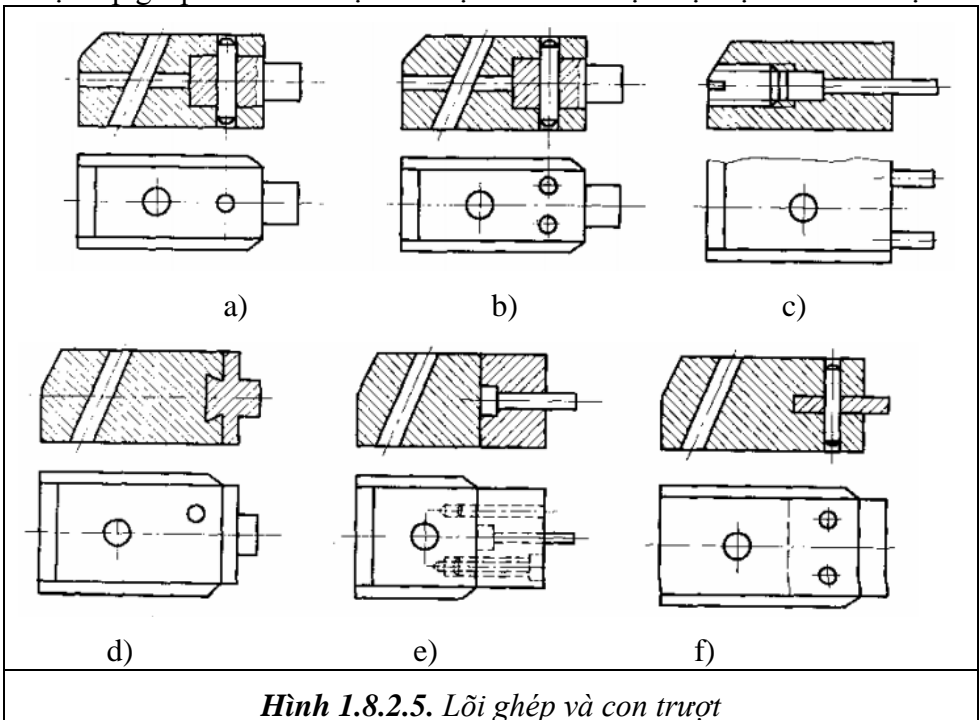
Hình dạng chốt xiên như hình bên dưới. Thường sử dụng thép C45, độ cứng sau khi tôi là 35HRC. Hay vật liệu T8, T10, độ cứng sau khi tôi trên 55HRC. Lắp ghép giữa chốt xiên và tấm giữ là lắp chặt H7/m6



Hình 1.8.2.4. Hình dạng của chốt xiên

### 2 - Con trượt

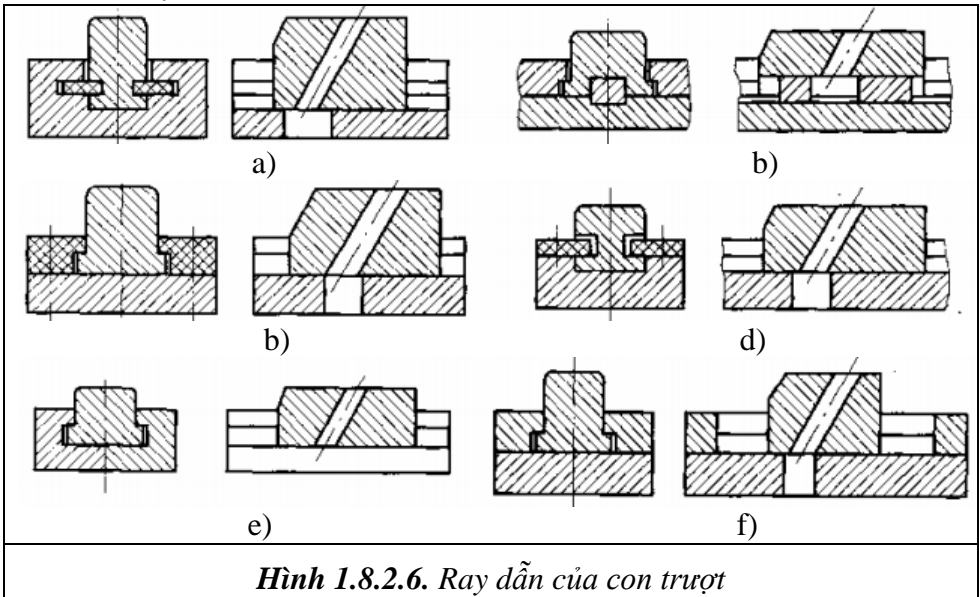
Con trượt có hai loại: loại liền một khối và loại kết hợp trong đó lõi được lắp ghép trên con trượt với mục đích tiết kiệm vật liệu và dễ chế tạo.



Hình 1.8.2.5. Lõi ghép và con trượt

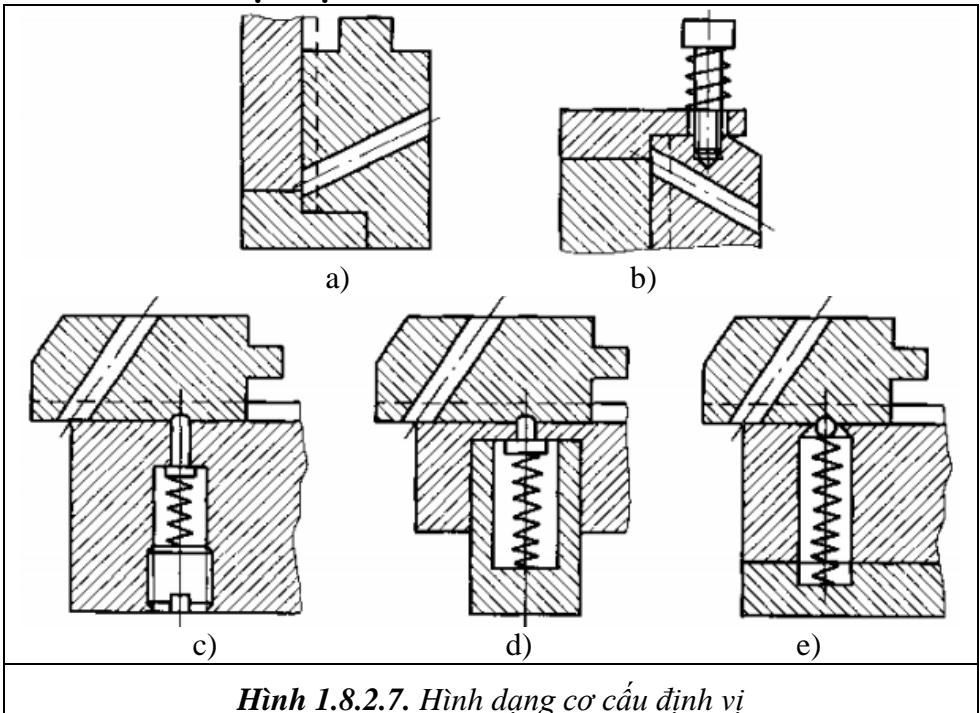
### 3 - Hình dạng ray dẫn

Có rất nhiều loại ray dẫn. Hình (c) và (e) là hai loại hay dùng nhất. Ray dẫn thường dùng mối lắp H8/g7. Chiều dài ray dẫn phải lớn hơn 1.5 lần con trượt.



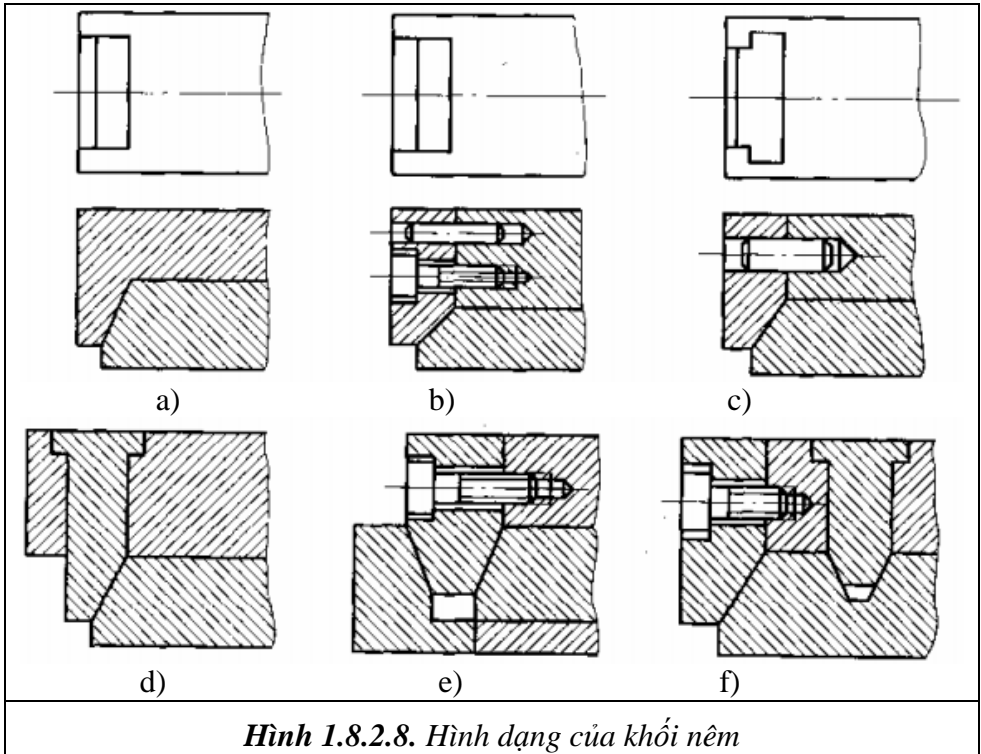
Hình 1.8.2.6. Ray dẫn của con trượt

### 4 - Cơ cấu định vị

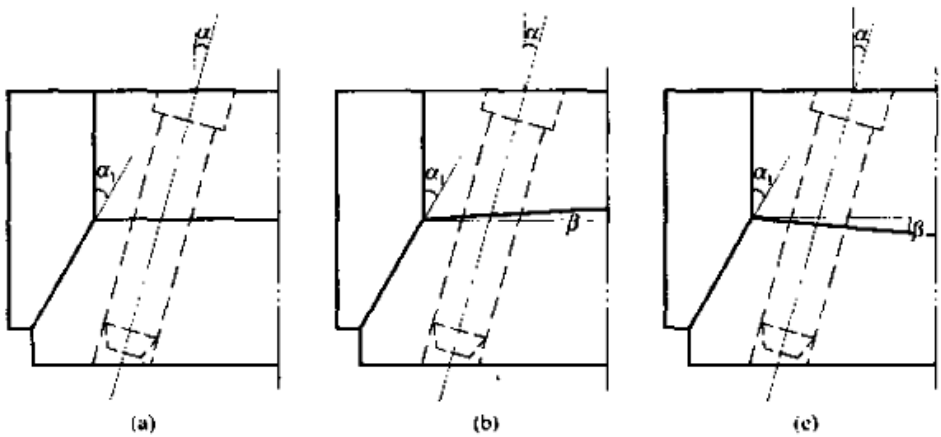


Hình 1.8.2.7. Hình dạng cơ cấu định vị

## 5 - Khối nêm



Hình 1.8.2.8. Hình dạng của khối nêm



Hình 1.8.2.9. Góc nghiêng của khối nêm

### c) Tính toán

#### 1 - Lực kéo

Trong quá trình phun ép và làm nguội, sản phẩm nhựa bao ở ngoài lõi và thể tích co lại. Để tháo phải thắng lực co rút và lực ma sát.

Công thức tính lực kéo:

$$F = pA \cos(\alpha - \tan \alpha) / (1 + f \sin \alpha_1 \cos \alpha_1)$$

Trong đó:

- p: ứng suất co rút của sản phẩm nhựa. Sản phẩm nhựa được làm nguội trong khuôn 19,6 MPa và được làm nguội ngoài khuôn 39.2 MPa
- A: diện tích mặt của lõi bao bởi sản phẩm nhựa (m<sup>2</sup>)
- $\alpha_1$ : góc thoát khuôn
- F: lực kéo (N). Lực uốn của chốt xiên:  $F_b = F / \cos \alpha$  (Trong đó:  $\alpha$  là góc nghiêng của chốt xiên)

## 2 - Khoảng cách trượt

Kéo lõi ra khỏi vị trí khuôn đến nơi không còn ảnh hưởng của lực đẩy. Khoảng cách di chuyển này gọi là khoảng cách trượt. Thông thường khoảng cách trượt được tính bằng chiều sâu của lỗ cộng thêm khoảng cách an toàn thường là 2÷3 mm.

$$\text{Công thức: } S = H \tan \alpha + (2 \div 3)$$

Trong đó:

- H: là hành trình mở khuôn được yêu cầu bởi chốt xiên để hoàn thành khoảng cách trượt (mm)
- A: góc nghiêng của chốt xiên
- S: khoảng cách trượt (mm)

## 3 - Góc nghiêng của chốt xiên $\alpha$

Độ lớn của góc nghiêng chốt xiên không chỉ liên quan đến lực uốn của chốt xiên và lực kéo thực hiện được, nhưng cũng được kết nối với chiều dài làm việc của chốt xiên, khoảng cách trượt và hành trình mở khuôn. Góc  $\alpha$  thường được chọn trong khoảng 12 ÷ 25°

## 4 - Đường kính của chốt xiên

Công thức tính đường kính chốt xiên có thể suy ra từ vật liệu cơ khí:

$$d = (F_b \times L / 0.1 [\sigma_b] \cos \alpha)^{1/3}$$

Trong đó:

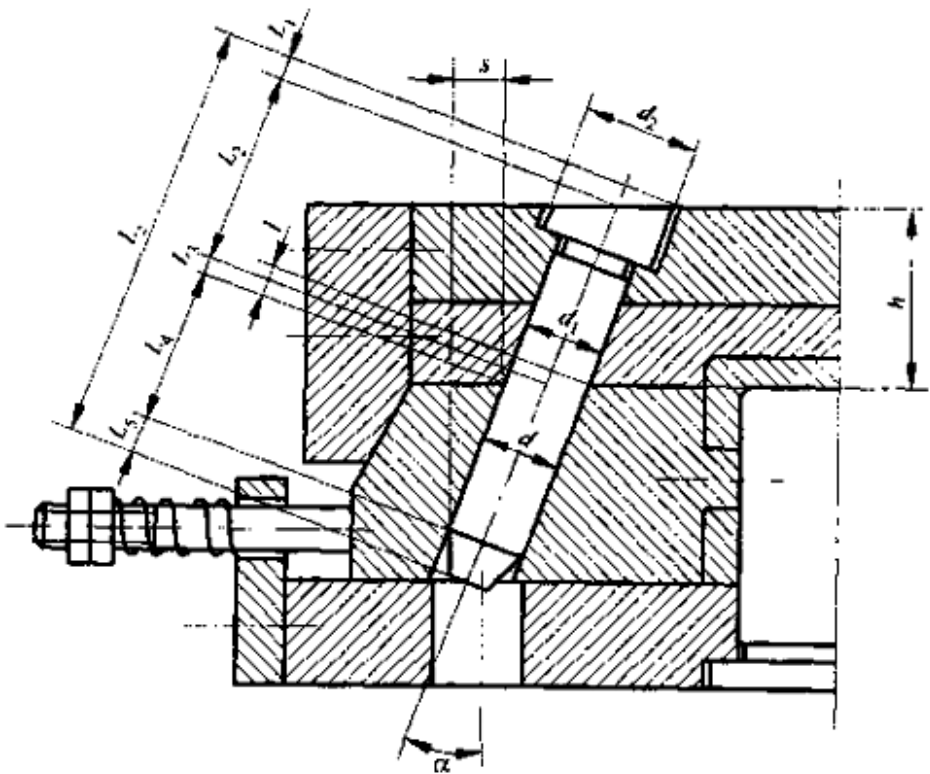
- $\alpha$ : góc nghiêng của chốt xiên
- $F_b$ : lực uốn của chốt xiên (N)
- $[\sigma_b]$ : ứng suất uốn cho phép, thường là 140 Mpa cho thép cacbon

### 5 - Tính toán chiều dài của chốt xiên

Chiều dài làm việc của chốt xiên L có liên quan đến hành trình rút lõi S, góc nghiêng  $\alpha$  của chốt xiên cũng như góc nghiêng tạo hình  $\beta$  bởi trượt và đường phân khuôn. B thông thường có giá trị là 0.

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$
$$= d_2 / 2 \tan \alpha + h / \cos \alpha + d / 2 \tan \alpha + s / \sin \alpha + (5 \div 10)$$

Phần lớn những tính toán liên quan đến thông số chốt xiên dựa trên tính toán quan hệ giữa góc nghiêng và hành trình rút lõi, chiều dài chốt xiên và hành trình mở khuôn. Những thông số khác như lực rút và đường kính của chốt xiên được xác định dựa trên cơ sở kinh nghiệm.

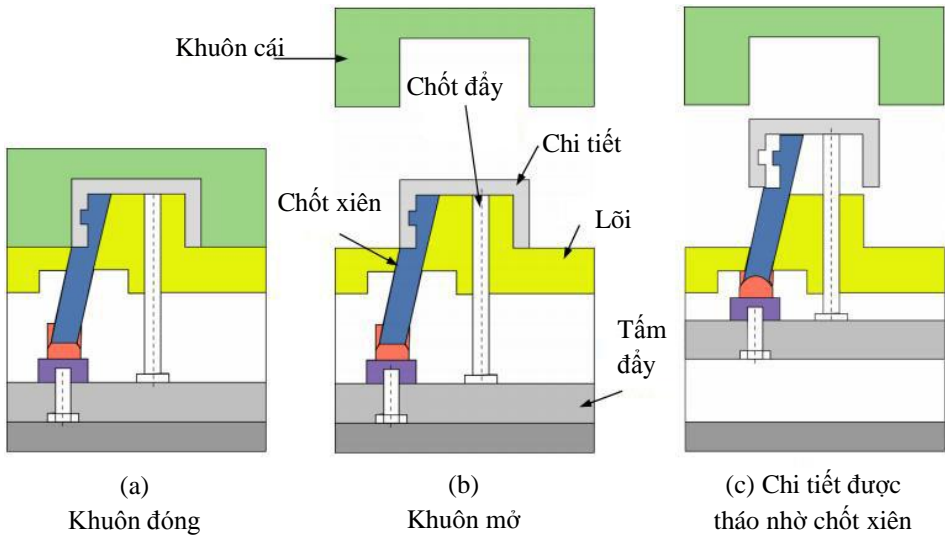


Hình 1.8.2.10. Chiều dài của chốt xiên

### 1.8.3 Undercut mặt trong

a) **Giới thiệu:** Chốt xiên (lifter) thường được dùng để tháo undercut phía trong. Khi tằm đẩy tiến về phía trước, lõi tháo lỏng di chuyển theo hướng đẩy chi tiết để tháo phần undercut.



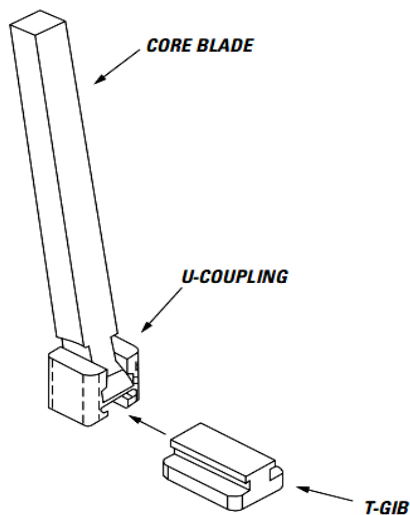


**Hình 1.8.3.1.** Tháo undercut mặt trong sử dụng chốt đẩy xiên

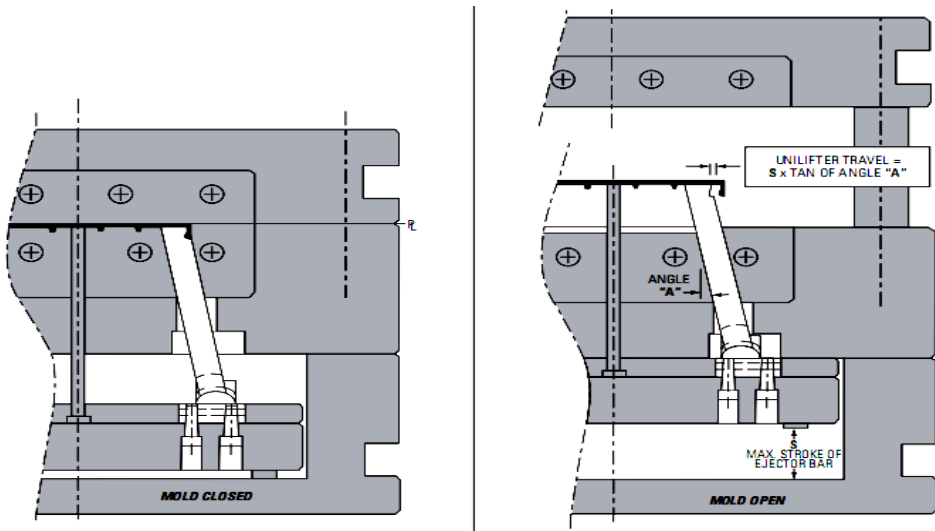
Một hệ thống chốt đẩy xiên cơ bản gồm các thành phần sau:

- Chốt xiên
- Khớp nối U
- Khớp nối T

Có nhiều kiểu chốt đẩy xiên khác nhau từ những nhà sản xuất. Chốt đẩy xiên đơn được dùng phổ biến. Góc của chốt đẩy xiên không nên vượt quá  $28^\circ$  vì sẽ làm góc đáy yếu, ngược lại nếu sử dụng góc nhỏ ( $1\div 5^\circ$ ) sẽ hạn chế hành trình tháo undercut.

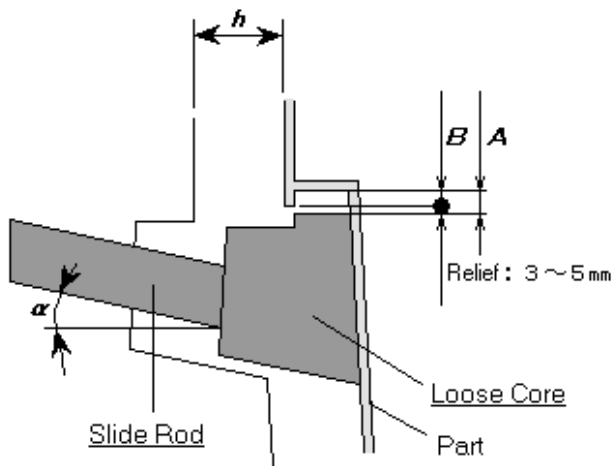


**Hình 1.8.3.2.** Các thành phần cơ bản của một hệ thống chốt đẩy xiên



**Hình 1.8.3.3.** Trạng thái làm việc của lifter khi đóng và mở khuôn

Thông số cơ bản:



**Hình 1.8.3.4.** Các thông số cơ bản của chốt xiên

- B: độ sâu undercut
- $\alpha$ : góc nghiêng của chốt xiên
- $A = B + (3 \div 5 \text{mm})$

Ví dụ: nếu hành trình  $H = 150 \text{ mm}$ ,  $B = 8.1 \text{ mm}$

Có:  $A = 8.1 + 5 = 13.1 \text{ mm}$

Góc nghiêng của  $\alpha = \tan^{-1}(A/h) = \tan^{-1}(13.1/150) = \tan^{-1}(0.0873) = 5^\circ$

## b) Thiết kế lõi trượt của chốt xiên

Những mặt lõm cạn của sản phẩm nhựa yêu cầu khoảng cách lõi rút nhỏ, khi diện tích của mặt lõm lớn, lõi rút lớn cần đến. Vì vậy, cơ cấu chốt xiên được thêm vào mặt bên sản phẩm và lõi rút. Lực đẩy của chốt đẩy điều khiển chuyển động trượt nghiêng của chốt xiên. Mặt nghiêng của sản phẩm và lõi rút được hoàn thành bởi chốt xiên dọc lực đẩy và tẩm tháo sản phẩm.

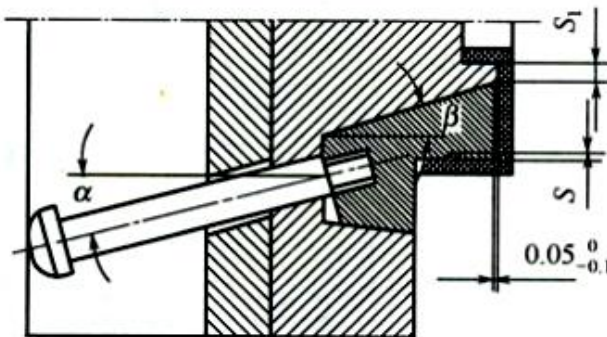
Những chú ý chính khi thiết kế:

1) Mặt bên trong của lõi rút, mặt trên của chốt xiên nên thấp hơn  $0.05 \div 0.1$  mm bề mặt tẩm lõi, trong quá trình ép, chốt xiên thực hiện rút lõi, di chuyển mặt trong. Để chặn bán kính va chạm từ phía dưới của sản phẩm nhựa trên lõi rút, mặt dưới phải cao hơn mặt trên của cơ cấu, trong lúc đó, mặt đối xứng di chuyển S của bán kính bo cơ cấu phải được cung cấp với S1 cái mà rộng hơn S. Vì vậy, chướng ngại như bờ có thể tránh va chạm trên lõi rút.  $S1 > S$ .

2) Góc nghiêng của chốt  $\beta$  nên lấy trong khoảng  $5 \div 25^\circ$ , còn góc dẫn hướng  $\alpha$  trên lõi rút của cơ cấu nên nhỏ hơn hoặc bằng  $\beta$ ,  $\alpha \leq \beta$ . Ngăn chặn sự va chạm giữa chốt xiên và phần vát của lõi nhô ra.

3) Cơ cấu với chức năng hồi, chiều dài của gờ tròn tốt nhất là nên rộng hơn có thể, 4 góc của con trượt nên làm góc tròn để thuận lợi cho quá trình chạy. Thiết kế đảm bảo vững vàng và chắc chắn của cơ cấu hồi và mở rộng khoảng cách của quá trình.

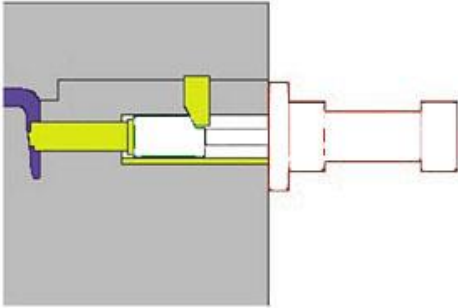
4) Khi ma sát trượt xuất hiện giữa chốt xiên và tẩm giữ của tẩm đẩy, cần phải tôi cứng bề mặt để nâng cao tính chống mài mòn.



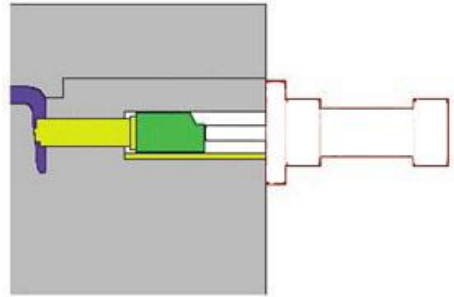
Hình 1.8.3.5. Các thông số của chốt xiên

### 1.8.4 Xilanh thủy lực tháo undercut

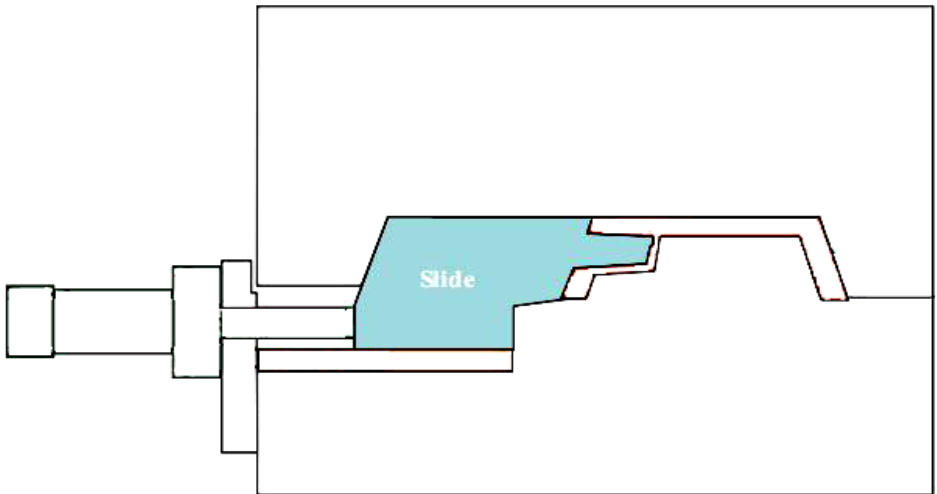
Phương pháp dùng xilanh thủy lực chuyển động độc lập với quá trình đóng mở khuôn. Undercut phải được tháo trước quá trình mở khuôn.



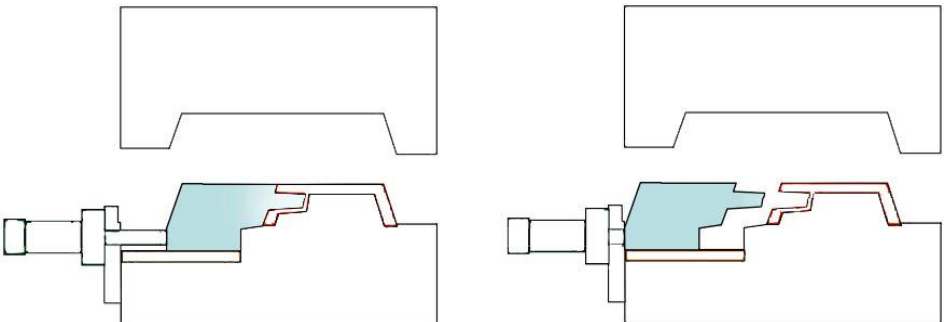
**Hình 1.8.4.1.** Lõi mặt bên được giữ bởi đệm



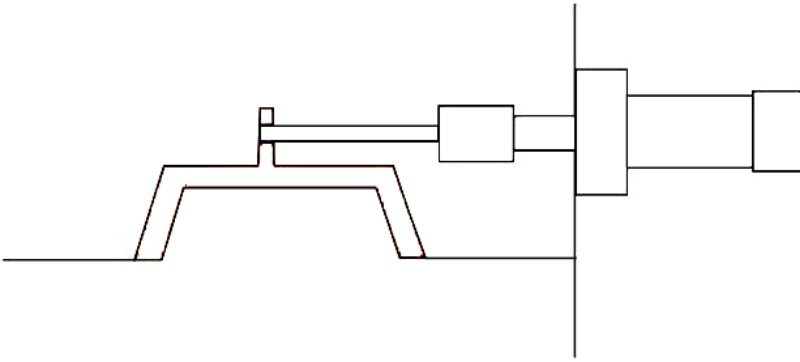
**Hình 1.8.4.2.** Lõi mặt bên giữ bởi xilanh



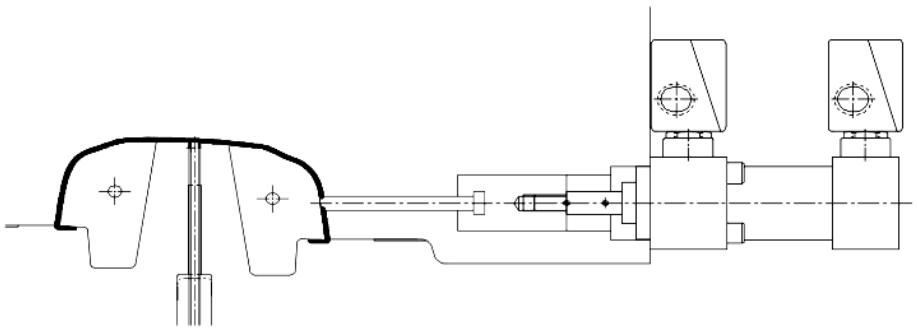
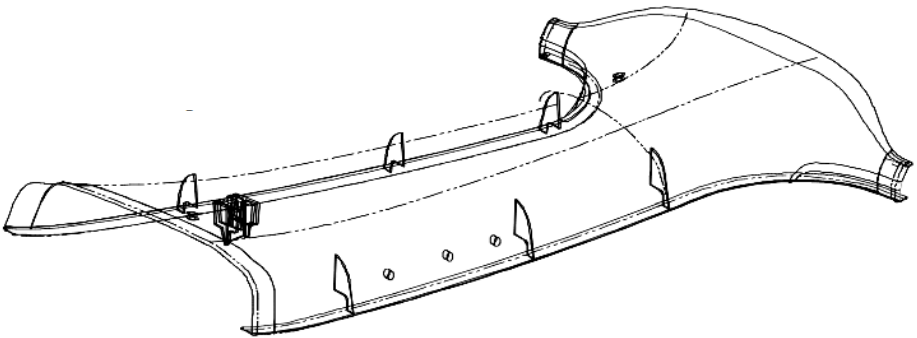
**Hình 1.8.4.3.** Tháo lõi mặt bên bằng xilanh thủy lực



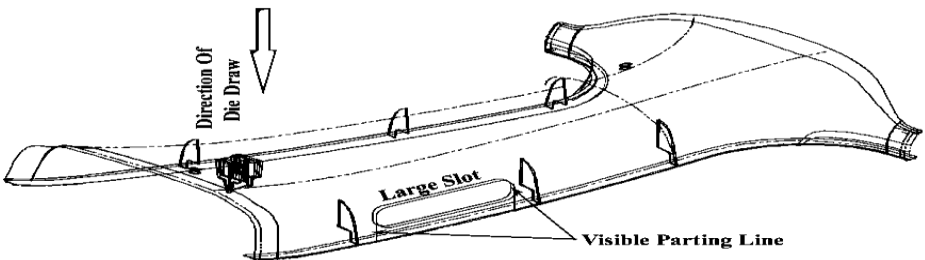
**Hình 1.8.4.4.** Khuôn mở và xilanh rút lõi mặt bên

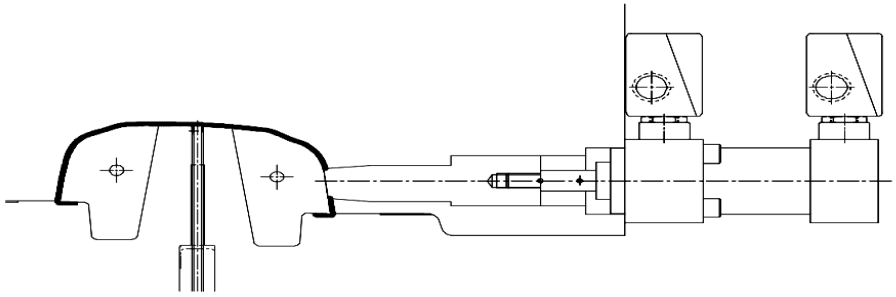


*Hình 1.8.4.5. Lỗ mặt bên trên khuôn cái*



*Hình 1.8.4.6. Ví dụ chi tiết có 3 lỗ ngang (undercut) cần phải dùng xilanh thủy lực*

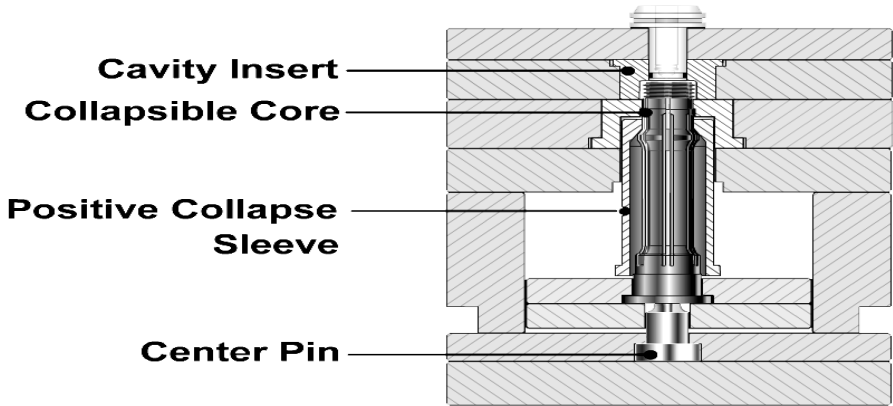




*Hình 1.8.4.7. Ví dụ chi tiết có rãnh rộng ngang (undercut)*

### 1.8.5 Ren trong (hoặc undercut trong dạng tròn xoay)

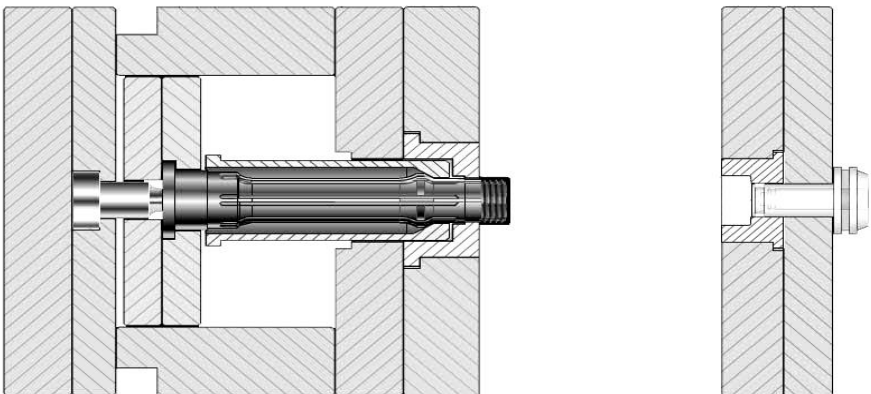
#### a) Dùng lõi gập



*Hình 1.8.5.1. Cấu tạo lõi gập chuẩn DME*

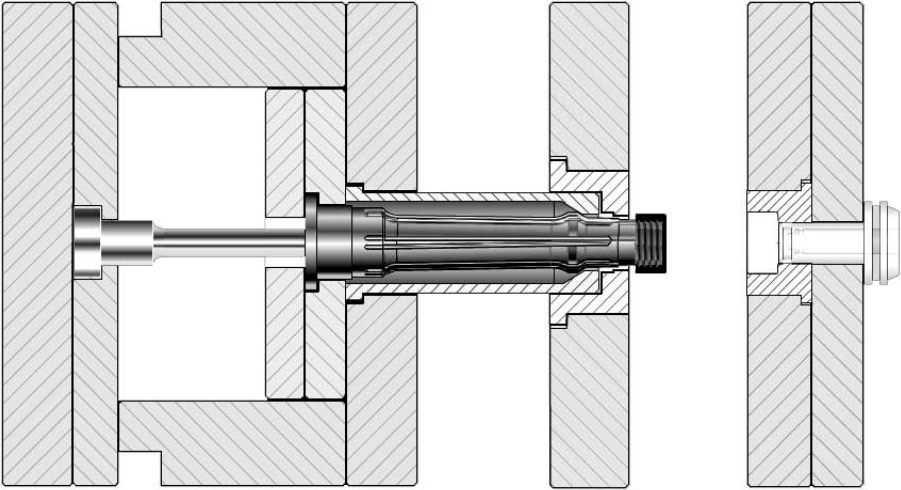
Hoạt động:

- Giai đoạn 1: khi khuôn mở, lõi gập chưa hoạt động. Sản phẩm vẫn dính trên lõi.



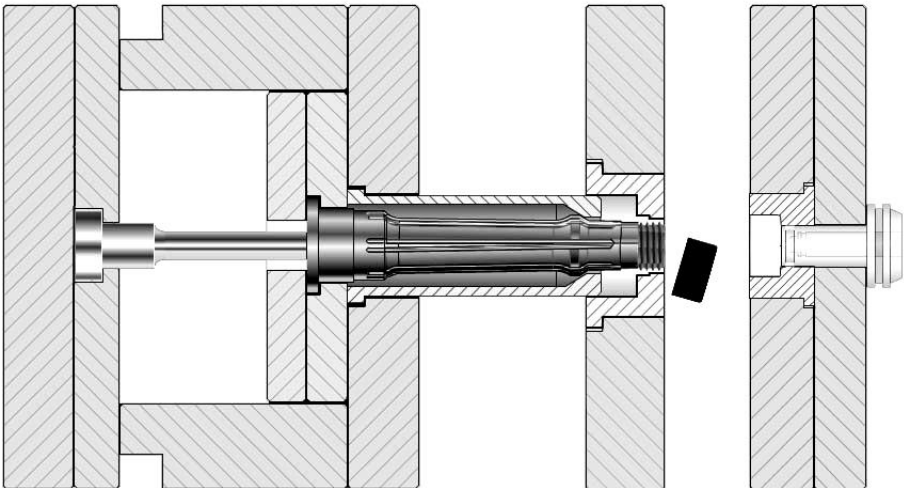
*Hình 1.8.5.2. Vị trí khuôn mở*

- Giai đoạn 2: Tấm đẩy hoạt động, lõi gập co lại do hệ thống đẩy tiến về phía trước. Sản phẩm được nới lỏng.

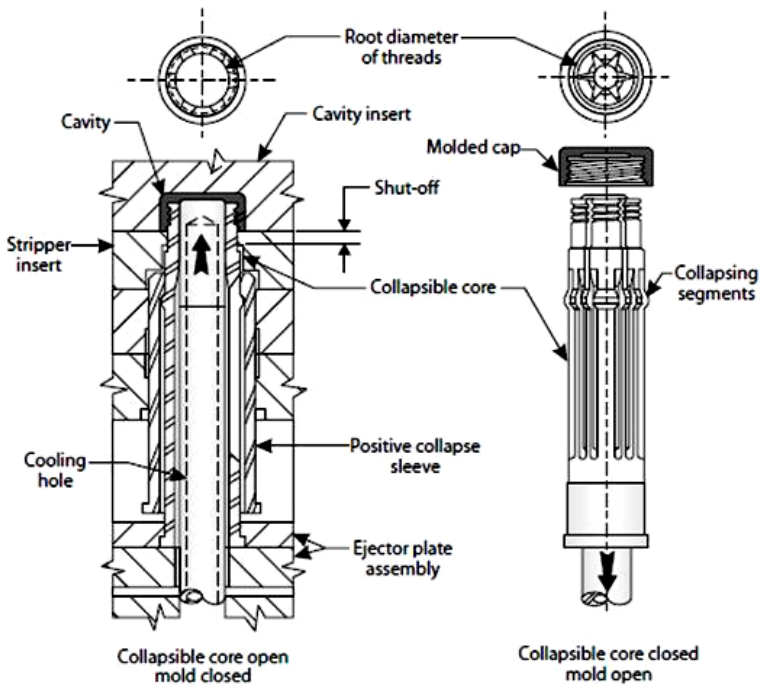


**Hình 1.8.5.3.** Đẩy giai đoạn 1

- Giai đoạn 3: Tấm tháo hoạt động, tiến về phía trước. Sản phẩm rơi ra ngoài.

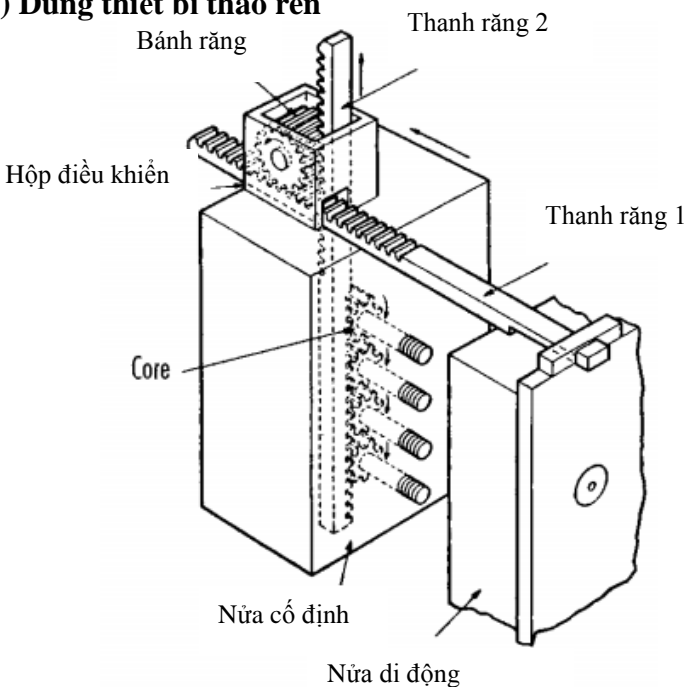


**Hình 1.8.5.4.** Đẩy giai đoạn 2



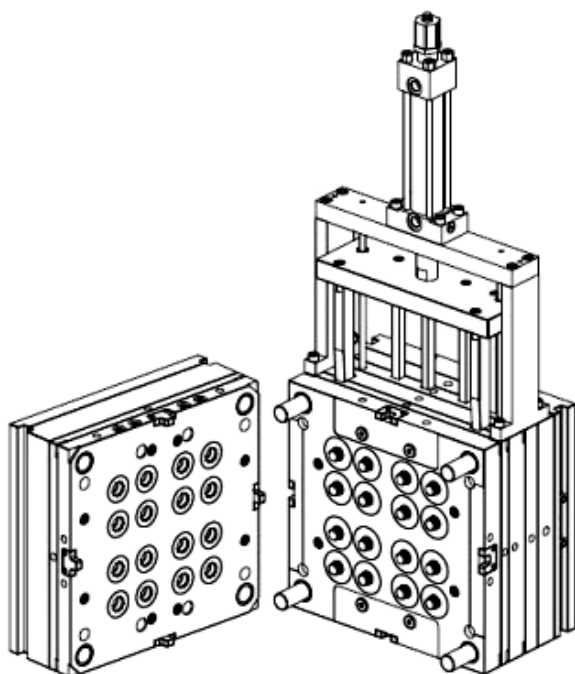
*Hình 1.8.5.5. Sử dụng lõi gập để tháo ren trong*

**b) Dùng thiết bị tháo ren**



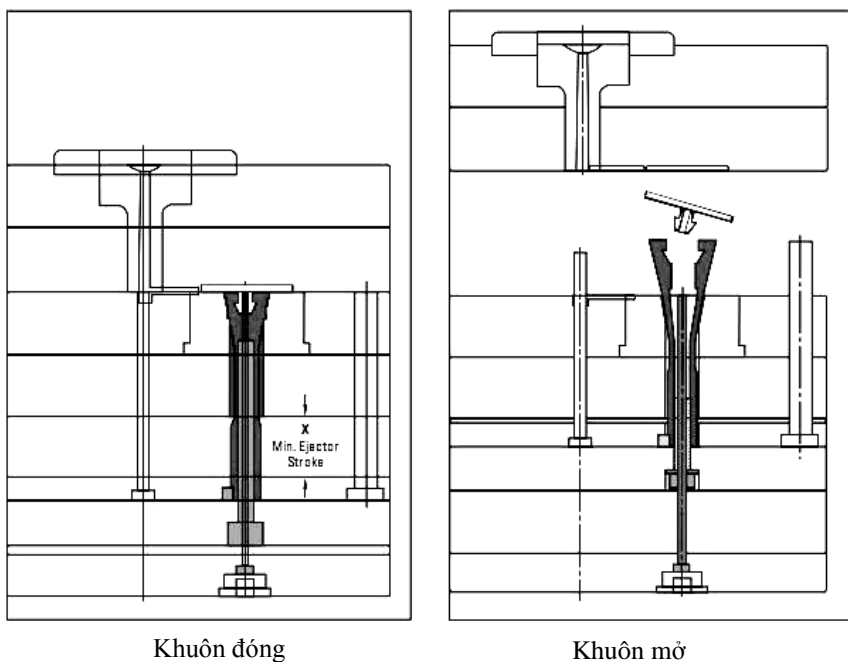
*Hình 1.8.5.6. Sử dụng cơ cấu thanh răng bánh răng để tháo ren trong*





*Hình 1.8.5.7. Dùng xilanh tác động tháo undercut*

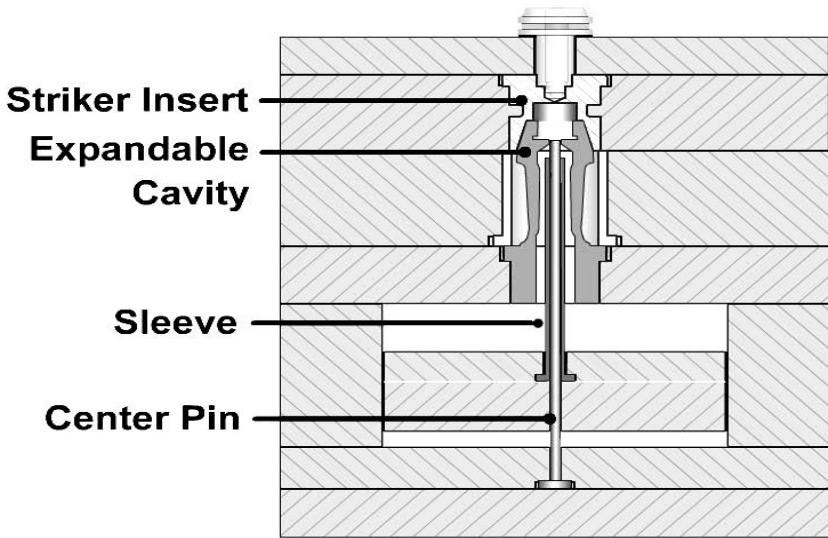
**1.8.6 Ren ngoài (hoặc undercut ngoài dạng tròn xoay)**



Khuôn đóng

Khuôn mở

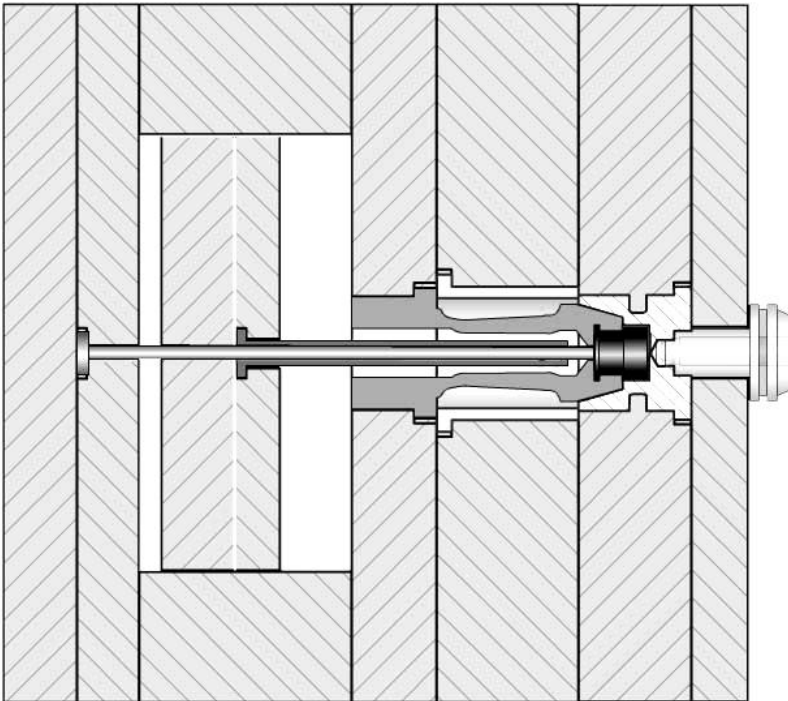
*Hình 1.8.6.1. Tháo undercut ngoài bằng chốt bung*



*Hình 1.8.6.2. Cấu tạo ống bung*

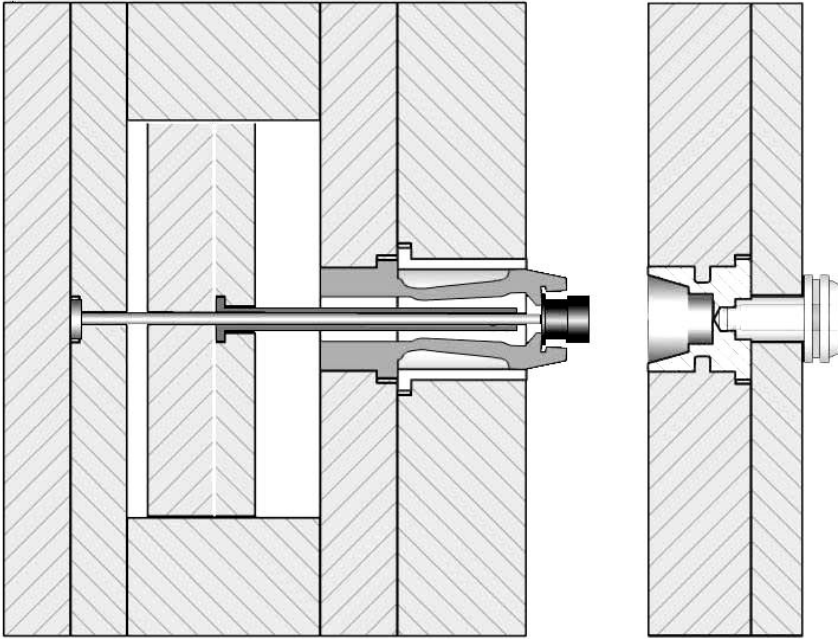
Hoạt động:

- Giai đoạn 1: khuôn ở trạng thái đóng. Sản phẩm nằm trong khuôn.



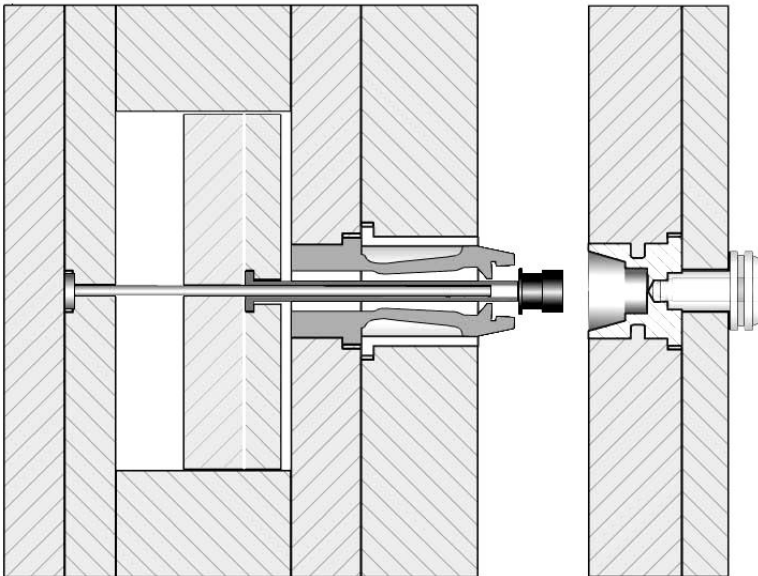
*Hình 1.8.6.3. Vị trí khuôn đóng*

- Giai đoạn 2: khi khuôn mở, ống bung sẽ bung ra. Sản phẩm được nới lỏng.



*Hình 1.8.6.4 – Vị trí khuôn mở*

- Giai đoạn 3: hệ thống đẩy hoạt động, ống đẩy tiến về phía trước. Sản phẩm được đẩy rơi ra ngoài.



*Hình 1.8.6.5. Đẩy tháo sản phẩm*

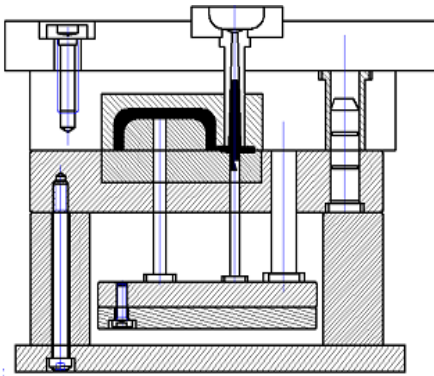
## 1.9 MỘT SỐ LOẠI KHUÔN

### 1.9.1 Khuôn hai tấm

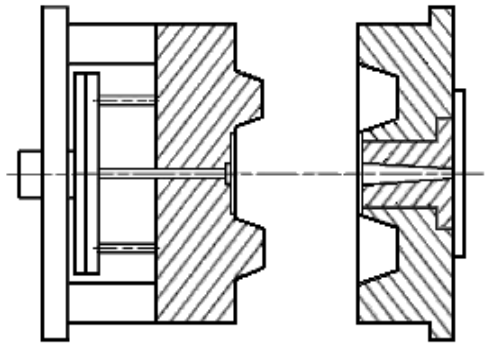
Khuôn 2 tấm là khuôn ép phun dùng hệ thống kênh dẫn nguội, kênh dẫn nằm ngang mặt phân khuôn, công vào nhựa bên hông sản phẩm và khi mở khuôn thì chỉ có một khoảng mở để lấy sản phẩm và kênh dẫn nhựa.

Đối với khuôn 2 tấm thì có thể thiết kế công vào nhựa sao cho sản phẩm và kênh dẫn nhựa tự động tách rời hoặc không tách rời khi sản phẩm và kênh dẫn nhựa (xương keo) được lấy ra khỏi khuôn.

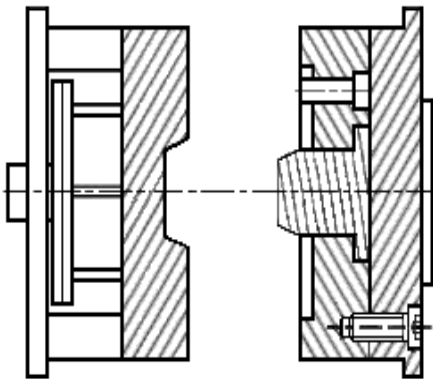
Phương pháp dùng khuôn hai tấm rất thông dụng trong hệ thống khuôn ép phun. Khuôn gồm có hai phần: khuôn trước (khuôn âm) và khuôn sau (khuôn dương). Kết cấu khuôn đơn giản, dễ chế tạo nhưng khuôn hai tấm thường chỉ sử dụng để tạo ra những sản phẩm dễ bố trí công vào nhựa.



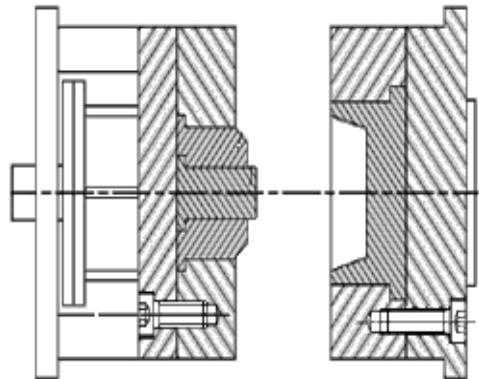
Khuôn hai tấm có một lòng khuôn



Khuôn hai tấm có nhiều lòng khuôn



Khuôn hai tấm có lõi lắp ghép



Khuôn hai tấm có lõi ghép bên trong lõi ghép

**Hình 1.9.1.1.** Kết cấu khuôn 2 tấm

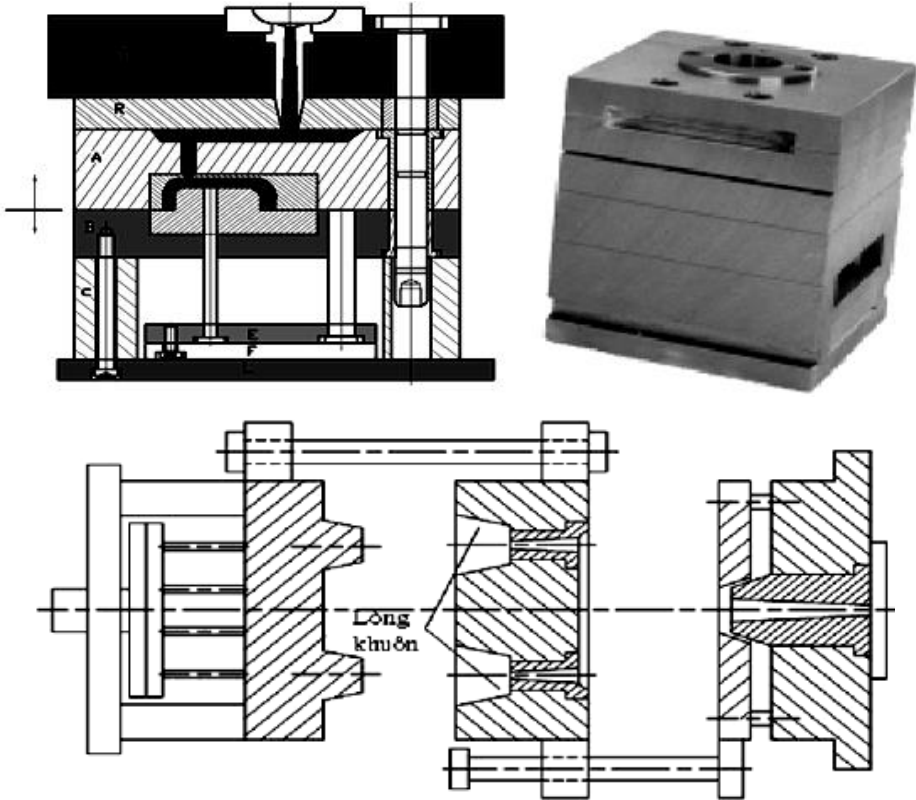
## 1.9.2 Khuôn ba tấm

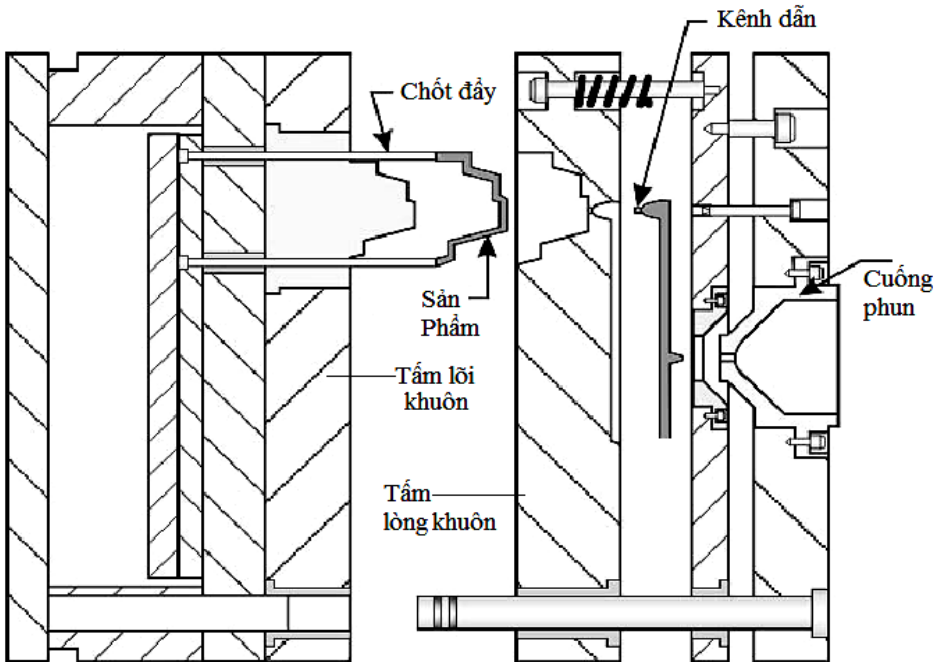
Khuôn 3 tấm là khuôn ép phun dùng hệ thống kênh dẫn nguội, kênh dẫn được bố trí trên 2 mặt phẳng và khi mở khuôn thì có một khoảng mở để lấy sản phẩm ra và khoảng mở kia để lấy kênh nhựa. Do đó, nếu lấy sản phẩm và kênh dẫn ra khỏi khuôn dùng hệ thống đẩy thì phải bố trí 2 hệ thống nên kết cấu khuôn sẽ phức tạp và lớn hơn khuôn 2 tấm.

Đối với khuôn 3 tấm thì sản phẩm và kênh dẫn nhựa luôn tự động tách rời khi sản phẩm và kênh dẫn nhựa được lấy ra khỏi khuôn.

Đối với sản phẩm loại lớn cần nhiều miệng phun hoặc khuôn nhiều lòng khuôn cần nhiều miệng phun thì có thể dùng khuôn ba tấm.

Nhược điểm của hệ thống khuôn 3 tấm là khoảng cách giữa vòi phun của máy và lòng khuôn dài nên có thể làm giảm áp lực phun khi nhựa vào lòng khuôn. Có thể khắc phục điều này bằng cách dùng hệ thống kênh dẫn nhựa nóng.



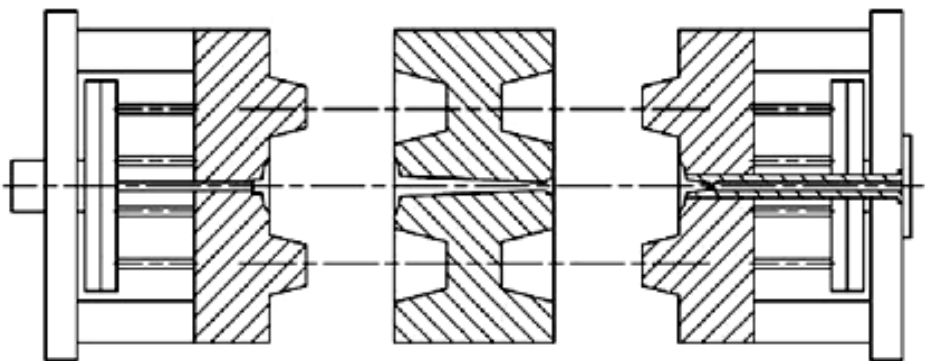


*Hình 1.9.2.1. Kết cấu khuôn 3 tấm*

### 1.9.3 Khuôn nhiều tầng

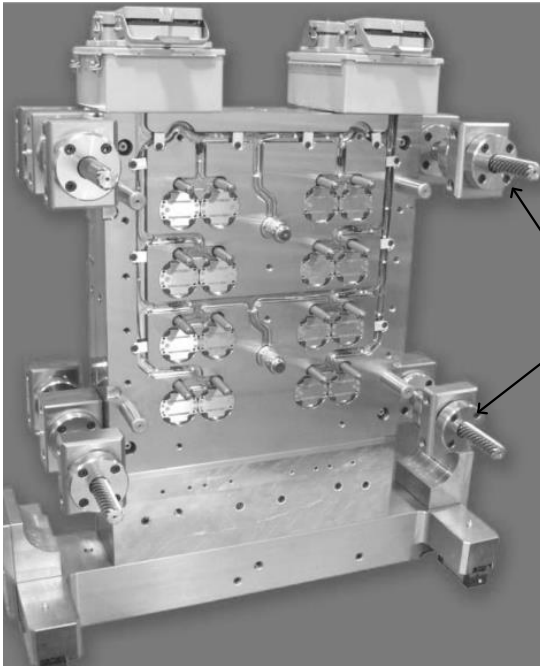
Khuôn nhiều tầng là khuôn ép phun do hai hay nhiều bộ khuôn ghép lại với nhau, để tăng năng xuất (tăng số lượng sản phẩm trong một chu kỳ).

Khuôn nhiều tầng là khuôn ép phun có thể dùng hệ thống kênh dẫn nguội hoặc kênh dẫn nóng. Hiện nay, khuôn nhiều tầng dùng kênh dẫn nóng được sử dụng rộng rãi hơn do chiều dài kênh dẫn trên khuôn nhiều tầng quá dài, khó điều khiển nhiệt độ và áp suất nếu dùng kênh dẫn nguội.



*Hình 1.9.3.1. Khuôn nhiều tầng*

Khi yêu cầu số lượng sản phẩm lớn thì dùng khuôn nhiều tầng. Hệ thống khuôn này có một hệ thống đẩy ở mỗi mặt của khuôn.



Hệ thống rãnh xoắn để mở 2 tầng cùng lúc

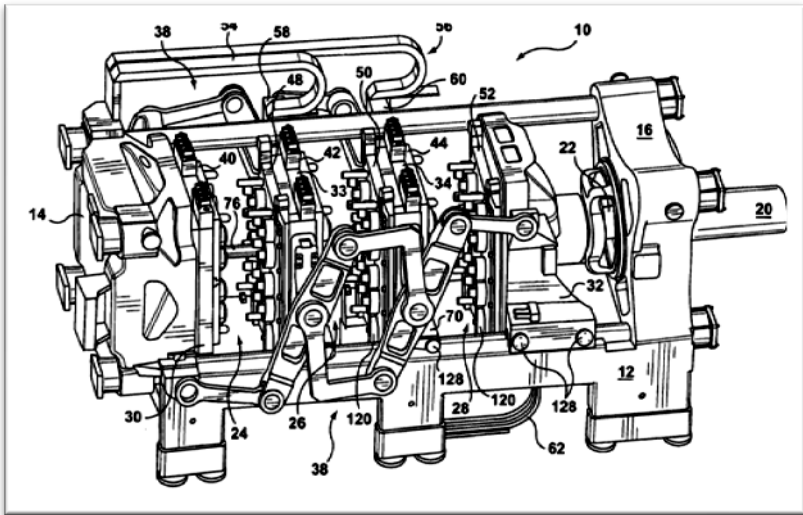
**Hình 1.9.3.2.** Khuôn nhiều tầng dùng kênh dẫn nóng

Khuôn 2 tầng này sử dụng hệ thống Hot runner để dẫn nhựa, nhựa được bơm vào tấm khuôn trung tâm, rồi từ đó, nhựa chảy theo các đường dẫn đi đến các lòng khuôn.

Trong khuôn nhiều tầng, vấn đề cách nhiệt giữa các tấm khuôn rất quan trọng. Tấm dẫn nhựa nóng và tấm khuôn âm (hoặc dương) không được tiếp xúc trực tiếp với nhau để đảm bảo là tấm dẫn keo nóng không bị nguội nhựa và tấm sản phẩm thì không nóng lên, vì trong khuôn nhiều tầng sử dụng hệ thống Hot Runner nên các tấm sản phẩm phải có nhiệt độ thấp để cho quá trình làm nguội nhựa khi vào lòng khuôn được nhanh, từ đó tăng chu kỳ sản xuất và tăng năng xuất.

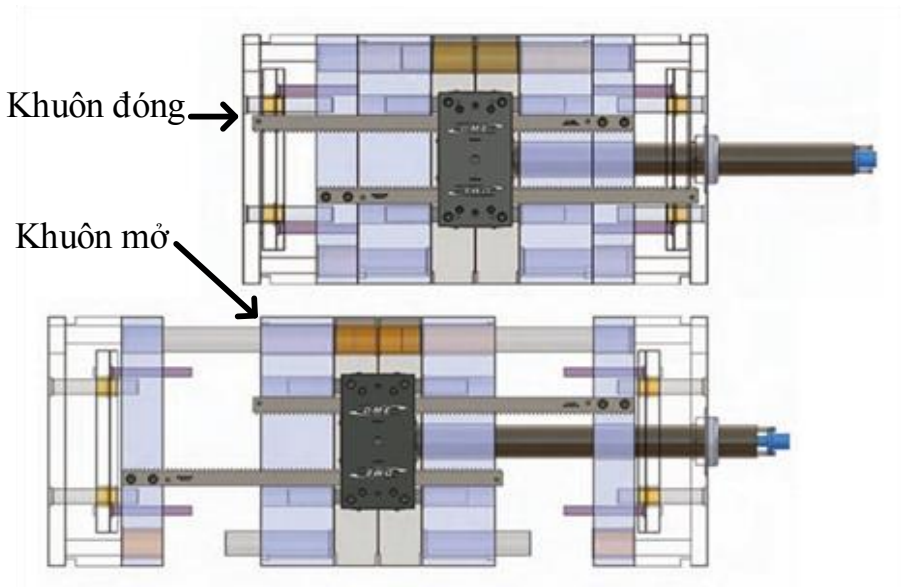
Để các tầng đóng và mở đồng thời, sử dụng các cơ cấu sau:

❖ Cơ cấu đòn bẩy:



*Hình 1.9.3.3. Khuôn nhiều tầng dùng cơ cấu đòn bẩy*

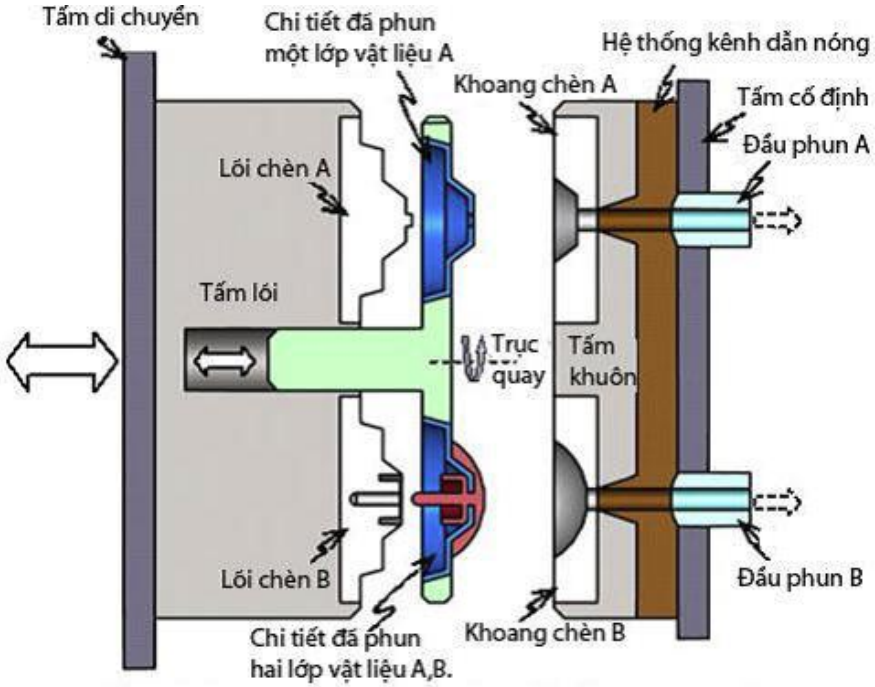
❖ Cơ cấu thanh răng - bánh răng:



*Hình 1.9.3.4. Khuôn nhiều tầng dùng cơ cấu thanh răng - bánh răng*



### 1.9.4 Khuôn cho sản phẩm nhiều màu



**Hình 1.9.4.1.** *Kết cấu cơ bản khuôn nhiều màu*

Kết cấu cơ bản của khuôn nhiều màu yêu cầu các cụm chi tiết như khuôn cơ bản. Đặc trưng rõ ràng nhất của khuôn nhiều màu là có nhiều cổng phun. Sản phẩm tạo ra có nhiều màu sắc khác nhau.

Khác với khuôn 2 tấm hay khuôn 3 tấm, khuôn nhiều màu ngoài chuyển động mở khuôn cơ bản, khuôn nhiều màu thường còn có chuyển động quay, hay tịnh tiến theo phương vuông góc với phương mở khuôn.

Khuôn nhiều màu được ứng dụng sản xuất các sản phẩm nhiều màu. Hoặc mang tính bản quyền. Hoặc thay thế các sản phẩm cần ghép với nhau từ nhiều loại vật liệu.

## Chương 2

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ THIẾT KẾ KHUÔN ÉP NHỰA

*Mục tiêu chương 2: Giới thiệu về cơ sở lý thuyết khuôn ép phun*

*Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:*

- 1) Ứng dụng được các nguyên tắc cơ bản của dòng chảy nhựa.
- 2) Vận dụng được quy trình thiết kế sản phẩm
- 3) Vận dụng được quy trình thiết kế các hệ thống trong khuôn

### 2.1 CÁC NGUYÊN TẮC CƠ BẢN ĐỂ THIẾT KẾ SẢN PHẨM NHỰA

- Làm cho dòng đồng hướng
- Làm cân bằng dòng
- Phân bố đều áp suất trong khuôn
- Ứng xuất trượt cục đại
- Kiểm soát vị trí đường hàn, đường nối
- Tránh nghẽn dòng

#### 2.1.1 Dòng đồng hướng

Hướng của dòng chảy có ảnh hưởng đến sự co rút sản phẩm theo các hướng, dẫn đến sự co rút sản phẩm theo các hướng khác nhau. Khi thiết kế sản phẩm nên bố trí cho dòng nhựa chảy theo cùng một hướng và cùng trên một đường thẳng.

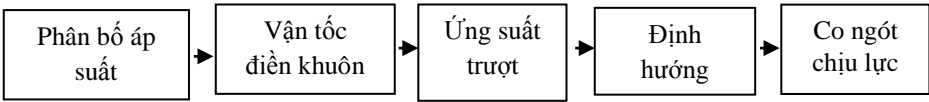
#### 2.1.2 Cân bằng dòng

Dòng chảy được gọi là cân bằng khi các điểm cuối cùng của khuôn được điền đầy trong cùng một thời gian. Cân bằng dòng làm cho định hướng đồng đều, co rút đồng đều, ít bị ứng xuất nội và cong vênh sản phẩm. Điều đó cũng làm giảm chi phí do sử dụng ít nguyên liệu.

Vì vậy, khi thiết kế sản phẩm phải chú ý sao cho tất cả các dòng chảy (flowpath) cân bằng, có nghĩa là điền đầy với cùng áp suất và thời gian.

#### 2.1.3 Phân bố áp suất

Phân bố áp suất có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm do:



**Sơ đồ 2.1.3.1. Phân bố áp suất có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm**

Như vậy, muốn sản phẩm tốt phải tạo cho phân bố áp suất đều từ đầu dòng đến cuối dòng chảy.

**2.1.4 Ứng suất trượt cực đại**

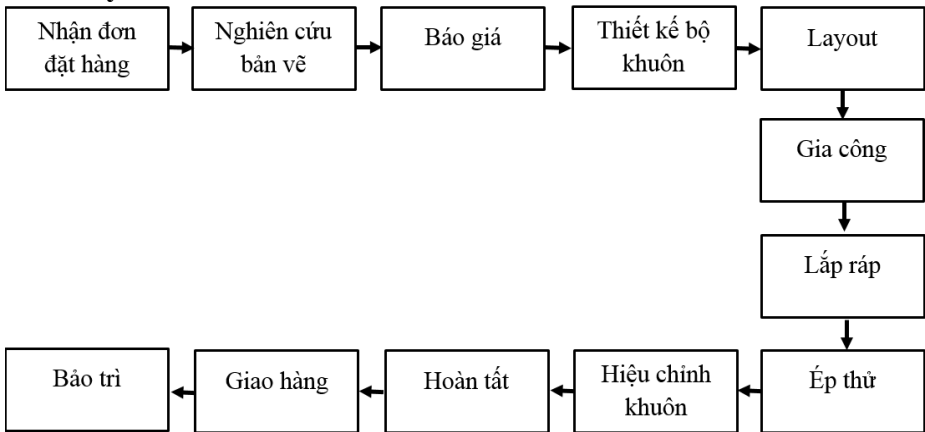
Khi ép phun, ứng suất trượt không vượt quá một giá trị cho phép, giá trị này phụ thuộc vào vật liệu ép phun.

**2.1.5 Vị trí đường hàn và đường nối**

Đường hàn hay đường nối hình thành do sự gặp nhau của các dòng nhựa khác nhau khi chảy trong khuôn, có cả vùng dày lẫn vùng mỏng, nhựa sẽ điền đầy vùng dày trước điều này dẫn đến nghẽn dòng tại vùng mỏng.

**2.2 QUY TRÌNH THIẾT KẾ**

**2.2.1 Quy trình sản xuất khuôn**



**Sơ đồ 2.2.1.1. Quy trình sản xuất khuôn**

Chu trình layout trong thiết kế khuôn mẫu ép nhựa:

a) Xác định sản phẩm

- Sản phẩm lắp ngoài hay lắp trong?
- Độ bóng phía Cavity và Core bằng bao nhiêu?
- Phạm vi ứng dụng của sản phẩm? (sản phẩm tiêu dùng hay sản phẩm kỹ thuật?)
- Để chọn loại nhựa sử dụng phù hợp, tránh độc hại...

b) Xác định năng xuất khuôn

- Tính số lượng sản phẩm trong khuôn?
- Kích thước sản phẩm?
- Kích thước khuôn?
- Thời gian sử dụng?
- Chu kỳ ép?

c) Xác định cách bố trí sản phẩm

Đọc, ngang, tròn xoay...?

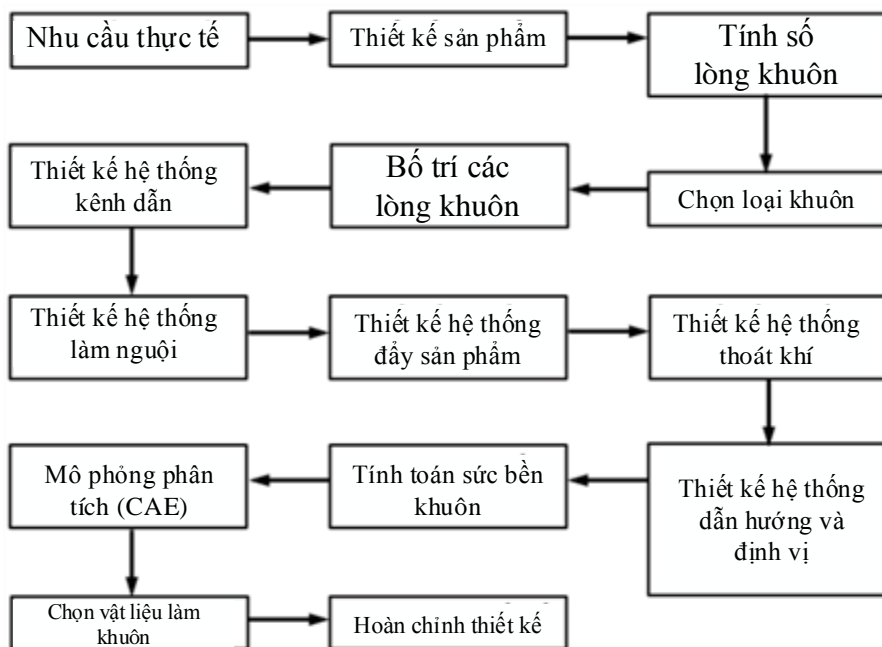
d) Xác định kích thước sơ bộ vỏ khuôn

Từ cách bố trí sản phẩm và kích thước sản phẩm. Tính ra kích thước sơ bộ lõi khuôn. Tính ra kích thước sơ bộ vỏ khuôn.

e) Xác định cỡ máy ép

Chọn máy ép phải căn cứ vào kích cỡ khuôn, khoảng mở máy ép, khoảng mở khuôn, yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm, khả năng của công ty (hiện tại công ty có những loại máy ép nào...?).

### 2.2.2 Quy trình thiết kế khuôn



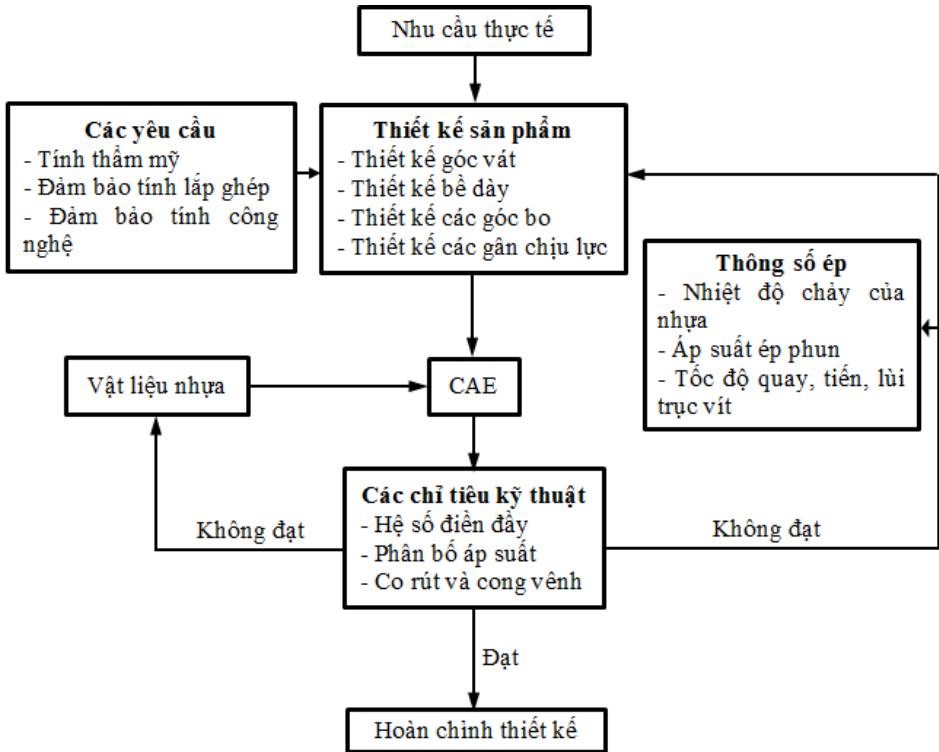
Sơ đồ 2.2.2.1. Quy trình thiết kế khuôn

Trong quá trình thiết kế khuôn, các bước trên không nhất thiết tiến hành độc lập mà phải phối hợp linh hoạt với nhau để đạt kết quả tốt nhất.

Trong thực tế sản xuất, quy trình thiết kế khuôn được tiến hành như sau:

Nhận bản vẽ (giấy hoặc file: 2D, 3D) > Layout > Thuyết minh phương án > Xử lý sản phẩm > Tách khuôn ra các thành phần > Xử lý lỗi khuôn > Tạo bản vẽ lắp ráp > Tạo bản vẽ chi tiết > Thiết kế và chế tạo bản vẽ điện cực dùng EDM > Duyệt > Kiểm tra bản vẽ > Phát hành bản vẽ > Xuất file.

### 2.2.3 Quy trình thiết kế sản phẩm

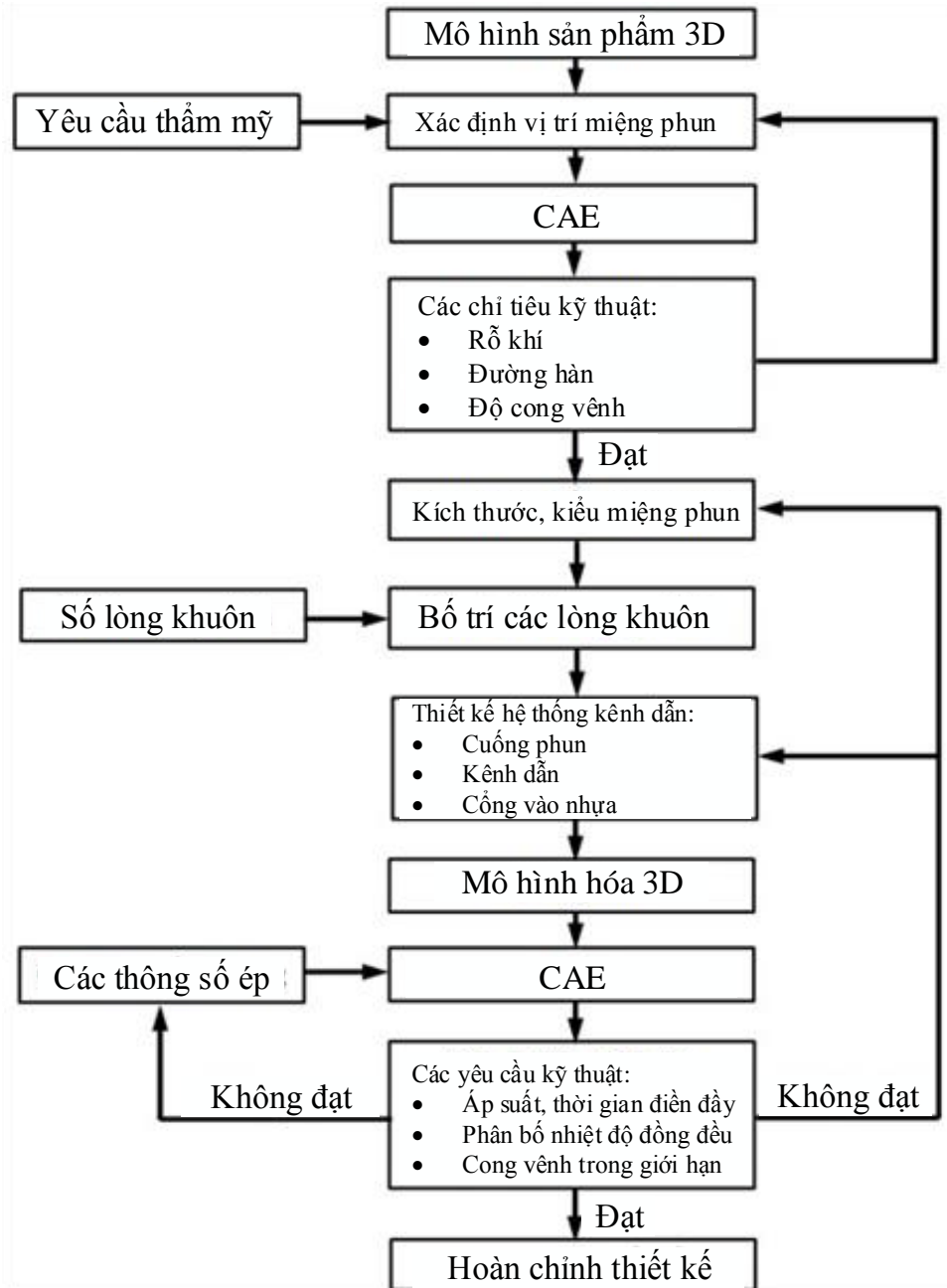


#### Sơ đồ 2.2.3.1. Quy trình thiết kế sản phẩm

Trong quá trình phân tích sản phẩm, nếu áp xuất cần cho quá trình điền đầy cao hay xuất hiện các khuyết tật như: sản phẩm không được điền đầy, bị bavias, xuất hiện đường hàn... Thì không nên sửa đổi ngay hình học sản phẩm mà nên ưu tiên thay đổi các thông số ép hay chọn lại vật liệu nhựa.

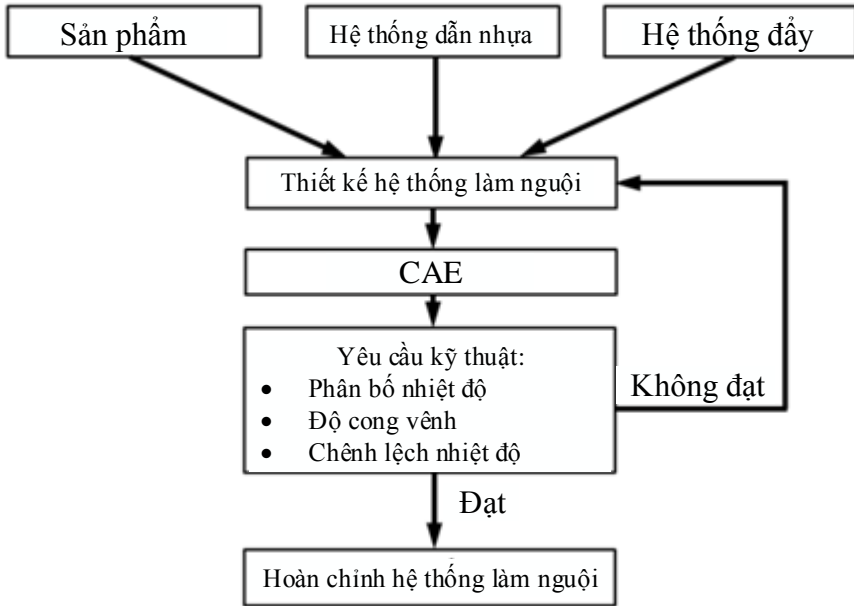
Nếu việc thay đổi các thông số gia công vẫn không cải thiện được các vấn đề trên thì mới nghĩ đến việc thay đổi hình học của chi tiết. Vì khi thay đổi hình học sản phẩm có thể sẽ ảnh hưởng đến nhiều chi tiết lắp khác có liên quan, đồng thời phải xem xét đến tính thẩm mỹ và độ bền của chi tiết.

## 2.2.4 Quy trình thiết kế hệ thống kênh dẫn



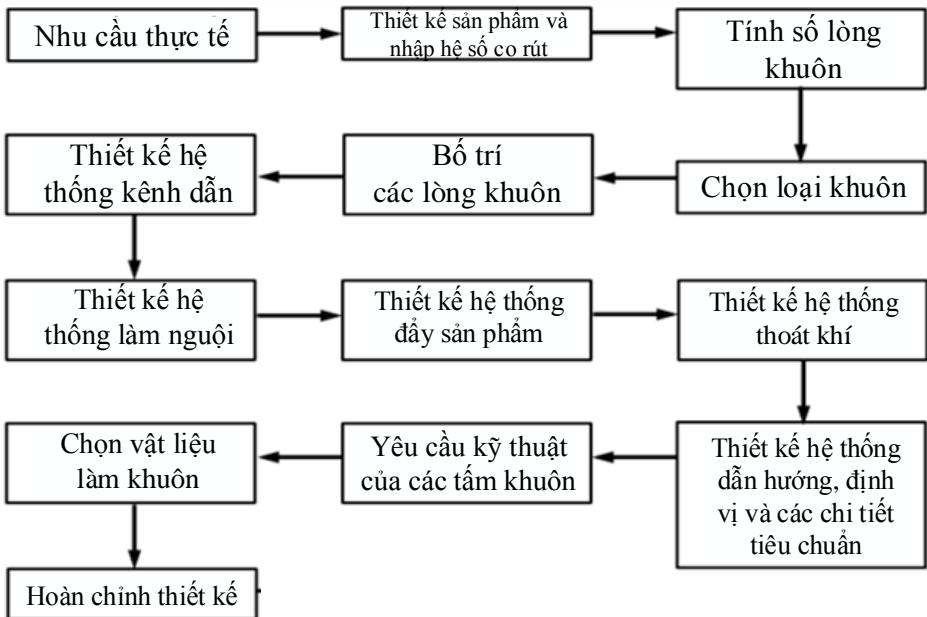
Sơ đồ 2.2.4.1. Quy trình thiết kế hệ thống kênh dẫn

### 2.2.5 Quy trình thiết kế hệ thống làm nguội



Sơ đồ 2.2.5.1. Quy trình thiết kế hệ thống làm nguội

### 2.3 TRÌNH TỰ THIẾT KẾ KHUÔN



Sơ đồ 2.3.1. Trình tự thiết kế khuôn

- Công việc, các số liệu đặt hàng như thiết kế từng phần, số lượng, vật liệu sản phẩm.

- Số liệu về máy phun nhựa như: áp lực phun, lực kẹp, lượng nhựa một lần phun, kích thước các tấm, khoảng mở lớn nhất và nhỏ nhất.

- Loại khuôn: khuôn bình thường, khuôn có cắt sau.

- Thiết kế cơ khí như: độ dày các tấm, phân bố các lỗ.

- Độ co rút: xác định tính chất vật liệu, độ dày thành chi tiết ...

- Vật liệu khuôn: loại vật liệu của từng chi tiết, độ cứng, độ bóng.

- Lòng khuôn và lõi: liền khối hoặc lắp ghép, lắp ghép thứ cấp và thiết kế lắp ghép.

- Bố trí các lòng khuôn: số lòng khuôn, sự bố trí, vị trí.

- Thiết kế hệ thống phun: trực tiếp hoặc gián tiếp, thiết kế bạc phun.

- Mặt cắt ngang của kênh dẫn nhựa: tròn, hình thang, kênh dẫn nhựa nóng hoặc kênh có cách nhiệt.

- Hệ thống miệng phun: màng, vòng, đường phun, lưới, bản, flash, chậu, chót ngầm, định vị miệng phun ...

- Điều khiển nhiệt: thiết kế đường nước, số lớp ...

- Hệ thống tháo khuôn: chót đẩy, tấm đẩy, vòng đẩy, ...

- Dẫn hướng và định tâm: định vị bằng côn, trụ dẫn, chót vòng định vị, ...

- Sự thoát khí: rãnh dẫn, rãnh thoát, chót, màng mỏng, ...

- Các chi tiết ghép nối: bu lông dài, bộ kích động thủy lực mặt bên, máy dẫn động bằng hệ thống không có ren, ...

Thiết kế khuôn đúng phương pháp là phải có một trình tự, có tổ chức, có danh mục kiểm tra từng bước một cách có hệ thống của các qui tắc thiết kế cơ bản hướng dẫn cho người thiết kế trước khi bắt đầu thiết kế. Điều rất cần thiết trong thiết kế khuôn là phải tham khảo ý kiến của người sử dụng, người làm khuôn, phòng kiểm tra chất lượng và người đóng gói khuôn, ... Việc lựa chọn miệng phun, thoát khí, phương pháp tháo khuôn điều rất quan trọng.

Sự xem xét chủ yếu trong thiết kế khuôn là phải có sự tin cậy hoàn toàn rằng khuôn sẽ làm việc đúng như định trước. Nếu có nghi ngờ gì thì phải giải quyết trước khi thiết kế khuôn vì điều chỉnh trên bản vẽ sẽ dễ hơn rất nhiều so với sửa bộ khuôn thực tế.



Trước khi chấp nhận một đơn đặt hàng để chế tạo khuôn, khách hàng cùng với kỹ sư chịu trách nhiệm chính về thiết kế chế tạo bộ khuôn đó phải thảo luận với nhau về thiết kế từng phần, về chất lượng vật liệu khuôn, về gia công tinh các bề mặt, các yêu cầu về dung sai và về mọi thông tin khác.

Các thông tin liên quan đến máy và bộ khuôn sẽ được lắp lên là điều quan trọng nhất trong thiết kế khuôn.

Sau khi đã có số liệu về máy, về loại sản phẩm, người thiết kế có thể bắt đầu phân tích kiểu khuôn sẽ thiết kế. Ở giai đoạn này nên tham khảo ý kiến với phòng sản xuất về máy nào, hoặc phương pháp gia công nào nên sử dụng trong bản thiết kế này. Những gợi ý về thiết kế cơ khí cũng nảy sinh trong quá trình thảo luận.

Độ co của vật liệu sản phẩm phụ thuộc vào dạng vật liệu sử dụng, cũng cần được thảo luận với khách hàng.

Để khuôn được kinh tế cần sử dụng mọi chi tiết tiêu chuẩn hóa như: các chi tiết lắp ghép, đầu nối, các chi tiết phụ trợ cho khuôn và các phụ tùng thay thế.

Cấu trúc khuôn phụ thuộc nhiều vào số lượng sản phẩm cần thiết. Thông thường trước khi bắt đầu thiết kế khuôn, nhà thiết kế phải có những thông tin sau:

- Một bản vẽ sản phẩm rõ ràng, có nói đến vật liệu được phun vào khuôn.

- Kiểu máy gia công sẽ dùng để nhà thiết kế có thể đảm bảo việc lắp ráp khuôn.

- Số lượng lòng khuôn.

Nhà thiết kế khuôn cần có sự trao đổi với nhà thiết kế sản phẩm về chỗ đặt đường phân khuôn, chỗ đặt miệng phun, chỗ đặt chốt đẩy. Khi thiết kế khuôn phải đặc biệt chú ý đảm bảo cho sản phẩm không dính vào mặt không mong muốn của khuôn. Sau khi trao đổi, nhà thiết kế bắt tay vào việc thiết kế khuôn với những thông tin có trong bản vẽ sản phẩm.

## **2.4 CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI CHI TIẾT CỦA BỘ KHUÔN**

### **2.4.1 Độ chính xác về hình dáng**

Nâng cao độ chính xác về hình dáng là nhằm đảm bảo sản phẩm được sản xuất ra có chất lượng cao, không cong vênh, có mỹ thuật theo yêu cầu của người thiết kế sản phẩm, đáp ứng yêu cầu của người tiêu dùng.

Độ chính xác về hình dáng còn góp phần vào quá trình nâng cao năng suất sản xuất sản phẩm (như khuôn có góc nghiêng chính xác, bề mặt đạt độ nhám theo thiết kế thì sản phẩm sẽ đạt chất lượng cao và nhựa dễ dàng chảy vào cũng như dễ lấy ra khỏi khuôn, ...) đồng thời cũng nâng cao tuổi thọ của khuôn.

#### **2.4.2 Độ chính xác về kích thước**

Đối với những khuôn nhựa kỹ thuật cao, thì độ chính xác về mặt kích thước rất quan trọng. Thông thường các sản phẩm nhựa này được lắp với nhau hoặc lắp với các phần khác, do đó các chi tiết khuôn ở phần tạo hình cho việc lắp ráp này cần được chế tạo rất chính xác.

Độ chính xác cao của chi tiết sẽ làm cho các phần khuôn lắp với nhau một cách dễ dàng, các phần sẽ nằm đúng vị trí, việc định vị hai phần khuôn với nhau được thực hiện một cách chính xác và hoàn hảo, các mặt phân khuôn ăn khớp với nhau, sản phẩm nhựa được tạo ra sẽ không bị bavia cũng như không bị biến dạng do độ dày mỏng khác nhau của sản phẩm (do khoảng tạo hình giữa chày và cối không đều) gây ra.

#### **2.4.3 Độ cứng của các chi tiết trong khuôn**

Độ cứng của các chi tiết trong khuôn có liên quan chặt chẽ đến các yếu tố khác như khả năng chống mài mòn, khả năng chịu lực ép, không bị biến dạng...

Khả năng chống mài mòn: mức độ chống mài mòn của khuôn tùy thuộc vào loại nhựa dùng để ép, chế độ làm việc lâu dài của khuôn. Để nâng cao khả năng chống mài mòn của khuôn thì bề mặt cần nhiệt luyện, thấm nitơ, cacbon, hay mạ crôm, ...

Khả năng chịu lực ép không bị biến dạng: trong suốt quá trình làm việc, khuôn nhựa luôn bị lực ép (lực kẹp khuôn, áp lực phun) dồn vào những bề mặt của bộ phận khuôn, do đó kết cấu khuôn phải đủ bền để tránh gây biến dạng làm hư khuôn.

Ngoài ra, độ cứng cũng góp phần làm cho chi tiết dễ đánh bóng, chống hoen rỉ khi làm việc trong môi trường ẩm ướt.

#### **2.4.4 Độ bóng**

Chỉ tiêu về độ bóng đối với các chi tiết tạo hình sản phẩm (phần chày, phần cối, các miếng ghép, ...). Để sản phẩm trong suốt, bằng phẳng thì độ bóng của chi tiết phải như tấm gương (độ nhám bề mặt  $< 0,05R_a$ ). Độ bóng đạt được do thành phần Crôm, độ tinh khiết cũng như độ cứng cần thiết của vật liệu làm khuôn. Do vậy, khi chọn vật liệu để chế tạo các chi tiết tạo hình, phải quan tâm nhiều đến thành phần Crôm, khả năng đạt độ cứng đến mức cần thiết và độ biến dạng ít sau khi nhiệt luyện.

## 2.5 TÍNH SỐ LÒNG KHUÔN

Thông thường, có thể tính số lòng khuôn cần thiết trên khuôn theo các cách sau:

- Tính theo số lượng lô sản phẩm
- Tính theo năng xuất phun của máy
- Tính theo năng xuất làm dẻo của máy
- Tính theo lực kẹp khuôn của máy
- Tính theo kích thước bàn kẹp của máy ép

### 2.5.1 Số lòng khuôn tính theo số lượng lô sản phẩm

$$n = \frac{L \times K \times t_c}{t_m}$$

$$K = 1/(1-k)$$

Trong đó:

n: Số lòng khuôn tối thiểu trên khuôn

L: số sản phẩm trong một lô sản phẩm

K: hệ số do phế phẩm (%)

k: tỷ lệ phế phẩm (tùy từng công ty) (%)

t<sub>c</sub>: thời gian chu kỳ ép phun của một sản phẩm (s)

t<sub>m</sub>: thời gian yêu cầu phải hoàn thành 1 lô sản phẩm (ngày)

### 2.5.2 Số lòng khuôn tính theo năng xuất phun của máy

Năng xuất phun của máy cũng là nhân tố ảnh hưởng đến số lòng khuôn.

$$n = 0.8 \times \frac{S}{W}$$

Trong đó:

n: số lòng khuôn tối đa trên khuôn

S: năng xuất phun của máy (g/lần phun)

W: trọng lượng của sản phẩm (g)

### 2.5.3 Số lòng khuôn tính theo năng xuất làm dẻo của máy

$$n = \frac{P}{X \times W}$$

Trong đó:

n: số lòng khuôn tối đa trên khuôn

P: năng suất làm dẻo của máy (g/phút)

X: tần số phun (ước lượng) trong mỗi phút (1/phút)

W: trọng lượng của sản phẩm (g)

#### 2.5.4 Số lòng khuôn tính theo lực kẹp khuôn của máy

$$n = \frac{S \times P}{F_p}$$

Trong đó:

n: số lòng khuôn tối đa trên khuôn

$F_p$ : lực kẹp khuôn tối đa của máy (N)

S: diện tích bề mặt trung bình của sản phẩm theo hướng đóng khuôn ( $\text{mm}^2$ )

P: áp suất trong khuôn (Mpa)

#### 2.5.5 Số lòng khuôn theo kích thước tấm gá đặt trên máy ép

Sau khi tính được số lòng khuôn thỏa các điều kiện trên, tiến hành thiết kế sơ bộ (ước lượng) kích thước bao của tấm khuôn, xem bộ khuôn sau khi hoàn thành có thể gá lên máy ép đó hay không? Nếu không thì sắp xếp lại cách bố trí lòng khuôn hoặc giảm số lòng khuôn (tính lại xem có kịp thời gian giao hàng không) hoặc tìm máy ép khác (tính lại số lòng khuôn với máy ép mới).

### 2.6 Tính toán ước lượng lực kẹp khuôn

Trong một khuôn thì áp suất cần thiết dùng để điền khuôn và nén ép sẽ là áp suất bên trong lòng khuôn. Áp suất trung bình tác động vuông góc vào lòng khuôn đến đường giáp mí khuôn là tổng lượng áp suất được dùng để kẹp khuôn không gây ra hiện tượng bavia. Áp suất kẹp khuôn cần phải thắng được lực kẹp.

Áp suất lòng khuôn tác động lên mặt khuôn chứa độ cứng của khuôn. Diện tích của sản phẩm dùng trong tính toán lực kẹp khuôn là diện tích hình chiếu. Đó là phần diện tích của sản phẩm được nhìn từ bề mặt của khuôn. Cũng có thể tính diện tích của sản phẩm bằng diện tích của đường giáp mí của sản phẩm với khuôn. Tính toán diện tích của mẫu đơn giản sau đó nhân lên theo chiều dài và chiều rộng, phương pháp này lấy phần diện tích cơ sở là  $1 \text{ inch}^2$ .

Áp suất lòng khuôn trung bình trên mỗi inch<sup>2</sup> của diện tích hình chiếu được nhân với diện tích hình chiếu bằng với áp suất cần thiết để giữ hai nửa khuôn lại với nhau.

Tất cả các khuôn đều được tính toán lực kẹp khuôn. Diện tích của cổng phun cũng được thêm vào vì cổng phun tồn tại đường giáp mí sản phẩm với khuôn và dùng theo hướng mở khuôn. Hệ thống cổng phun, nếu ngắn thì không ảnh hưởng đến tính toán lực kẹp khuôn. Tuy nhiên, nếu sản phẩm nhỏ và hệ thống cổng phun lớn thì diện tích cổng phun được cộng vào diện tích hình chiếu.

Tuy nhiên, kết quả tính toán lực kẹp khuôn chỉ là lực kẹp khuôn ước lượng. Lực kẹp khuôn ước lượng này rất quan trọng đối với người cài đặt máy, người này phải xác định kích thước máy cần dùng để ép một sản phẩm nào đó. Người cài đặt máy cần thêm vào 10÷20% lực kẹp khuôn ước lượng để đảm bảo rằng khi gia công không bị hiện tượng bavia. Một điểm quan trọng nữa là lực kẹp khuôn ước lượng này có thể được dùng làm điểm khởi động. Nếu trong quá trình ép khuôn tạo bavia thì cần phải tăng lực kẹp lên khuôn. Nếu khuôn chạy tốt thì không cần phải giảm lực khuôn xuống nữa.

Lực kẹp khuôn quá lớn sẽ gây ra một số vấn đề: tiêu tốn năng lượng máy, gây ra hao mòn khuôn và máy, giảm thoát khí của khuôn và có thể làm kéo dài chu kỳ ép. Trong điều kiện cuối thì đúng cho trường hợp ngâm kẹp bằng khay. Với những lý do trên thì trong quá trình cài đặt lực kẹp khuôn cần tối thiểu lực kẹp.

Việc tối ưu lực kẹp khuôn có thể được xác định thông qua một số lần ép thử nghiệm. Bắt đầu với lực kẹp khuôn ước lượng sau đó giảm từ từ cho đến khi bavia xuất hiện rồi tăng lực khuôn lên 10 ÷ 20% để chắc chắn sản phẩm ép đạt chất lượng tốt.

Một ứng dụng nữa của lực kẹp khuôn ước lượng là để bảo vệ khuôn. Lực kẹp khuôn chỉ phụ thuộc vào sản phẩm. Ví dụ: với sản phẩm tính toán có lực kẹp khuôn là 100 tấn mà cài đặt 300 tấn thì lực kẹp khuôn này sẽ làm hỏng khuôn.

## **2.7 ƯỚC LƯỢNG ÁP SUẤT TRUNG BÌNH CỦA LÒNG KHUÔN**

Áp suất trung bình qua lòng khuôn phụ thuộc vào một số yếu tố sau. Hai yếu tố quan trọng nhất là loại vật liệu và độ nhớt lúc nhựa chảy lỏng. Một yếu tố chính nữa là tỉ lệ độ dày và chiều dài của dòng chảy trong lòng khuôn (tỉ lệ L/T). Tỉ lệ này được xác định bằng chiều dài từ cổng phun đến cuối sản phẩm chia cho bề dày trung bình.

Thông thường thì áp suất trung bình của các loại nhựa thường là 2-3 tấn/inch<sup>2</sup>. Với vật liệu khó chảy (có độ nhớt cao) thì áp suất này là 4÷6 tấn/inch<sup>2</sup>. Điều này có nghĩa là áp suất lòng khuôn trung bình từ 8000÷12000 Psi. Các loại vật liệu khó chảy là polycarbonate, polysulfone, polymide. Khi tính toán lực kẹp khuôn thì cần dựa trên loại vật liệu gia công.

Một số lực kẹp khuôn tiêu chuẩn được đưa ra trong bảng sau. Một số loại nhựa đặc biệt có thể lấy từ nhà sản xuất.

| Viết tắt | Tên đầy đủ                       | Maximum L/T Ratio (0.040 inch) | Tonnage require (tons/inch <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| ABS      | Acrylonitrile-Butadien-Stvrence  | 50-200:1                       | 2.5-4                                     |
| CAB      | Cellulose Acetate Butvrate       | 300-40:1                       | 1-2                                       |
| HDPE     | High Density Polyethylene        | 200-250                        | 1.5-3                                     |
| HIPS     | High Impact Polyethylene         | 200-250                        | 2-3                                       |
| LDPE     | Low Density Pelyethylene         | 250-300                        | 1-2                                       |
| PA-6 6   | Polyamide Nylon 661              | 150-300                        | 4-5                                       |
| PA-6     | Polyamide Nylon 61               | 150-300                        | 4-5                                       |
| PBT      | Polybutylene Tereph Thalate      | 150-200                        | 3-5                                       |
| PC       | Poly Carbonate                   | 30-100                         | 3-5                                       |
| PEI      | Polyether Imide                  | 70-140                         | 4-6                                       |
| PET      | Polyether (Filled) Terephthelate | 80-200                         | 4-6                                       |
| PMMA     | Polymethyl Methaerylate          | 130-150                        | 2-4                                       |
| POM      | Polyoxymethylene (Acetal)        | 100-200                        | 3-5                                       |
| PP       | Polypropylene                    | 200-300                        | 1-3                                       |
| PPO      | Polyphenylene Oxide (Modified)   | 100-200                        | 2-3                                       |
| PPS      | Polyphenylene Sulfide (Filled)   | 150-180                        | 2-3                                       |
| PS       | Polystyrene (Erystal)            | 200-250                        | 1-3                                       |
| PSI      | Poly Sulfone                     | 60-120                         | 4-6                                       |
| PVC      | Polyvinyl Chloride               | 100-200                        | 2-3                                       |
| PVC      | Polyvinyl Chloride (Plasticized) | 200-300                        | 1.5-3                                     |
| TPER     | Thermoplastic Polyurethane       | 200-250                        | 1-2                                       |

**Bảng 2.7.1. Một số lực kẹp khuôn tiêu chuẩn**

Mặt khác, đối với các loại nhựa dễ chảy thì lực kẹp cần phải lớn hơn giá trị trung bình, các loại nhựa này là nylon, acetal, polybutylen telephthalate. Các loại nhựa này có tốc độ kết tinh trở lại cao và nguội nhanh. Do đó, trong quá trình phun phải phun với tốc độ cao. Phun với tốc độ cao sẽ làm cho áp suất trong lòng khuôn cao do đó dễ gây ra hiện tượng bavia. Các loại nhựa này dễ tạo bavia do có độ nhớt quá thấp.

Một yếu tố khác ảnh hưởng đến áp suất trung bình của lòng khuôn là sự giới hạn của dòng chảy. Với các sản phẩm thành mỏng hoặc có tỉ lệ L/T cao thì áp suất điền khuôn cao hơn. Áp suất lực kẹp khuôn cao thì cần lực kẹp khuôn cao hơn.

# Chương 3

## MÔ PHÒNG PHÂN TÍCH (CAE) DÒNG CHẢY CỦA NHỰA

*Mục tiêu chương 3: Giới thiệu về công nghệ CAE trong khuôn ép phun*

*Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:*

- 1) Định nghĩa được CAE trong khuôn là gì.*
- 2) Ứng dụng được công nghệ CAE.*
- 3) Giải thích được nguyên nhân sai số của công nghệ CAE*
- 4) Vận dụng được quy trình CAE cho sản phẩm*

### 3.1 GIỚI THIỆU VỀ CAE

CAE là tên gọi tắt của kỹ thuật phân tích có trợ giúp máy vi tính (Computer-Aided Engineering). Lợi dụng khả năng phân tích và tính toán chính xác, nhanh chóng của máy vi tính, để hiểu mô hình nguyên lý của hệ thống (Theoretical Model), đồng thời kết hợp chức năng đồ họa vi tính (Computer Graphics), giúp người sử dụng thu được kết quả phân tích nhanh chóng, và sử dụng kết quả để sửa đổi tối ưu hóa tham số thiết kế và ép phun.

CAE kết hợp đồ họa, thiết kế có trợ giúp máy vi tính (Computer-Aided Design/Draft, CAD) và chế tạo có sự trợ giúp của máy vi tính (Computer-Aided Manufacture, CAM).

### 3.2 LỢI ÍCH CỦA ỨNG DỤNG CAE

- Phân tích CAE dựa vào đặc tính trình tự của hệ thống, kết hợp lý luận mô hình để tiến hành phân tích, kết quả có ý nghĩa vật lý, là Know-Why mà không phải là Know-How của kinh nghiệm truyền thống, do đó có thể hệ thống hóa và khoa học hóa tham số ép phun và các loại thiết kế đối với trình tự trạng thái và chất lượng sản phẩm, đạt đến mục tiêu ép phun một cách khoa học (Scientific Molding).

- Do tính tin cậy của kết quả CAE, có thể chỉ ra vấn đề tiềm ẩn trong quá trình ép phun và thiết kế, đề ra sửa đổi thiết kế và hướng giải quyết trở ngại và phương án khả thi, có thể tránh điềm mù kinh nghiệm.

- CAE ở giai đoạn thiết kế có thể thực hiện trên máy vi tính đối với các phương án sửa đổi thiết kế tiến hành đánh giá (Evaluate), nhận định



(Verify) và tối ưu hóa (Optimize), giảm thời gian, giá thành thử khuôn, sửa khuôn thực tế, rút ngắn chu trình thử sai thực tế, rút ngắn thời gian phát triển sản phẩm (Product Development Time) và thời gian đưa ra thị trường (Time-to-Market), giảm hao phí, thời gian và tiền bạc trong các công đoạn.

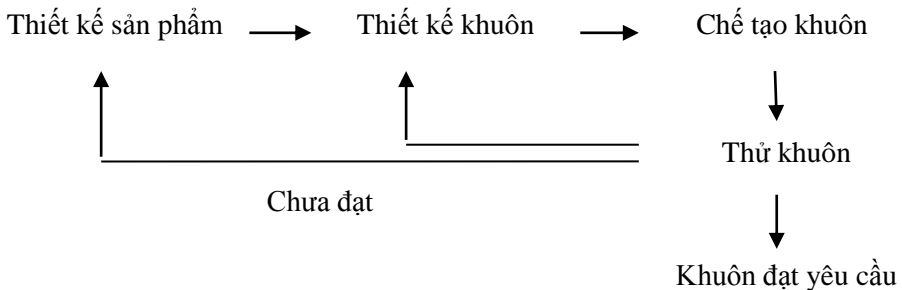
- CAE có thể trợ giúp người ép phun dự đoán và nắm bắt thông số ép phun đối với ảnh hưởng chất lượng sản phẩm, tìm ra hướng xử lý (Processing Window) và tối ưu hóa thông số ép phun.

- CAE có thể chỉ ra các nhân tố chủ yếu ảnh hưởng chất lượng ép phun, từ đó cung cấp tham số sửa đổi thiết kế, tham số ép phun và chỉ tiêu định lượng.

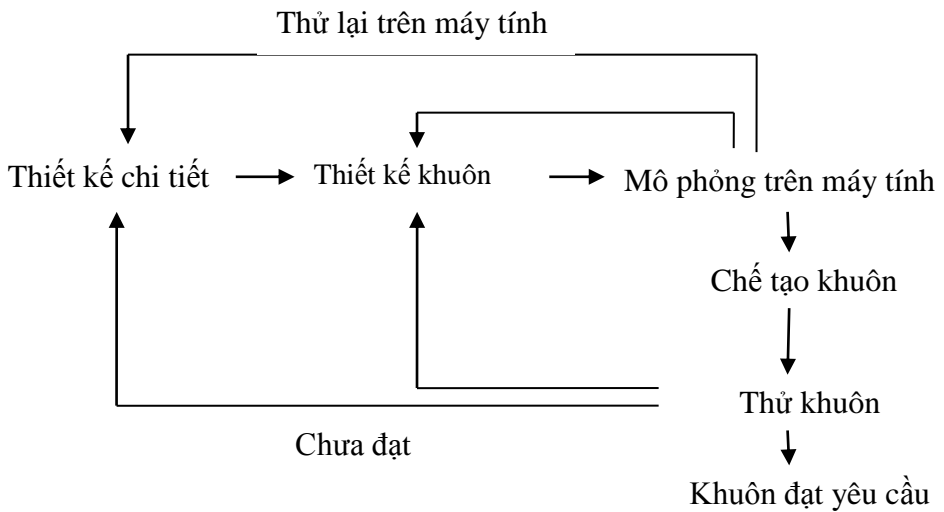
- CAE có thể mở “hộp đen” ép phun, với phương pháp sinh động và cụ thể hiển thị tham số gia công và thiết kế đối với trình tự trạng thái và ảnh hưởng chất lượng sản phẩm, có thể giúp người sử dụng nhanh chóng tích lũy kinh nghiệm thiết kế và ép phun, có giúp đỡ tương đối lớn về bồi dưỡng nhân viên.

- CAE có thể giúp người sử dụng nhanh chóng nắm bắt vật liệu mới, quy trình mới, thiết kế mới và phương pháp ép phun, có hiệu quả và nhanh chóng tích lũy kinh nghiệm thiết kế chuẩn và hiểu biết về ép phun.

- CAE cho phép người thiết kế và chế tạo khuôn rút ngắn được thời gian thiết kế cũng như chi phí trong việc sản xuất khuôn. Quy trình dưới đây so sánh các bước thực hiện:



*Sơ đồ 3.2.1. Quy trình thiết kế không có CAE*



*Sơ đồ 3.2.2. Quy trình thiết kế có CAE*

Có thể thấy, trên quy trình thiết kế chế tạo khuôn truyền thống, việc thử khuôn được tiến hành sau khi đã chế tạo xong khuôn và quá trình thử cần phải được tiến hành trên khuôn thật, nên khi có lỗi phải sửa khuôn hoặc làm lại khuôn mới để khắc phục lỗi.

### 3.3 TỔNG QUAN VỀ CAE

#### 3.3.1 Lý thuyết về phần tử hữu hạn khi chia lưới sản phẩm

Phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method - FEM) là một phương pháp gần đúng để giải một số lớp bài toán biên. Theo phương pháp phần tử hữu hạn, trong cơ học, vật thể được chia thành những phần tử nhỏ có kích thước hữu hạn, liên kết với nhau tại một số hữu hạn các điểm trên biên (gọi là các điểm nút). Các đại lượng cần tìm ở nút sẽ là ẩn số của bài toán (gọi là các ẩn số nút). Tải trọng trên các phần tử cũng được đưa về các nút.

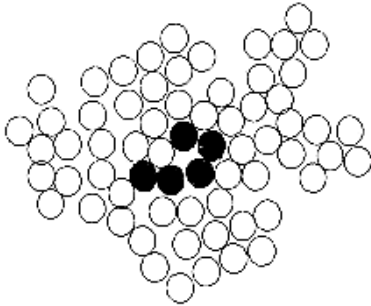
Trong mỗi phần tử, đại lượng cần tìm được xấp xỉ bằng những biểu thức đơn giản và có thể biểu diễn hoàn toàn qua các ẩn số nút. Dựa trên nguyên lý năng lượng, có thể thiết lập được các phương trình đại số diễn tả quan hệ giữa các ẩn số nút và tải trọng nút của một phần tử. Tập hợp các phần tử theo điều kiện liên tục sẽ nhận được hệ phương trình đại số đối với các ẩn số nút của toàn vật thể.

#### 3.3.2 Độ nhớt của chất lỏng

Độ nhớt của một chất lưu là thông số đại diện cho ma sát trong của dòng chảy. Khi các dòng lưu chất liên kế có tốc độ chuyển động khác nhau,

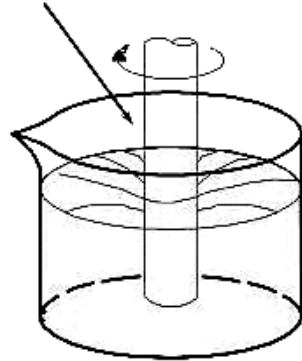
ngoài sự va đập giữa các phân tử vật chất còn có sự trao đổi xung lượng giữa chúng. Những phân tử trong dòng chảy có tốc độ cao sẽ làm tăng động năng của dòng có tốc độ chậm và ngược lại phân tử vật chất từ các dòng chảy chậm sẽ làm giảm động năng của dòng chảy nhanh. Kết quả là giữa các lớp này xuất hiện một ứng suất tiếp tuyến  $\tau$  gây nên ma sát.

**Simple Molecules**



**e.g., water(H<sub>2</sub>O)...**

**liquid near the rotating rod is pushed outward by the centrifugal force**



**Hình 3.3.2.1. Phân bố của nước quanh trục quay**

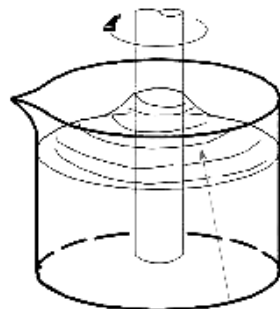
- Đối với nước độ nhớt rất nhỏ nên những phân tử nước gần trục quay sẽ bị văng ra theo lực ly tâm.

**Polymer Molecules**



**entanglement between polymer chains**

**Weissenberg Effect (Rod-Climbing Effect)**



**polymeric liquid moves toward the center of the beaker and climbs up the rotating rod**

**Hình 3.3.2.2. Phân bố của nhựa quanh trục quay**

- Đối với vật liệu nhựa độ nhớt rất lớn, nhựa di chuyển đến trung tâm của trục quay và di chuyển lên trên trục quay.

- Dòng chảy của nhựa trong kênh dẫn là phi Newton vì độ nhớt của nhựa thay đổi tùy theo nhiệt độ.

- Dòng chảy trong kênh dẫn có sự chuyển pha vì khi nhựa chảy vào kênh thì phân tiếp giáp bề mặt tấm khuôn sẽ gặp nhiệt độ thấp và bị hóa rắn. Nếu tốc độ phun lớn thì có thể coi như không có dòng chuyển pha.

- Độ nhớt của nhựa phụ thuộc vào nhiệt độ, tốc độ dòng chảy không giống nhau trong lòng khuôn và kênh dẫn, dòng chảy trong khuôn là chảy rối.

### 3.3.3 Lý thuyết về truyền nhiệt

Các hiện tượng truyền nhiệt đã được biết và sử dụng hàng ngày từ lâu. Tuy nhiên, các hiện tượng đó chỉ được hiểu biết một cách muộn màng. Ở thế kỉ XIX, một thời gian dài nhiệt được coi là một chất lỏng hơi đặc biệt và lửa được coi là một nguyên tố. Joseph Fourier đã công bố vào năm 1822 một lí thuyết giải thích về sự dẫn nhiệt.

Nghiệm của phương trình nhiệt được đặc trưng bởi sự tiêu tán dần của nhiệt độ ban đầu do một dòng nhiệt truyền từ vùng ấm hơn sang vùng lạnh hơn của một vật thể. Một cách tổng quát, nhiều trạng thái khác nhau và nhiều điều kiện ban đầu khác nhau sẽ đi đến cùng một trạng thái cân bằng.

### 3.4 Thông số đầu vào của việc phân tích dòng chảy (CAE) trong công nghệ ép phun

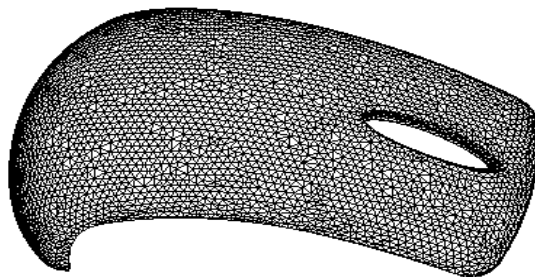
Các thông số đầu vào của bài toán phân tích dòng chảy

- Chi tiết được thiết kế từ một số phần mềm và chuyển về định dạng file mà phần mềm CAE hỗ trợ ví dụ: .STL, .STEP, .IGS...

- Chọn dạng bài toán cần phân tích.

- Chọn phương pháp ép phun.

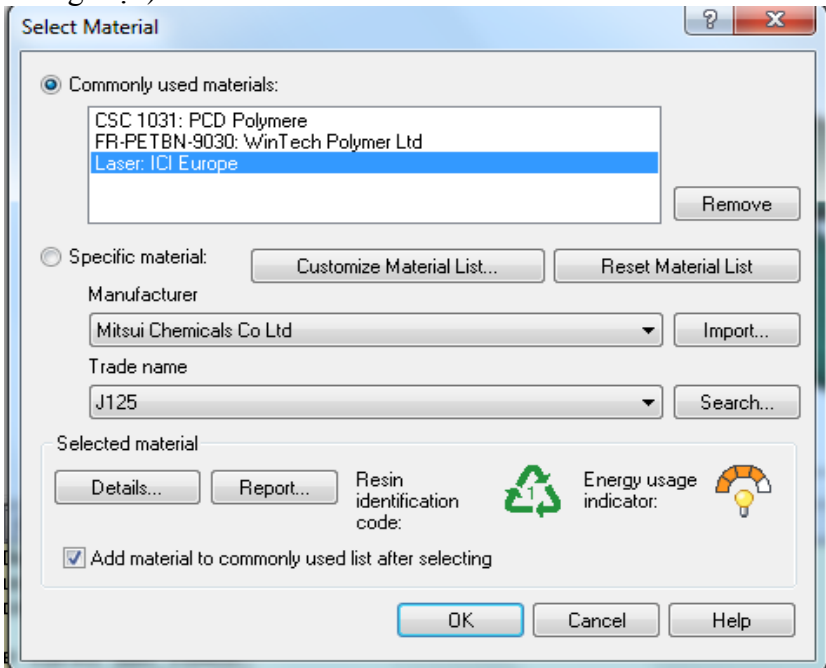
- Chia lưới mô hình (Mesh).



*Hình 3.4.1. Sản phẩm sau khi được chia lưới*

- Thiết lập hệ thống bơm keo: cuống phun, kênh dẫn và vị trí miệng phun so với kính thước đã định.

- Chọn loại vật liệu nhựa và vật liệu khuôn (chọn nhà sản xuất và tên thương hiệu).



**Hình 3.4.2.** Bảng chọn vật liệu nhựa

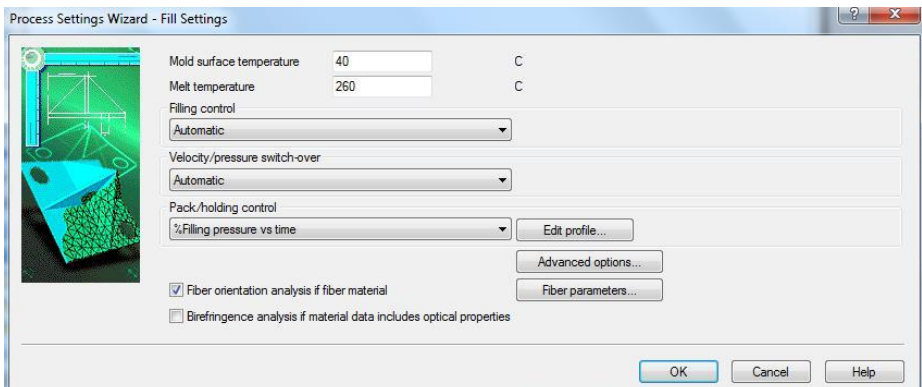
- Việc chọn vật liệu này càng phù hợp với vật liệu thực tế thì kết quả phân tích càng chính xác.

- Chọn vị trí miệng phun (set injection locations).

- Chọn chế độ ép phun: chọn các thông số ép phun như

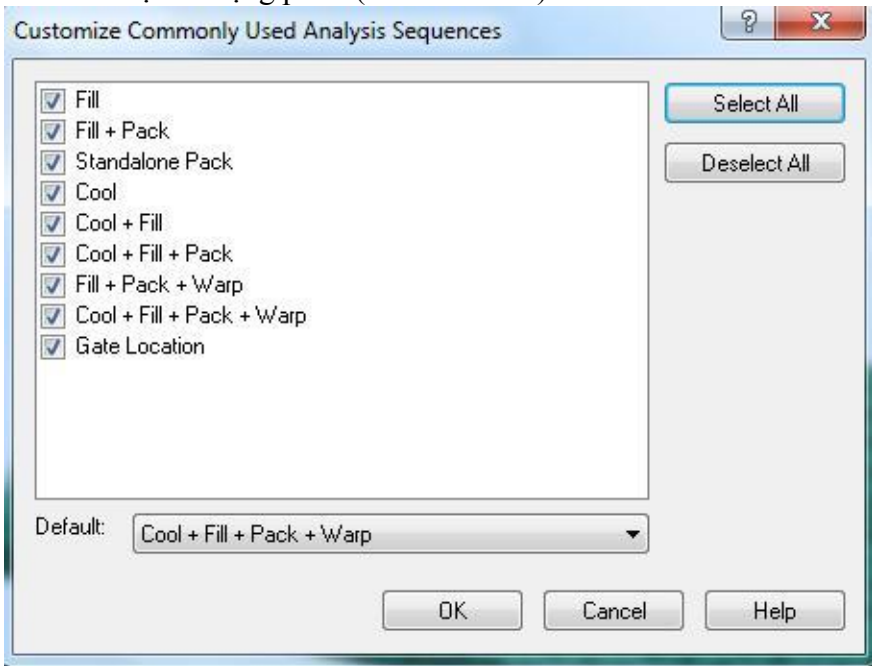
+ Nhiệt độ khuôn (mold temperature).

+ Nhiệt độ nhựa (melt temperature)...



**Hình 3.4.3.** Thiết lập thông số ép

- Chọn chức năng phân tích
  - + Quá trình điền đầy (Fill).
  - + Quá trình dòng chảy toàn bộ (Flow).
  - + Quá trình làm nguội (Cool).
  - + Quá trình co rút (Shrinkage).
  - + Quá trình cong vênh (Wrap).
  - + Quá trình hình thành ứng suất xuất sản phẩm (Stress).
  - + Vị trí miệng phun (Gate location).



*Hình 3.4.4. Chọn chức năng phân tích*

### **3.5 KẾT QUẢ CỦA VIỆC PHÂN TÍCH MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY**

- Phân tích dòng chảy có thể dự đoán: vị trí tiếp giáp hai dòng chảy, vị trí có bọt khí, áp suất phun, lực khóa khuôn, phân bố nhiệt độ...

- Phân tích giai đoạn nén có thể biết được: độ co rút thể tích, phân bố độ dày...

- Phân tích quá trình làm lạnh có thể dự đoán: thời gian làm lạnh, sự chênh lệch nhiệt độ bề mặt khuôn, phân bố lượng truyền nhiệt, hiệu quả việc làm mát.

- Phân tích cong vênh có thể dự đoán biến dạng cong vênh, tìm ra nguyên nhân cong vênh.

- Có thể tính được tốc độ đóng rắn của nhựa nhiệt rắn, tính toán điền đầy nhựa và phân tích đóng rắn trong khuôn, vị trí tiếp giáp, phân bố độ chuyển hóa, phân bố tốc độ dòng chảy, áp xuất chuyển dời.

- Mô phỏng tình hình ép phun có trợ khí của thể khí/nhựa, tốc độ thâm thấu của khí, độ dày của bề mặt, dòng chảy nhựa, đồng thời có thể dự đoán việc làm lạnh và biến dạng.

Kết quả phân tích và thực tế ép không giống nhau hoàn toàn. Nguyên nhân của việc khác nhau này thông thường nằm ở quá trình phân tích CAE không đúng, ngoài ra thì các sai số của quá trình chế tạo khuôn, của máy ép cũng là nguyên nhân gây ra sự khác nhau.

### **3.6 SAI SỐ GIỮA KẾT QUẢ PHÂN TÍCH CAE VỚI THỰC TẾ ÉP SẢN PHẨM**

Giữa kết quả phân tích CAE trên máy tính và trên thực tế sẽ không chính xác hoàn toàn mà vẫn có sự khác nhau vì nhiều nguyên nhân:

- Nguyên nhân chủ quan:

+ Do chia lưới quá lớn hoặc do cách chia lưới.

+ Do người sử dụng phần mềm chưa chuẩn xác: trong quá trình điều khiển chương trình người sử dụng có thể thao tác sai ở một số nơi như cách đặt vị trí miệng phun vào sản phẩm không chính xác hay cách đặt hệ thống làm mát chưa đúng ...

+ Do các thông số ép trong thực tế và trong phần mềm không giống nhau.

+ Vật liệu và tính chất của vật liệu trong phần mềm không giống với thực tế (do khác nhà sản xuất, khác thương hiệu, thành phần hóa học khác nhau),...

- Nguyên nhân khách quan:

+ Do sai số của phần mềm.

+ Sai số của máy ép,...

Tuy vậy, việc ứng dụng CAE vào thiết kế và chế tạo cũng giúp phần nào dự đoán được kết quả, từ đó giảm thiểu tối đa hao phí trong sản xuất sản phẩm, đồng thời có thể nâng cao chất lượng sản phẩm.

# Chương 4

## CÁC KHUYẾT TẬT TRÊN SẢN PHẨM ÉP VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

*Mục tiêu chương 4: Giới thiệu về các lỗi sản phẩm khi ép phun và đề nghị hướng khắc phục*

*Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:*

- 1) Giải thích được nguyên nhân các lỗi khi ép phun.*
- 2) Đưa ra biện pháp khắc phục cơ bản*

### 4.1 CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CÔNG NGHỆ ÉP PHUN

#### 4.1.1 Nhiệt độ

##### a) Sự không đồng nhất của nhiệt độ

- Nhiệt độ của nhựa sẽ thay đổi trong suốt quá trình di chuyển từ đầu phun máy ép cho đến lòng khuôn.
- Quá trình thay đổi nhiệt độ là do ma sát giữa nhựa và khuôn; do nhiệt truyền ra các tấm khuôn và môi trường bên ngoài.

##### b) Ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình ép phun

- Nhiệt độ thay đổi sẽ làm thay đổi độ nhớt của nhựa.
- Nhiệt độ sẽ ảnh hưởng đến khả năng nén ép vật liệu vào khuôn.
- Nhiệt độ ảnh hưởng đến thời gian làm nguội sản phẩm.

#### 4.1.2 Tốc độ phun

##### a) Tầm quan trọng của tốc độ phun

- Quyết định khả năng điền đầy khuôn.
- Đảm bảo tính đồng nhất của vật liệu tại vị trí đầu tiên đến vị trí sau cùng trong lòng khuôn.
- Các vùng chịu ảnh hưởng của tốc độ phun là: vùng xung quanh cổng phun, thành phần giao nhau và phần khuôn điền đầy sau cùng.

##### b) Các khuyết tật do tốc độ phun gây ra

- Hiện tượng tạo bọt khí, cong vênh do co rút.
- Hiện tượng sản phẩm bị biến màu.



- Bề mặt không tốt tại vùng gần cổng phun.

### **c) Các vùng thường tập trung bọt khí**

- Những vùng tập trung bọt khí thường là những vùng điền đầy cuối cùng của lòng khuôn.

- Bọt khí cũng được hình thành tại những vùng dòng chảy bị nghẽn.

### **d) Các nguyên nhân dẫn đến hiện tượng tạo bọt khí**

- Thiết kế hệ thống thoát khí không đúng.

- Phun với tốc độ phun quá cao nên không khí không thoát ra kịp.

- Vị trí cổng phun không thích hợp.

### **e) Phun với tốc độ phun quá cao**

- Sự biến dạng của sản phẩm sẽ khác nhau khi phun với tốc độ quá cao qua các phần khác nhau của lòng khuôn.

- Phun với tốc độ cao, đòi hỏi lực ép khuôn lớn.

- Phun qua cổng phun với tốc độ cao sẽ dẫn đến hiện tượng phun tia, làm cho dòng chảy rối và bề mặt sản phẩm gần cổng phun xấu.

### **f) Phun với tốc độ khác nhau trên cùng một sản phẩm**

Để tránh hiện tượng tập trung bọt khí cũng như sản phẩm điền khuôn tốt mà không kéo dài thời gian phun, nên thiết lập tốc độ phun khác nhau ở các vùng khác nhau.

### **g) Phun với tốc độ cao với các sản phẩm thành mỏng**

Với các sản phẩm thành mỏng thì phải phun với tốc độ phun càng nhanh nếu có thể, để tránh hiện tượng không điền đầy khuôn do nhựa bị nguội.

### **h) Cài tốc độ phun thay đổi**

Không phải thay đổi tốc độ phun là có kết quả ngay, vì nó còn phụ thuộc vào quán tính của trục vít.

## **4.1.3 Áp suất phun**

Áp suất là một thông số chính trong quá trình ép phun, thông số này ảnh hưởng đến sự ổn định về mặt kích thước và cơ tính của sản phẩm.

### **a) Áp suất nén (giữ)**

- Áp suất nén là áp suất tăng lên trong khuôn sau khi khuôn được điền đầy. Nó ảnh hưởng đến tổng lượng vật liệu được ép vào trong khuôn.

- Lượng nhựa được nén vào trong khuôn sẽ bù vào sự co ngót trong quá trình làm nguội.

- Khối lượng sản phẩm sẽ phụ thuộc vào áp suất nén.

### **b) Áp suất duy trì và thời gian duy trì áp**

- Áp suất duy trì là áp suất trong giai đoạn duy trì áp, sau khi áp suất nén đạt được.

- Thời gian duy trì áp là thời gian từ lúc áp suất nén đạt cực đại đến khi công phun đồng đặc.

### **c) Sự thất thoát áp suất trong khuôn**

- Áp suất khuôn bị thất thoát là do dòng chảy bị giới hạn, rãnh dẫn cong và do ma sát.

- Nguyên nhân thứ 2 là do vật liệu bị nguội làm giảm khả năng chảy.

- Hậu quả là sự co ngót không đều.

### **d) Tầm quan trọng của áp suất khuôn**

- Việc xác định áp suất khuôn giúp kiểm soát được sự ổn định của sản phẩm.

- Kiểm soát được khả năng điền đầy khuôn và độ nén chặt của vật liệu.

### **e) Đường cong áp suất khuôn**

- Dùng đường cong áp suất khuôn để cài đặt thời gian chuyển sang trạng thái duy trì áp của quá trình ép.

- Áp suất cực đại trong khuôn phụ thuộc vào áp suất cài trong giai đoạn duy trì áp.

## **4.2 CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM**

- Vật liệu: các tính chất cơ lý (độ nhớt, độ bền nhiệt, các trạng thái).

- Thiết bị: năng suất, tính năng máy.

- Chế độ ép phun: nhiệt độ, áp suất, vận tốc, thời gian.

- Chất lượng khuôn, thiết kế sản phẩm, khuôn.

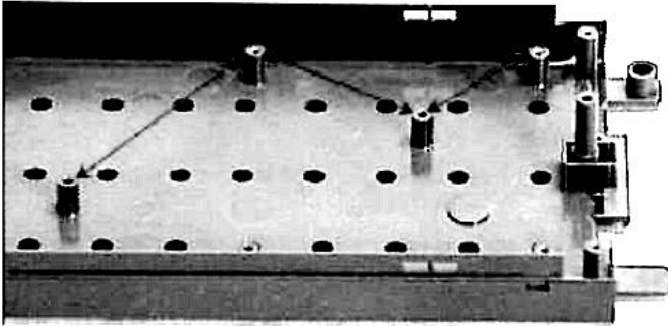
## **4.3 CÁC KHUYẾT TẬT SẢN PHẨM VÀ CÁCH KHẮC PHỤC**

Trong quá trình gia công sản phẩm trên hệ thống máy ép phun, sản phẩm có thể có những khuyết tật. Mỗi khuyết tật có thể có nhiều nguyên

nhân khác nhau. Do đó có nhiều hướng khắc phục. Dưới đây là những hướng dẫn điều chỉnh chủ yếu cho quá trình công nghệ ép phun khi sản phẩm có khuyết tật cho các loại nhựa nhiệt dẻo.

#### 4.3.1 Sản phẩm bị sai lệch kích thước lắp ghép

### Dimensional Variations



*Hình 4.3.1.1. Sản phẩm bị sai lệch kích thước*

#### a) Phân loại co ngót

- Độ co ngót trong chu kỳ ép.
- Độ ngót sau khi sản phẩm lấy ra khỏi khuôn.
- Độ ngót toàn bộ bằng tổng 2 loại co ngót trên.

#### b) Các biến số ảnh hưởng đến độ co ngót

- Bề dày thành sản phẩm tăng lên thì độ ngót cũng tăng lên.
- Bề dày ảnh hưởng rất lớn đến quá trình co ngót mà khó có thể điều chỉnh được bằng các thông số máy khác.
- Ảnh hưởng của áp suất.
  - + Thời gian duy trì áp càng dài, áp suất cực đại trong lòng khuôn càng cao thì độ co ngót càng thấp, khối lượng sản phẩm tăng lên.
  - + Tuy nhiên, trong hầu hết các khuôn có áp suất thay đổi theo chiều dài của dòng chảy nên độ co ngót tại các vị trí đó sẽ khác nhau.
- Ảnh hưởng của nhiệt độ
  - + Nhiệt độ của nhựa trong quá trình ép càng cao thì độ co ngót càng cao vì vật liệu nén vào trong khuôn ít hơn do nhựa giãn nở nhiều hơn.

- + Đối với nhựa bán kết tinh thì nhiệt độ khuôn có ảnh hưởng đến độ co ngót vì ảnh hưởng đến thời gian làm nguội.
- Sự định hướng phân tử
  - + Các phân tử định hướng là do ứng suất trượt, sau đó, được giữ lại do kết hợp với quá trình làm nguội.
  - + Các phân tử polymer có xu hướng trở lại trạng thái tự do khi có điều kiện (nhiệt độ thường và không ở trong khuôn). Sự co ngót theo dòng chảy sẽ lớn hơn theo định hướng.

#### 4.3.2 Sản phẩm bị cong vênh



*Hình 4.3.2.1. Sản phẩm bị cong vênh*

##### a) Mô tả

Sản phẩm bị biến dạng và xoắn.

##### b) Các biến số ảnh hưởng đến cong vênh

- Chênh lệch bề dày trong sản phẩm
- + Đối với nhựa không gia cường thì đây là thông số rất quan trọng ảnh hưởng đến độ cong vênh của sản phẩm.
- + Bề dày là thông số quyết định nên có thể dùng để điều chỉnh cong vênh.
  - Ảnh hưởng của áp suất
    - + Một nhược điểm của quá trình ép phun là do sự giảm áp suất dọc theo dòng chảy của nhựa, làm cho sự nén ép vật liệu không đồng đều.
    - + Để có sự nén ép đồng đều cần phải tăng áp suất nén đến cực đại trong quá trình ép.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ

- + Nhiệt độ của dòng chảy bị thay đổi là do ma sát và làm nguội.
- + Nhiệt độ khuôn cao sẽ làm cho sản phẩm nguội chậm nên cong vênh tăng lên.

- Ảnh hưởng của định hướng

- + Khi nhựa được gia cường bằng sợi thì sự định hướng xảy ra do sự trượt và làm nguội. Tuy nhiên nếu sự định hướng không đều thì nguy cơ cong vênh rất cao.

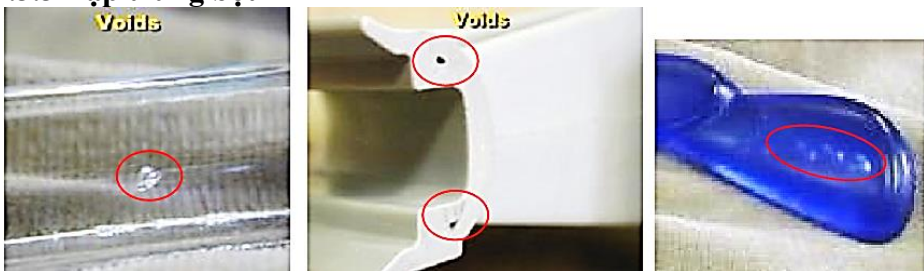
**b) Các nguyên nhân gây ra cong vênh**

- Cong vênh xảy ra do sự thay đổi co ngót trên khắp sản phẩm.
- Hiện tượng này là do có một phần nhỏ trên sản phẩm có sự co ngót cao, dẫn đến biến dạng rộng.
- Sản phẩm lấy ra quá sớm chưa định hình được.
- Thiết kế khuôn (hệ thống giải nhiệt khuôn) không phù hợp và sản phẩm có sự khác biệt về bề dày dẫn đến áp suất khuôn khác nhau và co rút khác nhau.
- Nhiệt độ bề mặt khuôn chênh lệch nhiều.

**c) Biện pháp khắc phục**

- Tăng thời gian áp suất giữ khuôn để định hình sản phẩm.
- Điều chỉnh nhiệt độ trên bề mặt khuôn (chú ý sự chênh lệch giữa phần khuôn âm và phần khuôn dương).
- Kiểm tra lại kết cấu sản phẩm thiết kế khuôn, kiểm tra sự chế tạo chính xác của khuôn.
- Tránh ứng suất nội bằng cách chọn vật liệu và hình dạng sản phẩm (cân bằng bề dày). Tối ưu khuôn bằng các phần mềm mô phỏng như: Moldflow, C mold, Moldex3D...

**4.3.3 Tập trung bọt khí**



Hình 4.3.3.1 - Sản phẩm bị bọt khí

### a) Mô tả

Bọt khí trong quá trình ép xuất hiện trong sản phẩm. Các bọt khí này hình thành các lỗ bên trong sản phẩm hoặc làm cho sản phẩm không điền đầy hoàn toàn.

### b) Nguyên nhân

- Khi sản phẩm có các dòng tập trung, thường dồn khí vào một chỗ gây ra bọt khí tại chỗ đó.

- Trong suốt quá trình điền đầy khuôn, không khí được giữ lại trong sản phẩm tại những vùng sản phẩm điền đầy sau cùng.

### c) Biện pháp khắc phục

- Thiết kế sản phẩm có bề dày tại các vị trí phù hợp.

- Đổi vị trí cổng phun.

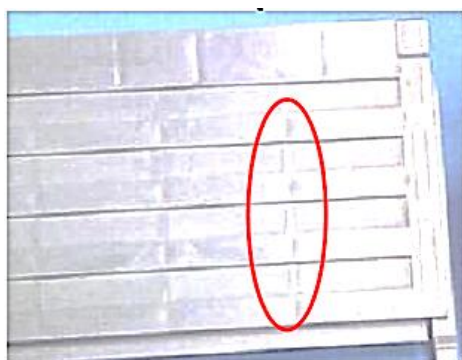
- Giảm tốc độ phun, vì nếu phun với tốc độ cao thì bọt khí không thoát được.

- Tuy nhiên, trước hết phải tối ưu hệ thống thoát khí, sau đó mới tính đến việc giảm tốc độ phun.

- Giảm sự mất áp suất của trục vít hoặc giảm lực ép bằng cách giảm tốc độ (đặc biệt khi bọt khí được hình thành ngay gần cổng phun).

- Nếu có bọt khí thì cần phải đưa chúng vào vùng dễ thoát khí hoặc thêm các thanh lõi vào để thoát khí.

### 4.3.4 Sản phẩm có các vết lõm



*Hình 4.3.4.1. Sản phẩm bị các vết lõm*

### a) Nguyên nhân

- Vết lõm thường xuất hiện tại vị trí đối diện với vùng dày của sản phẩm. Chúng là kết quả của sự co ngót vật liệu.

- Trường hợp lớp vỏ của sản phẩm đủ cứng để không bị co ngót, sản phẩm sẽ tạo thành một phần rỗng bên trong.

### **b) Cách khắc phục các vết lõm**

- Thay đổi các thông số ép (áp suất, nhiệt độ, thời gian).

- Thay đổi nhựa có hệ số co rút nhỏ hơn.

- Thiết kế sản phẩm phù hợp: chia gân lớn thành các gân nhỏ hơn, tạo cấu trúc lõm tại vị trí vết lõm.

- Thiết kế khuôn: đưa vị trí cổng phun đến hoặc gần vị trí dày, điều này cho phép vật liệu tại đó được nén chặt trước khi các vùng mỏng đông cứng và có thể bù thêm một phần nhựa.

### **4.3.5 Hiện tượng phun thiếu**



*Hình 4.3.5.1. Sản phẩm bị thiếu nhựa*

#### **a) Mô tả**

Nhựa không điền đầy sản phẩm hoàn toàn.

#### **b) Nguyên nhân**

- Nhiệt độ chảy, nhiệt độ khuôn và tốc độ phun quá thấp.

- Nhựa chưa được dẻo hoá hoàn toàn.

- Hệ thống van thoát khí không phù hợp: Không khí trong khuôn không thoát hết.

- Bề dày sản phẩm quá nhỏ hoặc quá dài.

- Thiếu nguyên liệu (cài đặt hành trình trục vít không đủ).

- Áp suất phun thấp.

- Bề mặt khuôn không bóng láng nên cản trở dòng chảy.

### c) Cách khắc phục

- Tăng nhiệt độ chảy hoặc nhiệt độ khuôn cùng với tốc độ phun.
- Tăng thể tích phun (thể tích phun quá nhỏ, không có vùng đệm).
- Cài đặt phù hợp giữa áp suất phun và thể tích phun, tăng áp suất phun.
- Cải thiện hệ thống van thoát khí, giảm lực kẹp khuôn.
- Tăng kích thước hệ thống kênh dẫn (runner).
- Nếu nhiệt độ khuôn thấp thì tăng nhiệt độ khuôn.

### 4.3.6 Sản phẩm bị bavìa



*Hình 4.3.6.1. Sản phẩm bị bavìa*

### a) Mô tả

Bavìa được hình thành trên mặt phân khuôn hoặc tại vị trí đặt hệ thống thoát khí. Bavìa là hệ quả của việc đóng khuôn không kín, hoặc do áp suất, lực kẹp khuôn có vấn đề.

### b) Nguyên nhân

- Chế tạo khuôn không chính xác, sai số giữa hai nửa khuôn quá lớn hoặc khuôn bị hư.
- Lực kẹp khuôn quá thấp.
- Nhiệt độ chảy, nhiệt độ xy lạnh, tốc độ phun hoặc áp suất trong khuôn quá cao.
- Khuôn đóng không kín do: khuôn gấn chưa khớp, bị kênh (do bị bẩn, bị gỉ sét).

### c) Cách khắc phục

- Điều chỉnh khuôn cho thích hợp hoặc sửa lại các chỗ hư hỏng.



- Cài lại lực kẹp khuôn cao hơn hoặc thay đổi máy lớn hơn.
- Giảm áp suất phun thấp, tốc độ phun hoặc áp suất giữ nhỏ hơn.
- Giảm nhiệt độ chảy và nhiệt độ khuôn.
- Kiểm tra việc chế tạo chính xác bề mặt khớp khuôn, nếu cần cho rà lại.
- Chọn được vị trí cổng phù hợp.

#### 4.3.7 Sản phẩm có đường hàn nổi



Hình 4.3.7.1. Sản phẩm có đường hàn nổi

##### a) Mô tả

Các vết đen ở cuối dòng chảy (không khí bị giữ lại), các vết hình chữ V, các đường màu khác nhau, đặc biệt khi dùng màu vô cơ thì đường hàn (weldline) xuất hiện là các đường màu xám. Dễ thấy trong bóng tối hoặc sản phẩm trong có bề mặt bóng.

##### b) Nguyên nhân

- Gần với hiện tượng sản phẩm không điền đầy khuôn.
- Thiết kế cổng vào của đường dẫn nhựa không hợp lý. Các dòng chảy gặp nhau.
- Không khí không có chỗ thoát ra.
- Ảnh hưởng của màu, các vị trí weldline thường ảnh hưởng đến cơ tính.

##### c) Cách khắc phục

- Giải quyết các giải pháp giống như khuyết tật sản phẩm không điền đầy khuôn.
- Kiểm tra hệ thống thoát khí của khuôn hoặc bổ sung thêm rãnh thoát khí.

- Có thể thiết kế để đưa các đường weldline vào các vị trí không thấy được và không chịu lực (cải thiện dòng chảy, hạn chế dòng chảy), kiểm tra thiết kế nếu cần thiết thì mở rộng cuống phun, tránh thay đổi bề dày sản phẩm đột ngột và điền khuôn không đồng nhất.

- Dùng vật liệu có độ nhớt thấp hơn.

- Nhận dạng các vùng đặc trưng bằng phân tích moldflow, ví dụ: thiết kế hình dạng đúng, vị trí cổng vào nhựa đúng và phân bố bề dày sản phẩm hợp lý.

#### 4.3.8 Sản phẩm có nhiều nếp nhăn

Jetting



Hình 4.3.8.1. Sản phẩm có gợn sóng ở bề mặt

##### a) Nguyên nhân

- Thành sản phẩm dày không đều.
- Áp suất phun thấp. Nhiệt độ khuôn quá cao.
- Kênh dẫn nhựa, cổng vào có kích thước quá nhỏ hoặc kích thước cổng vào quá lớn.

##### b) Biện pháp khắc phục

- Thành dày không cần thiết, nên làm thành mỏng, nếu cần thì làm nhiều gân, tránh các thay đổi đột ngột về chiều dày thành sản phẩm.

#### 4.3.9 Bề mặt bong tróc, có vết xước, không bằng phẳng

Splay



Hình 4.3.9.1. Sản phẩm bị vết xước bề mặt

### a) Mô tả

- Bề mặt bị tách thành phiến, vảy khi cắt ngang.
- Rất khó nhận dạng bởi vì bề mặt không bị nứt.
- Bề mặt thường hư khi dùng vật cứng cào nhẹ vào.

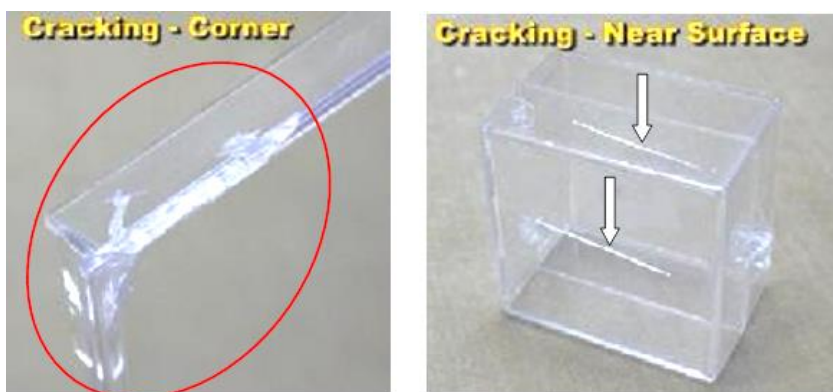
### b) Nguyên nhân

- Ứng suất trượt cao hình thành các lớp.
- Các chất bẩn không tương hợp với nhựa nhiệt dẻo.

### c) Cách khắc phục

- Tăng nhiệt độ chảy và giảm tốc độ phun.

## 4.3.10 Các vết rạn nứt



*Hình 4.3.10.1. Sản phẩm có vết rạn nứt*

### a) Mô tả

Dạng các vân trắng do khúc tán ánh sáng.

### b) Nguyên nhân

- Tác động từ bên ngoài, xuất hiện do lực lấy sản phẩm.
- Do ứng suất dư tạo thành. Ứng suất nội trong sản phẩm do thông số ép không phù hợp.
- Do kết cấu sản phẩm có nhược điểm khó lấy sản phẩm ra khỏi khuôn hoặc sản phẩm dính từng phần vào khuôn.

### c) Cách khắc phục

- Giảm lực tác động lên khuôn từ bên ngoài hoặc dùng nhựa nhiệt dẻo ít nhạy cảm với ứng suất hơn.

- Xem lại thiết kế sản phẩm để cải thiện tính chảy.

- Tăng nhiệt độ bề mặt khuôn và nhiệt độ chảy của nhựa, giảm áp suất duy trì, cài lại thời gian và tốc độ phun cho phù hợp, mục đích là giảm ứng suất quá trình ép, không lấy sản phẩm ra khỏi khuôn với một ứng suất quá dư, chọn cơ cấu lõi sản phẩm và đảm bảo lấy sản phẩm ở một mức độ lớn mà không hư sản phẩm.

- Giảm áp suất phun, giảm áp suất nén ép.

- Giảm nhiệt khuôn, kiểm tra độ đồng đều nhiệt độ khuôn.

#### 4.3.11 Sản phẩm có vết cháy đen



*Hình 4.3.11.1. Sản phẩm bị vết cháy*

**a) Mô tả:** Sản phẩm có các chỗ bị cháy đen.

**b) Nguyên nhân**

- Áp suất phun quá cao.
- Nhiệt độ của nhựa quá cao.
- Không khí bị kẹt lại trong khuôn.

**c) Biện pháp khắc phục**

- Giảm áp suất phun, tốc độ phun.
- Kiểm tra hệ thống thoát khí.
- Phải sấy vật liệu trước khi ép, độ ẩm của vật liệu <0.1%.



## Chương 5

# CHẾ TẠO KHUÔN

**Mục tiêu chương 5:** Nội dung công nghệ chế tạo khuôn

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- 1) Chọn được vật liệu cho từng chi tiết trong khuôn
- 2) Vận dụng được các công nghệ gia công cho việc chế tạo khuôn
- 3) Ứng dụng được kỹ thuật đánh bóng khuôn.
- 4) Ứng dụng được phần mềm hỗ trợ thiết kế, chế tạo khuôn.
- 5) Giải thích được các bước thử khuôn

### 5.1 VẬT LIỆU LÀM KHUÔN ÉP NHỰA

#### 5.1.1 Những yếu tố ảnh hưởng đến việc chọn vật liệu làm khuôn

Quá trình chọn vật liệu làm khuôn cần phải được cân nhắc kỹ vì nó liên quan đến độ bền của khuôn, chất lượng bề mặt cũng như liên quan đến công nghệ chế tạo bộ khuôn như: khả năng gia công cắt gọt, mức độ bóng có thể đạt được,... Do vậy việc chọn vật liệu làm khuôn là công việc rất quan trọng và khi chọn sẽ phải phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Loại nhựa sẽ phun khuôn, vì có những loại nhựa có hại cho thép làm khuôn.

- Độ bóng của bề mặt, độ phức tạp, chức năng của sản phẩm ép ra.

- Số lượng sản phẩm yêu cầu.

- Công nghệ dùng để gia công sản phẩm nhựa (phun, ép thổi, ...)

- Khả năng chống mài mòn và chống ăn mòn hóa học.

- Biến dạng kích thước và hình dạng khi nhiệt luyện.

- Các tính chất công nghệ như: cắt gọt, đánh bóng.

- Tính hàn và khả năng phục hồi chi tiết.

- Giá tiền vật liệu.

| STT | Mác thép | Giá thành (ví dụ tham khảo) |
|-----|----------|-----------------------------|
| 1   | C45      | 28.590 VND/KG               |
| 2   | C50      | 35.800 VND/KG               |
| 3   | CT3      | 22.270 VND/KG               |
| 4   | SKD11    | 125.730 VND/KG              |

**Bảng 5.1.1.1.** Bảng giá ví dụ một số vật liệu thép thường dùng

Thông thường yêu cầu đặc tính chung của vật liệu làm khuôn nhựa phải có:

- Độ cứng.
- Độ dẻo dai.
- Đồng chất, tinh khiết.
- Hàm lượng Crôm (chống mòn).

Lựa chọn vật liệu không phải là do giá vật liệu chi phối mà do tính gia công của nó và từ đó giảm bớt công sức và thời gian gia công. Tùy theo từng hệ thống, từng chức năng của chi tiết mà vật liệu dùng để chế tạo được chọn có những đặc tính hợp lý.

### **5.1.2 Vật liệu đối với hệ thống dẫn hướng và định vị**

Với hệ thống này tính chống mài mòn và độ cứng được đặt lên hàng đầu. Do vậy, vật liệu được chọn phải có khả năng nhiệt luyện đạt độ cứng cao bên ngoài để chống mài mòn, nhưng đồng thời phải có tính dẻo bên trong nhằm tránh bị gãy trong quá trình làm việc. Vật liệu thực thường dùng là:

- Thép SCM-415.
- Bạc SUJ2, ví dụ: Guide Bushings: 60 - 62 HRC, Leader Bushings: 58 HRC, Taper Pin Sets: 58 - 62 HRC.

Các chốt hời do phải làm việc liên tục và chịu lực dọc trục trong quá trình làm việc cho nên đặc tính ưu tiên của vật liệu là độ cứng chống mài mòn, độ dẻo ở bên trong lõi để tránh gãy trong quá trình làm việc (tỷ lệ chiều dài/đường kính của chốt thường rất lớn). Vật liệu của chốt thường là thép SKD 61.

### **5.1.3 Vật liệu làm thân khuôn**

Đây là phần khuôn cơ bản dùng lắp các phần khác nhau của khuôn, do vậy mà độ cứng cũng được quan tâm nhiều. Có thể mua thân khuôn như một bộ tiêu chuẩn đã có sự chọn vật liệu. Vật liệu của thân khuôn thường là thép Cacbon loại trung bình như: AISI 1055, DIN CM55, JIC S55S.

### **5.1.4 Vật liệu cho các miếng ghép và tấm khuôn cho khuôn âm và khuôn dương**

Thông thường các miếng ghép và tấm khuôn âm và dương phải có độ cứng, độ bóng rất cao, độ biến dạng khi nhiệt luyện nhỏ. Các phần này tiếp xúc trực tiếp với nhựa và chịu áp xuất lớn; do vậy, mà các miếng ghép phải có độ cứng vững cao.

Theo yêu cầu của khách hàng để đa dạng sản phẩm có thể vừa ép sản phẩm đen đục, vừa ép sản phẩm trắng trong, do đó phải chú ý đến khả năng đạt độ bóng gương của bề mặt phân âm của khuôn (độ nhám bề mặt sau khi đánh bóng thấp hơn 0,05Ra). Muốn đạt được độ bóng gương và không gỉ, thông thường khi chọn vật liệu quan tâm nhiều đến hàm lượng Crôm.

Loại vật liệu thông dụng nhất dùng cho phần này là:

- 35CrMo2: tốt cho gia công, nhưng không tốt cho đánh bóng và chạm trổ.

- 40CrMnMo7: vật liệu này hơi khó gia công nhưng dễ cho đánh bóng cũng như chạm trổ.

- 40NiCrMoV4: đây là loại thông dụng để làm miếng ghép hoặc các tấm tôi cứng hoàn toàn.

- 40Cr13: loại này chịu đánh bóng và ăn mòn tốt, nhiệt luyện đạt độ cứng cao.

Bảng so sánh các ký hiệu vật liệu:

| VẠN NĂNG           | CHÂU ÂU     | ĐỨC, ÁO, HÀ LAN | DIN    | AISI (MỸ)    |
|--------------------|-------------|-----------------|--------|--------------|
| 40NiCrMoV4 dạng H1 | 40NiCrMoV16 | X45NiCrMo4      | 1.2767 | -            |
| 40Cr13 dạng 29     | X41Cr13     | X42Cr13         | 1.2083 | AISI 420     |
| 35CrMo2 dạng H3    | 35CrMo8     | 40CrMnMo8.6     | 1.2312 | AISI P20 + S |
| -                  | -           | 40CrMnMo7       | 1.2311 | AISI P20     |

**Bảng 5.1.4.1. Ký hiệu vật liệu**

### 5.1.5 Đặc tính của một số loại thép dùng để làm khuôn ép phun

Để chọn loại thép phù hợp dùng làm khuôn ép phun, cần lưu ý đến đặc tính của loại nhựa dùng làm sản phẩm, dùng loại thép phù hợp để tránh ăn mòn, để có nhiệt độ phù hợp, tạo được độ bóng, độ chính xác cần thiết cho sản phẩm.

| Các vật liệu dẻo cho sản phẩm của khuôn |                       |                                  | Sản phẩm (ví dụ)   | Yêu cầu đặc tính vật liệu làm khuôn             | Ký hiệu các vật liệu phù hợp cho khuôn |                               |                          |
|---|-----------------------|----------------------------------|--|---|--|-------------------------------|--------------------------|
|   |                       |                                  |  |   | Hitachi Metals, Ltd.                   | Daido Steel Co., Ltd.         | Uddeholm K.K.            |
| Các chất dẻo thông thường               | Sản phẩm thông thường | PA<br>PP<br>PS<br>(Nylon)<br>ABS | 1) Vi nướng của lò vi sóng<br>2) Máy văn phòng<br>3) Máy hút bụi<br>4) Bánh răng | 1) Có khả năng gia công<br>2) Chịu được mài mòn | HPM2<br>HPM7<br>HPM1<br>FDAC<br>HPM31  | PX5<br>NAK55<br>DH2F<br>PD613 | HOLDAX<br>IMPAX<br>RIGOR |



|  |   |                                |   |  |   |   |  |
|--|---|--------------------------------|---|--|---|---|--|
|  | Sản phẩm có khắc nhận nổi trên bề mặt         | ABS                            | 1) Panels<br>2) Các chi tiết bên trong<br>3) Vỏ ngoài cùng              | Có khả năng gia công nhận nổi            | CENA1                                   | NAK80   | IMPAX  |
|  | Sản phẩm trong suốt                           | PMMA (Acrylic)<br>PS           | 1) Vỏ đài cassette<br>2) Vỏ hộp đựng hóa mỹ phẩm                        | Có khả năng đánh bóng                    | HPM38<br>CENA1                          | S-STAR<br>NAK80                               | STAVAX<br>IMPAX                                |
| Sợi thủy tinh / các chất nhựa có khả năng tăng độ cứng | Nhựa nhiệt dẻo (Thermoplastic)                | PC<br>PA (Nylon)<br>ABS<br>AS  | 1) Chi tiết điện tử<br>2) Vỏ máy ảnh<br>3) Bàn phím<br>4) Đài cassettes | Có khả năng chịu mài mòn rất cao         | HPM1<br>FDAC<br>HPM31                   | NAK55<br>DH2F<br>PD613<br>(Phải xử lý bề mặt) | IMPAX<br>RIGOR<br>ELMAX<br>(Phải xử lý bề mặt) |
|  | Nhựa phân ứng nhiệt (Thermosetting)           | Phenol<br>Epoxy<br>PE          | 1) Bánh răng<br>2) Cầu chì<br>3) Các loại IC<br>4) Transistors          |  | HPM31<br>DAC<br>HAP10<br>HAP40<br>HAP72 | PD613<br>DHA1<br>DEX20<br>DEX40<br>DEX80      | RIGOR<br>ORVAR<br>ASP-23<br>ASP-30<br>ASP-60   |
|  | PVC   | Vinyl chloride                 | 1) Điện thoại<br>2) Ống nước<br>3) Hộp đựng                             | Có khả năng chống ăn mòn                 | PSL                                     | NAK101  | STAVAX   |
|  | Sản phẩm của khuôn yêu cầu có độ bóng cực cao | PMMA (Acrylic)<br>PC           | 1) Ống kính quang học<br>2) Đĩa quang                                   | 1) Có khả năng đánh bóng<br>2) Chống bụi | HPM38S<br>HPM38<br>YAG                  | S-STAR<br>MASIC                               | STAVAX   |
|  | Nam châm nhựa                                 | Chất dẻo có thành phần từ tính | Nam châm  | 1) Phi từ tính<br>2) Có độ cứng rất cao  | HPM75                                   | —   | —  |

## 5.2 Tham khảo một số loại thép chế tạo khuôn nhựa

Để chế tạo bộ khuôn có giá rẻ thường sử dụng thép CT3 hoặc C45. Bộ khuôn có giá trung bình thường chọn thép 1055 (C50, C55), bộ khuôn chất lượng cao dùng thép 2083, STAVAX, SKD.

### 5.2.1 Thép 1055

|               |                               |         |         |         |
|---------------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Thành phần(%) | C(0,55)                       | Si(0,2) | Mn(0,9) | S(0,04) |
| Tiêu chuẩn    | AISI 1055, JIS S55C, DIN CM55 |         |         |         |
| Độ cứng       | Khoảng 210 – 235 HB           |         |         |         |
| Độ bền kéo    | 700 N/mm <sup>2</sup>         |         |         |         |

*Bảng 5.2.1.1. Thông số thép 1055*

### a) Đặc điểm thép 1055

1055 là loại thép dễ dàng gia công với các đặc tính sau: Cấu trúc hạt mịn, độ bền cơ học tốt, có khả năng chống mài mòn và gia công tiện, phay tốt.

### b) Ứng dụng của thép 1055

Thép 1055 được dùng làm vỏ khuôn nhựa, chi tiết máy, dụng cụ máy nông nghiệp hoặc các chi tiết có kết cấu đơn giản.

Thép 1055 sau khi xử lý nhiệt (tôi, ram) có thể đạt độ cứng 42 – 57 HRC.

### 5.2.2 Thép 2311 (thép chế tạo khuôn đã xử lý nhiệt)

|               |  |         |         |         |         |            |
|---------------|--|---------|---------|---------|---------|------------|
| Thành phần(%) | C(0,4)   | Si(0,3) | Mn(1,5) | Cr(1,9) | Mo(0,2) | S(< 0,005) |
| Tiêu chuẩn    | AISI P20, JIS HPM-22, 718 Werkstoff 2311, 40CrMnMo86 |         |         |         |         |            |
| Độ cứng       | Đã tôi và ram đạt 28 – 34 HRC                        |         |         |         |         |            |
| Độ bền kéo    | 1140 N/mm <sup>2</sup>                               |         |         |         |         |            |

*Bảng 5.2.2.1. Thông số thép 2311*

### a) Đặc điểm thép 2311

2311 là thép hợp kim Crom-Molybden đã được tôi và ram chân không khử khí với các đặc tính sau: Khả năng cắt gọt rất tốt, độ cứng đồng nhất, hàm lượng lưu huỳnh thấp, cấu trúc đồng nhất và tinh khiết. Khả năng đánh bóng, EDM và quang hoá cao.

### b) Ứng dụng của thép 2311

Thép 2311 được ứng dụng để làm khuôn ép phun, khuôn thổi, khuôn định hình, khuôn ép nén Melamine, làm chi tiết máy, trục, khuôn đúc áp lực cho hợp kim thiếc, chì, kẽm.

Thép 2311 đã được tôi và ram sẵn khi cung cấp nhưng cũng có thể nhiệt luyện hoặc thấm than để đạt độ cứng cao đến 51 HRC.

### 5.2.3 Thép 2083(thép không gỉ chế tạo khuôn)

|               |                                  |         |          |          |            |
|---------------|----------------------------------|---------|----------|----------|------------|
| Thành phần(%) | C(0,35)                          | Si(0,5) | Mn(0,45) | Cr(13,0) | S(< 0,005) |
| Tiêu chuẩn    | AISI 420, SF 420, HPM-38, Stavax |         |          |          |            |
| Độ cứng       | Đã tôi và ram đạt 28 – 34 HRC    |         |          |          |            |

*Bảng 5.2.3.1. Thông số thép 2083*

### a) Đặc điểm thép 2083

2083 là thép hợp kim Crôm không gỉ đã được tôi và ram sẵn với các đặc tính sau: Khả năng chống gỉ cao, đánh bóng tốt, chống mài mòn cao, dễ gia công.

### b) Ứng dụng

- Khuôn ép nhựa có tính chất ăn mòn như PVC, Acetates.
- Khuôn ép phun chịu mài mòn và nhựa nhiệt rắn.
- Khuôn cho các sản phẩm quang học như mắt kính, camera, bình chứa thực phẩm.
- Khuôn thổi nhựa PVC, PET.

Có thể xử lý nhiệt (tôi, ram) thép 2083 để đạt độ cứng 56 HRC.

### 5.2.4 Thép NAK 80(thép chế tạo khuôn đã xử lý nhiệt)

|               |          |         |         |         |         |         |         |
|---------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Thành phần(%) | C(0,15)  | Si(0,3) | Mn(1,5) | Ni(3,0) | Mo(0,3) | Cu(1,0) | Al(1,0) |
| Tiêu chuẩn    | AISI P21 |         |         |         |         |         |         |

*Bảng 5.2.4.1. Thông số thép NAK 80*

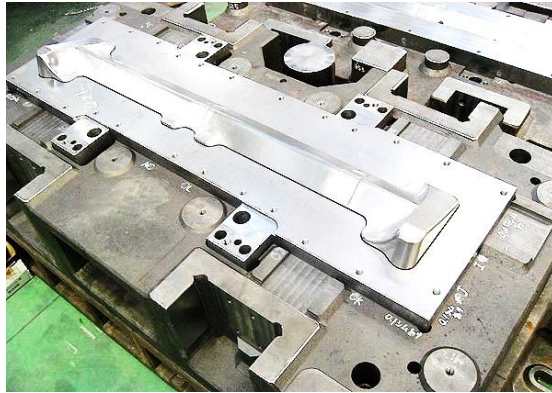
Thép chế tạo khuôn đã xử lý nhiệt NAK 80 có độ cứng 40 HRC.

### a) Ứng dụng thép NAK 80

Làm những khuôn nhựa yêu cầu cao, khuôn cho những sản phẩm trong suốt.



*Hình 5.2.4.1. Khuôn làm bằng thép NAK 80*



**Hình 5.2.4.2.** Khuôn NAK 80 kênh dẫn nóng (hot runner)

### 5.2.5 Thép SKD11 (thép gia công dập nguội)

|                        |                     |       |       |       |       |        |       |     |     |     |
|------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----|-----|-----|
| Thành phần (%)         | C                   | Si    | M     | Ni    | C     | M      | W     | V   | Cu  | P   |
|                        | 1.4-1.6             | .4max | .6max | .5max | 11-13 | .8-1.2 | .2-.5 | ≤25 | ≤25 | ≤03 |
| Tiêu chuẩn tương đương | AISI D2, DIN 1.2379 |       |       |       |       |        |       |     |     |     |
| Độ cứng                | ≥ 720 HB            |       |       |       |       |        |       |     |     |     |

**Bảng 5.2.5.1.** Thông số thép SKD11

Thép công cụ dùng làm khuôn dập nguội, dập cán - kéo - cắt - chấn kim loại và làm trục cán, công cụ - chi tiết đột dập (Punch, Cutter, Shear Blade, Roll, Blanking Die,...).



**Hình 5.2.5.1.** Khuôn dập nguội

### 5.2.6 Thép SKD61 (Thép chế tạo khuôn dập nóng)

| Thành phần(%)          | C                    | Si     | Mn    | Cr        | Mo        |
|------------------------|----------------------|--------|-------|-----------|-----------|
|                        | 0.4 - 0.5            | ≤ 0.35 | ≤ 1.0 | 1.0 - 1.5 | 0.2 - 0.4 |
| Tiêu chuẩn tương đương | AISI H13, DIN 1.2344 |        |       |           |           |

#### *Bảng 5.2.6.1. Thông số thép SKD 61*

Thép công cụ dùng để làm khuôn Đúc nóng, khuôn rèn - dập thể tích, khuôn đúc kim loại thao tác nhiệt.



*Hình 5.2.6.1. Khuôn đúc nóng*

### 5.2.7 Nhôm

Nhôm là một kim loại mềm, nhẹ, màu xám bạc ánh kim mờ, vì có một lớp mỏng ôxi hóa tạo thành rất nhanh khi nó để ngoài không khí. Là vật liệu rất dẻo (chỉ sau vàng), dễ uốn (đứng thứ sáu) và dễ dàng gia công trên máy móc hay đúc. Nhôm có khả năng chống ăn mòn và bền vững do lớp ôxít bảo vệ. Vật liệu này cũng không nhiễm từ và không cháy khi để ở ngoài không khí ở điều kiện thông thường.

Hợp kim nhôm nhẹ và bền. Hợp kim nhôm là một trong số rất ít các kim loại có thể đúc được bằng nhiều phương pháp như đúc áp lực, đúc khuôn kim loại, đúc khuôn cát (khuôn cát khô và khuôn cát tươi), khuôn thạch cao, đúc mẫu chảy, đúc liên tục. Một số phương pháp đúc tiên tiến mới, như đúc mẫu chảy cũng có thể áp dụng.

Trong ngành công nghiệp nhựa, nhôm dùng để làm khuôn thổi vì tản nhiệt nhanh.



*Hình 5.2.7.1. Khuôn thổi*

**a) Nhôm 6061**

| Si      | Fe  | Cu       | Mn   | Mg      | Cr        | Zn   | V | Ti   |
|---------|-----|----------|------|---------|-----------|------|---|------|
| 0.4-0.8 | 0.7 | 0.15-0.4 | 0.15 | 0.8-1.2 | 0.04-0.35 | 0.25 | - | 0.15 |

*Bảng 5.2.7.1. Thành phần nhôm 6061*

Nhôm 6061 là dòng hợp kim nhôm, đây là sự kết hợp giữa nhôm với magnesium (khoảng 1% tính theo trọng lượng) và silicon (khoảng 0.5% tính theo trọng lượng), đôi khi còn pha trộn với một loạt các vật liệu khác như sắt, đồng, crom, kẽm, mangan và titan. 6061 là một hợp kim mạnh mẽ, cứng cáp, dễ dàng hàn nôi, thường được sử dụng làm khung (sườn) xe đạp (cũng như máy bay, tàu thuyền và nhiều loại nữa).

**b) Nhôm 7005**

| Si   | Fe  | Cu  | Mn      | Mg      | Cr       | Zn      | Zr       | Ti        |
|------|-----|-----|---------|---------|----------|---------|----------|-----------|
| 0.35 | 0.4 | 0.1 | 0.2-0.7 | 1.0-1.8 | 0.06-0.2 | 4.0-5.0 | 0.08-0.2 | 0.01-0.06 |

*Bảng 5.2.7.2. Thành phần nhôm 7005*

Nhôm 7005 là dòng hợp kim nhôm, đây là sự kết hợp giữa nhôm với kẽm (khoảng 4,5% tính theo trọng lượng), đôi khi còn pha trộn với một loạt các vật liệu khác như silic, magiê, sắt, đồng, crom, mangan và titan.

Hợp kim nhôm 7005 cứng hơn nhôm 6061 khoảng 10% nhưng lại giòn hơn một chút, hợp kim nhôm 7005 không giống như 6061, nó không yêu cầu phải qua xử lý nhiệt với nhiều tốn kém về tiền của để có đủ cứng, nhưng bù lại dùng 7005 phải tăng cường bề dày để gia cố độ cứng, điều này lý giải việc dùng hợp kim nhôm 7005 không qua xử lý nhiệt thì giá thành thấp nhưng trọng lượng thì tăng lên (nặng).

## 5.3 CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO KHUÔN

### 5.3.1 Giới thiệu về quy trình chế tạo khuôn

Thông thường trong các nhà máy, phân xưởng sản xuất khuôn thường thực hiện công việc gia công khuôn theo các bước sau:

- Nhận các chi tiết tiêu chuẩn, thép đúc, lên các kế hoạch và lập sơ đồ sản xuất.
- Tạo mẫu và kiểm tra.
- Thiết kế và tạo dữ liệu gia công CAD/CAM.
- Gia công các bề mặt, chi tiết có hình dáng đơn giản bằng các phương pháp gia công tạo hình 2D.
- Lắp ráp tấm khuôn lại với nhau thành khối.
- Gia công các bề mặt phức tạp bằng các phương pháp gia công tạo hình 3D.
- Đánh bóng các chi tiết của khuôn.
- Kiểm tra và thử nghiệm khuôn.
- Hoàn tất khuôn, chế tạo các bộ phận hỗ trợ cho việc vận chuyển khuôn.
- Tạo các thông tin phản hồi, lập hồ sơ và các danh sách khuôn.
- Đóng kiện và giao khuôn.

Với các loại khuôn lớn và có hình dáng phức tạp thì cần phải lập kế hoạch gia công, việc lập các quy trình công nghệ và chọn dụng cụ để gia công là một công việc rất quan trọng. Trong nhiều trường hợp, việc lựa chọn các thông số công nghệ cần phải trao đổi với những người có kinh nghiệm thì kết quả nhận được sẽ tốt hơn.

Trong xu hướng cạnh tranh thị trường như ngày nay, các nhà sản xuất khuôn cần phải đầu tư các công nghệ gia công khuôn hiện đại.

Việc áp dụng các hệ thống CAD/CAM-CNC trong lĩnh vực chế tạo khuôn là giải pháp tốt hơn vì:

- Thời gian gia công giảm.
- Tăng chất lượng khuôn về hình dáng và độ bóng.
- Giảm thời gian đánh bóng thủ công và thử nghiệm.

### 5.3.2 Quy trình thiết kế chế tạo khuôn ép phun

Nhìn chung các phương pháp thiết kế và chế tạo khuôn ép phun luôn tuân theo một hướng chung nhất định. Đó là đi qua các bước thiết

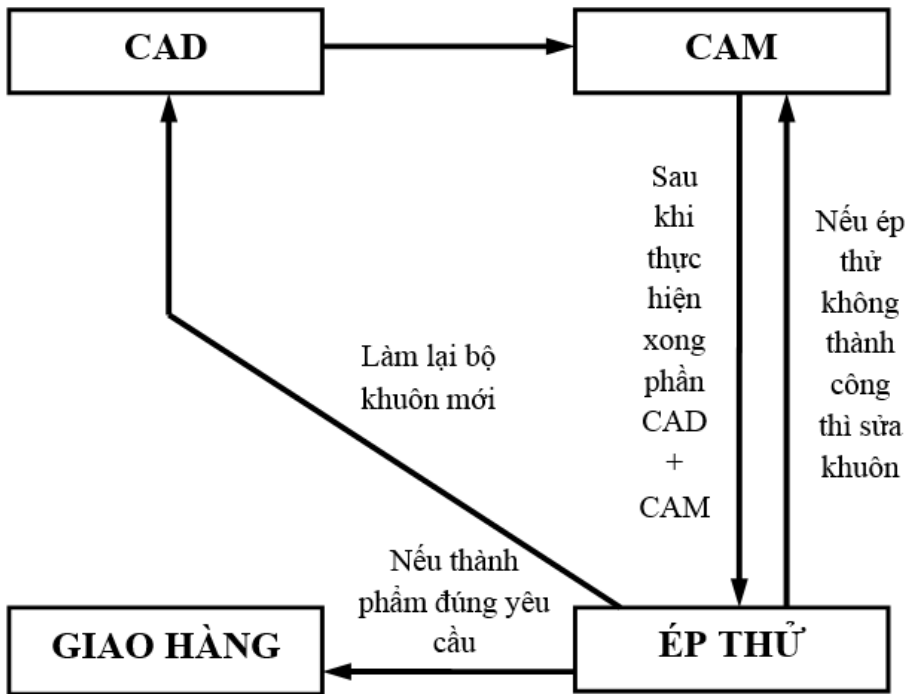
kế, thử nghiệm, gia công thử sản phẩm, gia công chính thức và sau đó là giao hàng.

Nhưng theo từng thời kì, từng giai đoạn mà công nghệ khoa học khác nhau. Càng về sau thì công nghệ càng hiện đại. Sản phẩm càng đạt được độ chính xác và thẩm mỹ cao hơn. Đồng thời, phế phẩm cũng ít hơn và mang lại lợi nhuận cao hơn cho các doanh nghiệp.

Thiết kế và chế tạo khuôn ép phun được biết đến với 2 phương pháp:

- Phương pháp cổ điển: CAD – CAM – CNC – GIAO HÀNG.
- Phương pháp hiện đại: CAD – CAE – CAM – CNC – GIAO HÀNG.

### 1 - Quy trình thiết kế và chế tạo khuôn ép phun truyền thống



#### Sơ đồ 5.3.2.1. Quy trình chế tạo khuôn truyền thống

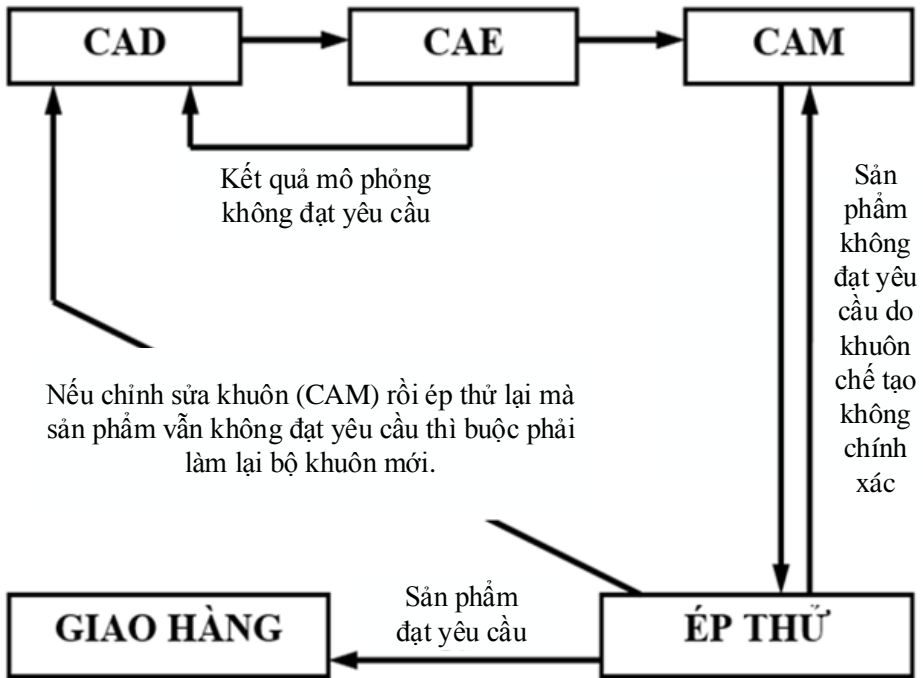
Ở phương pháp này, sau khi thiết kế bằng CAD (thiết kế sản phẩm rồi thiết kế khuôn), khuôn sẽ được chế tạo thử và được đem đi ép thử. Nếu khuôn thử đạt yêu cầu thì sẽ đem đi sản xuất sản phẩm hàng loạt. Nếu khuôn thử không đạt yêu cầu thì sẽ được kiểm tra lại ở bước gia công khuôn (sửa khuôn); sau đó, ép thử lại khuôn, nếu sản phẩm ép ra vẫn không đạt yêu cầu thì phải bỏ bộ khuôn đó và thực hiện lại từ đầu (thiết kế bao gồm thiết kế sản phẩm và thiết kế khuôn).



Quy trình thiết kế khuôn ép phun kiểu truyền thống là quy trình chủ yếu dựa vào kinh nghiệm đúc kết sẵn có từ quá trình thiết kế từ trước tới giờ (hoặc là thử và sai) vì thế nên tỉ lệ hư hỏng là khá cao và tốn nhiều thời gian và chi phí.

## 2 - Quy trình thiết kế và chế tạo khuôn ép phun hiện đại

Phương pháp này chính là sự cải tiến của phương pháp cổ điển dựa trên sự phát triển của công nghệ thông tin. Quy trình này giảm đáng kể những hao phí và sai sót trong thiết kế và chế tạo, nhờ vào phần mềm hỗ trợ CAE.



### Sơ đồ 5.3.2.2. Quy trình chế tạo khuôn hiện đại

Phương pháp hiện đại có đôi chút khác so với phương pháp cổ điển. Cả hai phương pháp đều là thiết kế trên máy tính, nhưng ở phương pháp cổ điển sẽ đem đi gia công và ép thử sau khi thiết kế. Ở quy trình hiện đại, sẽ mô phỏng và kiểm tra bằng CAE trên máy tính. Nếu kết quả tốt thì sẽ chế tạo khuôn và nếu không tốt thì sẽ kiểm tra và thiết kế lại.

Sau khi chế tạo khuôn xong, quy trình giống như phương pháp cổ điển.

Trong quy trình thiết kế khuôn hiện đại, tỉ lệ hư hỏng được giảm xuống rất nhiều vì khi chế tạo khuôn, không còn dựa vào kinh nghiệm mà mọi thông số kỹ thuật đều được tính toán và mô phỏng trước thông qua phần mềm nên chi phí hao phí là rất thấp.

## ❖ **Nhiệm vụ của các bước trong quy trình**

### **1. CAD**

#### ➤ **Thiết kế sản phẩm**

Sản phẩm thiết kế có thể là do khách hàng đưa đến hoặc tự thiết kế, CAD dùng để thực hiện các công việc sau:

- Thiết kế biên dạng, hình dáng hình học của sản phẩm bằng các mô phỏng 3D.

- Phân tích kỹ thuật của sản phẩm, chi tiết, (điều kiện góc bo, góc thoát khuôn, bề dày...).

- Xuất bản vẽ kỹ thuật.

#### ➤ **Thiết kế bộ khuôn**

- Công việc, các số liệu đặt hàng: Thiết kế từng phần, số lượng, vật liệu sản phẩm.

- Số liệu về máy phun nhựa: Áp lực phun, lực kẹp, dung tích nhựa, kích thước các tấm giá.

- Loại khuôn.

- Độ co rút: Xác định tính chất vật liệu, độ dày thành.

- Vật liệu khuôn: Loại vật liệu của từng chi tiết, độ cứng.

- Lòng khuôn và phần lõi (khuôn âm - dương): Liên khối hoặc lắp ghép.

- Bố trí các lòng khuôn: Số lòng khuôn, sự bố trí, vị trí.

- Tiết diện của kênh dẫn: Tròn, bán nguyệt, hình thang, kênh dẫn nhựa nóng.

- Hệ thống miệng phun: Màng, vòng, đường phun, chốt tàu ngầm, định vị miệng phun...

- Hệ thống tháo khuôn: Chốt đẩy, tấm đẩy, vòng đẩy.

- Dẫn hướng và định tâm: Định vị bằng côn, trụ dẫn, chốt vòng định vị.

- Thiết kế và bố trí hệ thống thoát khí.

- Xuất bản vẽ hoặc file thiết kế.

### **2. CAE**

CAE (Computer Aided Engineering) là sử dụng phần mềm máy tính để mô phỏng và thử nghiệm tính công nghệ và đặc tính sản phẩm sau khi thiết kế. CAE mang lại nhiều lợi ích cho việc gia công và sản xuất sau này. CAE cho phép người thiết kế và chế tạo khuôn rút ngắn được thời gian thiết kế cũng như chi phí trong việc sản xuất khuôn.

## CAE với những công việc như sau:

- Phân tích dòng chảy của nhựa lỏng (quá trình điền đầy của nhựa vào lòng khuôn).
- Phân tích quá trình đông đặc và định hình sản phẩm trong lòng khuôn.
- Tính toán trạng thái điền đầy và tản nhiệt.
- Biết được những khuyết tật của sản phẩm.

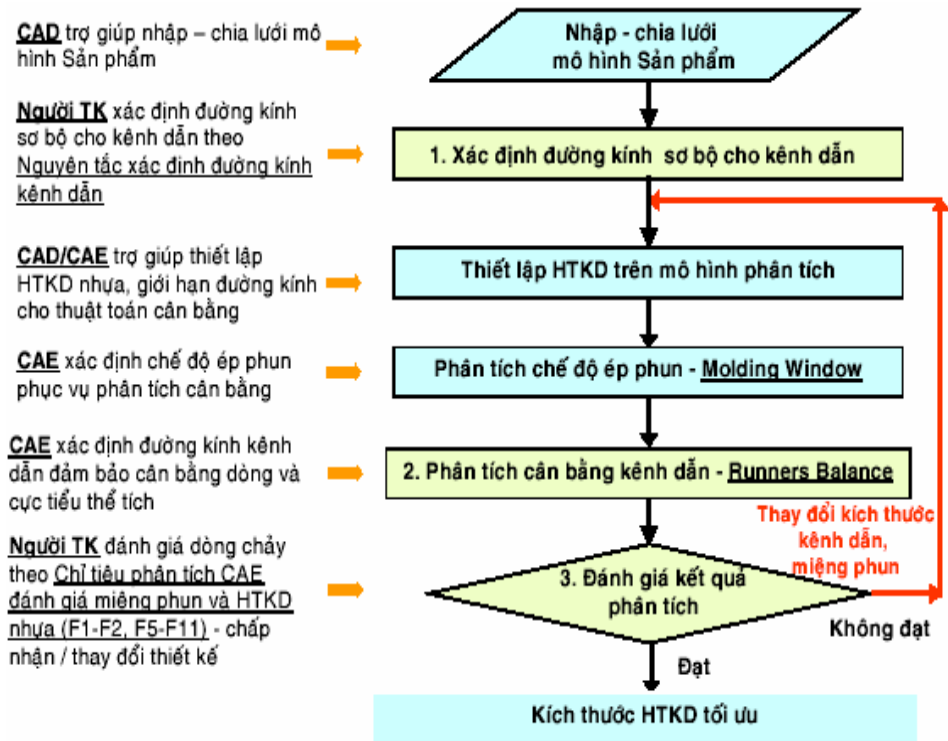
Vì thế, ứng dụng phân tích CAE vào quá trình này để tối ưu hóa việc thiết kế bằng các mô phỏng và tính toán.

## Nhiệm vụ của CAE:

- Tìm vị trí cổng phun (Gate Location) hợp lý

Có thể dùng phần mềm như: Moldflow Plastics Insight. Đây là phần mềm mạnh mẽ và đầy đủ tính năng. Nó cung cấp công cụ tạo và xử lý lưới mạnh mẽ, lựa chọn và mô phỏng hệ thống dẫn nhựa.

- Xác định kênh dẫn



*Sơ đồ 5.3.2.3. Quy trình thiết kế CAD/CAE tối ưu hóa đường kính kênh dẫn*

Phân tích cân bằng kênh dẫn (đi kèm với bước thiết kế hệ thống kênh dẫn): đánh giá sự ảnh hưởng của hệ thống kênh dẫn (dòng chảy) đến quá trình điền đầy lòng khuôn, từ đó có thể thay đổi kích thước thể thống cho hợp lý.

Tính toán phân tích dòng chảy bằng các phần mềm: FLUENT, FLOW-3D, FloWizard, STRAEM, PHOENICS, Pam-Flow, DYNAFLOW, ANSYS CFX, NX.

Sau khi tìm vị trí cổng vào nhựa (gate location), kênh dẫn, hệ thống làm nguội hoàn tất, tiếp tục thiết kế hệ thống thoát khí bằng các phần mềm CAE.

Nhờ vào phân tích CAE các bước thiết kế trên, có thể giảm tối đa hao phí khi chế tạo khuôn cũng như xác xuất hư hỏng sẽ được giảm xuống nhỏ nhất nhờ vào việc phân tích và mô phỏng.

### 3. CAM

CAM là công nghệ sản xuất dưới sự hỗ trợ của máy tính. Quá trình sản xuất chế tạo được quản lý và điều khiển bởi hệ thống máy tính.

CAM làm các nhiệm vụ sau:

- Bước đầu tiên là lập quy trình chế tạo khuôn từ sản phẩm.

#### ❖ Ví dụ về một quy trình công nghệ

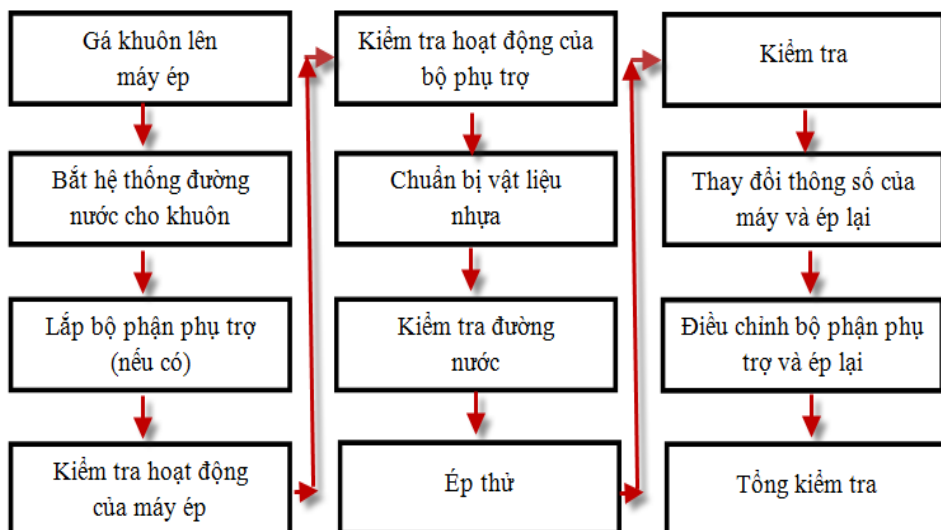
| STT | Chu trình gia công   | Dụng cụ cắt                   | Ghi chú |
|-----|--|-------------------------------|---------|
| 1   | Khoan 4 lỗ bulông , 4 lỗ chốt hời, khoan môi 4 lỗ chốt dẫn | T10 Basic drill<br><b>Ø14</b> | Lỗ suốt |
| 2   | Phay lỗ chốt dẫn hướng                                     | T6 End Mill <b>Ø20</b>        | Lỗ suốt |
| 3   | Phay thô lòng khuôn  | T8End Mill <b>Ø8</b>          | x       |
| 4   | Phay tinh lòng khuôn                                       | T8End Mill <b>Ø8</b>          | x       |
| 5   | Phay tinh các góc lòng khuôn                               | T15 End Mill <b>Ø3</b>        | x       |
| 6   | Phay thô kênh dẫn ngang                                    | T16 Ball Mill <b>Ø6</b>       | x       |
| 7   | Phay tinh kênh dẫn ngang                                   | T17 Ball Mill <b>Ø4</b>       | x       |

|    |                        |                         |         |
|----|------------------------|-------------------------|---------|
| 8  | Phay thô kênh dẫn dọc  | T16 Ball Mill Ø6        | x       |
| 9  | Phay tinh kênh dẫn dọc | T17 Ball Mill Ø4        | x       |
| 10 | Phay công vào nhựa     | T18Ball Mill Ø2         | x       |
| 11 | Khoan 5 lỗ ti đẩy      | T19 Basic Drill<br>Ø5.9 | Lỗ suốt |
| 12 | Doa 5 lỗ ti đẩy        | T20 Reaming Ø6          | Lỗ suốt |
| 17 | Khoan đường nước       | T1 Basic drill Ø12      | Lỗ suốt |
| 18 | Khoan bulông vòng      | T10 Basic drill<br>Ø14  | Lỗ bậc  |
| 19 | Taro 4 lỗ bulông       | T12 tapping Ø16         | Lỗ suốt |
| 21 | Taro đường nước        | T14 Tapping Ø14         | Lỗ suốt |
| 22 | Taro bulông vòng       | T12 tapping Ø16         | Lỗ bậc  |

- Phân tích các chi phí trong quá trình chế tạo.
- Từ đó, lựa chọn vật liệu làm khuôn, vật liệu sản phẩm cho hợp lý.
- Lựa chọn loại máy, các thông số cần thiết cho việc ép sản phẩm.
- Gia công khuôn theo quy trình công nghệ sau khi đã thực hiện các bước trên.
- Đánh bóng lòng khuôn, lắp ráp thành bộ khuôn hoàn chỉnh.

#### **4. Ép thử khuôn**

Nhằm đảm bảo khuôn hoạt động tốt và đáp ứng yêu cầu ban đầu của khách hàng. Sau khi thiết kế và chế tạo khuôn xong, tiến hành ép thử sản phẩm, nếu đạt thì cả sản phẩm ép thử và khuôn sẽ được giao cho khách hàng. Quá trình này cần phải làm những công việc sau đây:



*Sơ đồ 5.3.2.4. Quy trình ép thử*

#### **- Gá khuôn lên máy ép**

Sau khi lắp hoàn chỉnh bộ khuôn, lắp bu lông vòng vào khuôn, sử dụng pa lăng để cẩu khuôn lên máy ép. Canh cho bạc cuống phun vừa khít với đầu vòi phun. Cho máy ép ép vào. Sau đó, tháo bu lông vòng ra. Sử dụng đồ gá gá chặt bộ khuôn trên máy.

#### **- Bắt hệ thống đường nước cho khuôn**

Sau khi gá khuôn lên máy, điều khiển máy tách 2 lòng khuôn ra để dễ dàng trong việc lắp ráp đường nước. Lần lượt lắp bu lông đường nước vào. Nên quân băng keo non và bôi keo chống thấm để khi ép nước không bị rỉ. Sau đó, gắn ống nước vào và siết chặt bằng cổ dê.

#### **- Lắp các bộ phận phụ trợ**

Lắp các bộ phận phụ trợ (nếu có) lên khuôn như: Bộ điều khiển hearter hay bộ gia nhiệt nước, cảm biến,...

#### **- Chuẩn bị vật liệu nhựa**

Việc chuẩn bị vật liệu nhựa đã được tính toán trước thông qua CAM, CAE, yêu cầu của người đặt hàng hay tính chất của sản phẩm,...

Bỏ nhựa vào thùng chứa trên máy, sau đó bật công tắc cho máy sấy khô hạt nhựa.

#### **- Kiểm tra đường nước**

Bật hệ thống đường nước cho nước chảy qua khuôn. Nếu nước rỉ ra thì cho dừng lại và khắc phục chỗ rỉ nước đến khi nào nước hết rỉ là đạt yêu cầu.

## **- Ép thử**

Sau khi đã chuẩn bị mọi thứ đạt yêu cầu, bước kế tiếp là ép thử xem máy ép hoạt động tốt không. Ép 2 lòng khuôn lại với nhau phun nhựa vào đợi 15s, lấy sản phẩm ra và kiểm tra xem sản phẩm có đạt yêu cầu không.

## **- Thiết lập lại các thông số ép**

Sau khi ép thử, nếu sản phẩm chưa đạt yêu cầu do thông số ép, tiến hành thiết lập lại các thông số ép cho phù hợp thông qua quá trình mô phỏng CAE và CAM đã tính toán. Sau đó, thực hiện ép lại để kiểm tra sản phẩm dựa vào các yêu cầu của nhà sản xuất và các yêu cầu kỹ thuật của bản vẽ trong quá trình CAD.

- Thay đổi thông số của các bộ phận phụ trợ để đạt được yêu cầu của khách hàng.

- Tổng kiểm tra sản phẩm lần cuối cùng, nếu sản phẩm đã đạt yêu cầu thì giao hàng, nếu không đạt yêu cầu thì thực hiện thiết kế lại sản phẩm.

## **5. Giao Hàng**

Sau khi sản phẩm ép thử đạt chất lượng như ý muốn:

- Giao sản phẩm.
- Giao khuôn.

### **5.3.3 Giới thiệu các công nghệ gia công**

#### **a) Công nghệ gia công truyền thống**

Trong những năm qua, thực sự công nghệ gia công tiên tiến bằng CNC mới chứng tỏ được sự vượt bậc ở lĩnh vực gia công lòng khuôn nhựa có hình dạng phức tạp. Tuy nhiên, với những khuôn có kết cấu đơn giản, khuôn hai tấm, người làm khuôn vẫn có thể sử dụng các phương pháp gia công truyền thống để gia công sao cho phù hợp với điều kiện trang thiết bị của xưởng. Ở quy mô sản xuất vừa và nhỏ, việc áp dụng các biện pháp truyền thống để gia công khuôn là rất phổ biến.

Những phương pháp gia công truyền thống ứng dụng trong gia công khuôn là: tiện, phay, mài, hàn, dập,... được thi hành theo quy trình công nghệ trên các máy vạn năng. Trong từng nguyên công, có thể linh động áp dụng các thủ thuật để gia công nhưng phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đề ra. Nếu có người công nhân có tay nghề giỏi, quy trình công nghệ hợp lý và phù hợp điều kiện xưởng, hoàn toàn có thể chế tạo ra bộ khuôn nhựa, khuôn dập,... đơn giản mà không cần (hoặc ít) dùng đến gia công CNC.

Tuy nhiên, việc dùng các phương pháp gia công cắt gọt truyền thống để gia công khuôn đôi khi phải kết hợp với gia công bằng tia lửa điện (EDM) để gia công một số bề mặt mà khả năng công nghệ của máy vạn năng không hoặc khó làm được. Dĩ nhiên, hiệu quả của gia công theo cách truyền thống cũng không cao nhưng do kết cấu khuôn đơn giản, giá thành sản xuất khuôn có thể ở mức chấp nhận được đối với các cơ sở vừa và nhỏ.

### **b) Công nghệ gia công CAD/CAM – CNC**

Công nghệ gia công truyền thống có điểm yếu là không thể gia công chính xác theo biên dạng được. Ngoài ra, nhiều yếu tố khác như năng suất, chất lượng sản phẩm đã dẫn đến đòi hỏi ứng dụng CAD/CAM-CNC trong gia công khuôn mẫu. Ngày nay, gia công CNC đã trở nên phổ biến và gần như không thể thiếu trong các cơ sở, xưởng sản xuất, chế tạo khuôn. Các công việc mà máy CNC có thể làm được trong gia công khuôn là:

- Gia công chính xác những biên dạng phức tạp, những bề mặt cong của khuôn mà máy vạn năng không làm được.
- Gia công điện cực để ăn mòn khuôn (EDM).

Với khả năng linh hoạt cao về chương trình gia công, các máy CNC đảm nhiệm tốt công đoạn gia công những lòng khuôn khác nhau. Có thể nói, công nghệ gia công CNC đã đem lại thay đổi vượt bậc cho ngành chế tạo khuôn mẫu.

### **c) Gia công khuôn bằng máy điều khiển chương trình số (NC)**

Điều khiển chương trình số là việc cung cấp các tín hiệu điều khiển liên tiếp bằng số và chữ cho một bộ phận điều khiển có thể lập trình được. Thông qua bộ điều khiển này tín hiệu điều khiển số sẽ được biến đổi thành tín hiệu điều khiển các chuyển động của máy gia công.

Đối với máy cắt kim loại thì chương trình sẽ điều khiển dụng cụ cắt chuyển động theo những quỹ đạo đã được xác định trước với tốc độ vòng quay trục chính và lượng chạy dao theo các hướng để gia công chi tiết. Bộ điều khiển chương trình số có thể lập trình để điều khiển các chuyển động của dao cắt, bàn máy, tốc độ quay trục chính, tưới dung dịch trơn nguội, thay dao và các chuyển động khác. Máy gia công có trang bị bộ điều khiển chương trình số gọi là máy điều khiển chương trình số hay còn gọi là máy NC (Numerical Controller).



#### **d) Điều khiển số NC với máy tính (CNC)**

Với việc phát minh ra các vi mạch xử lý, có thể trang bị cho bộ điều khiển một bộ nhớ riêng để ghi nhớ các chương trình điều khiển từ các loại băng và đĩa từ. Bộ điều khiển số có thể nối trực tiếp với máy tính để thực hiện việc truyền và nhận dữ liệu điều khiển. Các loại máy gia công chương trình số có bộ điều khiển như vậy được gọi là máy CNC (Computer Numerical Controller).

Trước khi có máy CNC thì việc tạo và chỉnh sửa dữ liệu điều khiển được thực hiện rất khó khăn và tốn nhiều thời gian. Nhờ có máy tính mà các loại máy CNC được vận hành với sự quản lý dữ liệu dễ dàng hơn, nhanh hơn, đáp ứng được với nhu cầu sản xuất công nghiệp và ngày nay các loại máy CNC được sử dụng rất rộng rãi và phổ biến.

#### **e) Khả năng áp dụng các loại máy NC và máy CNC để gia công các bề mặt**

Các loại máy NC và CNC có khả năng gia công được các loại bề mặt phức tạp một cách dễ dàng mà các loại máy công cụ khó có thể đáp ứng nổi. Muốn gia công một bề mặt nào đó thì chỉ cần mô tả toán học hình dáng của bề mặt đó. Khi công việc mang tính chất lặp đi lặp lại thì ưu điểm của máy CNC được tận dụng tối đa, chỉ cần gọi lại các lệnh, các bề mặt đã được mô tả và lưu trữ sẵn trong máy tính.

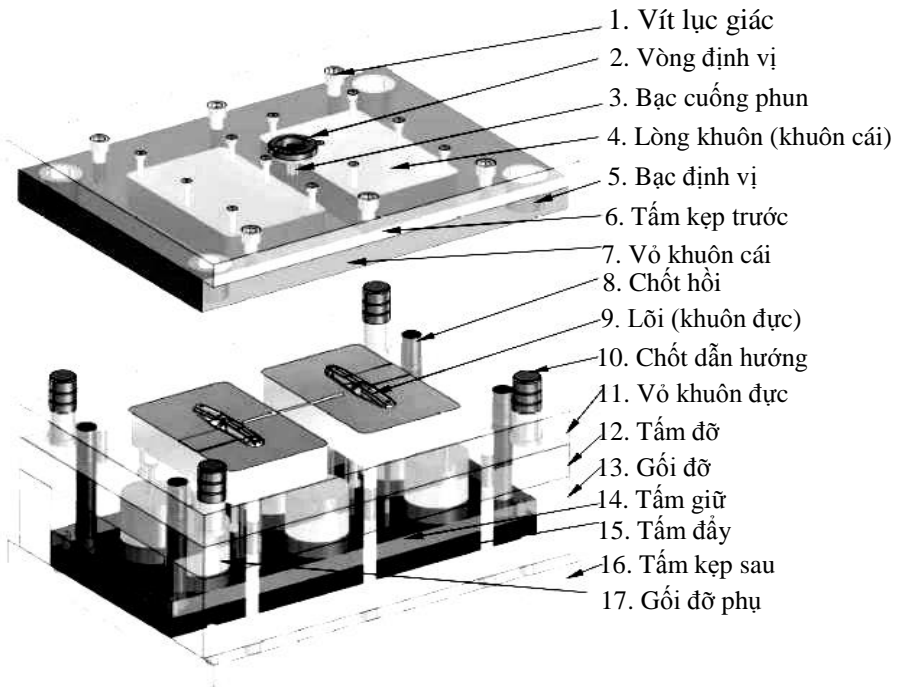
Tuy nhiên hiện nay các loại máy CNC vẫn còn rất đắt giá, và chi phí cho việc lập trình điều khiển cũng cao, đòi hỏi phải có các người lập trình nắm vững chuyên môn. Vì vậy, khi quyết định gia công sản xuất một loại mặt hàng nào đó thì cần phải so sánh lựa chọn các phương pháp gia công sao cho đem lại tính hiệu quả kinh tế cao.

#### **f) Phương pháp ăn mòn điện hóa EDM (Electrical Discharge Machining)**

Phương pháp EDM được phát minh và đưa vào sử dụng khoảng năm 1954, EDM được phát triển rất mạnh trong việc tạo hình các loại khuôn phức tạp và chúng được sử dụng rất rộng rãi trong lĩnh vực chế tạo khuôn.

### 5.3.4 Gia công các tấm khuôn

#### a) Các tấm khuôn cơ bản trên bộ khuôn ép nhựa



*Hình 5.3.4.1. Mô hình 3D khuôn 2 tấm*

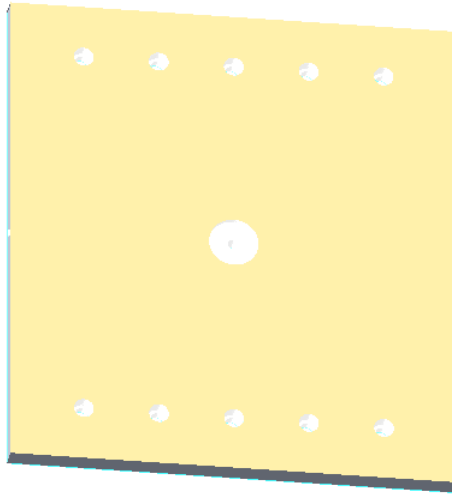
| STT | Các Tấm khuôn   | Các Lỗ  |
|-----|-----------------|---|
| 1   | Tấm kẹp trên    | Lỗ bắt bu lông<br>Lỗ lắp vòng định vị<br>Lỗ lắp bạc cuống phun                  |
| 2   | Tấm khuôn âm    | Lỗ lắp bạc dẫn hướng<br>Lỗ kênh dẫn nước<br>Lỗ bu lông                          |
| 3   | Tấm khuôn dương | Lỗ lắp chốt dẫn hướng<br>Lỗ lắp bu lông vòng<br>Lỗ chốt hời<br>Lỗ kênh dẫn nước |
| 4   | Tấm khuôn đỡ    | Lỗ chốt hời   |

|   |              |                            |
|---|--------------|----------------------------|
| 5 | Tấm gói đỡ   | Lỗ bu lông lục giác        |
| 6 | Tấm đáy      | Lỗ chốt hồi<br>Lỗ chốt đáy |
| 7 | Tấm kẹp dưới | Lỗ bắt bulông lục giác     |

**Bảng 5.3.4.1.** Các lỗ cần gia công trên các tấm khuôn

**b) Gia công các tấm khuôn**

**1 - Tấm kẹp trên**



**Hình 5.3.4.2.** Các lỗ gia công trên tấm kẹp trên

**a) Lỗ xỏ bulông**

1. Mục đích: Để xỏ bulông qua.

2. Yêu cầu:

- Dung sai vị trí lỗ: Cần chính xác hay độ đồng tâm với lỗ ren vỏ tấm khuôn cái phải cao.

- Dung sai về kích thước đường kính: Không cần cao vì không tham gia lắp ráp. Nhưng cần đảm bảo lớn hơn đường kính bulông, để dễ dàng tháo lắp bulông.

- Ví dụ: Chọn bulông  $\varnothing 10$  (mm) chọn cấp chính xác của lỗ là 15 miền phân bố dung sai  $D >$  đường kính thực của lỗ từ  $10.04 > 10.62$  (mm).

3. Phương pháp gia công: Khoan.

## **b) Lỗ lắp vòng định vị**

1. Mục đích: Lắp vòng định vị.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí lỗ: Độ đồng tâm lỗ bạc công phun cao.

- Dung sai về kích thước: Để khi lắp vòng định vị vào không quá chặt hoặc quá lỏng. Và khi lắp phải đảm bảo độ dôi để vòng định vị được lắp vào chắc chắn. Nhưng tránh độ dôi quá lớn làm hư vòng định vị.

- Ví dụ: Chọn vòng định vị  $\varnothing 40$  (mm) chọn cấp chính xác của lỗ là cấp 5 miền phân bố dung sai P, suy ra đường kính thực của lỗ là  $39.979 \div 39.985$  (mm)

- Phương pháp gia công: Phay thô + phay tinh.

## **c) Lỗ lắp bạc công phun**

Tương tự như lỗ lắp vòng định vị.

## **d) Yêu cầu đối với tấm kẹp trên**

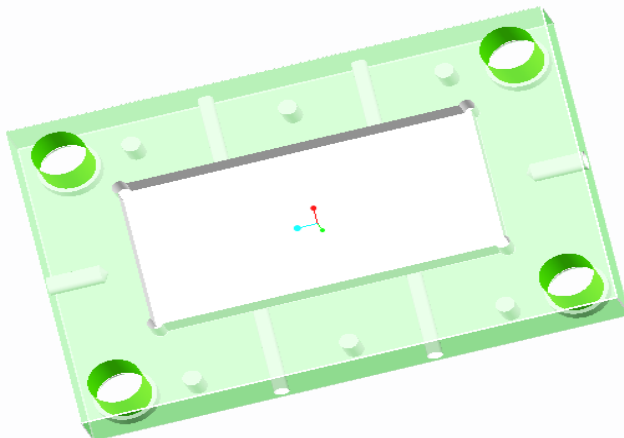
- Đối với 2 mặt mặt trên và mặt đáy (mặt làm việc) đòi hỏi độ bóng phải cao. Và độ song song của 2 mặt với nhau, độ song song của mặt dưới và mặt trên của khuôn cái phải cao. Để lúc lắp ghép không bị hở.

- Phương pháp gia công: Phay thô + phay tinh.

- Đối với 4 mặt bên không ảnh hưởng lắp ghép, nên độ bóng và độ song song không cần cao.

- Phương pháp gia công: Phay thô.

## **2 - Vỏ khuôn cái**



**Hình 5.3.4.3.** Các lỗ cần gia công trên tấm khuôn cái

### **a) Lỗ lắp bạc dẫn hướng**

1. Mục đích: Lắp bạc dẫn hướng.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí: Độ đồng tâm so với lỗ lắp chốt dẫn hướng cao.

- Dung sai kích thước: Cao để khi lắp bạc dẫn hướng vào không quá chặt hoặc quá lỏng. Và khi lắp phải đảm bảo độ dôi để bạc dẫn hướng được lắp vào chắc chắn. Nhưng tránh độ dôi quá lớn làm hư bạc dẫn hướng.

- Ví dụ: Chọn bạc dẫn hướng Ø30 (mm) cấp chính xác 5 miền phân bố dung sai P, suy ra kích thước thật của lỗ là  $29.967 \div 29.978$ .

3. Phương pháp gia công: Khoan + doa.

### **b) Lỗ ren lắp bulông**

1. Mục đích: lắp bulông để giữ tấm kẹp trên và tấm vỏ khuôn cái lại với nhau

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí cao để khi lắp tấm kẹp với vỏ khuôn trên lại chính xác, không bị lệch. Vít vặn vào dễ dàng.

- Dung sai đường kính tra theo tiêu chuẩn bảng ren.

- Ví dụ: M10 thì sẽ khoan Ø8.5 và dùng taro M10 bước ren 1.5.

3. Phương pháp gia công: Khoan mũi + khoan + taro.

### **c) Đường dẫn nước làm nguội**

1. Mục đích: Dẫn dung dịch làm nguội.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí thấp.

- Dung sai đường kính thấp.

- Phương pháp gia công đặc biệt.

### **d) Lỗ lắp bulông vòng (móc cầu)**

1. Mục đích: Lắp móc.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí thấp.

- Dung sai đường kính tra theo bảng tiêu chuẩn ren.

- Ví dụ: M16 thì khoan lỗ Ø14 bước ren 2. Dùng mũi taro M16.

3. Phương pháp gia công: Khoan + taro.

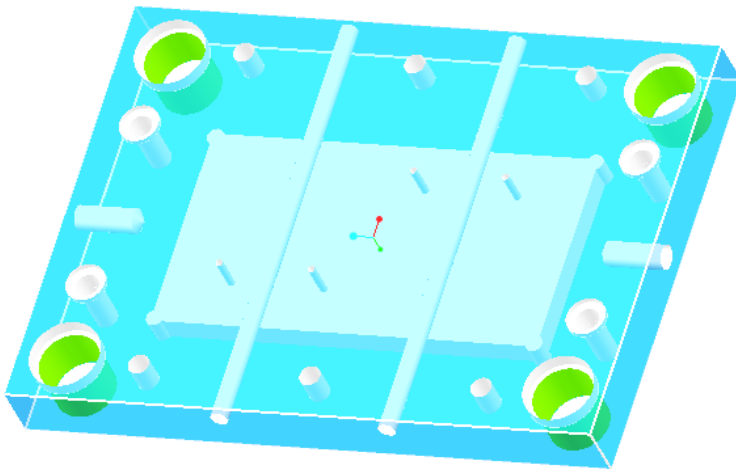
### e) Yêu cầu đối với tấm vỏ khuôn cái

- Tương tự tấm kẹp trên. Nhưng độ bóng và độ song song của mặt tiếp xúc với tấm vỏ khuôn đực phải rất cao. Để quá trình phun ép nhựa không chảy ra ngoài.

- Phương pháp gia công mặt này là: Phay thô + phay tinh + mài + đánh bóng.

- Còn các mặt khác tương tự như tấm kẹp trên.

## 3 - Vỏ tấm khuôn đực



*Hình 5.3.4.4. Các lỗ gia công trên tấm khuôn đực*

### a) Lỗ lắp trục dẫn hướng

Tương tự lỗ lắp bạc dẫn hướng

### b) Lỗ lắp chốt hời

1. Mục đích: Xỏ chốt hời xuyên qua.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí cao, độ đồng tâm cao.

- Dung sai kích thước thấp, độ bóng vừa phải, phải có độ hở để chốt dễ di chuyển.

- Ví dụ: Chốt hời Ø30 chọn cấp chính xác lỗ cấp 10 miền phân bố D, suy ra kích thước thật của lỗ là  $30.08 \div 30.18$  mm.

3. Phương pháp gia công: Khoan + doa

**c) Đường dẫn nước làm nguội**

Tương tự lỗ đường dẫn nước ở tấm vỏ khuôn cái.

**d) Lỗ lắp ty đẩy**

1. Mục đích: Lắp ty đẩy đưa sản phẩm ra ngoài.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí chính xác cao, độ đồng tâm tốt.

- Dung sai kích thước cao, miền dung sai Js đảm bảo độ dôi và độ hở. Vì nếu độ dôi quá lớn ty đẩy dễ bị kẹt. Ngược lại, độ hở lớn nhựa sẽ chạy ra ngoài.

- Ví dụ: Chọn ty đẩy Ø8 cấp chính xác 5 miền dung sai Js. Suy ra, kích thước thật của lỗ ty đẩy từ  $7.997 \div 8.003$

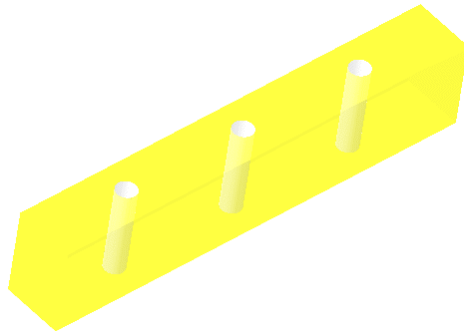
3. Phương pháp gia công: Khoan mũi + khoan + doa.

**e) Lỗ ren lắp bulông:** Tương tự trên tấm vỏ khuôn cái.

**f) Lỗ lắp bulông vòng (móc cầu):** Tương tự trên tấm vỏ khuôn cái

**g) Yêu cầu đối với vỏ khuôn đực:** Tương tự vỏ khuôn cái.

**4 - Gối đỡ**



*Hình 5.3.4.5. Các lỗ gia công trên gối đỡ*

**a) Lỗ xỏ bulông**

1. Mục đích: Để xỏ bulông qua.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí lỗ: Cần chính xác hay độ đồng tâm với lỗ ren vỏ tấm khuôn đực và tấm kẹp dưới phải cao.

- Dung sai về kích thước đường kính: Không cần cao vì không tham gia lắp ráp. Nhưng cần đảm bảo lớn hơn đường kính bulông, để dễ dàng tháo lắp bulông.

- Ví dụ: Chọn bulông Ø10 (mm) chọn cấp chính xác của lỗ là 15 miền phân bố dung sai  $D >$  đường kính thực của lỗ từ  $10.04 \div 10.62$  (mm).

3. Phương pháp gia công: Khoan.

### **b) Yêu cầu đối với gổì đờ**

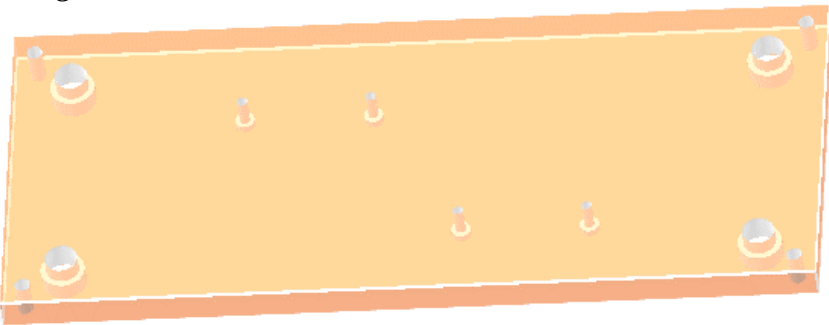
- Đối với 2 mặt tiếp xúc với vỏ khuôn đực và tấm kẹp dưới, đòi hỏi độ song song phải cao, độ bóng tương đối tốt. Như vậy, khi lắp sẽ không bị hở.

- Phương pháp gia công: Phay thô + tinh.

- Đối với 4 mặt xung quanh không sử dụng để lắp ráp nên độ song song và độ bóng không cần cao.

- Phương pháp gia công: Phay thô.

## **5 - Tấm giữ**



*Hình 5.3.4.6 – Các lỗ gia công trên tấm giữ*

### **a) Lỗ lắp chốt hời**

1. Mục đích: Lắp và giữ chốt hời.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí: Cao, độ đồng tâm với lỗ chốt hời trên tấm vỏ khuôn đực cao.

- Dung sai kích thước không cao, độ dôi vừa phải.

- Ví dụ: Chọn chốt hời Ø30 có vai Ø40 chọn cấp chính xác cấp 10 miền phân bố  $N >$  đường kính thực của lỗ vai là  $39.9 \div 40$  đường kính lỗ chốt là  $29.916 \div 30$ .

3. Phương pháp gia công: Khoan.



### **b) Lỗ ren lắp bulông**

1. Mục đích: Lắp bulông để giữ tấm giữ và tấm đẩy lại với nhau.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí cao để khi lắp tấm giữ và tấm đẩy lại chính xác, không bị lệch. Vít vặn vào dễ dàng.

- Dung sai đường kính tra theo tiêu chuẩn bảng ren.

- Ví dụ: M10 thì sẽ khoan  $\text{Ø}8.5$  và dùng taro M10 bước ren 1.5.

3. Phương pháp gia công: Khoan mũi + khoan + taro.

### **c) Lỗ lắp ti đẩy**

1. Mục đích: Lắp và giữ ty đẩy.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí: Cao, độ đồng tâm với lỗ ty đẩy trên tấm vỏ khuôn đực cao.

- Dung sai kích thước không cao, độ dôi vừa phải.

- Ví dụ: Chọn chốt hồi  $\text{Ø}8$  có vai  $\text{Ø}10$  chọn cấp chính xác cấp 10 miền phân bố  $N >$  đường kính thực của lỗ vai là  $9.93 \div 10$  đường kính lỗ chốt là  $7.942 \div 8$ .

3. Phương pháp gia công: Khoan.

### **d) Yêu cầu đối với tấm giữ**

- Yêu cầu về độ song song và độ bóng của mặt tiếp xúc với tấm đẩy cao. Phương pháp gia công: Phay thô + phay tinh.

- Đối với các mặt còn lại yêu cầu tương đối thấp. Phương pháp gia công: Phay thô.

## **6 - Tấm đẩy**



**Hình 5.3.4.7. Các lỗ trên tấm đẩy**

### a) Lỗ xỏ bulông

1. Mục đích: Để xỏ bulông qua.

2. Yêu cầu

- Dung sai vị trí lỗ: Cần chính xác hay độ đồng tâm với lỗ ren tâm giữ phải cao.

- Dung sai về kích thước đường kính: Không cần cao vì không tham gia lắp ráp. Nhưng cần đảm bảo lớn hơn đường kính bulông, để dễ dàng tháo lắp bulông.

- Ví dụ: Chọn bulông  $\varnothing 10$  (mm) chọn cấp chính xác của lỗ là 15 miền phân bố dung sai  $D >$  đường kính thực của lỗ từ  $10.04 \div 10.62$  (mm).

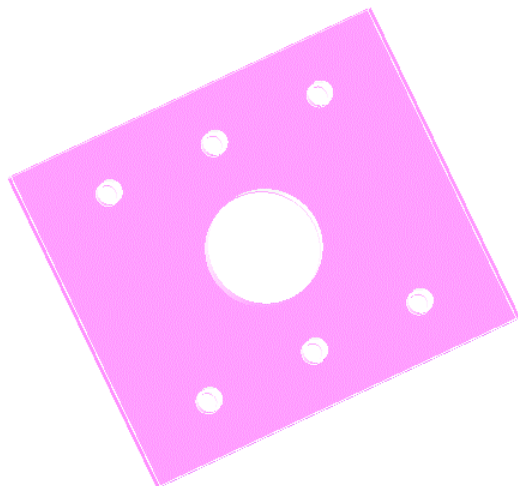
3. Phương pháp gia công: Khoan.

### b) Yêu cầu đối với tâm giữ

- Yêu cầu về độ song song và độ bóng của mặt tiếp xúc với tâm giữ cao. Phương pháp gia công: Phay thô + phay tinh.

- Đối với các mặt còn lại yêu cầu tương đối thấp. Phương pháp gia công: Phay thô.

## 7 - Tâm kẹp dưới



*Hình 5.3.4.8. Các lỗ gia công trên tấm kẹp dưới*

a) **Lỗ xỏ bulông:** Tương tự lỗ xỏ bulông tấm kẹp trên.

b) **Lỗ Piston đẩy của máy ép xuyên qua:** Dung sai tùy ý. Phương pháp gia công: Phay.

c) **Yêu cầu với tấm kẹp dưới:** Tương tự tấm kẹp trên.

## 5.4 ỨNG DỤNG PHẦN MỀM HỖ TRỢ THIẾT KẾ CHẾ TẠO KHUÔN

### 5.4.1 Ứng dụng phần mềm Creo Parametric thiết kế chế tạo khuôn

#### a) Giới thiệu tổng quan

Creo Parametric là một trong những phần mềm CAD/CAM nổi tiếng của công ty Parametric Technology Corporation (PTC). Đây là phần mềm chuyên nghiệp trong lĩnh vực thiết kế và gia công khuôn mẫu.

Creo Parametric là phần mềm quản lý dữ liệu dưới dạng tham số, nhờ đó có thể thay đổi kích thước hình dáng sản phẩm thiết kế nhanh chóng.

Creo Parametric có thể giao tiếp với các phần mềm khác như: AutoCAD, Mechanical Desktop, Moldflow, Visi, ....

Creo Parametric là một phần mềm hoàn toàn được tích hợp. Các chương trình tích hợp lập bản vẽ theo thông số, chẳng hạn như Creo Parametric, chia sẻ dữ liệu với các Module khác. Creo Parametric là một phần mềm ứng dụng cơ bản trong một thanh công cụ mạnh mẽ có thể làm việc trong một số môi trường tích hợp và đồng bộ. Các đối tượng được tạo trong Creo Parametric có thể được chia sẻ trong các trình ứng dụng khác.

Do tính tương quan về tham số của một thành phần nên các thay đổi được thực hiện đối với một đối tượng trong chế độ này sẽ được phản ánh trong các chế độ khác. Ví dụ, một thành phần có thể tạo mô hình trong chế độ PART. Tiếp theo tiến trình tạo mô hình đó, một bản vẽ theo phép chiếu vuông góc có thể được tạo theo chế độ DRAWING, thành phần đó có thể lắp ghép với các thành phần khác trong chế độ ASSEMBLY, khi trong môi trường PART, DRAWING hay ASSEMBLY người dùng có thể thực hiện một thay đổi với một tham số của thành phần đó.

#### *1 - Ưu điểm của phần mềm Creo Parametric*

- Creo Parametric dễ dàng thao tác sử dụng với một giao diện đẹp mắt, mang tính khoa học, hợp lý và thân thiện.

- Creo Parametric có khả năng thiết kế các sản phẩm từ đơn giản cho đến phức tạp.

- Các chi tiết được thiết kế bởi Creo Parametric đều tồn tại dưới dạng các tham số. Vì vậy, dễ dàng thay đổi, chỉnh sửa được, tất cả được liệt kê trong Model Tree hiển thị cùng với màn hình thiết kế chi tiết.

- Creo Parametric hỗ trợ phần Intert Manager giúp lên kích thước tự động, một tính năng rất thông minh không phải phần mềm nào cũng có, đã làm tăng năng suất thiết kế rất nhiều.

- Phần mềm Creo Parametric có khả năng hiển thị chi tiết ở nhiều dạng như dạng khung dây, khối rắn, cho phép tắt mở các nét khuất để dễ dàng quan sát và xử lý chúng.

- Người sử dụng phần mềm Creo Parametric có thể thiết kế chi tiết phức tạp dưới dạng các bề mặt bao quanh chi tiết rồi sau đó có thể tạo phần vật thể khối một cách dễ dàng.

- Đặc biệt, Creo Parametric có thêm các công cụ biến dạng bề mặt chi tiết, có thể thiết kế các chi tiết có hình dạng phức tạp với những thao tác rất đơn giản.

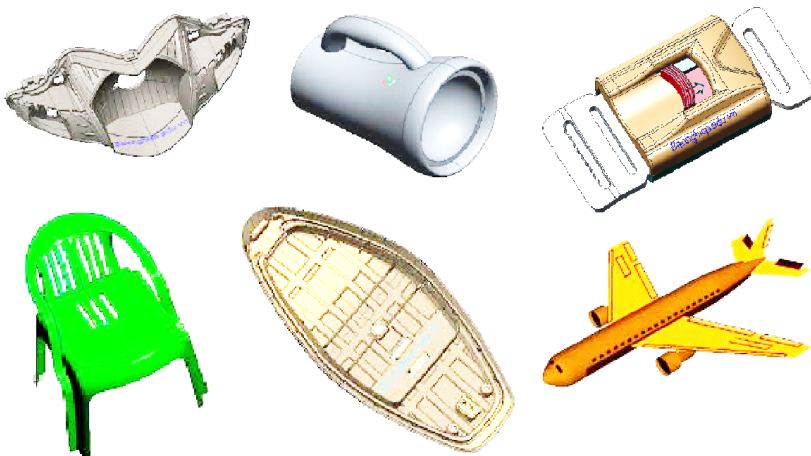
- Phần mềm Creo Parametric có khả năng phân tích, tính toán các yếu tố kỹ thuật của chi tiết và hiển thị rõ ràng cho người sử dụng để quan sát theo dõi.

- Phần mềm Creo Parametric có khả năng mô phỏng quá trình gia công chi tiết trên máy CNC giúp người làm công nghệ có thể quan sát và phòng ngừa trước những sự cố có thể xảy ra khi gia công.

- Phần mềm Creo Parametric có khả năng tạo ra dữ liệu điều khiển quá trình gia công để giao tiếp với máy gia công điều khiển chương trình (CNC) hoặc tạo ra dữ liệu theo định dạng kiểu STL (Stereo Litho Graphy) giao tiếp với các loại máy tạo mẫu nhanh cho ra hình dạng hoặc mô hình thật của sản phẩm.

- Phần mềm Creo Parametric có khả năng tăng tốc độ thiết kế bằng cách cho phép người sử dụng tự tạo cho mình các phím tắt để dễ dàng gọi các lệnh trong quá trình thiết kế.

- Theo không gian 2D và 3D. Ví dụ sau đây là các sản phẩm được thiết kế bởi phần mềm CAD/CAM Creo Parametric.



**Hình 5.4.1.1.** Một số sản phẩm được thiết kế bởi phần mềm Creo Parametric

b) Nội dung và khả năng của phần mềm Creo Parametric

1 - Giới thiệu nội dung các Module: Bao gồm năm Module

a) Modeling - Xây dựng mô hình trong không gian ba chiều

b) Drawing - Tạo bản vẽ từ không gian ba chiều, lên kích thước, yêu cầu kỹ thuật

c) Assembly - Lắp ráp các chi tiết để tạo ra một model hoàn chỉnh

d) Moldesign - Thiết kế khuôn để tạo ra sản phẩm đã được vẽ trong model.

e) Manufacturing - Thiết kế qui trình gia công các chi tiết.

## 5.4.2 Tách khuôn với Creo Parametric

### a) Giới thiệu

Khuôn dùng để tạo phôi hoặc sản phẩm. Một sản phẩm được chế tạo bằng khuôn có thể gọi là phương pháp gia công “không phoi“. Đây là một phương pháp gia công có rất nhiều ưu điểm, đặc biệt là khi số lượng sản phẩm lớn. Thiết kế khuôn, đặc biệt là trong lĩnh vực phun ép nhựa được quan tâm nhiều trong những năm gần đây.

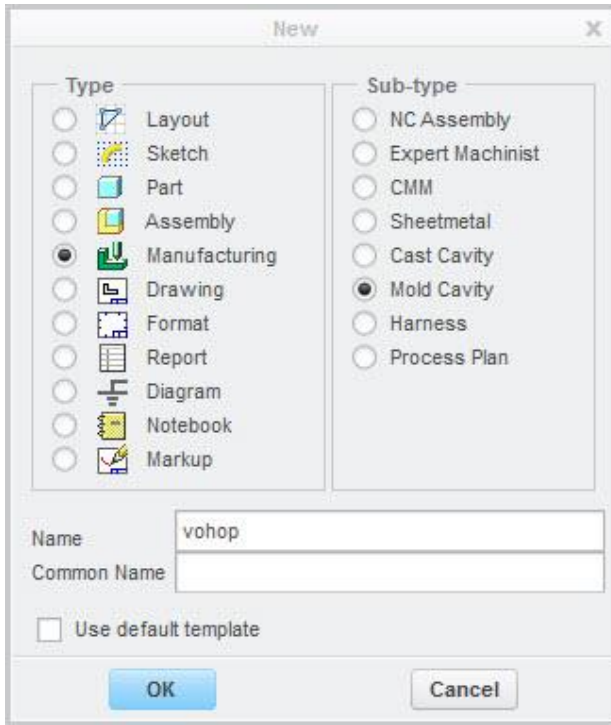
Tới thời điểm này, có thể khẳng định rằng lĩnh vực thiết kế, chế tạo khuôn đã được hỗ trợ tối đa. Thiết kế thì được hỗ trợ bởi các phần mềm CAD/CAE (Pro/E, Catia, Visi...), gia công thì được sự hỗ trợ của máy CNC và các phần mềm CAD/CAM. Đó là điều kiện cần, để giải quyết công việc phải cần thêm một hoặc vài điều kiện nữa. Điều kiện đó chính là sự hiểu biết trong lĩnh vực khuôn và khả năng sử dụng các điều kiện đã có. Để thiết kế, chế tạo khuôn bài bản cần rất nhiều điều kiện hỗ trợ, đặc biệt là khuôn có kết cấu phức tạp. Có thể một người không thể làm từ đầu đến cuối, để làm việc hiệu quả tốt nhất là làm việc theo nhóm. Sản phẩm nhựa rất đa dạng dẫn đến khuôn cũng rất đa dạng.

Khuôn được lắp ghép từ nhiều chi tiết, bộ phận, hệ thống, trong đó có lòng khuôn (bộ phận tạo hình sản phẩm) - được hình thành từ sự lắp ghép của hai hoặc nhiều tấm khuôn. Đây là bộ phận quan trọng của khuôn. Vì vậy, trong khuôn khổ chương trình môn học, vấn đề này được giới thiệu với công cụ hỗ trợ là module Mold Cavity của phần mềm Creo Parametric 1.0.

Thiết kế khuôn là một module quan trọng của Creo Parametric, có khả năng thiết kế hoàn chỉnh một bộ khuôn với các công cụ thiết kế, mô phỏng tính toán, tạo chương trình NC.

Phần mềm Creo cung cấp module Mold Cavity trong Manufacturing để hỗ trợ thiết kế và chế tạo khuôn ép nhựa. Để vào module này thực hiện như sau: File > New > Manufacturing > Mold Cavity > Ok.

Lưu ý: bỏ chọn ở Use default template để không sử dụng template mặc định. Sau đó chọn “mmns\_mfg\_mold” (hệ đơn vị milimet newton second).



*Hình 5.4.2.1. Module Mold Cavity trong Creo*

### **b) Khả năng của module**

- Kiểm tra góc thoát khuôn, bề dày sản phẩm.
- Sửa lỗi hình học sản phẩm với những lệnh cần thiết.
- Tính toán, bù trừ hệ số co rút vật liệu nhựa.
- Tự động tạo phôi.
- Tạo đường phân khuôn và mặt phân khuôn.
- Chia phôi thành lõi, lòng khuôn và các miếng ghép.
- Thêm miệng phun, cổng phun, đường nước và các bộ phận khác của khuôn.
- Ép thử mẫu sản phẩm nhựa.

### **c) Điều kiện để tách khuôn**

- Chi tiết tham chiếu ở dạng 3D.

- Phôi để tạo các tấm khuôn.
- Mặt phân khuôn (đây là điều kiện quan trọng để tách khuôn).
- Hệ số co rút của vật liệu.

#### **d) Các bước thực hiện tách khuôn trong Creo**

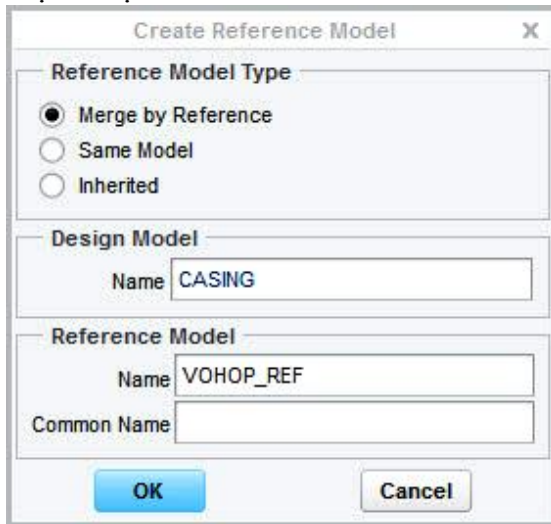
- Tạo mô hình tham chiếu sản phẩm nhựa.
- Hệ số co rút của vật liệu.
- Tạo phôi.
- Tạo mặt phân khuôn.
- Tách khuôn, bao gồm: chia thể tích và trích xuất mô hình \*.part từ thể tích.

#### **e) Ví dụ tách khuôn**

- Bước 1: Tạo mô hình tham chiếu.

Thực hiện như sau: Mold > Reference Model > Chọn mô hình thiết kế để tạo lập mô hình tham chiếu.

Có 3 chọn lựa để tạo mô hình tham chiếu từ mô hình thiết kế:

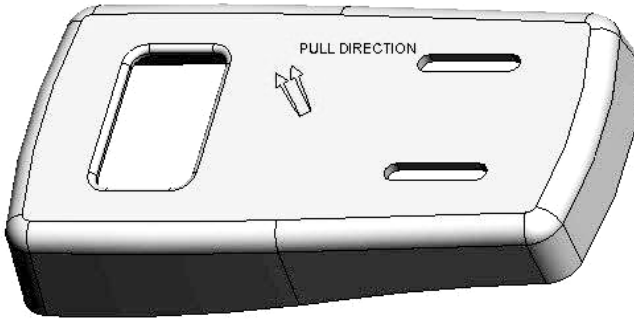


**Hình 5.4.2.2.** Tạo mô hình tham chiếu

- + Merge by Reference: Chỉ sao chép hình học mô hình thiết kế sang mô hình tham chiếu, không sao chép tính năng lệnh. Những thay đổi trong mô hình thiết kế sẽ được cập nhật trong mô hình tham chiếu, và không có chiều ngược lại.
- + Same Model: Mô hình tham chiếu chính là mô hình thiết kế.

- + Inherited: Mô hình tham chiếu được thừa kế cả thông tin hình học và tính năng lệnh của mô hình thiết kế. Những thay đổi trong mô hình thiết kế sẽ được cập nhật trong mô hình tham chiếu, và không có chiều ngược lại.

Thông thường lựa chọn mặc định Merge by Reference để tạo, có mô hình tham chiếu sau:

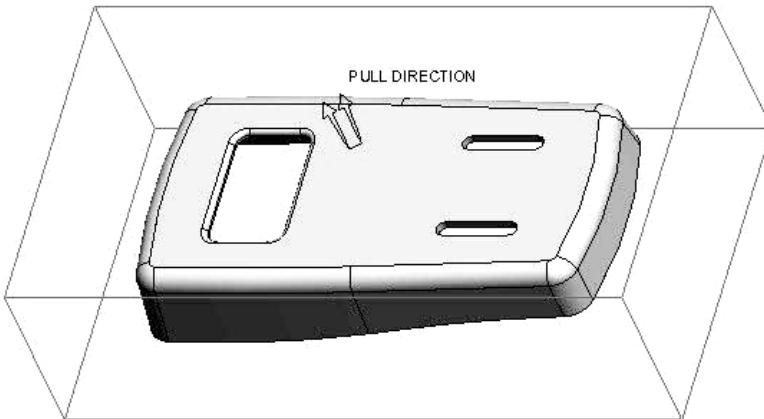


**Hình 5.4.2.3. Tách khuôn chi tiết vỏ hộp**

- Bước 2: Tạo phôi.

Thực hiện: Mold > Workpiece. Có 3 cách tạo phôi:

- + Automatic Workpiece: Tạo phôi tự động.
- + Assemble Workpiece: Lắp phôi có sẵn.
- + Create Workpiece: Tạo phôi trực tiếp bằng các lệnh trong Creo.

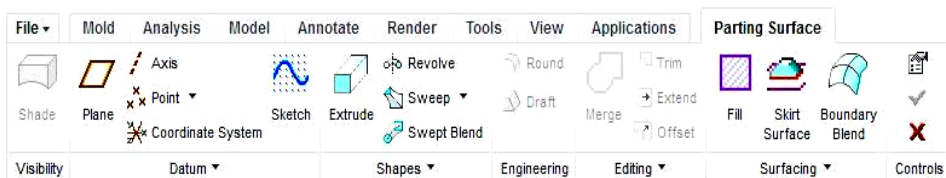


**Hình 5.4.2.4. Tạo phôi**

- Bước 3: Tạo mặt phân khuôn.

Có thể tạo mặt phân khuôn bằng cách thủ công hoặc bằng các lệnh tự động mà module cung cấp sẵn. Có nhiều kỹ thuật tạo mặt phân khuôn trong công cụ Parting Surface:

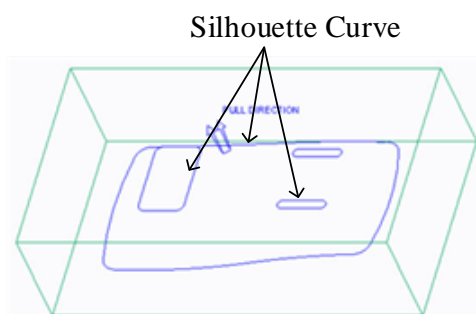




**Hình 5.4.2.5.** Các lệnh hỗ trợ tạo mặt phân khuôn trong Parting Surface

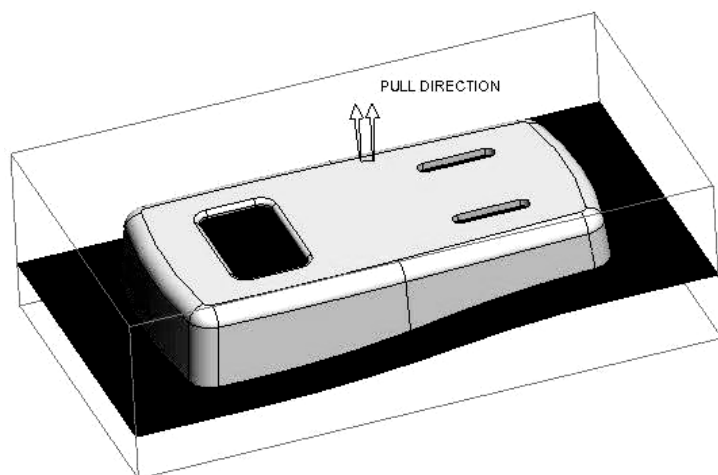
Ở đây giới thiệu kỹ thuật tạo đường phân khuôn (Parting Line) tự động bằng Silhouette Curve và Skirt Surface để tạo mặt phân khuôn tự động.

- + Silhouette Curve: Phần mềm sẽ tự động tạo ra những đường curve bằng cách chiếu mô hình tham chiếu theo một hướng nhất định, đường curve được tạo chính là những đường bóng của mô hình đó.



**Hình 5.4.2.6.** Kết quả sau khi dùng lệnh Silhouette Curve

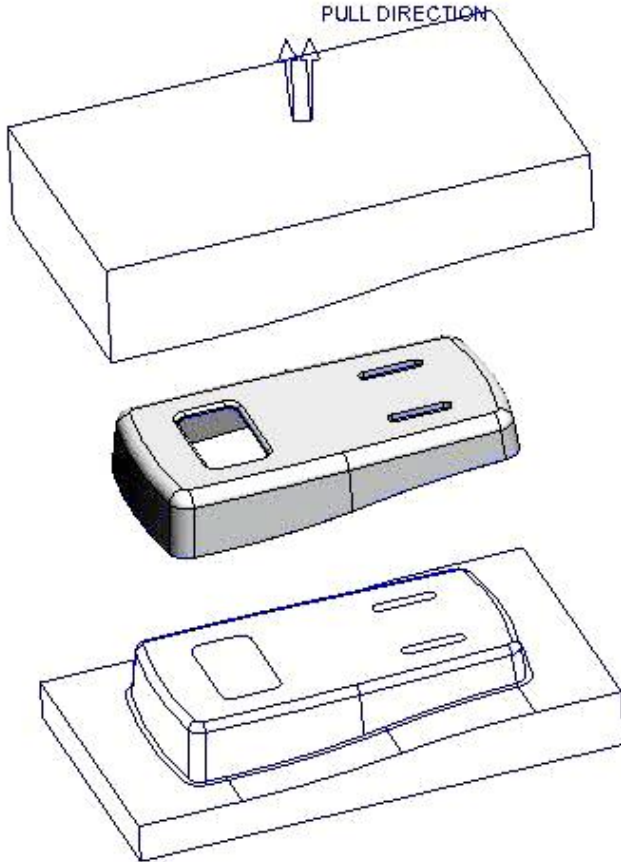
- + Skirt Surface: Sẽ tự động tham chiếu đường phân khuôn để tạo mặt phân khuôn.



**Hình 5.4.2.7.** Mặt phân khuôn được tạo tự động bằng lệnh Skirt Surface

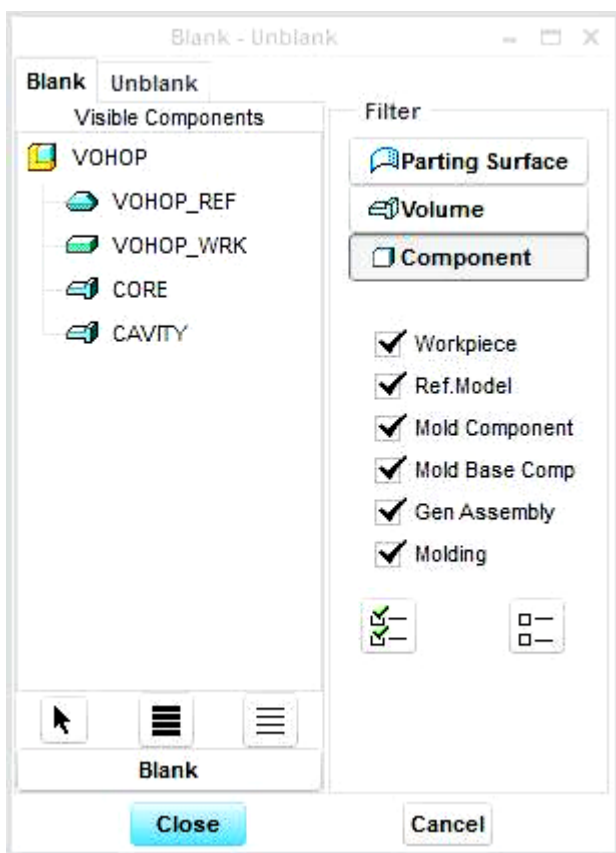
- Bước 4: Tách khuôn.

- + Chia thể tích khuôn: Mold Volume > Volume Split > Chọn mặt phân khuôn. Phần mềm sẽ tự động chia thể tích phối thành hai nửa khuôn gắn bằng mặt phân khuôn.
- + Trích xuất mô hình \*.prt: Mold Component > Cavity Insert > Chọn thể tích cần trích xuất > Ok.



**Hình 5.4.2.8.** Hai nửa khuôn

Để quản lý hiển thị mặt phân khuôn, thể tích, mô hình \*.prt bằng cách: Mold > Mold Display > giấu (blank) hoặc hiện (unblank).



*Hình 5.4.2.9. Quản lý hiển thị các thành phần trong môi trường tách khuôn*

Công việc tách khuôn đã xong.

### 5.4.3 Ứng dụng Creo Parametric gia công khuôn

#### a) Giới thiệu

Điểm mạnh của phần mềm Creo Parametric là xử lý mọi khía cạnh của sản phẩm từ việc phát triển ý tưởng đến thành phẩm cuối cùng trong cùng một môi trường làm việc, điều này giúp tiết kiệm nhiều thời gian. Tất cả các dữ liệu có liên kết với nhau, sẽ tự động cập nhật nếu có sự thay đổi.

NC Assembly là một module rất mạnh của Creo Parametric có thể tạo và mô phỏng quá trình gia công cho phương pháp gia công:

- Phay 2÷5 trục.
- Tiện 2÷4 trục.

- Wire EDM.

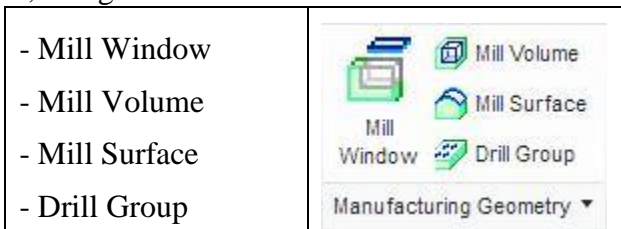
Trong lĩnh vực gia công khuôn mẫu sử dụng công nghệ phay là chủ yếu.

### **b) Các bước thực hiện**

Để phần mềm tự động tạo quỹ đạo chạy dao (Tool path) là cơ sở cho việc mô phỏng, tạo chương trình NC thì cần phải thực hiện những bước cơ bản sau:

- Chi tiết tham chiếu (chi tiết cần gia công).
- Tạo phôi.
- Chọn máy gia công.
- Chuẩn máy (Machine zero).
- Khai báo dụng cụ cắt.
- Chu trình gia công (Tạo ra đường chạy dao cần thiết, bao gồm: chuyển động cắt vật liệu và chuyển động vào dao, ra dao, chuyển dao).

Để tạo một chu trình phay, cần phải xác định Mill Geometry muốn gia công. Module NC Assembly trong Manufacturing cung cấp vài công cụ để xác định Mill Geometry được tham chiếu trong những chu trình NC khác nhau, bao gồm:



Các chu trình gia công điển hình của công nghệ phay:

- Roughing: phay thô.
- Face: mặt phẳng.
- Re-rough: phay bán tinh.
- Profile Milling: phay những mặt đứng hoặc nghiêng.
- Surface Milling: phay mặt phẳng hoặc nghiêng, bề mặt cong.
- Corner Finishing: phay vết tinh góc.
- Trajectory Milling: phay theo quỹ đạo xác định.
- Holemaking Cycles: nhóm chu trình gia công lỗ.

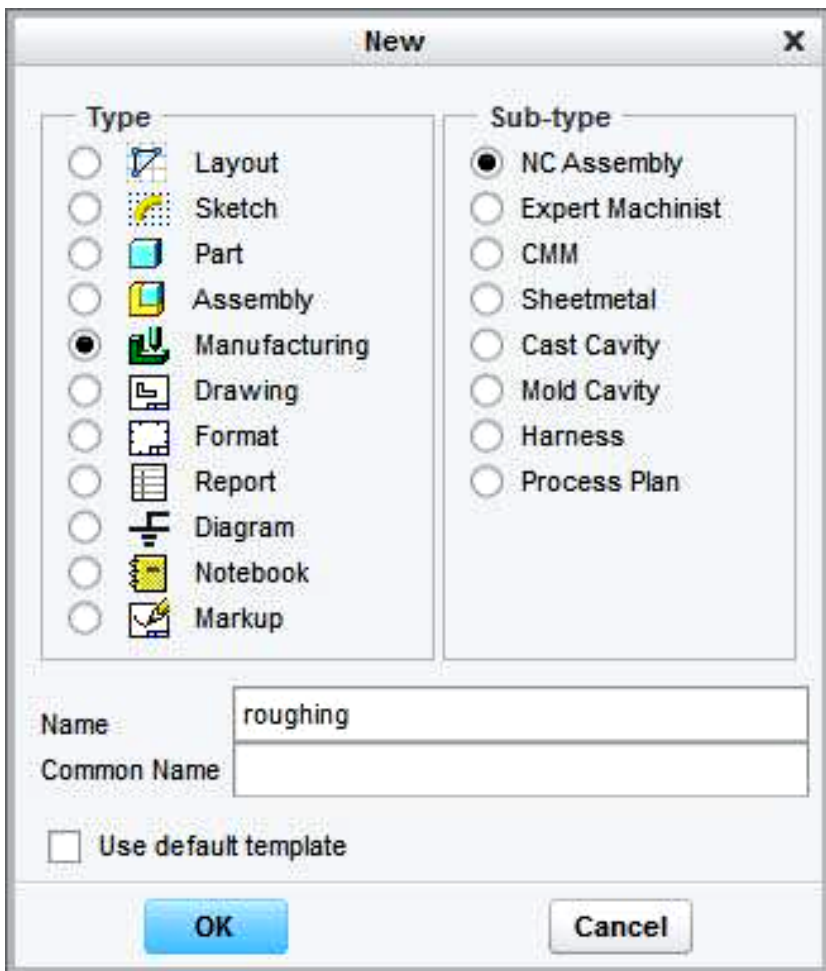


*Hình 5.4.3.1. Chu trình gia công điển hình trong phay*

### c) Ví dụ chu trình gia công cụ thể

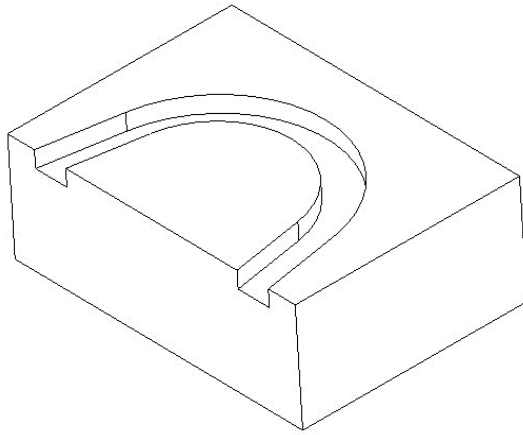
Bước 1: Khởi động module NC Assembly và đưa chi tiết vào môi trường làm việc.

- Thực hiện: File > New > Manufacturing > NC Assembly.



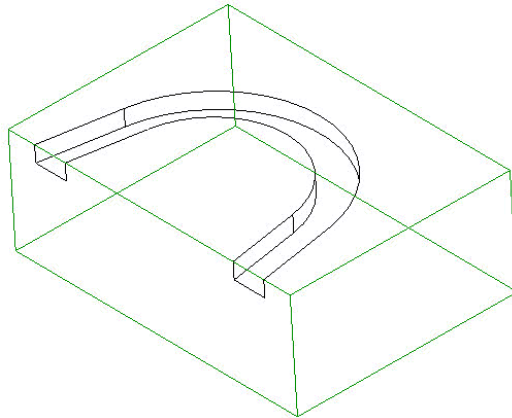
*Hình 5.4.3.2. Khởi động module NC Assembly*

- Thực hiện: Reference Model > Chọn chi tiết > Lắp bằng ràng buộc Default.



**Hình 5.4.3.3.** Lắp chi tiết vào môi trường gia công

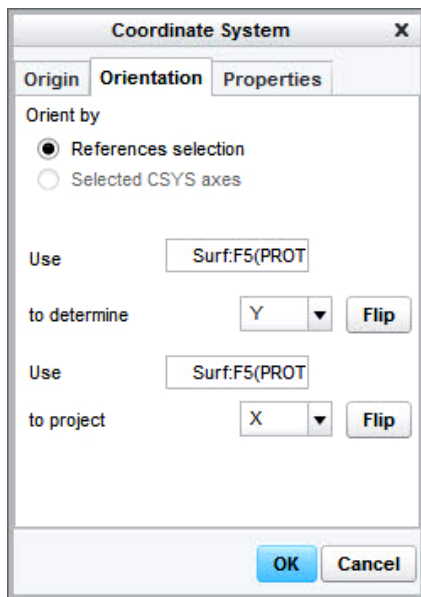
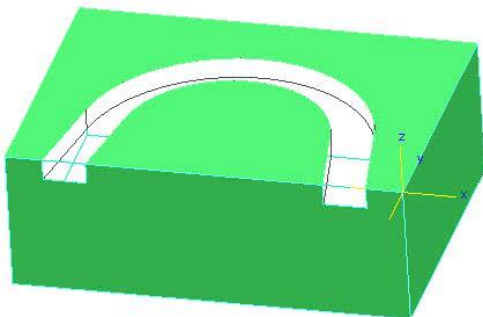
Bước 2: Tạo phôi tự động. Thực hiện: Workpiece > Automatic Workpiece.



**Hình 5.4.3.4.** Tạo phôi tự động

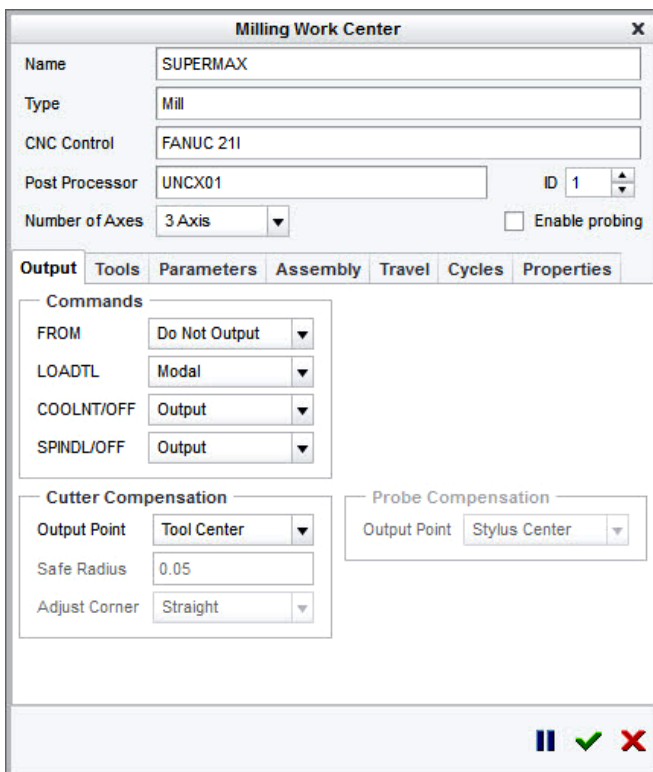
Bước 3: Tạo gốc tọa độ để chọn làm chuẩn gia công.

Tùy chọn trong bảng Coordinate System để có hệ tọa độ đúng như các trục trong máy phay.



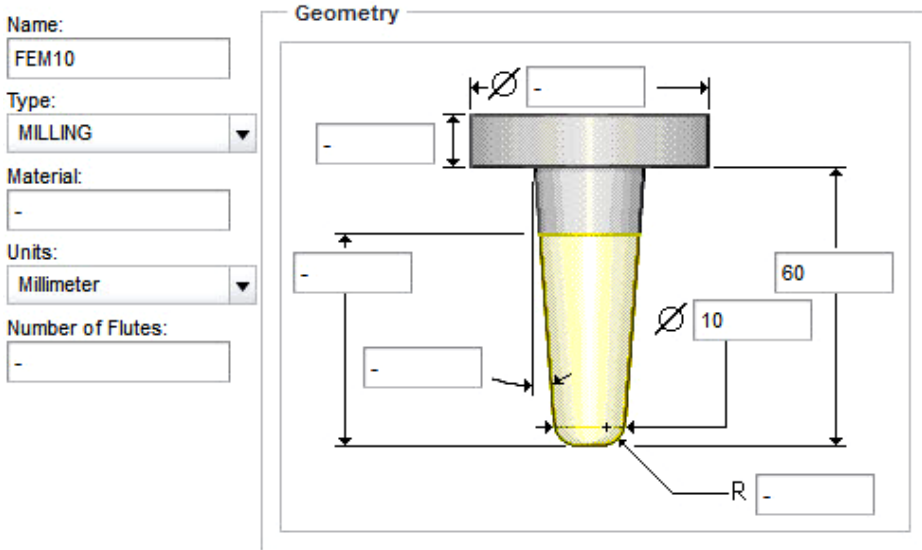
**Hình 5.4.3.5.** Góc tọa độ để làm chuẩn gia công

Bước 4: Chọn máy gia công. Thực hiện: Workcenter > Mill.



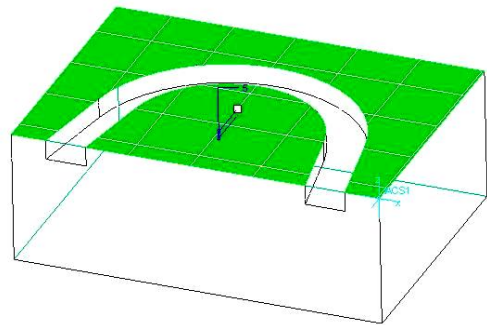
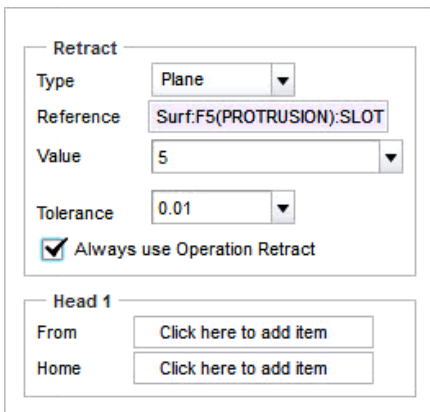
**Hình 5.4.3.6.** Khai báo thông tin máy phay

Bước 5: Khai báo dao cắt. Thực hiện: Machine Tool Setup > Tool Manager.



**Hình 5.4.3.7.** Khai báo thông số dao cắt

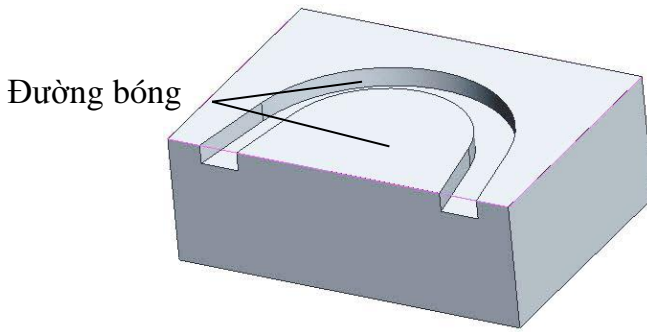
Bước 6: Chuẩn bị chu trình (gồm chọn chuẩn máy và mặt phẳng an toàn). Thực hiện: Operation > Ok.



**Hình 5.4.3.8.** Khai báo mặt phẳng an toàn (Retract)

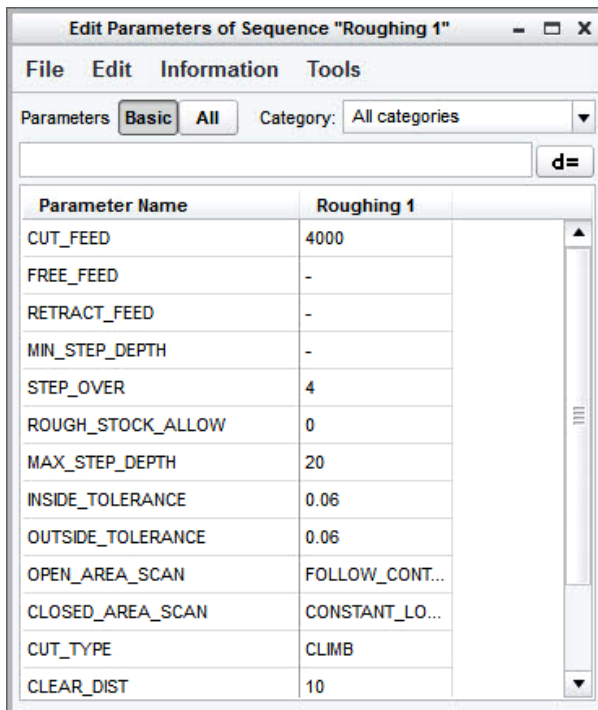
Bước 7: Tạo Mill Geometry bằng lệnh Mill Window. Thực hiện: Mill Window > Silhouette type window > Chọn mặt phẳng chiếu bóng.





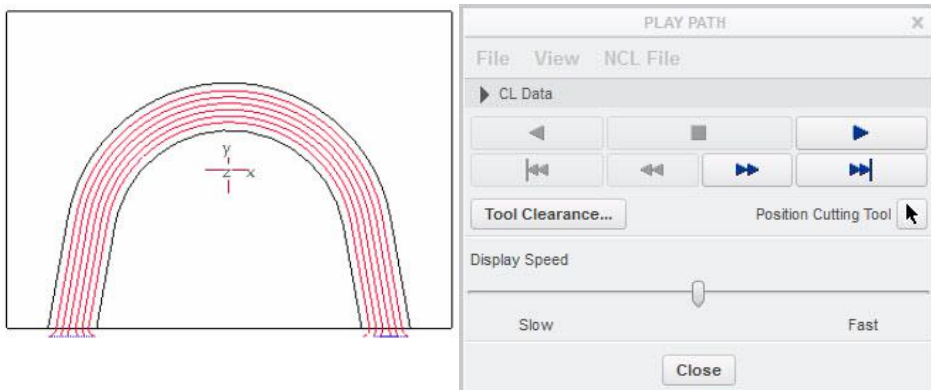
**Hình 5.4.3.9.** Tạo Mill Geometry bằng lệnh Mill Window

Bước 8: Tạo chu trình chạy Roughing. Thực hiện: Mill > Roughing > Chọn Mill Geometry vừa tạo ở bước trên > Điền những thông số gia công cần thiết vào bảng Parameters.



**Hình 5.4.3.10.** Thiết lập thông số công nghệ

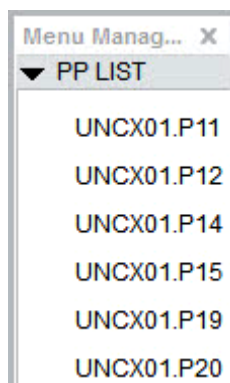
Bước 9: Mô phỏng chuyển động chạy dao. Thực hiện: trên cây lệnh click chuột phải vào chu trình Roughing, chọn Play Path.



**Hình 5.4.3.11.** Kết quả mô phỏng đường chạy dao

Bước 10: Xuất chương trình NC. Thực hiện: Chọn chu trình > Pay Path > File > Save as MCD > output > chọn Post Processor.

Vào thư mục làm việc mở file \*.tap, đó chính là chương trình NC mà phần mềm tự động tạo ra.



**Hình 5.4.3.12.** Danh sách Post Processor

## 5.5 XỬ LÝ BỀ MẶT LÒNG KHUÔN

### 5.5.1 Kỹ thuật đánh bóng khuôn

Các sản phẩm nhựa ngày càng đòi hỏi phải có độ bóng cao, và nhất là đối với các sản phẩm đòi hỏi tính trong suốt về mặt quang học. Mặt khác, các bộ phận của khuôn cũng đòi hỏi độ bóng bề mặt cao.

Một bộ khuôn có được độ bóng bề mặt cao thì chúng được những ưu điểm như sau:

- Dễ dàng đẩy sản phẩm nhựa ra khỏi khuôn ép.
- Giảm thiểu tác hại do mài mòn khuôn gây ra.

- Giảm thiểu các khả năng gây ra sự rạn nứt hoặc gãy trong khi gia công sản phẩm nhựa với nhiệt độ cao.

Chính vì vậy, người làm công nghệ gia công khuôn cần phải nhận biết được tầm quan trọng của việc đánh bóng khuôn.

### **a) Những điều cần quan tâm khi xử lý bề mặt khuôn**

Khi xử lý một bề mặt của khuôn, có hai vấn đề mà người làm công nghệ cần chú ý:

- Đầu tiên, đó là tính chính xác về hình dáng hình học của bề mặt đó mà không bị những nhấp nhô quá lớn, các nhấp nhô này thường được để lại bởi các nguyên công trước đó.

- Thứ hai, bề mặt thành phẩm không được có những vết trầy xước, các vết lõm, tróc lớp trên bề mặt, rỗ,... các bề mặt thành phẩm thường bị một loại khuyết tật khó tránh khỏi đó là “mắt rắn”, với các sản phẩm dạng tấm mỏng thì khuyết tật này dễ dàng quan sát thấy được nhưng các sản phẩm không phải là dạng tấm thì mắt thường khó mà có thể nhận biết được.

### **b) Các yếu tố ảnh hưởng đến việc đánh bóng khuôn**

Độ nhẵn bề mặt của khuôn có thể đạt được sau quá trình đánh bóng phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Chất lượng của thép chế tạo khuôn.
- Quá trình nhiệt luyện khuôn.
- Kỹ thuật đánh bóng.

Thông thường, kỹ thuật đánh bóng khuôn đóng vai trò quan trọng nhất trong các yếu tố nêu trên. Nếu được áp dụng kỹ thuật đánh bóng hợp lý thì hầu hết các trường hợp kết quả thu được có thể chấp nhận được.

### **1 - Chất lượng thép chế tạo khuôn**

Những hạt hoặc những vùng bị xô lệch khỏi mạng tinh thể dưới dạng cứng và các tính chất khác đều có thể dẫn đến hậu quả trong quá trình đánh bóng khuôn. Xi trong thép các thành phần tạp chất khác nhau là một ví dụ cho những yếu tố không mong muốn trong việc đánh bóng khuôn.

Để cải thiện tính đánh bóng khuôn, sử dụng môi trường chân không khử khí và kỹ thuật ESR (Electro Slag Refining: lọc xỉ bằng điện) trong quá trình gia công các loại khuôn. Môi trường chân không khử khí làm giảm sự nguy hiểm của các phân xỉ lớn và sự hóa giòn do tác động của khí hydro, cũng vì thế mà vật liệu khuôn cũng mang tính đồng nhất.

Nhiệt luyện ESR cải thiện rõ rệt tính đánh bóng khuôn một cách rõ rệt và tốt hơn là xử lý trong môi trường chân không khử khí. Nhiệt luyện

ESR khử bỏ một lượng lớn xỉ trong thép khuôn và lượng xỉ chứa trong khuôn giảm thiểu.

Loại thép STAVAX ESR và thép không gỉ OPTIMAX được chế tạo bằng kỹ thuật ESR thích hợp cho các khuôn có các bề mặt đòi hỏi độ bóng cao.

## **2 - Quá trình nhiệt luyện khuôn**

Nhiệt luyện có tác động đến khả năng đánh bóng khuôn. Loại thép tôi hoàn toàn với thành phần cacbon cao có cấu trúc đường như khó có thể đánh bóng được, vì các hạt oxit nằm dưới lớp bề mặt của thép gây cản trở cho quá trình đánh bóng khuôn. Vì vậy, thêm thành phần các hạt cacbon trên bề mặt thép sẽ gây trở ngại cho quá trình đánh bóng.

## **3 - Kỹ thuật đánh bóng**

Kỹ thuật đánh bóng phải phù hợp với từng loại thép khác nhau. Khi sử dụng các loại thép có độ cứng tương đương nhau thì thời gian đánh bóng chúng cũng tương đương nhau với cùng một kỹ thuật đánh bóng tiêu chuẩn. Tuy nhiên, cũng có những loại thép cũng có thể đạt được độ bóng cao hơn.

Một điều quan trọng cần lưu ý là phải mài các bề mặt sao cho chúng có độ bóng tối đa do phương pháp mài có thể đạt được. Và một điều quan trọng nhất là phải biết dừng việc đánh bóng khi các nhíp nhô đã được loại đi đúng mức.

Độ cứng khác nhau ảnh hưởng đến kỹ thuật đánh bóng. Độ cứng của thép càng cao thì việc mài chúng rất khó khăn. Tuy nhiên, độ bóng đạt được sau khi thực hiện công việc đánh bóng là rất cao. Và thép chế tạo khuôn cứng hơn thì thời gian đánh bóng cũng dài hơn.

### **c) Những vấn đề cần lưu ý khi đánh bóng khuôn**

- Việc đánh bóng khuôn cần được thực hiện ở những nơi ít bụi bặm và cần được biệt lập.

- Dụng cụ đánh bóng cần được sử dụng cho từng loại hạt đánh bóng khác nhau và cần được bảo quản ở nơi kín đáo.

- Khi đánh bóng bằng tay thì hạt đánh bóng nên đặt trên dụng cụ và khi đánh bóng bằng máy thì hạt lại cần được đặt trên chi tiết.

- Áp suất đánh bóng cần được điều chỉnh theo độ cứng của dụng cụ và cỡ hạt.

- Với lượng kim loại lấy đi nhiều thì hạt đánh bóng cần chọn loại thô.

- Khi đánh bóng kết thúc thì việc đánh bóng cần thực hiện theo hướng.

- Nên bắt đầu việc đánh bóng tại những chỗ có hình dạng góc cạnh.

#### **d) Các qui trình đánh bóng khuôn tiêu biểu**

Việc lựa chọn qui trình công nghệ cho việc mài và đánh bóng khuôn được quyết định bởi kinh nghiệm và trang thiết bị mà người làm công nghệ có trong tay. Có hai phương pháp lựa chọn qui trình công nghệ cho việc đánh bóng khuôn:

- Chọn kích thước hạt nhất định và dụng cụ đánh bóng cứng rồi sau đó chọn lại dụng cụ theo độ cứng giảm dần.

- Chọn dụng cụ đánh bóng có độ cứng trung bình và hạt thô, sau đó chọn kích thước hạt giảm dần.

#### **e) Mục đích yêu cầu của phương pháp đánh bóng kim loại**

Đánh bóng kim loại nhằm đạt được độ bóng, độ chính xác bề mặt, nâng cao các tính chất của bề mặt như giảm ma sát, tăng độ bền bề mặt, giảm bớt các vết nứt tế vi trên bề mặt. Yêu cầu của các chi tiết gia công sẽ quyết định phương pháp gia công sao cho phù hợp để đạt năng suất, chất lượng sản phẩm đảm bảo nhu cầu, chi phí sản xuất.

#### **f) Các phương pháp gia công đánh bóng kim loại**

Việc đánh bóng dụng cụ thường được thực hiện bằng các phương pháp đánh bóng sau:

##### ***1 - Đánh bóng bằng bi, vật liệu đá tự nhiên, dụng cụ mài nhân tạo cùng với hoá chất***

Là việc cho dụng cụ mài và chi tiết gia công vào dụng cụ rung, sau một thời gian chi tiết được cạo sát với vật liệu mài và hoá chất sẽ làm cho bề mặt chi tiết có độ bóng nhất định.

Phương pháp này phù hợp với chi tiết loại nhỏ, nhẹ, hình dạng bất kỳ, phức tạp như thể là các loại đĩa mỏng không có cạnh sắc. Chỉ dùng cho những chi tiết không đòi hỏi độ chính xác cao.

##### ***2 - Đánh bóng bằng giấy nhám kết hợp với hoá chất***

Chỉ dùng cho những chi tiết đơn giản, độ phức tạp không cao hoặc các vị trí và chi tiết không sử dụng được các phương pháp đánh bóng khác.

Phương pháp này cho năng suất cũng như độ chính xác không cao, thường dùng hoá chất nên ảnh hưởng đến sức khỏe của người làm việc.

### **3 - Đánh bóng bằng tua kim loại**

Là cách đánh bóng các chi tiết bằng các tua dạng sợi kim loại có độ cứng được gắn trên các trục động cơ (giống như đá mài) và làm việc giống như quá trình mài.

Phương pháp này được thực hiện khi các tua kim loại được động cơ tạo vận tốc tiếp xúc với bề mặt chi tiết mài kéo, móc các nhấp nhô của bề mặt chi tiết để tạo bề mặt mới có độ phẳng cao hơn.

### **4 - Phương pháp đánh bóng bằng đá mài**

Là phương pháp dùng đá mài có độ hạt nhỏ để gia công chi tiết. Phương pháp này cho năng suất cao, chất lượng bề mặt đồng đều và dùng cho các bề mặt đơn giản, có độ phức tạp không cao hoặc hình dạng theo quy luật.

Đối với chi tiết lớn, hình dạng phức tạp nhưng theo quy luật cũng dùng phương pháp mài này rất hiệu quả vì dùng được đá mài định hình để gia công chi tiết.

### **5 - Mài khuôn**

Thông thường, một lòng khuôn được gia công bằng các phương pháp phay, EDM, phay định hình. Để đạt được độ bóng cần thiết thì sau các nguyên công sử dụng các phương pháp này thì cần phải có các nguyên công theo sau nó:

- Sau khi phay: Mài thô, mài tinh, đánh bóng.
- Sau khi gia công EDM: Mài tinh, đánh bóng.
- Sau khi phay định hình: Chỉ có đánh bóng sau khi nhiệt luyện.

Cần nhấn mạnh rằng hình dạng của khuôn sau khi mài là nền tảng cho việc đánh bóng khuôn. Trong quá trình mài, dầu để lại do các quá trình gia công thô trước được loại trừ đi và hình dạng khuôn được làm chính xác thêm. Quá trình mài khuôn có thể thực hiện trên các máy mài hoặc có thể mài thủ công bằng tay.

#### **a) Những điều cần lưu ý trong quá trình mài khuôn**

- Quá trình mài không được sinh ra nhiều nhiệt lượng và áp suất, vì chúng sẽ làm ảnh hưởng đến cấu trúc bề mặt và độ cứng của thép. Chính vì vậy khi mài khuôn, cần phải có những biện pháp giải nhiệt hợp lý.

- Sử dụng các dụng cụ mài phải sạch, và sử dụng đá mài mềm cho bề mặt thép cứng.

- Khi thay đổi các kích thước hạt mài khác nhau thì phải làm sạch chi tiết để tránh các vết mài của hạt mài khác gây trầy xước trên bề mặt sản phẩm.

- Khi thay đổi các kích thước hạt mài thì các thông số công nghệ của quá trình mài cũng phải được thay đổi sao cho hợp lý.

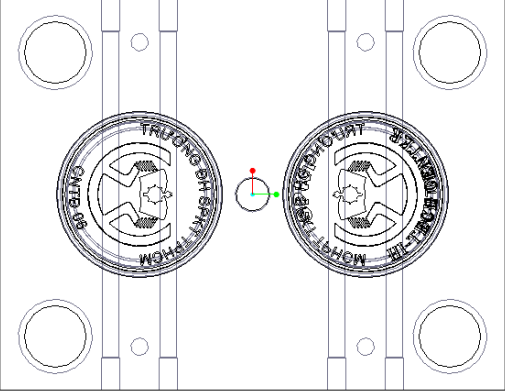
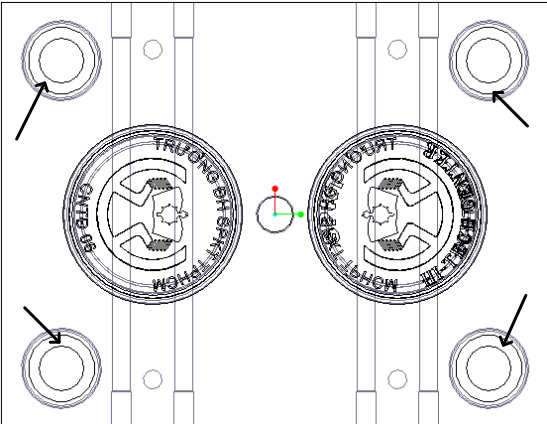
- Thay đổi hướng mài cũng rất quan trọng để giảm đi các vết mài không mong muốn.

- Hạt kim cương thường được dùng làm tác nhân gây mài mòn trong việc đánh bóng khuôn. Chất lượng đánh bóng khuôn được tối ưu khi lựa chọn đúng hạt và dụng cụ đánh bóng. Thông thường, các dụng cụ mài khuôn có dạng thanh, tay nắm, khối dùng cho đánh bóng thủ công bằng tay và dạng quả lắc, bàn chải, đĩa dùng cho đánh bóng bằng máy.

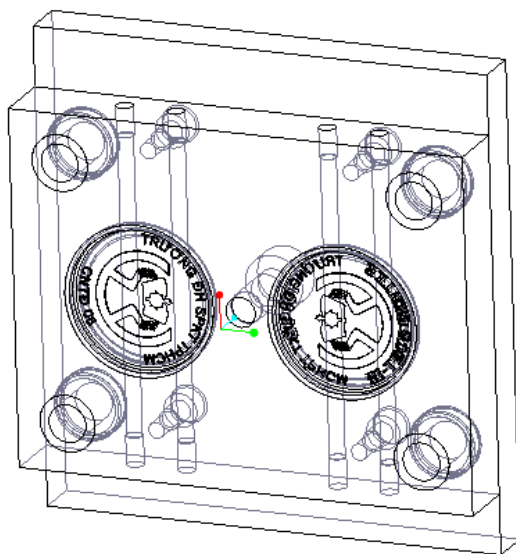
- Dụng cụ đánh bóng cũng có nhiều loại được làm từ những vật liệu khác nhau như gỗ, phải có độ cứng thấp hơn vật liệu cần gia công để tránh gây trầy xước bề mặt.

### 5.5.2 Quy trình lắp ráp khuôn

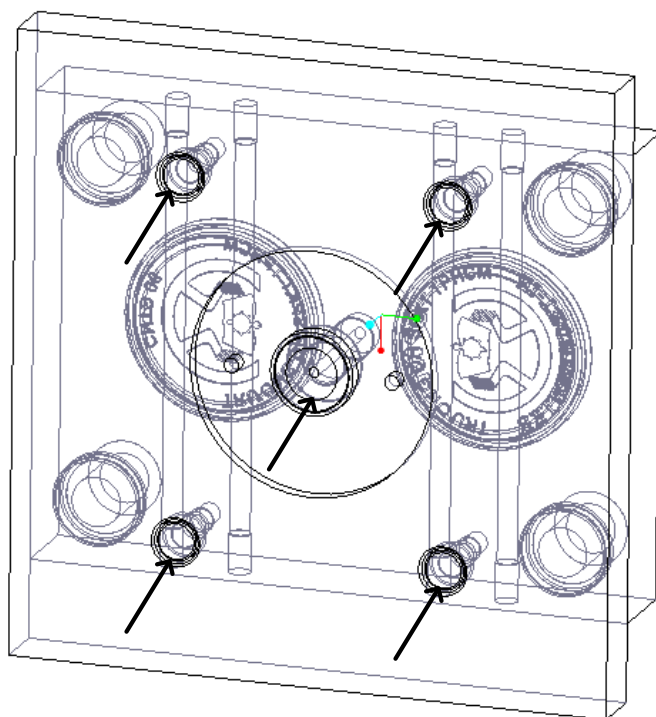
#### a) Quy trình lắp ráp một bộ khuôn

|   |   |
|---|---|
| <p>Bước 1: Nhập tấm khuôn trên vào mô hình. Chọn kiểu lắp là Default.</p> |  A technical diagram showing a mold assembly. It features two circular mold halves with intricate patterns and text. The top half is labeled 'TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÀI GÒN' and 'BỘ CÔNG NGHIỆP', while the bottom half is labeled 'TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÀI GÒN' and 'KHOA CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT VÀ THIẾT KẾ SẢN PHẨM'. The two halves are positioned on a rectangular base with four circular indentations. A small red dot and green lines indicate a specific alignment or reference point between the two halves. |
| <p>Bước 2: Lắp bạc dẫn hướng vào tấm khuôn trên.</p>                      |  A technical diagram showing the same mold assembly as in step 1, but with four guide pins (bạc dẫn hướng) being inserted into the circular indentations on the base. Arrows point to each of the four guide pins, indicating the direction of insertion. The mold halves and their alignment are identical to the previous step.  |

Bước 3: Lắp tấm kẹp trên với khuôn trên.

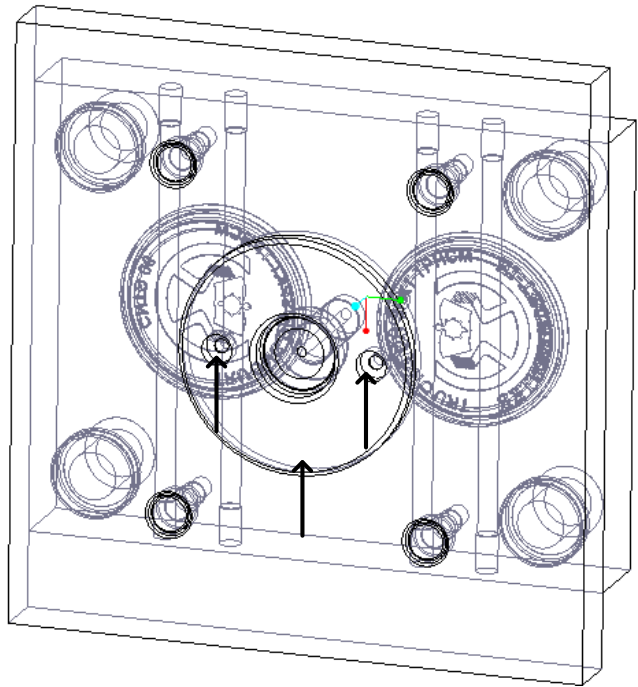


Bước 4: Lắp bạc cố định phun vào tấm kẹp trên và lắp 4 bu lông để giữ 2 tấm khuôn với nhau.

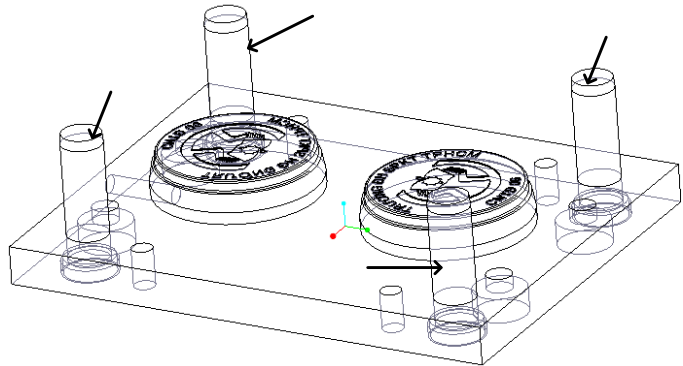




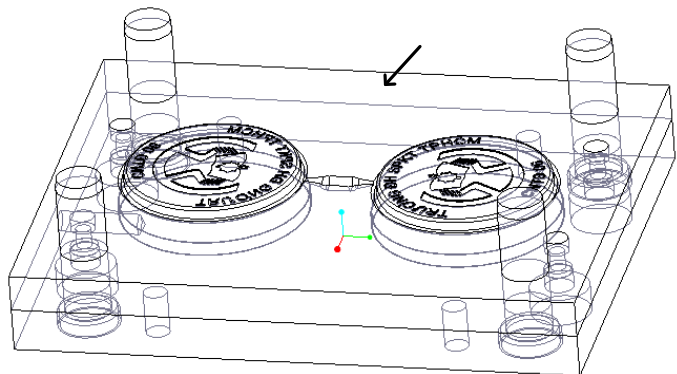
Bước 5: Lắp vòng định vị với tấm kẹp trên và 2 bu lông giữ vòng định vị.  
 Như vậy, đã lắp xong phần khuôn cố định



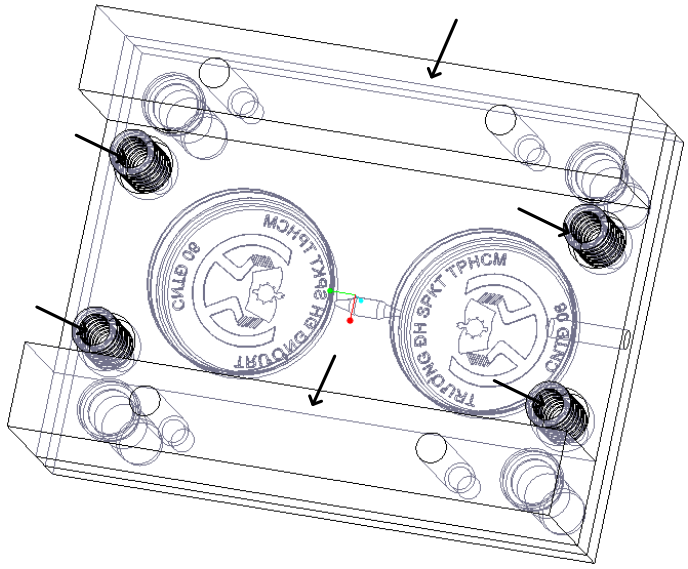
Bước 6: Lắp chốt dẫn hướng vào tấm khuôn dưới.



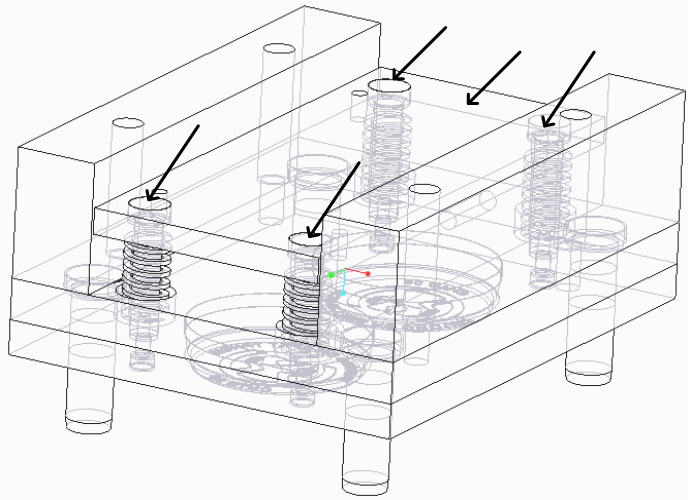
Bước 7: Lắp tấm đẩy vào (nếu dùng ty đẩy thì lắp ty đẩy vào tấm giữ cùng lúc khi lắp chốt hồi).



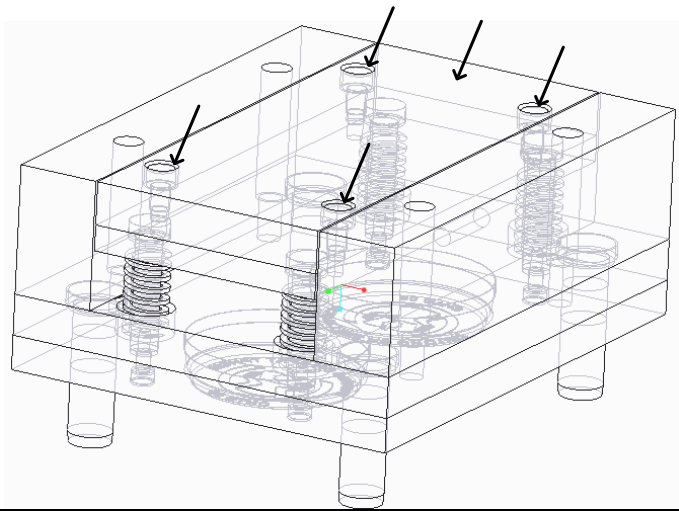
Bước 8: Lắp 4 lò xo và 2 gói đỡ.



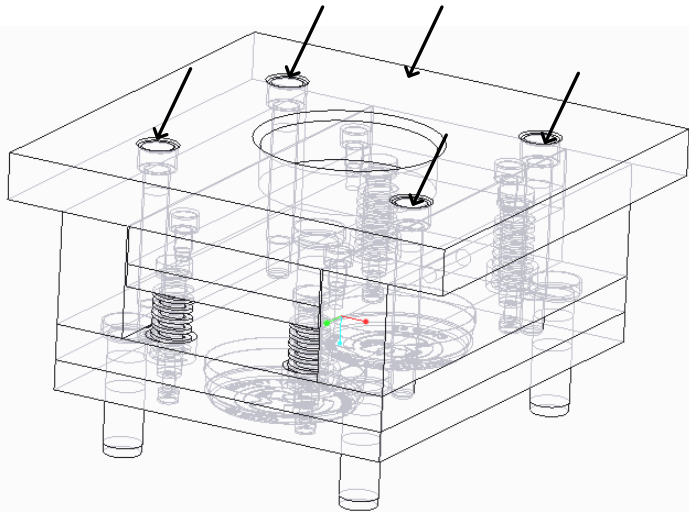
Bước 9: Lắp tấm giữ và 4 chốt hời.



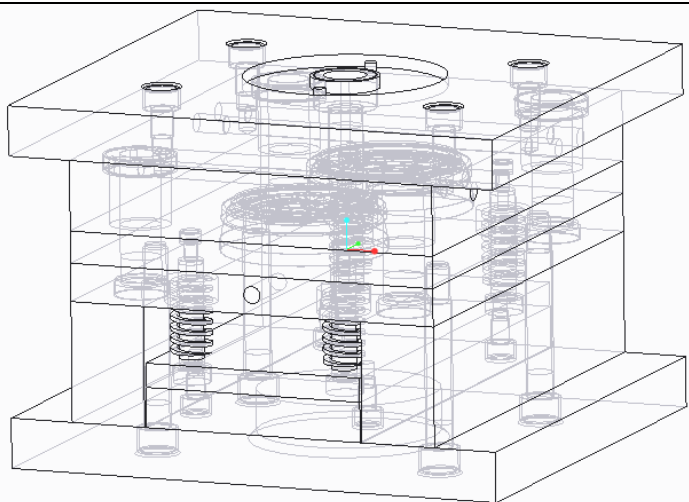
Bước 10: Lắp tấm đáy và 4 bu lông liên kết tấm đáy và tấm giữ.



Bước 11: Lắp tấm kẹp trên và 4 bu lông liên kết phần khuôn di động.



Và kết quả là bộ khuôn hoàn chỉnh.



## 5.6 THỬ KHUÔN

### 5.6.1 Trình tự các bước

- Các bước chuẩn bị (nhựa, khuôn và máy ép) - nếu trước đó đang ép nhựa khác thì làm thế nào để làm sạch (lấy hết nhựa cũ) đầu phun máy ép
- Gá khuôn lên máy ép
- Thiết lập thông số ép
- Ép thử và kiểm tra sản phẩm
- Hiệu chỉnh thông số ép
- Sửa khuôn

### 5.6.2 Các thông số gia công của một số vật liệu nhựa

Mỗi loại nhựa có những thông số gia công khác nhau mà các thông số này có ảnh hưởng nhất định đến quá trình ép phun. Một số thông số quan trọng như:

- Nhiệt độ gia công (Bảng 5.6.2.1).
- Độ co rút của vật liệu (Bảng 5.6.2.2).
- Áp suất trung bình của các loại nhựa thông dụng trong khuôn ( $\text{kg/cm}^2$ ) (Bảng 5.6.2.3).

| Nhựa sản xuất chính                | Nhựa                               | Áp suất phun ( $\text{kgf/cm}^2$ ) | Nhiệt độ nhựa ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Nhiệt độ khuôn ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Túi nhựa, nhựa phế thải            | Polyetilen(PE)                     | 600-1400                           | 180-300                              | 15-75                                 |
| Bộ phận của ô tô                   | Polypropylen(PP)                   | 600-1400                           | 200-300                              | 40-60                                 |
| Ống nước, ống nước thải, ống điện  | Polyvinylclorid (PVC)              | 1000-1500                          | 150-180                              | 35-65                                 |
| Hộp đựng thức ăn (sạch)            | Polystyren (PS)                    | 700-1700                           | 180-315                              | 20-60                                 |
| Đĩa quang như là CD, DVD           | Polycarbonat (PC)                  | 800-1500                           | 280-320                              | 82-125                                |
| PC, máy in                         | Acrylonitrile butadienstylen (ABS) | 700-1500                           | 200-280                              | 40-85                                 |
| Chi tiết di động của máy (giá tựa) | Polyamid (PA)                      | 800-1500                           | 230-300                              | 20-90                                 |

*Bảng 5.6.2.1. Nhiệt độ gia công một số chất dẻo*

Co rút là một đặc tính không thể bỏ qua khi ép sản phẩm. Muốn biết chính xác phải dựa theo hồ sơ liên quan đến vật liệu đó. Đối với vật liệu nhựa thông dụng, hệ số co rút được cho trong Bảng 5.6.2.2.

| Tên nhựa  | ISO 1043<br>DIN 7728 | Khối lượng<br>riêng<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Nhiệt<br>độ sử<br>dụng<br>(°C) | Khả<br>năng<br>chảy         | Độ co<br>rút<br>(%)  |
|---|----------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Polystyrene                                       | PS                   | 1.05  | 180-<br>280                    | Tốt                         | 0.3-0.8              |
| Styrene-butadiene<br>copolymers                   | SB                   | 1.05  | 180-<br>280                    | Tốt                         | 0.4-0.7              |
| Styrene-acrylonitrile<br>copolymers               | SAN                  | 1.07  | 200-<br>260                    | Trung<br>bình               | 0.4-0.7;<br>0.1-0.3r |
| Acrylonitrile-<br>butadiene-styrene<br>copolymers | ABS                  | 1.08-1.12                                   | 210-<br>270                    | Trung<br>bình<br>Kém        | 0.4-0.7;<br>0.2-0.4r |
| Polyethylene                                      | PE                   | 0.91-0.97                                   | 180-<br>270<br>240-<br>300     | Tốt<br>Trung<br>bình<br>Kém | 1.2-2.8;<br>1.2-2.5  |
| Polymethyl<br>methacrylate                        | PMMA                 | 1.18  | 170-<br>240                    | Trung<br>bình               | 0.3-0.7              |
| Polyamide   | PA                   | 1.04-1.15                                   | 230-<br>290                    | Tốt                         | 0.7-2.0;<br>0.2-0.8r |
| Cellulose acetate                                 | CA                   | 1.31  | 180-<br>230                    | Tốt                         | 0.4-0.7              |
| Polycarbonate                                     | PC                   | 1.20  | 280-<br>320                    | Kém                         | 0.6-0.8;<br>0.2-0.5r |
| Polyvinyl chloride,<br>rigid (unplasticized)      | PVC                  | 1.38  | 190-<br>210                    | Kém                         | 0.4-0.7              |
| Polyoxymethylene                                  | POM                  | 1.41  | 180-<br>230                    | Trung<br>bình               | 1.8-3.0;<br>0.2-0.6r |
| Polypropylene                                     | PP                   | 0.91  | 240-<br>300                    | Trung<br>bình<br>Kém        | 0.5-1.2r             |

**Bảng 5.6.2.2. Độ co rút của một số vật liệu**

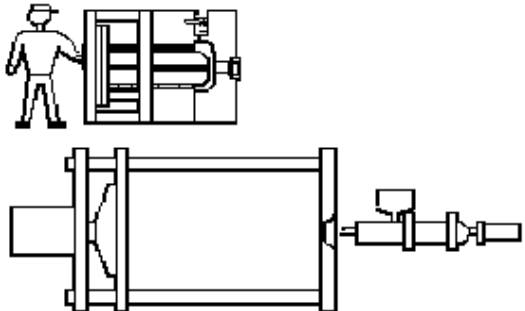
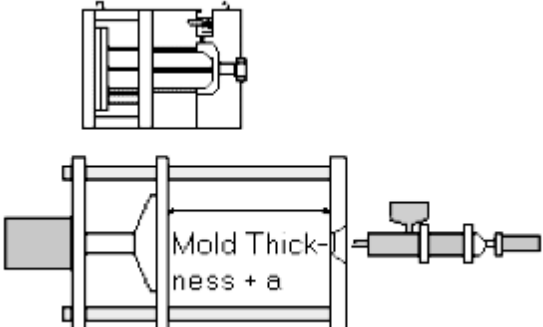
| Loại nhựa | Sản phẩm | Sản phẩm cần | Sản phẩm cần |
|-----------|----------|--------------|--------------|
|-----------|----------|--------------|--------------|

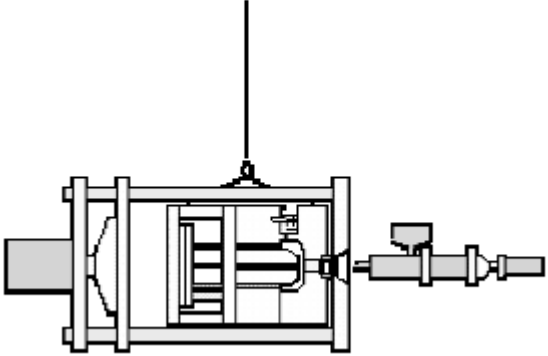
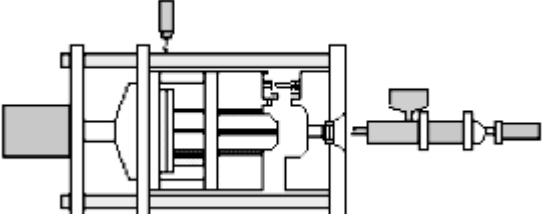
|          | thông dụng | bề mặt tốt | kích thước chính xác |
|----------|------------|------------|----------------------|
| PE       | 250        | 350        | 450                  |
| PP       | 250        | 350        | 450                  |
| PS       | 250        | 350        | 450                  |
| HIPS     | 250        | 350        | 450                  |
| ABS      | 300        | 400        | 500                  |
| PVC cứng | 300        | 400        | 500                  |
| PVC mềm  | 250        | 350        | 450                  |
| PC       | 400        | 550        | 700                  |
| PET      | 350        | 500        | 700                  |
| PA-6     | 350        | 450        | 600                  |
| PA-66    | 400        | 500        | 650                  |

**Bảng 5.6.2.3.** Áp suất trung bình của các loại nhựa thông dụng trong khuôn (kg/cm<sup>2</sup>)

### 5.6.3 Các bước lắp đặt khuôn

Khi lắp đặt khuôn vào bên trong máy phải cẩn thận.

|  |  |
|--|--|
| <p>- Bước 1: Làm sạch bề mặt lắp đặt khuôn.</p>                                |  <p>The diagram shows a worker in a hard hat and work clothes cleaning the mold area. Below it is a side view of the mold assembly, showing the mold cavity and the surrounding frame.</p>              |
| <p>- Bước 2: Điều chỉnh khoảng cách 2 tấm giá máy ép lớn hơn bề dày khuôn.</p> |  <p>The diagram shows the mold assembly with an arrow pointing to the mold thickness. The text 'Mold Thickness + a' is written next to the arrow, indicating the adjustment of the mold thickness.</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p>- Bước 3: Di chuyển khuôn bằng cầu trục hoặc pa-lăng và đặt nó vào giữa tấm cố định và tấm di động.</p>                         |  |
| <p>- Bước 4: Điều chỉnh thiết bị kẹp và lắp đặt bản nổi lõm vào tấm cố định, bản nổi lồi vào tấm di động theo thứ tự định sẵn.</p> |  |
| <p>- Bước 5: Di chuyển vòi phun về phía trước, xác định vị trí lắp đặt của khuôn và điều chỉnh hành trình vòi phun</p>             |  |
| <p>- Bước 6: Điều chỉnh thiết bị kẹp bằng tay. Kiểm tra dầu bôi trơn và vị trí di động của khuôn.</p>                              |  |
| <p>- Bước 7: Điều chỉnh hành trình của vòi phun.</p>   |  |
| <p>- Bước 8: Lắp đặt bulông cho khuôn</p>  |  |

Vị trí của bulông trên tấm khuôn được xác định dựa theo tiêu chuẩn JIS. Kích thước bulông được xác định dựa vào lực kẹp. Tuy nhiên, còn phụ thuộc vào lực mở khuôn và trọng lượng của khuôn.

| Bulông  | M12      | M16          | M20           | M24       |
|---------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Lực kẹp | ≤ 30 tấn | 30 - 300 tấn | 300 - 600 tấn | ≥ 600 tấn |

**Bảng 5.6.3.1. Lực kẹp bulông**

#### 5.6.4 Thiết lập thông số ép

**a) Nhiệt độ của nhựa lỏng khi ra khỏi đầu phun máy ép**

**b) Vận Tốc**

- Vận tốc phun nhựa vào khuôn
- Vận tốc quay của trục vít khi trục vít lùi về lấy nhựa

**c) Áp suất**

- Áp suất phun nhựa vào khuôn
- Áp suất đóng – mở khuôn
- Áp suất duy trì (giữ)
- Áp suất kẹp khuôn

**d) Khoảng đầy sản phẩm, khoảng mở khuôn**

**f) Thời gian:**

- Thời gian phun nhựa vào khuôn
- Thời gian áp suất duy trì
- Thời gian làm nguội sản phẩm

#### ❖ Làm sạch đầu phun ép

Trước đây, nhà sản xuất nhựa muốn thay đổi màu, thay đổi nhựa hoặc khử các đốm đen trên sản phẩm thì thường cho hỗn hợp nhựa sản xuất tiếp theo vào đầy hết nhựa cũ đi hoặc nhựa không màu hoặc dùng máy để vệ sinh khuôn. Việc thay đổi này rất hao phí về nguyên liệu (vì tạo ra nhiều phế liệu, có thể lên đến hàng trăm kg nhựa) và thời gian (có thể lên đến hàng giờ).

Hiện nay, rất nhiều chất tẩy rửa trục máy nhằm khắc phục những khuyết điểm vừa nêu trên.

Hợp chất tẩy rửa trục máy chỉ là một sản phẩm trung gian, không tham gia tạo ra sản phẩm cuối cùng. Hợp chất tẩy rửa trục máy không cần kiểm soát theo FDA. (<http://www.fda.gov>).

Trên thị trường có rất nhiều sản phẩm, chủ yếu có 3 loại chính và hỗn hợp giữa chúng:

- Loại hóa học: dạng lỏng và dạng rắn, thường ở dạng lỏng và dạng rắn, thường ở dạng nồng độ đậm đặc mà thường trộn với nhựa mới hoặc đã được trộn trước. Hợp chất tẩy rửa này được đưa vào máy và ngâm



trong xylanh đủ lâu để kích hoạt phản ứng hóa học. Phản ứng hóa học này sẽ biến tính mạch phân tử Polymer cần được làm sạch và rất dễ bị nhựa mới tiếp theo đẩy ra. Chất tẩy rửa hóa học rất hiệu quả nhưng giá khá cao và thời gian ngâm lâu. Một số chất tẩy rửa hóa học sinh ra mùi Ammoniac và một số mùi khác có hại cho sức khỏe. Ngoài ra, chất tẩy rửa hóa học cần thời gian ngâm trong máy lâu và nhiệt độ cao nên Polymer có thể bị phân hủy, có thể gây ăn mòn máy móc.

- Loại cơ, mài mòn: hợp chất tẩy rửa loại này ở nồng độ cao nhưng có thể được cung cấp dạng trộn trước. Hệ chất mang tải hàm lượng cao hạt thủy tinh, độn trơ. Hệ chất tẩy rửa này làm sạch bằng cách cọ rửa mạnh trong xylanh và trục vít. Sự cọ rửa mạnh và hàm lượng độn cao sẽ làm mòn dung sai nhỏ giữa trục vít và xylanh nhưng tẩy sạch loại này sẽ bị mòn trục vít nhanh hơn thông thường. Chất tẩy rửa loại này không chảy, có thể nổ li ti khi được gia công ở nhiệt độ cao hoặc qua đầu phun hoặc đầu lò nhỏ, chúng có thể gây nguy hiểm cho thiết bị vì áp suất tác động lên máy cao và dễ cháy.

- Loại cơ/không ăn mòn nhựa nhiệt dẻo: nhóm hợp chất tẩy rửa trục máy này sử dụng dễ nhất cũng như an toàn cho thiết bị, máy móc.

#### **5.6.5 Ép thử - Kiểm tra sản phẩm**

Sau khi chuẩn bị xong nhựa, máy ép và khuôn. Tiến hành ép sản phẩm. Nếu sản phẩm đạt (thẩm mỹ và kỹ thuật) → giao hàng. Nếu sản phẩm chưa đạt, tiến hành hiệu chỉnh thông số ép rồi ép thử lại.

## 5.6.6 Hiệu chỉnh thông số ép

| Item               | Brittleness | Short Shot | Poor Surface | Stain | Flash | Void | Flow Mark | Poor Mold Release | Warpage | Burning |
|--------------------|-------------|------------|--------------|-------|-------|------|-----------|-------------------|---------|---------|
| Cylinder Temp      | ↓           | ↑          | ↑            | ↓     | ↓     | ↓    | ↑         | ↓                 | ↓       | ↓       |
| Mold Temp          | ↑           | ↑          | ↑            | ↑     | ↓     | ↓    | ↑         | ↓                 | ↓       |         |
| Nozzle Temp        | ↓           | ↑          | ↑            | ↓     |       | ↓    | ↑         |                   | ↓       | ↓       |
| Injection Speed    | ↓           | ↑          | ↑            | ↓     | ↓     |      | ↑         | ↓                 | ↑       | ↓       |
| Injection Pressure |             | ↑          |              | ↑     | ↓     | ↑    | ↑         | ↓                 | ↑       | ↓       |
| Holding Pressure   | ↓           | ↑          |              | ↑     | ↓     | ↑    |           | ↓                 | ↑       | ↓       |
| Back Pressure      | ↓           | ↑          |              | ↓     | ↓     | ↑    |           |                   |         | ↓       |
| Cooling Time       |             |            |              |       |       | ↑    |           |                   | ↑       |         |
| Screw RPM          | ↓           |            |              |       |       |      |           |                   |         | ↓       |
| Nozzle Diameter    | ↑           | ↑          | ↑            | ↑     |       | ↑    | ↑         |                   | ↑       |         |
| Gas Vent           | O           | O          | O            | O     |       | O    | O         |                   | O       | O↑      |
| Gate Size          | ↑           | ↑          |              | ↑     |       | ↑    | ↑         |                   |         | ↑       |
| Gate Position      |             |            |              | O     |       | O    | O         |                   | O       |         |
| Drying             | O           |            |              | O     |       | O    | O         |                   |         |         |

Chú thích : ↑ - cần tăng

↓ - cần giảm

O - xem lại các yếu tố ảnh hưởng

**Bảng 5.6.6.1. Hiệu chỉnh thông số ép**

## 5.6.7 Sửa khuôn

Sau khi hiệu chỉnh lại thông số ép mà sản phẩm vẫn chưa đạt yêu cầu → tiến hành sửa khuôn.



## Chương 6

# THIẾT KẾ HÌNH HỌC SẢN PHẨM NHỰA

### 6.1 CHU TRÌNH THIẾT KẾ SẢN PHẨM NHỰA

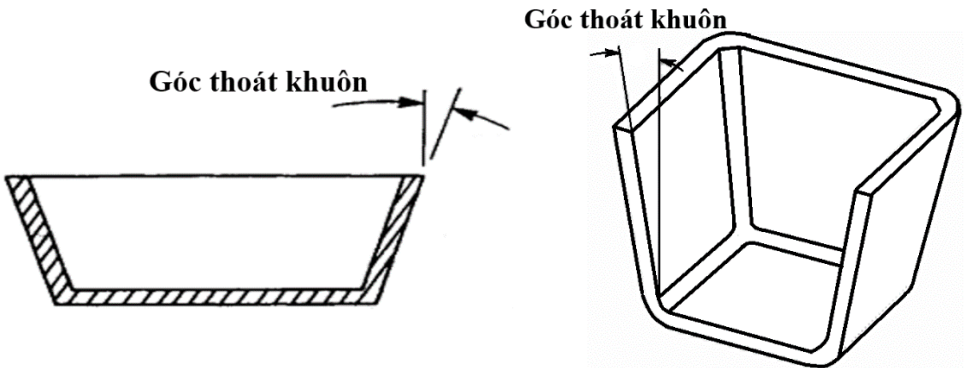
Trong quá trình phân tích sản phẩm, nếu áp suất cần cho quá trình điền đầy cao hay xuất hiện các khuyết tật như: sản phẩm không được điền đầy, bị bavia, xuất hiện đường hàn,... thì không nên sửa đổi ngay hình học sản phẩm mà nên ưu tiên thay đổi các thông số gia công hay chọn lại vật liệu nhựa.

Nếu việc thay đổi các thông số gia công vẫn không cải thiện được các vấn đề trên thì mới nghĩ đến việc thay đổi hình học của chi tiết. Vì khi thay đổi hình học sản phẩm có thể sẽ ảnh hưởng đến nhiều chi tiết lắp khác có liên quan, đồng thời phải xem xét đến tính thẩm mỹ và độ bền của chi tiết.

### 6.2 YÊU CẦU HÌNH HỌC ĐỐI VỚI SẢN PHẨM NHỰA TRONG KHUÔN ÉP PHUN

#### 6.2.1 Góc thoát khuôn

Để dễ dàng tháo sản phẩm khỏi lòng khuôn, mặt trong cũng như mặt ngoài sản phẩm phải có độ côn nhất định theo hướng mở khuôn. Yêu cầu này cũng cần áp dụng đối với các chi tiết như gân gia cường, vấu lồi, rãnh,...



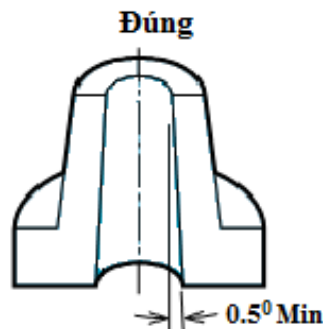
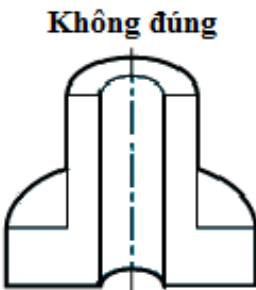
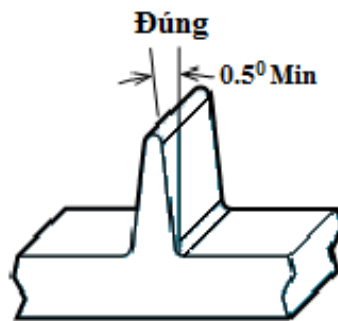
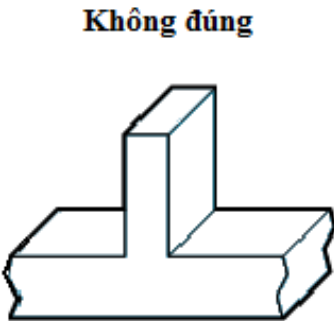
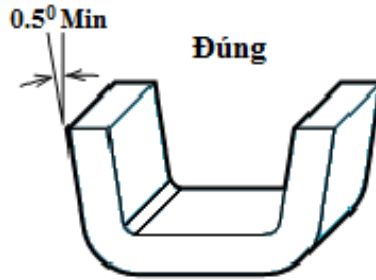
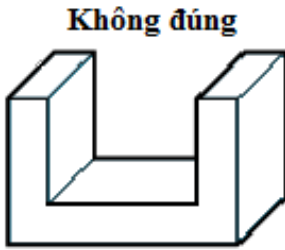
*Hình 6.2.1.1. Góc thoát khuôn trên sản phẩm*

Ở các khuôn có lõi ngăn hay lòng khuôn nông (nhỏ hơn 5 mm) góc côn ít nhất khoảng  $0.25^\circ$  mỗi bên, khi chiều sâu lòng khuôn và lõi tăng từ 1 đến 2 inch ( $25.4 \div 50.8$  mm) góc côn nên tăng lên là  $2^\circ$  mỗi bên. Góc

côn cần thiết đối với nhựa Polyolefins và Acetals và có kích thước nhỏ góc côn chỉ khoảng  $0.5^\circ$ , nhưng đối với sản phẩm có kích thước lớn, góc côn yêu cầu có thể tới  $3^\circ$ . Với vật liệu cứng hơn như Polystyrene, Acrylic,... ngay cả đối với sản phẩm có kích thước nhỏ, góc côn tối thiểu cũng phải là  $1.5^\circ$ . Cần chú ý rằng góc côn càng nhỏ, yêu cầu lực đẩy càng lớn; do đó, có thể làm hỏng sản phẩm nếu sản phẩm chưa đông cứng hoàn toàn.

**Chi tiết không góc vát**

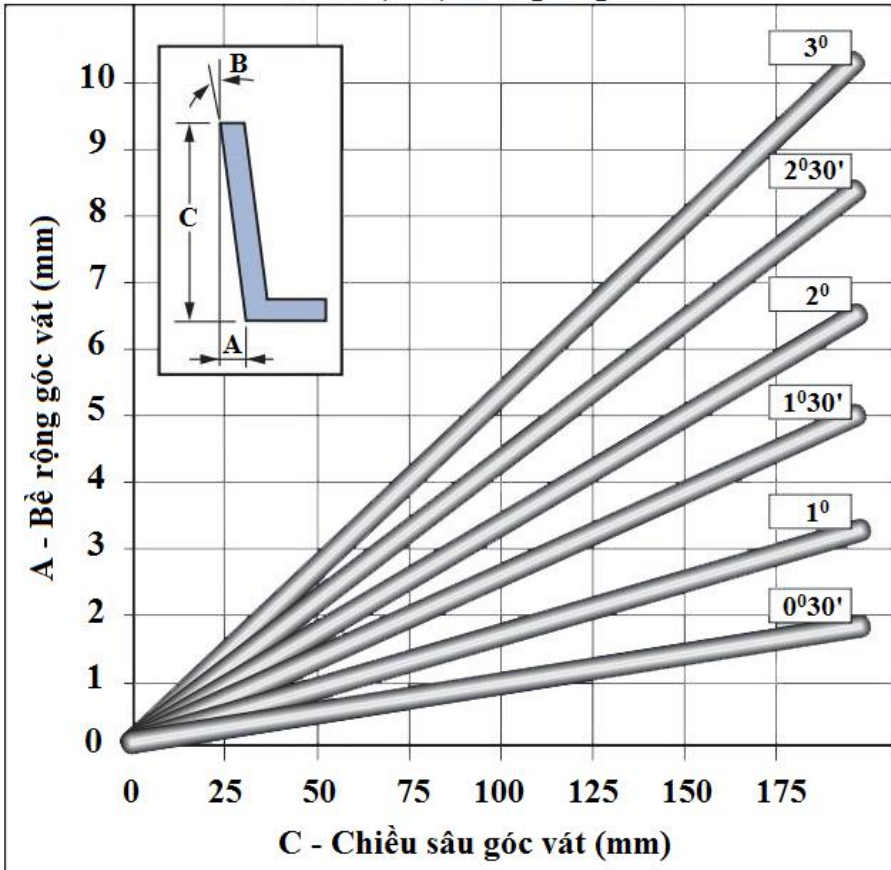
**Chi tiết có góc vát**



**Hình 6.2.1.2. Góc vát cho sản phẩm**

Khi không thiết kế góc thoát khuôn hay thiết kế không đúng thì ma sát giữa bề mặt sản phẩm và mặt khuôn sẽ rất lớn. Khi đó, sản phẩm sẽ bị kẹt lại trong khuôn hoặc nếu đẩy ra ngoài đi chăng nữa thì bề mặt sản phẩm cũng sẽ bị lỗi bởi lực chốt đẩy quá lớn làm thủng bề mặt.

Mỗi bề rộng A (mm) khác nhau có góc vát B (°) và chiều sâu C (mm) tương ứng



**Hình 6.2.1.3.** Đồ thị chọn góc vát theo chiều cao thành sản phẩm

Đồ thị thể hiện mối quan hệ góc vát và chiều sâu vát. Với giá trị chiều sâu vát và bề rộng vát có thể tra đồ thị (hình 3.2.4) để tìm ra góc vát hợp lí. Hoặc có thể tính theo công thức sau:

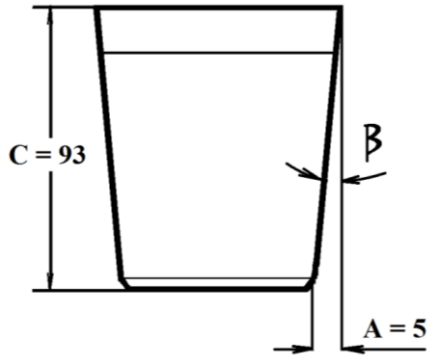
$$\tan \beta = \frac{A}{C}$$

[C: chiều cao vát (mm) ; A: bề rộng vát (mm)].

Ví dụ: Tính góc thoát khuôn cho sản phẩm ly nhựa uống nước như hình:

$$A = 5 \quad (\text{mm})$$

$$C = 93 \quad (\text{mm})$$



**Hình 6.2.1.4.** Ví dụ tính toán góc vát

Giá trị góc thoát khuôn (góc vát) là:

$$\tan \beta = \frac{A}{C} = \frac{5}{93} \approx 0.0537$$

→  $\beta \approx 3^{\circ}4'25.79$  (góc thoát khuôn B có giá trị gần đúng với đồ thị).

## 6.2.2 Bề dày

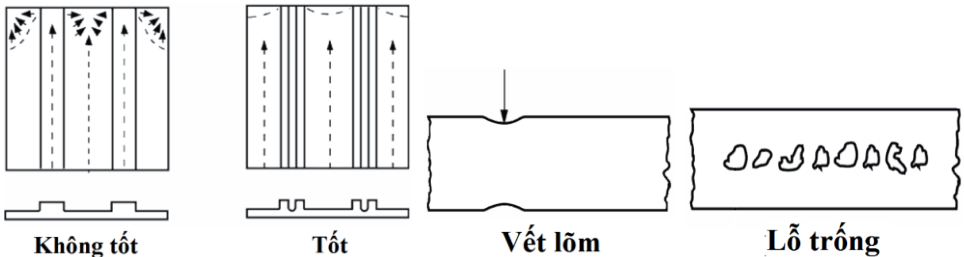
### a) Hiệu quả thiết kế

- Rút ngắn thời gian chu kỳ ép phun và chế tạo khuôn. Khi thiết kế hình dáng hình học sản phẩm hợp lý (bề dày đồng nhất, các đoạn chuyển tiếp,...) tránh được các lỗi trên sản phẩm và tăng thời gian điền đầy rút ngắn thời gian chu kỳ ép phun và chế tạo khuôn.

- Giảm giá thành sản phẩm và khuôn.

- Tiết kiệm vật liệu mà vẫn mang lại hiệu quả sử dụng cho sản phẩm.

- Tránh được các khuyết tật như: cong vênh, lỗ khí, vết lõm, đường hàn,...

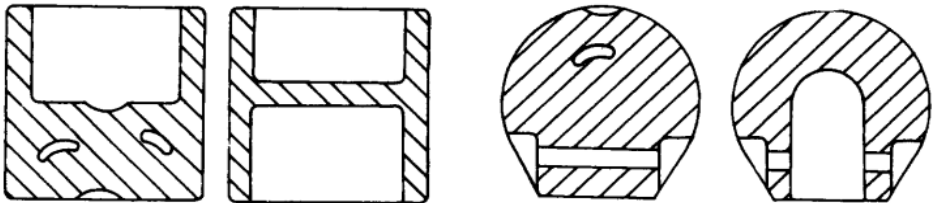


**Hình 6.2.2.1.** Các khuyết tật do bề dày gây nên

Bề dày sản phẩm ảnh hưởng trực tiếp không chỉ tới độ cứng vững, tính cách điện, tính chịu nhiệt, mà còn ảnh hưởng đến thẩm mỹ và giá thành sản phẩm. Tuy nhiên, cần tránh thiết kế thành chi tiết quá dày vì nhiều lý do.

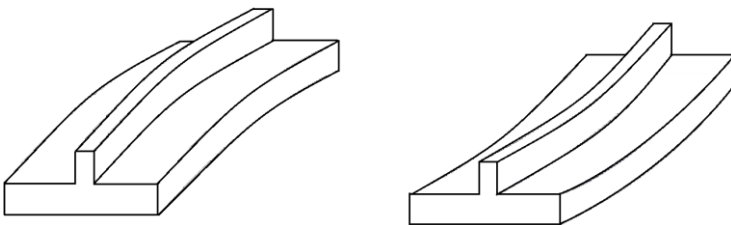
Thứ nhất, khi tăng bề dày thành sản phẩm thời gian chu kỳ nguội tăng: đối với sản phẩm nhựa ép phun, phải được làm nguội đủ trước khi lấy ra khỏi khuôn để tránh bị méo mó, do đó sản phẩm có bề dày lớn đòi hỏi thời gian làm nguội lâu. Theo lý thuyết, thời gian chu kỳ tương đương với bình phương bề dày thành sản phẩm, nên sản phẩm càng dày thì thời gian chu kỳ càng dài, làm giảm năng suất dẫn đến tăng giá thành sản phẩm.

Thứ hai, tiết diện quá dày sẽ tạo nên bọt rỗng, túi khí và vết lõm. Nếu có thể, nên đảm bảo bề dày đồng đều cho sản phẩm. Tuy nhiên, nếu yêu cầu phải thay đổi bề dày thì cần lưu ý rằng, trong quá trình điền đầy, nhựa (keo) sẽ chảy theo hướng có cản trở dòng nhỏ nhất. Dòng chảy không đều sẽ ảnh hưởng tới quá trình điền đầy khuôn làm ảnh hưởng tới chất lượng cũng như thẩm mỹ bề mặt sản phẩm.



**Hình 6.2.2.2.** Sản phẩm bị lỗ (bong) khí khi thành sản phẩm quá dày

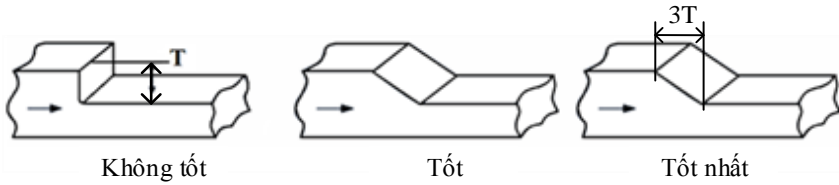
Ngoài ra, sự truyền nhiệt sẽ tốt nhất khi sản phẩm có bề dày đồng đều. Nếu phần vật liệu bên trong lõi sản phẩm nguội chậm hơn phần vật liệu trên bề mặt, sẽ tạo nên sự co rút không đồng đều trên sản phẩm, co rút không đồng đều và quá mức sẽ gây ra cong vênh.



**Hình 6.2.2.3.** Sản phẩm bị cong vênh

Trong trường hợp, nếu chi tiết không tránh được phải có bề dày khác nhau nhưng thực sự cần thiết vì chức năng sản phẩm, phải thiết kế đoạn chuyển tiếp có chiều dài bằng ba lần bề dày phần mỏng hơn, mục đích là tránh ứng suất tập trung.





**Hình 6.2.2.4.** Tạo vùng chuyển tiếp giữa hai vùng có bề dày khác nhau

**b) Một số điều cần chú ý**

Tùy thuộc vào từng loại sản phẩm mà bề dày sẽ khác nhau, thường từ  $(0.5 \div 4)$  mm. Tuy nhiên, trong một số trường hợp đặc biệt sản phẩm cần đạt được các tính chất như cách điện, chịu nhiệt,... thì độ dày có thể lớn hơn. Thực tế cho thấy, bề dày của sản phẩm được làm càng mỏng nhất có thể càng tốt, càng đồng đều càng tốt. Bằng cách này, việc điền đầy lòng khuôn và sự co rút của nhựa lỏng sẽ đạt được tốt nhất. Ứng suất trong cũng được giảm đi đáng kể.

Nếu sản phẩm không đủ bền thì có thể:

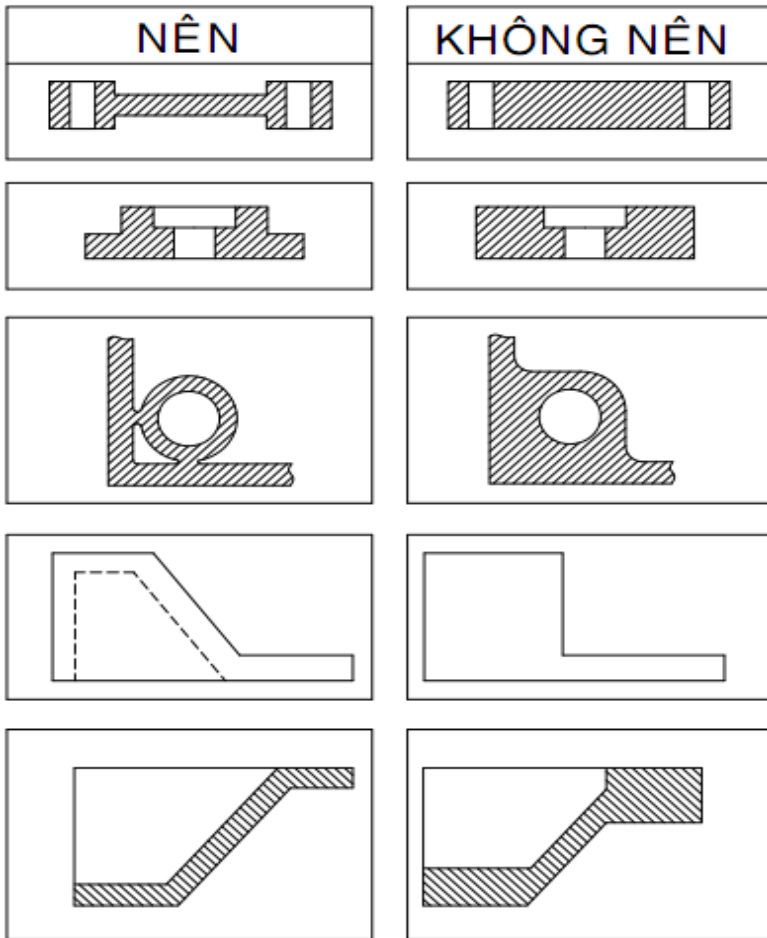
- Tăng bề dày.
- Dùng vật liệu khác có tính bền cao hơn.
- Tạo các gân tăng cứng hoặc các góc lượn để tăng bền.

Việc đảm bảo sản phẩm có bề dày đồng đều là rất quan trọng, vì thời gian đông cứng của sản phẩm là khác nhau ở những phần có bề dày khác nhau. Tuy nhiên, có thể hạn chế các khuyết tật bằng cách thiết kế các đoạn chuyển tiếp.

| 1/4°                                 | 1/2° | 1°   | 2°    | 3°    | 4°    | 5°    | Chiều cao thành sản phẩm (mm) |
|--------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|
| 0.11                                 | 0.22 | 0.44 | 0.87  | 1.31  | 1.74  | 2.19  |                               |
| 0.22                                 | 0.44 | 0.88 | 1.75  | 2.62  | 3.50  | 4.37  |                               |
| 0.33                                 | 0.65 | 1.31 | 2.62  | 3.93  | 5.24  | 6.56  |                               |
| 0.44                                 | 0.87 | 1.75 | 3.49  | 5.24  | 7.00  | 8.75  |                               |
| 0.55                                 | 1.09 | 2.19 | 4.36  | 6.55  | 8.74  | 1.94  |                               |
| 0.66                                 | 1.31 | 2.63 | 5.24  | 7.86  | 10.49 | 13.12 |                               |
| 0.77                                 | 1.52 | 3.06 | 6.11  | 9.17  | 12.23 | 15.31 |                               |
| 0.88                                 | 1.74 | 3.50 | 6.98  | 10.48 | 13.98 | 17.50 |                               |
| 0.99                                 | 1.96 | 3.94 | 7.85  | 11.97 | 15.73 | 19.68 |                               |
| 1.10                                 | 2.18 | 4.38 | 8.73  | 13.10 | 17.48 | 21.87 |                               |
| 1.21                                 | 2.39 | 4.81 | 9.60  | 14.41 | 19.21 | 24.06 |                               |
| 1.32                                 | 2.61 | 5.25 | 10.47 | 15.72 | 20.97 | 45.84 |                               |
| <u>Chiều dày thành sản phẩm (mm)</u> |      |      |       |       |       |       |                               |

**Bảng 6.2.2.1.** Bảng thông số góc vát thoát khuôn dựa vào chiều cao và độ dày thành sản phẩm

Để khắc phục hiện tượng cong vênh thì cần phải thiết kế bề dày đồng nhất, sau đây là một số cách thiết kế làm cho bề dày đồng nhất:



**Hình 6.2.2.5.** Cách thiết kế bề dày đồng nhất

### 6.2.3 Góc bo

#### a) Hiệu quả thiết kế

- Giảm sự tập trung ứng suất.
- Giúp sản phẩm được làm nguội đồng đều hơn.
- Giảm khả năng sản phẩm bị cong vênh.
- Giảm cản trở dòng chảy làm cho nhựa điền đầy vào lòng khuôn tốt hơn.

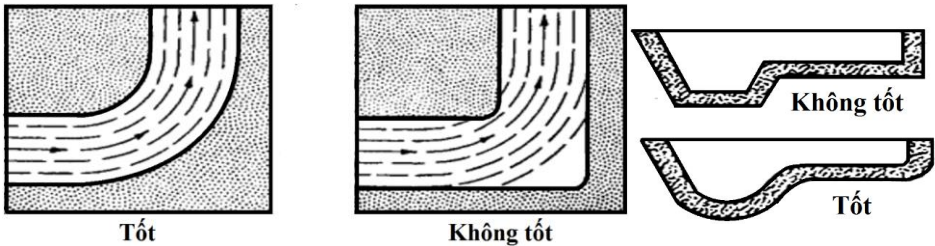
Với giải pháp bo tròn chi tiết, điều quan trọng là phải xác định giá trị hợp lý cho bán kính bo vì góc sắc cạnh sẽ tạo nên sự tập trung ứng suất và có thể sẽ tạo ra khuyết tật cho sản phẩm.

Đối với sản phẩm ép phun, nên chọn giá trị bán kính bằng nửa bề dày thành. Cũng cần xác định giá trị bán kính bo ngoài để đảm bảo sự đồng đều bề dày cho thành bên, nên chọn giá trị bán kính khoảng 1.5 lần bề dày thành.

### b) Giải pháp thiết kế góc bo

- Yêu cầu về sự đồng đều bề dày sản phẩm cũng cần được áp dụng đối với các chi tiết khác trên sản phẩm như các vấu lồi để tránh hình thành các vết lõm, bong rỗng và tạo nên sự cong vênh sản phẩm.

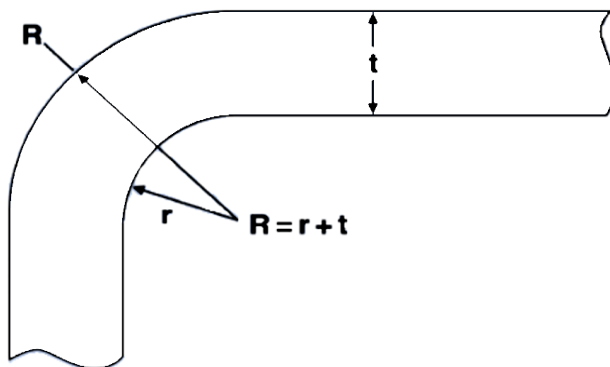
- Tránh thiết kế sản phẩm có hình dáng hình học không đối xứng, ví dụ như các gân tăng bền nằm về một phía của sản phẩm, điều này làm cho quá trình làm nguội xảy ra không đồng đều gây ra sự co rút không đồng đều dẫn đến sự cong vênh.



*Hình 6.2.3.1. Góc bo tạo dòng chảy hợp lý hơn*

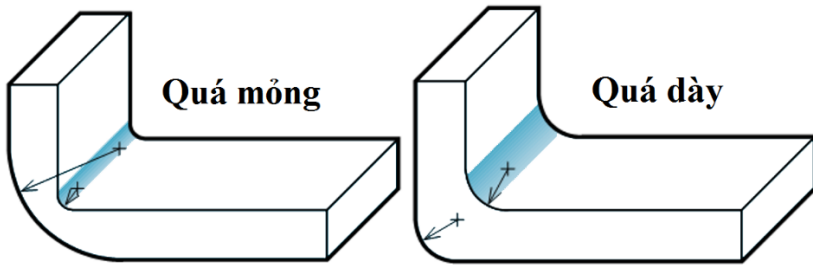
### c) Một số chú ý khi thiết kế góc bo

Bán kính bo trong nên nằm trong khoảng từ 0.25 đến 0.6, tốt nhất là 0.5 lần bề dày sản phẩm, bán kính ngoài bằng bán kính trong cộng thêm bề dày sản phẩm. Bán kính ngoài nên bằng bán kính trong cộng thêm bề dày sản phẩm:  $R = r + T$ .



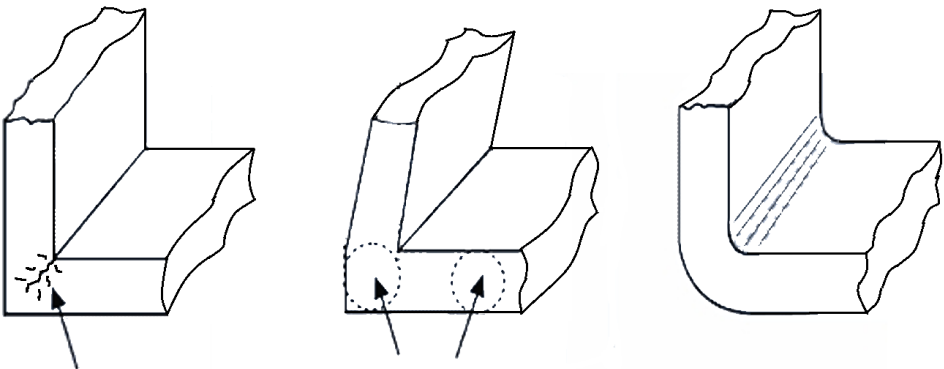
*Hình 6.2.3.2. Kích thước nên dùng để thiết kế góc bo*

Một khi điều này không được thỏa mãn thì sản phẩm dễ bị cong vênh bởi việc nguội không đều giữa phần nhựa bên trong và bề mặt ngoài sản phẩm khiến sự co rút không đều. Thêm vào đó ứng suất tập trung cũng tăng lên.



**Hình 6.2.3.3.** Thiết kế góc bo không hợp lý

Các khuyết tật thường gặp phải:



a) Vết nứt ;b) Vết khía hình V ; c) Nếp gấp bề mặt

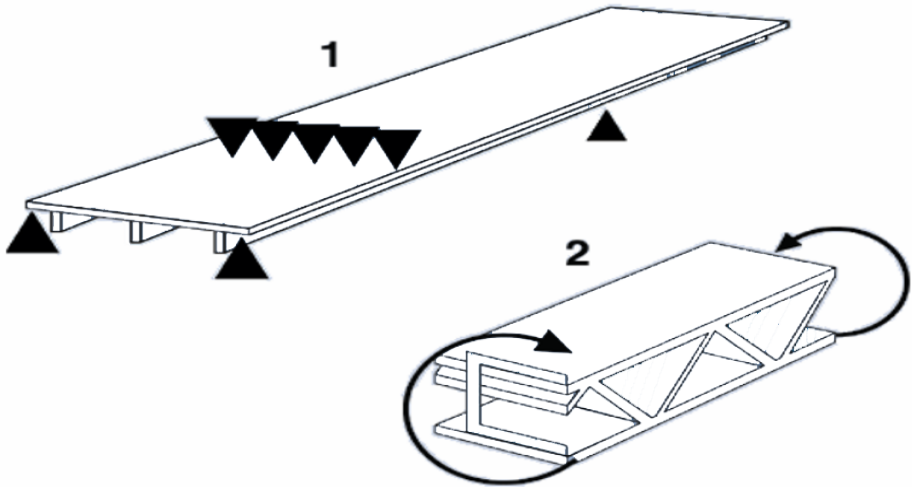
**Hình 6.2.3.4.** Các khuyết tật thường gặp

#### 6.2.4. Gân

##### a) Hiệu quả thiết kế

- Tăng độ bền vững cho sản phẩm.
- Tăng khả năng chống uốn của sản phẩm.

Gân là chi tiết trên sản phẩm có chức năng tăng cường khả năng chịu lực cho sản phẩm, giúp giảm vật liệu trên nhằm tiết kiệm chi phí và trọng lượng mà vẫn đảm bảo khả năng làm việc tương đương, thậm chí còn tốt hơn.



**Hình 6.2.4.1. Các loại gân thường gặp**

**b) Các loại sản phẩm cần gân tăng bền**

Vỏ máy, các bộ phận bao bên ngoài cần mặt ngoài có độ bóng, chất lượng tốt với trọng lượng nhẹ.

**c) Thiết kế gân**

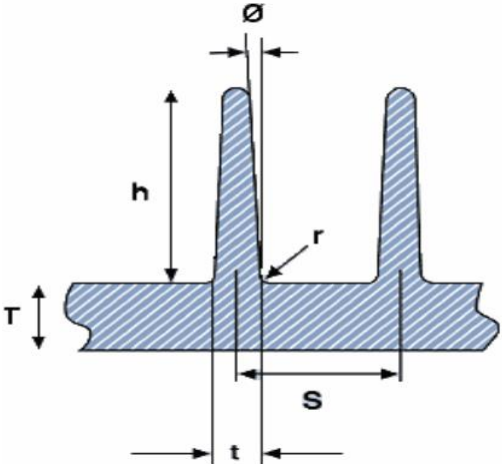
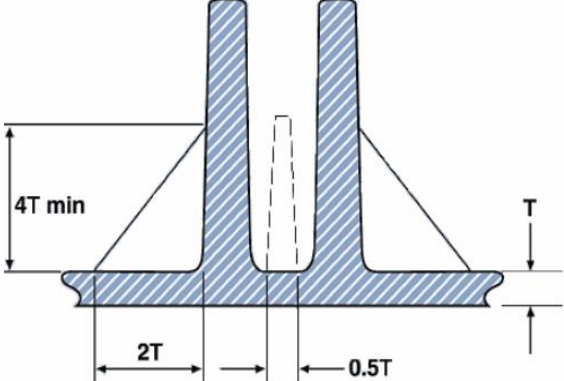
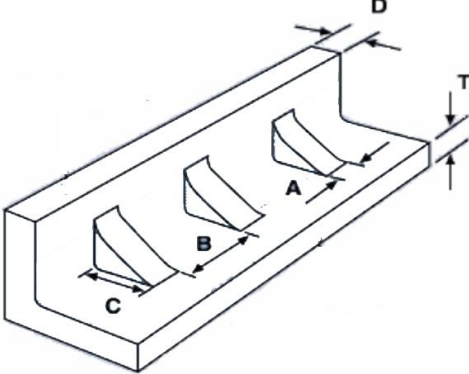
Thiết kế gân sao cho bề dày sản phẩm càng mỏng càng tốt. Nếu sản phẩm yêu cầu độ cứng vững càng cao thì khoảng cách các gân càng thu ngắn lại.

Hình dáng hình học gân tăng bền: bề dày, độ cao, góc côn đều liên quan với nhau, nếu bề dày gân quá lớn có thể dẫn đến vết lõm chỗ đối diện với gân và nếu góc côn quá lớn làm cho đỉnh gân quá nhỏ gây khó khăn cho quá trình điền đầy.

Độ nghiêng của gân mỗi bên khoảng 10, nếu mặt khuôn được mài bóng, thì độ nghiêng của gân có thể là 0.5°. Bề dày đáy gân lớn nhất cho phép bằng 0.8 lần độ dày sản phẩm tại nơi đặt gân. Thông thường, bề dày đáy gân từ 0.5-0.8 lần bề dày sản phẩm tại nơi đặt gân.

Vị trí của gân tăng bền, vấu lồi (bosses) và gussets: gân tăng bền phải nằm thẳng hướng với hướng mở khuôn.

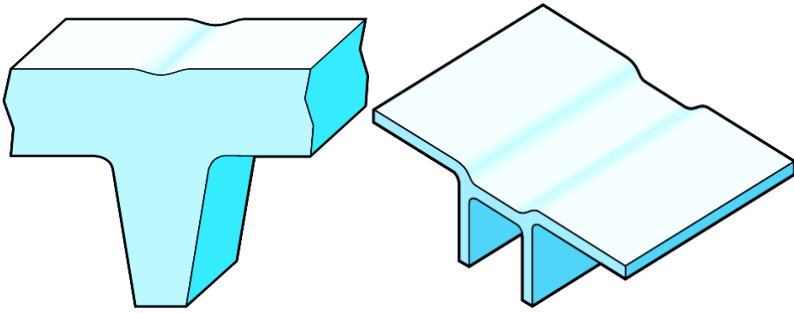
Các thông số tham khảo khi thiết kế gân:

|  |   |
|--|---|
| <p>Gân tăng cứng cho các tấm phẳng chịu uốn:</p> $t = (0.5-0.8)T$ $h \leq 3T$ $r = (0.25-0.5)T$ $\Phi = (0.5-1)^\circ$ $S \geq 2T$ |   |
| <p>Gân tăng cứng cho các vấu lồi</p>   |   |
| <p>Gân tăng cứng cho các tấm góc</p> $A = (0.5-0.7)T$ $B \geq 2T$ $C \geq 2T$ $D \geq 2T$  |  |

**Hình 6.2.4.2.** Thông số thiết kế gân

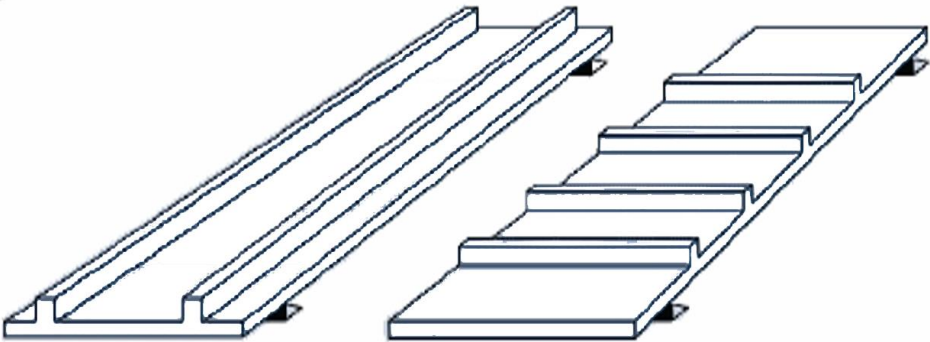
**d) Một số điều cần chú ý**

- Bề dày của gân không nên vượt quá nửa bề dày đặt gân nhưng ở những chỗ vật liệu ít co rút và không ảnh hưởng đến tính thẩm mỹ thì có thể dày hơn một chút. Tuy nhiên, nên cân nhắc khi thiết kế vì điều này dễ đưa đến các vết lõm trên bề mặt đối diện đặt gân.



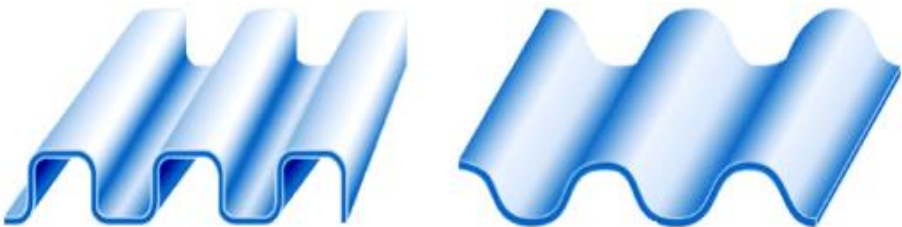
**Hình 6.2.4.3.** Vết lõm bề mặt đối diện gân

- Bề dày gân còn tác động đến sự ưu tiên dòng chảy trong quá trình ép phun – nguyên nhân đưa đến các khuyết tật đường hàn và rỗ khí.
- Các gân nên thiết kế song song, khoảng cách giữa các gân nên ít nhất là bằng 2 lần bề dày → giúp giảm bớt hệ thống làm nguội và các rãnh thoát khí trong khuôn.
- Các gân nên đặt dọc theo một hướng để đạt độ cứng vững tốt. Có thể đặt ngang nhưng việc này không mang lại hiệu quả cao bằng đặt dọc.



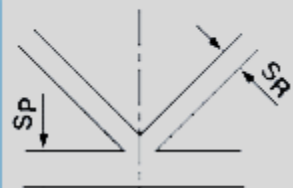
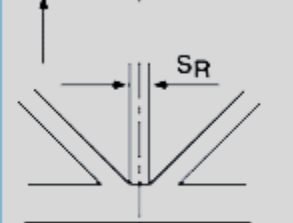
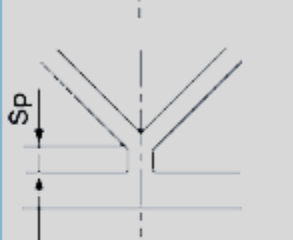
**Hình 6.2.4.4.** Các kiểu đặt gân

- Ngoài việc thiết kế gân để tăng bền có thể thay thế gân bằng các nếp gấp để tăng độ cứng vững và tính thẩm mỹ.



**Hình 6.2.4.5.** Các kiểu nếp gấp

- Khi thiết kế gân chéo giao nhau thì chỗ chuyển tiếp nên là một điểm để đảm bảo độ cứng và khả năng chống lại ứng suất cho sản phẩm.

| Variants  | Rigidity in % | Resistance to stress in % |
|---|---------------|---------------------------|
|  | 100           | 100                       |
|  | 65            | 80                        |
|  | 60            | 82                        |
| Ratio $Sr/Sp = 0.69$  |               |                           |

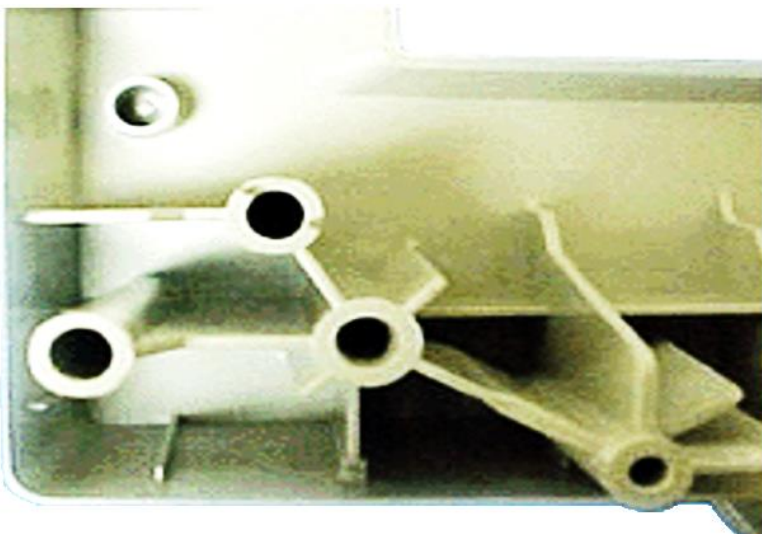
**Hình 6.2.4.6.** Các kiểu gân chéo nhau

- Gân tăng cứng: dùng để tăng cứng cho các góc, mặt bên, vấu lồi của sản phẩm.

### 6.2.5 Vấu lồi

Vấu lồi trên sản phẩm thường dùng để bắt vít hay là các chốt kết hợp với lỗ trong quá trình lắp ráp.

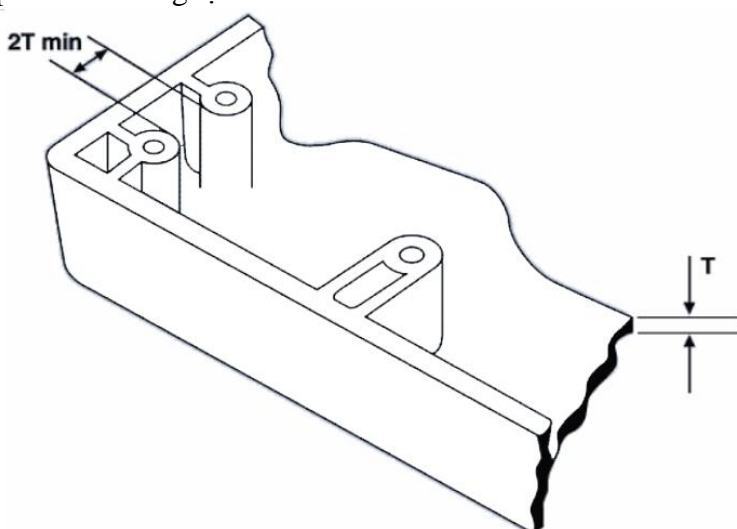




**Hình 6.2.5.1.** *Vấu lỗi trên sản phẩm*

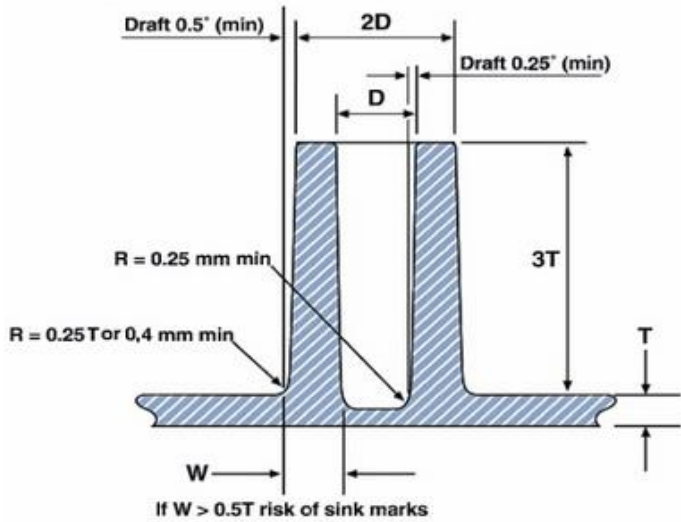
Bề dày vấu lỗi nên nhỏ hơn 0.7 lần bề dày đặt vấu, nếu quá lớn sẽ tạo vết lõm trên sản phẩm ở mặt đối diện. Vùng chuyển tiếp giữa vấu lỗi và thành sản phẩm nên thiết kế bán kính bo để giảm ứng suất cho vấu và giúp cho dòng chảy vật liệu bớt hỗn loạn hơn trong quá trình điền đầy, bán kính bo nên chọn khoảng 0.25 lần bề dày thành sản phẩm. Các góc nghiêng trên vấu tuân thủ theo góc thoát khuôn.

Ngoài ra, để tăng độ cứng vững có thể đặt gân cho vấu lỗi, khoảng cách giữa hai gân nên lớn hơn hai lần bề dày sản phẩm, vì nếu quá gần thì sản phẩm sẽ lâu nguội.

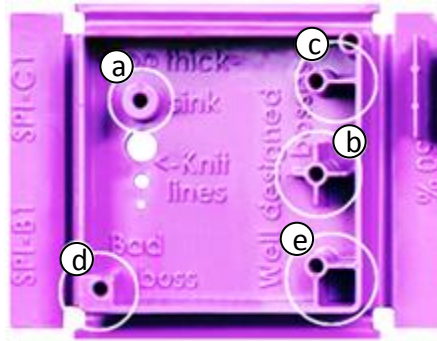


**Hình 6.2.5.2.** *Sử dụng các gân tăng cứng cho vấu lỗi*

Các thông số của vấu lồi khi thiết kế

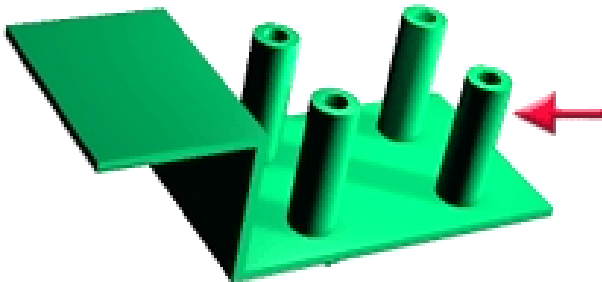


Để bền hơn nên đặt vấu lồi cách xa thành sản phẩm và đặt gần cho vấu  
 a, d: xấu  
 b, c, e: tốt



**Hình 6.2.5.3.** Các thông số thiết kế vấu lồi

Các vấu lồi thường dùng để bắt vít hay các chốt để lắp ráp các chi tiết lại với nhau.

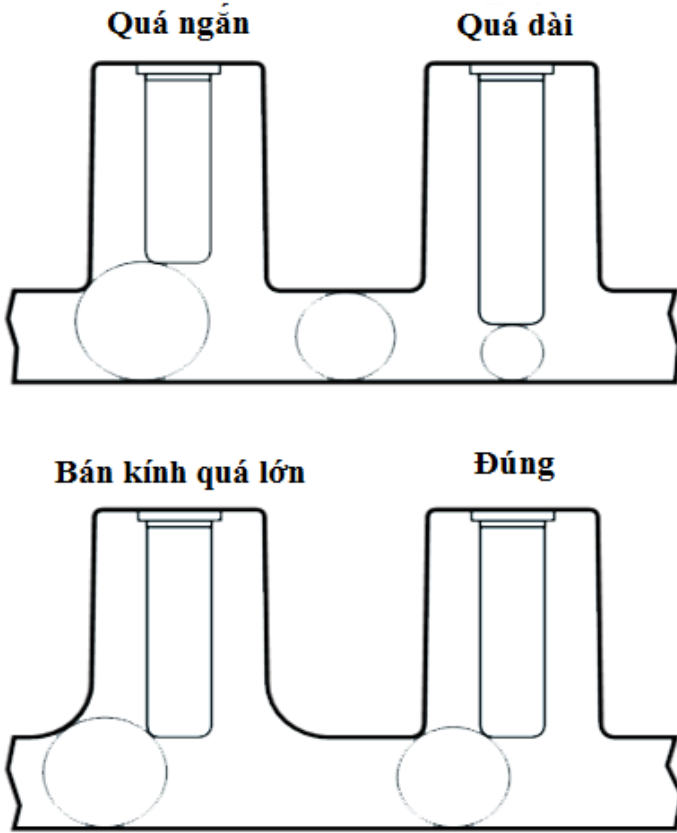


**Hình 6.2.5.4.** Vấu lồi

Bề dày của vấu nên nhỏ hơn 0.75% bề dày đặt vấu, lưu ý khi bề dày vấu lớn thì dễ xuất hiện các vết lõm trên bề mặt vì ứng suất tập trung tăng.

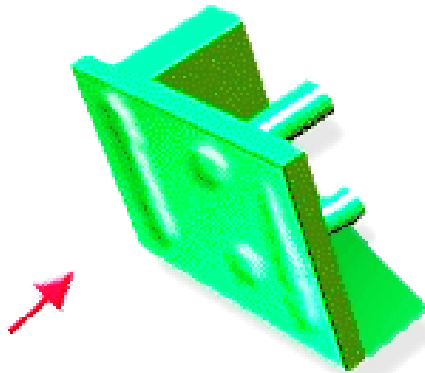
Bán kính ngoài chuyển tiếp nên bằng 0.25% bề dày đặt vấu hay ít nhất cũng bằng 0.4 mm để giảm ứng suất. Một khi tăng chiều sâu vấu

nên làm bán kính chuyển tiếp để giảm bớt sự chuyển động hỗn loạn của vật liệu trong quá trình ép phun và giữ ứng suất ở mức nhỏ nhất.



**Hình 6.2.5.5.** Thiết kế vấu hợp lý

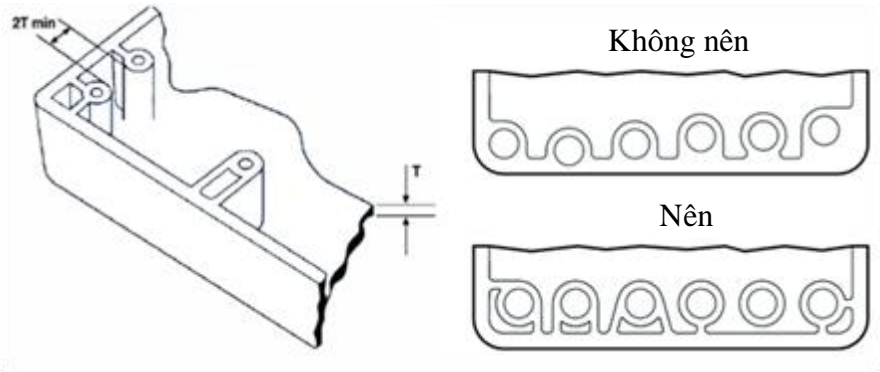
Tuy nhiên điều này đưa đến một hệ quả là bề mặt đối diện dễ bị khuyết tật.



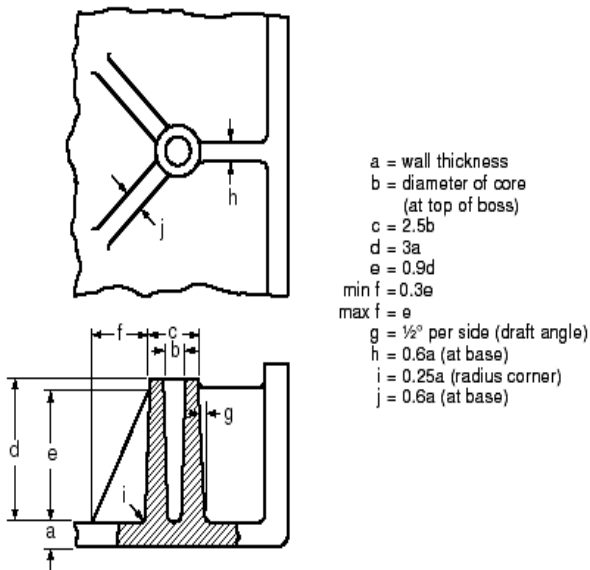
**Hình 6.2.5.6.** Vết lõm ở mặt đối diện

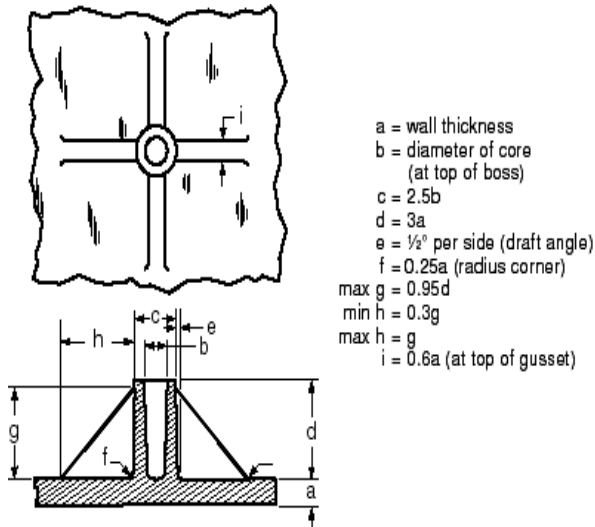
Các góc côn ngoài ở mặt bên nên nhỏ nhất là 0.50 và góc côn trong nhỏ nhất nên là 0.250 để đảm bảo sự thoát khuôn.

Để bền hơn, các vấu lồi đặt cách xa thành sản phẩm nên thiết kế thêm các gân tăng cứng. Các vấu này nên đặt cách thành ít nhất là 3 mm để tiết kiệm vật liệu và giảm thời gian chu kỳ. Khoảng cách giữa hai gân nên bằng ít nhất hai lần bề dày thành sản phẩm vì nếu đặt gần quá sẽ khó nguội.



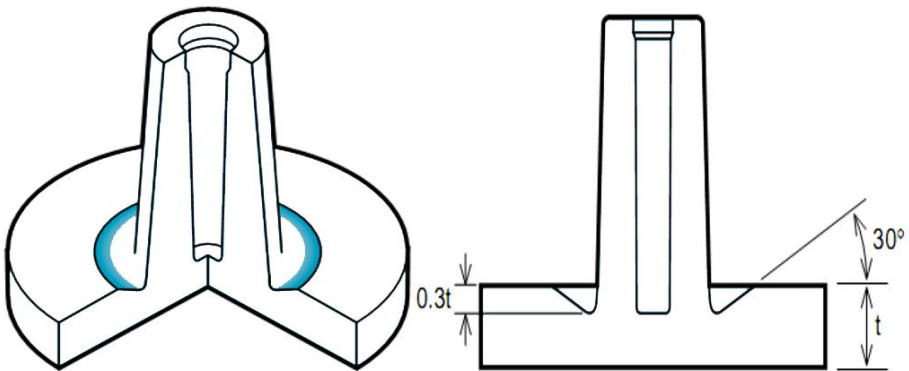
**Hình 6.2.5.7.** Thiết kế vấu kết hợp với gân tăng cứng hợp lý





**Hình 6.2.5.8.** Các thông số thiết kế gân tăng cứng

Để sản phẩm không bị các vết lõm ở chân vấu cần phải tạo một vòng lõm ngay chân vấu để tránh sự tập trung vật liệu.



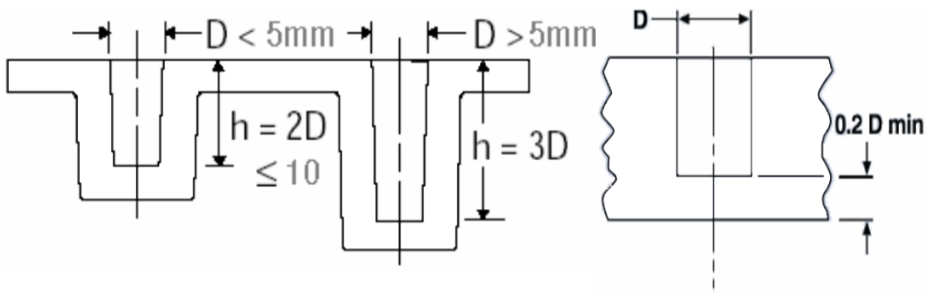
**Hình 6.2.5.9.** Tạo vết lõm dưới chân vấu

### 6.2.6 Lỗ trên sản phẩm

Lỗ trên sản phẩm có thể là lỗ suốt hoặc lỗ không suốt.

#### a) Lỗ không suốt

Chiều sâu của lỗ không nên vượt quá 3 lần đường kính, nếu lỗ có đường kính nhỏ hơn 5 mm (xấp xỉ 3/16 inch) thì chiều sâu lỗ nên bằng hai lần đường kính, bề dày phần dưới của lỗ nên bằng 0.2 lần đường kính lỗ để loại trừ khuyết tật cho mặt đối diện.

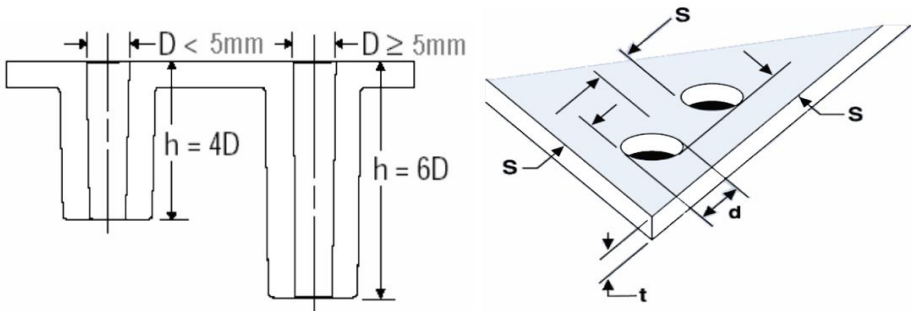


**Hình 6.2.6.1.** Các thông số thiết kế lỗ không suốt

Một thiết kế tốt là bề dày của thành lỗ luôn đồng đều và không có các góc sắc cạnh nơi mà tập trung của ứng suất.

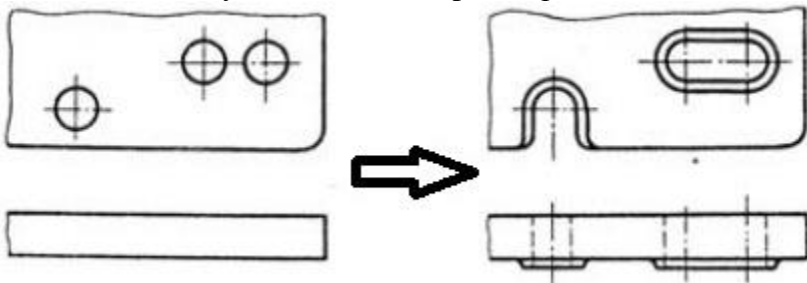
**b) Lỗ suốt**

Khoảng cách giữa hai lỗ hoặc giữa lỗ với mép ngoài nên bằng hai lần bề dày sản phẩm hoặc hai lần kích thước lớn nhất được đo theo chu vi của lỗ.



**Hình 6.2.6.2.** Các thông số thiết kế lỗ suốt

Khi khoảng giữa các lỗ quá nhỏ hoặc phức tạp ảnh hưởng tới quá trình đúc thì có thể thay đổi thiết kế cho phù hợp hơn.



**Hình 6.2.6.3.** Thay đổi thiết kế kết cấu của lỗ cho phù hợp hơn

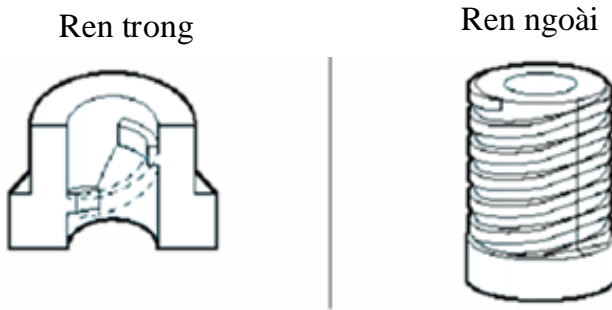
Nên thiết kế để hướng của dòng chảy dọc xuống theo lỗ để tránh đường hàn. Nếu đường hàn ở mức không chấp nhận được thì không nên

thiết kế lỗ mà sẽ khoan lỗ cho sản phẩm sau khi ép phun. Bên trong thành lỗ nên bóng nhẵn để tăng khả năng điền đầy.

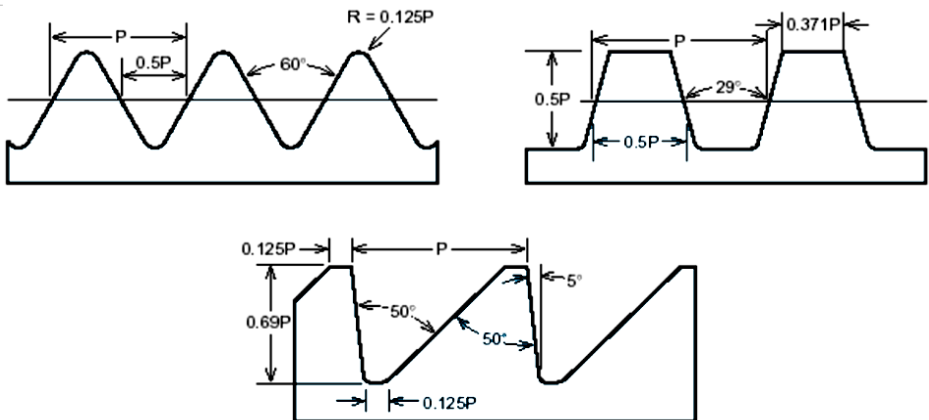
### 6.2.7 Thiết kế sản phẩm có ren

#### a) Biên dạng ren

So với ren trên các chi tiết kim loại được gia công bằng phương pháp cắt gọt có tính tiêu chuẩn cao thì ren trên các chi tiết bằng nhựa được chế tạo bằng phương pháp ép phun có phần thoải mái hơn. Biên dạng ren đôi khi được thiết kế không theo tiêu chuẩn nào cả, vì ngoài việc phụ thuộc tính năng làm việc của sản phẩm, thì yêu cầu khả năng gia công lòng khuôn, quá trình điền đầy khuôn và tháo sản phẩm sau khi phun sao cho tối ưu nhất.



**Hình 6.2.7.1.** Ren phi tiêu chuẩn



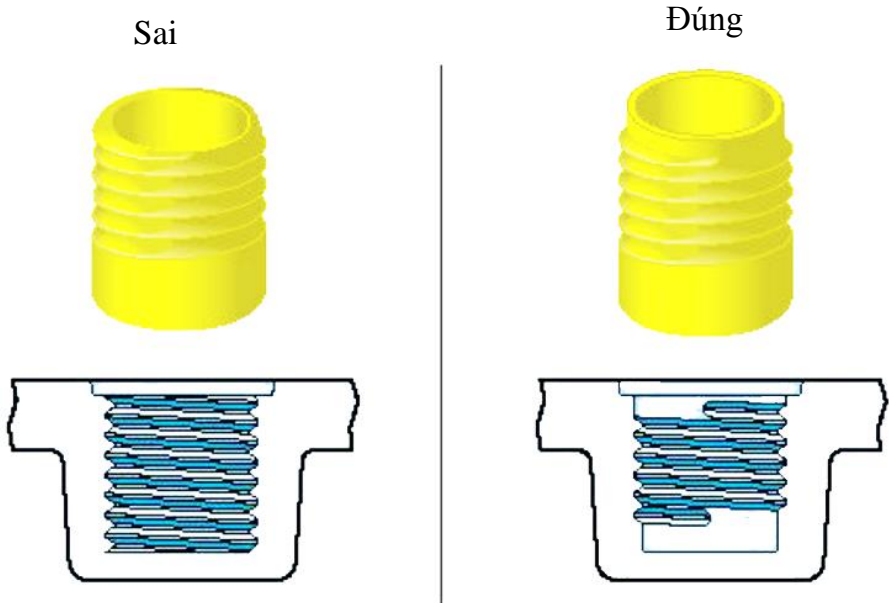
**Hình 6.2.7.2.** Một số biên dạng ren thường dùng để thiết kế cho các sản phẩm nhựa

Ngoài ra, ren biên dạng tròn cũng thường được sử dụng trên các chi tiết bằng nhựa.

### b) Các điều lưu ý khi thiết kế ren

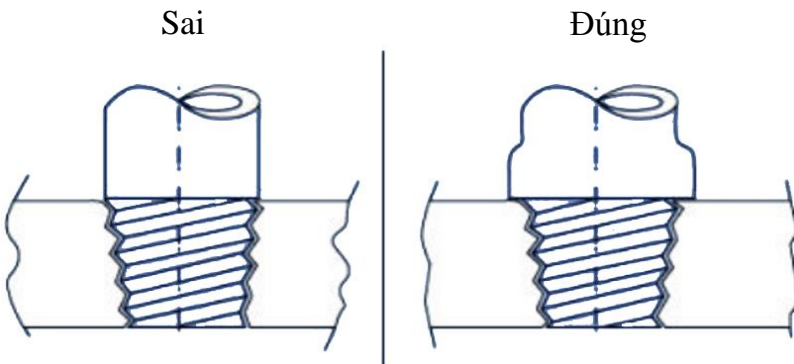
Bán kính chân ren và đỉnh ren cần lớn nhất có thể để giảm ứng suất.

Đoạn hết ren nên tạo một đoạn trơn để tránh tuôn ren dẫn đến hư ren trong quá trình sử dụng.



**Hình 6.2.7.3.** Tạo đoạn trơn ở cuối đường ren

Khi thiết kế ren côn thì nên thiết kế như hình sau đây để mỗi lắp ghép kín hơn:



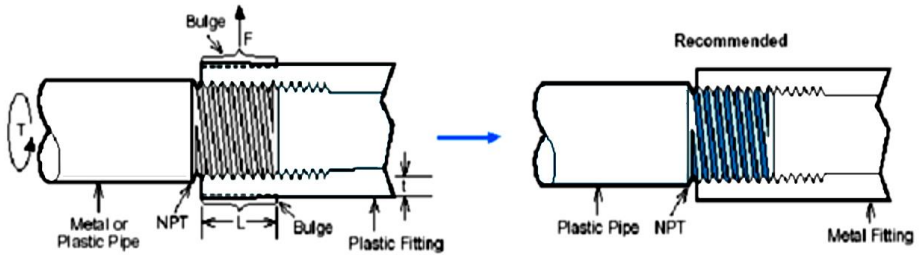
**Hình 6.2.7.4.** Thiết kế ren côn

Tuy nhiên, nên tránh thiết kế ren côn, có thể dùng vòng đệm cao su để mỗi ghép được kín khí hơn.

Không nên thiết kế ren có bước nhỏ hơn 1 mm (32 ren/inch) để tránh tuôn ren và dễ chế tạo khuôn.

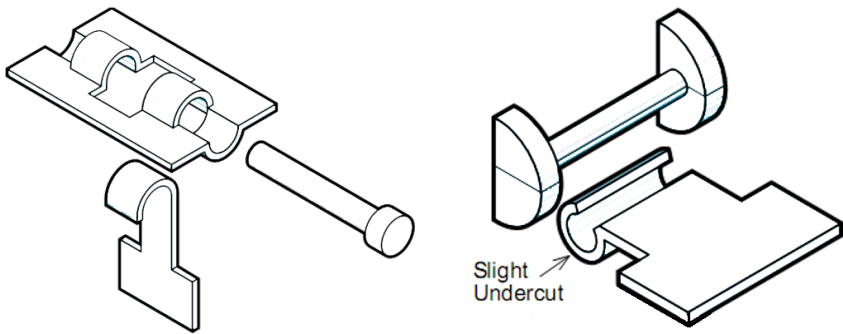


Khi thiết kế ren nhựa lắp với ren kim loại (thường thấy trong hệ thống ống nước) nên thiết kế ren ngoài cho sản phẩm nhựa và ren trong cho kim loại để tránh ren kim loại làm hỏng ren nhựa.



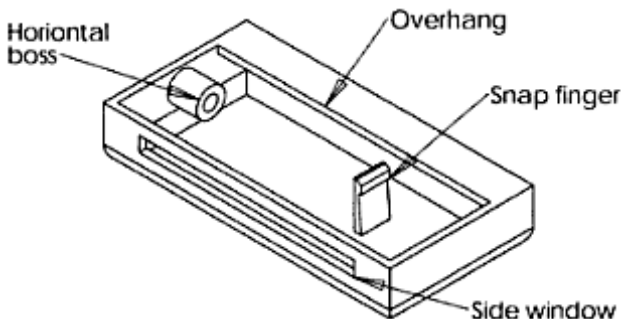
**Hình 6.2.7.5.** Thiết kế ren ngoài cho chi tiết nhựa

### 6.2.8 Undercut



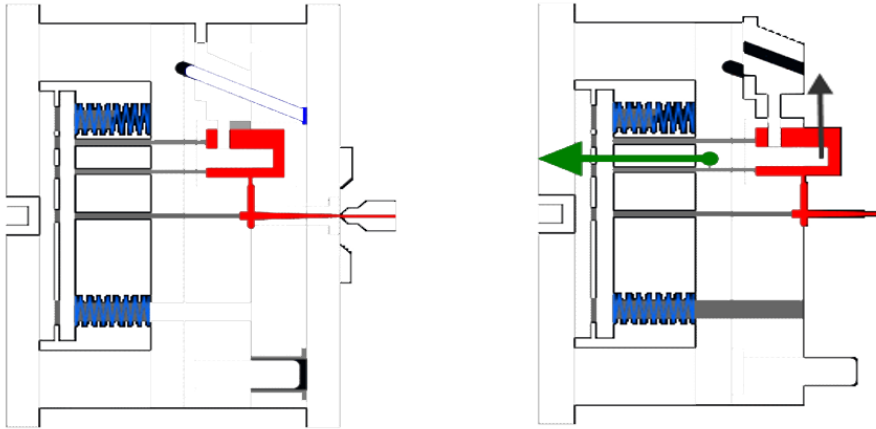
**Hình 6.2.8.1.** Sản phẩm chứa Undercut

Undercut là những chi tiết, kết cấu trên sản phẩm mà có hướng tháo khuôn khác với hướng tháo khuôn của sản phẩm. Vì vậy, Undercut làm tăng số lượng chi tiết cho khuôn làm cho khuôn trở nên phức tạp hơn, làm tăng giá thành khuôn. Undercut có thể là vấu lồi, móc, rãnh, lỗ,... trên chi tiết.



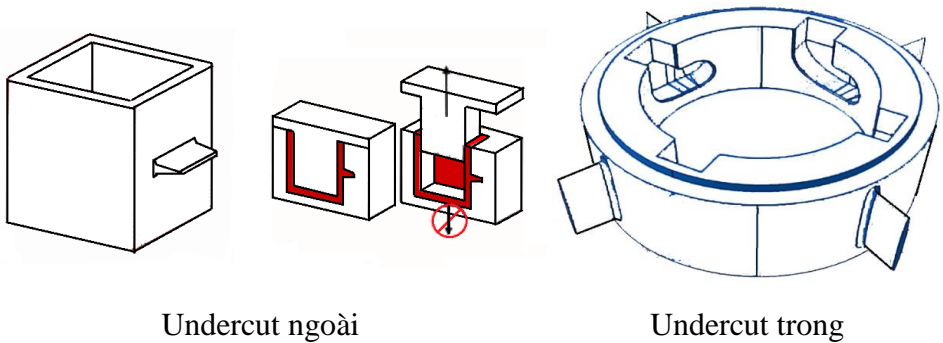
**Hình 6.2.8.2.** Một vài kiểu Undercut thường gặp

Undercut là phần trên sản phẩm gây ra khó khăn khi tách khuôn, ví dụ như lỗ ngang trên sản phẩm, hay nói cách khác, đó là những lỗ song song với mặt phân khuôn.... Để tạo được các lỗ này phải đặt lõi và khi tách khuôn lấy sản phẩm phải rút lõi trước rồi mới tách khuôn lấy sản phẩm.



**Hình 6.2.8.3.** Khuôn có Undercut trên sản phẩm (lỗ ngang) và hướng tháo

Undercut có thể nằm phía ngoài hoặc phía trong sản phẩm.



Undercut ngoài

Undercut trong

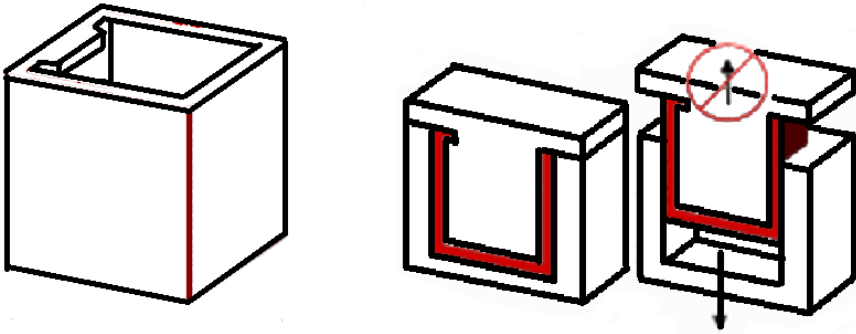
**Hình 6.2.8.4.** Undercut trên sản phẩm

■ Các lưu ý khi thiết kế Undercut:

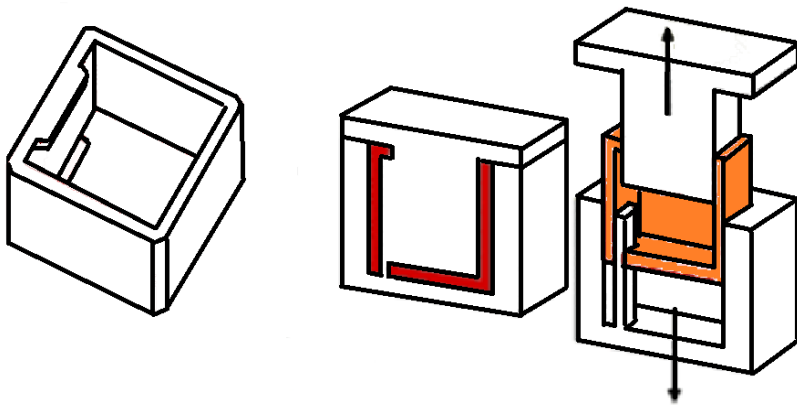
- Tránh thiết kế Undercut quá phức tạp.
- Bề dày Undercut không lớn hơn 0.7 lần bề dày sản phẩm tại nơi đặt Undercut.
- Các cạnh của khuôn chứa Undercut nên được bo cung và làm nghiêng để Undercut có thể dễ thoát ra được.

- Phần Undercut khi tháo ra cần đủ nóng để có thể kéo giãn và trở lại bình thường sau đó.

- Có thể thay đổi kết cấu chi tiết để dễ tháo sản phẩm hơn:



*Hình 6.2.8.5a. Sản phẩm thiết kế ban đầu không thể tháo sản phẩm ra khỏi khuôn*

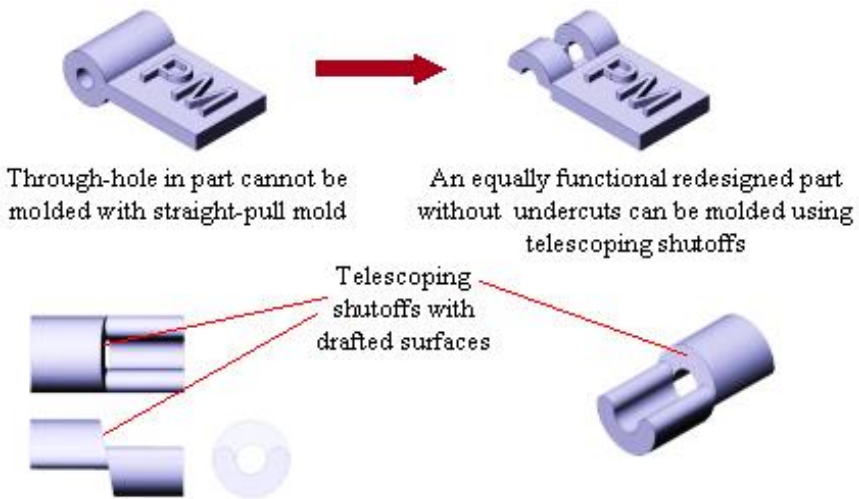


*Hình 6.2.8.5b. Sản phẩm sau khi thiết kế lại dễ dàng tháo sản phẩm ra khỏi khuôn*

Tuy nhiên, trong quá trình thiết kế khuôn, nên tránh thiết kế undercut để khuôn bớt phức tạp và tiết kiệm được chi phí chế tạo.

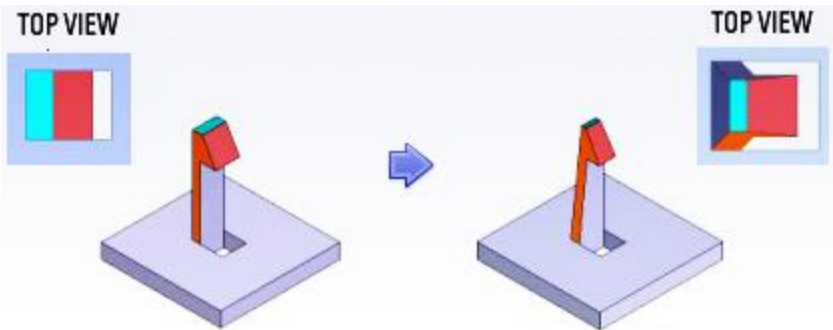
■ Ví dụ:

Thiết kế một chi tiết yêu cầu một lỗ xuyên suốt. Trong hình minh họa, hình 6.2.8.6 cho thấy chi tiết có thể được thiết kế lại để đạt được chức năng giống như cũ bằng cách biến đổi lỗ thành ba đường bao đối diện nhau, mỗi đường bao được tạo hình trên mặt đối diện của khuôn bằng công dụng của telescoping shutoff (Telescoping shutoff: là vùng kim loại trượt lên nhau ở trong khuôn, thông thường sẽ tạo lỗ trên sản phẩm, và phải tạo góc thoát khuôn 3 độ trên các bề mặt liên quan của sản phẩm).



**Hình 6.2.8.6.** Biến đổi lỗ thành ba đường bao đối diện nhau

Một ví dụ khác, cần Undercut để tạo cơ cấu then cài thông dụng. Hình 6.2.8.7 chỉ cách thiết kế then cài có thể bỏ Undercut bằng cách sử dụng telescoping shutoff.

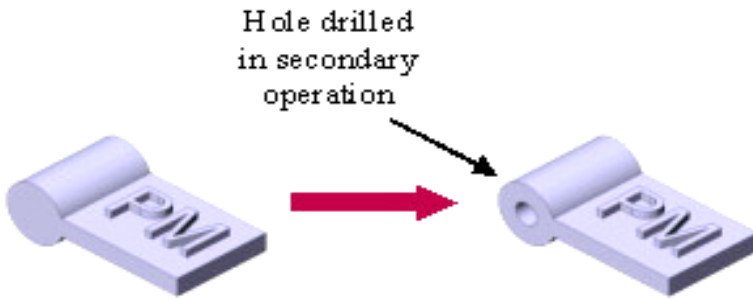


**Hình 6.2.8.7.** Bỏ Undercut bằng cách sử dụng telescoping shutoff

Đối với hình phía bên trái: không có góc côn những bề mặt song song với khuôn sẽ trượt lên nhau.

Đối với hình bên phải: có góc côn thì những bề mặt bị bít trong khuôn sẽ được cải thiện.

Cách đơn giản hơn nhiều đó là gia công sản phẩm sau khi ép. Ví dụ hình 6.2.8.8, sản phẩm được đúc không có lỗ, sau đó sẽ khoan để tạo lỗ.



*Hình 6.2.8.8. Gia công sản phẩm sau khi ép*

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

## 1. Tiếng Việt

[1] Hoàng Trọng Bá, Vật liệu mới.

[2] Vũ Hoài Ân, Thiết kế khuôn cho sản phẩm nhựa, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 1994.

[3] Huỳnh Sáu, Công nghệ ép phun, Trung tâm kỹ thuật chất dẻo - Sở công nghiệp TP. Hồ Chí Minh.

## 2. Tiếng Anh

[4] A3M Company, Injection Moulding Guide for Dyneon™ PDA

[5] Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren, How to Make Injection Molds, Hanser Gardner Publications, Inc., Cincinnati, 3rd.

[6] CAE DS, Injection Moulded Part Design.

[7] Stoyko Fakirov, Handbook of Thermoplastic Polyesters, Wiley – VCH, 2002

[8] Rosato, Injection molding handbook, Kluwer Academic Publishers, 2000

[9] Charles A. Harper, Modern Plastics Handbook, Technology Seminars, Inc.

[10] Peter Jones, The Mould Design Guide, Shawbury, 2008.

[11] Dominick V. Rosato, Donald V. Rosato, Marlene G. Rosato, Injection Molding Handbook, Boston, 3rd.

[12] Daniel Frenkler and Henryk Zawistowski, Hot Runners In Injection Moulds, 2001

## 3. Nguồn khác

[15] <http://mould-technology.blogspot.com/search/label/Sprue>

[16] <http://mould-technology.blogspot.com/2008/03/side-gate-edge-dimension-design.htm>

[17] [http://www.dsm.com/en\\_US/html/dep/gatetype.htm](http://www.dsm.com/en_US/html/dep/gatetype.htm)

[18] <http://nhuacongngiep.org/chi-tiet-san-pham/325/phan-loai-khuon.html?lang=vn>

[19] <http://www.innovateus.net/science/what-are-causes-warpage>

[20] <http://www.plastictroubleshooter.com/ThePlasticTroubleshooter/warpage.htm>

[21] [http://www.archivesmse.org/vol44\\_1/4412.pdf](http://www.archivesmse.org/vol44_1/4412.pdf)

[22] <http://www.kenplas.com/service/imtroubleshooting.aspx#Voids>

[23] <http://www.steinwall.com/ART-voids.html>

[24] <http://www.kenplas.com/service/imtroubleshooting.aspx#SinkMarks>