

AULA 7

CONFORMAÇÃO DE PLÁSTICOS

SEM-0407 - Introdução ao Projeto e Manufatura

Professores

Alessandro Roger Rodrigues

Luciana Montanari

Definições

Moléculas: H-C

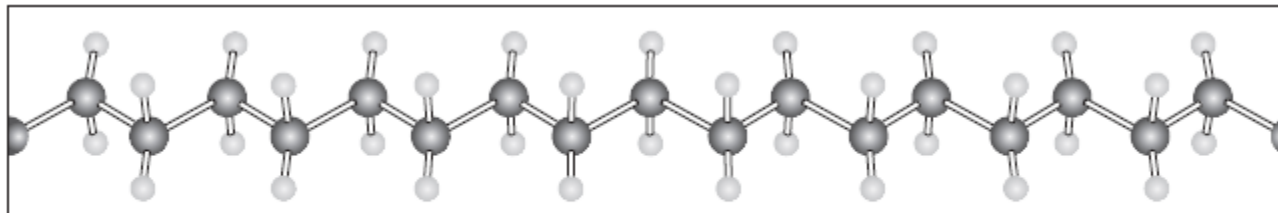
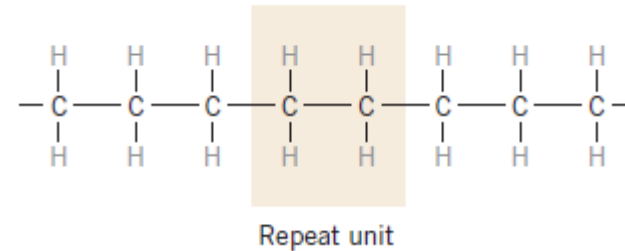
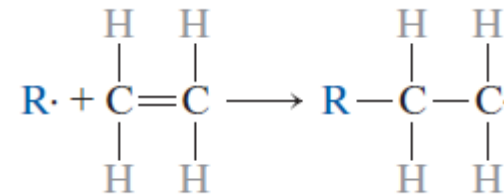
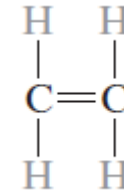
Mero: menor unidade

Propriedades

Baixo peso

Resistência à corrosão e dielétrica

Fácil fabricação*



Classificação

Polímeros naturais

Plantas e animais (celulose, borracha, algodão) _____



Polímeros sintéticos

Carvão e Petróleo (polietileno, teflon, acrílico) _____



Polímeros termoplásticos

Flexíveis e remoldados

Poliamidas, policarbonatos e poliacetatos _____



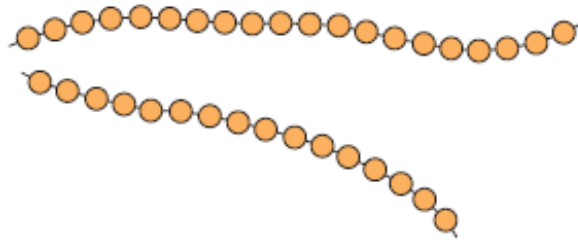
Polímeros termorrígidos

Não deformáveis

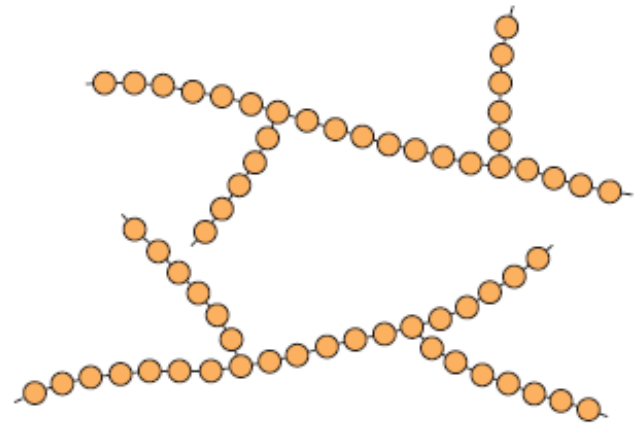
Elastômeros, epóxis e poliésteres _____



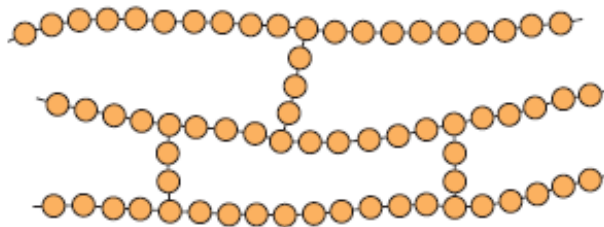
Estrutura Molecular



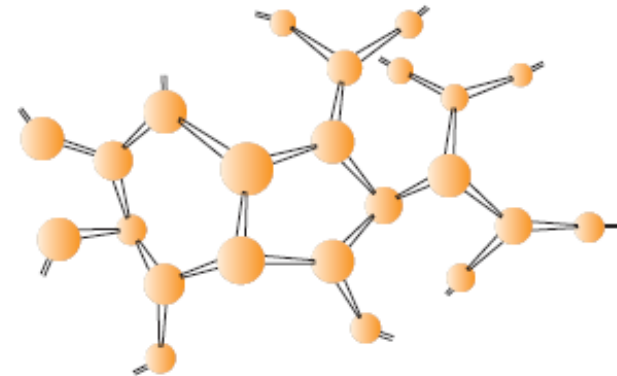
(a)



(b)



(c)



(d)

(a) linear, (b) ramificada, (c) cruzada e (d) reticulada

Comportamento Térmico dos Polímeros

Temperatura de Transição Vítreia (T_g)

Temperatura em que a mobilidade das cadeias moleculares se torna restrita

Rotação de grupos laterais em torno das ligações primárias (coesão intramolecular)

Temperaturas $< T_g$: polímero rígido e quebradiço

Temperatura de Fusão Cristalina (T_m)

Temperatura em que as regiões cristalinas mudam de fase

Termoplásticos: $T_m < 300\text{ °C}$

Termorrígidos: carbonização

Comportamento Térmico dos Polímeros

Temperatura de Transição Vítreia (T_g) e de Fusão (T_m)

<i>Material</i>	<i>Glass Transition Temperature [°C (°F)]</i>	<i>Melting Temperature [°C (°F)]</i>
Polyethylene (low density)	-110 (-165)	115 (240)
Polytetrafluoroethylene	-97 (-140)	327 (620)
Polyethylene (high density)	-90 (-130)	137 (279)
Polypropylene	-18 (0)	175 (347)
Nylon 6,6	57 (135)	265 (510)
Polyester (PET)	69 (155)	265 (510)
Poly(vinyl chloride)	87 (190)	212 (415)
Polystyrene	100 (212)	240 (465)
Polycarbonate	150 (300)	265 (510)

Morfologia

Polímero amorfo:

Cadeias moleculares aleatórias

Geralmente são transparentes

Ex: PMMA, PS, PC

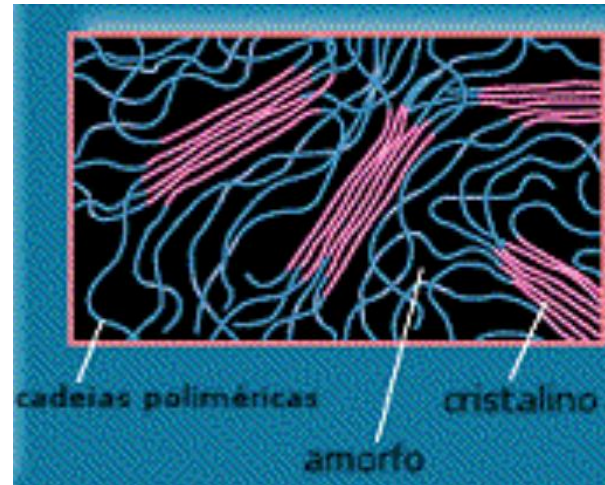
Polímero cristalino*:

Massa polimérica ordenada com distância atômica $< 10 \text{ \AA}$

Geralmente são opacos

Ex: PA, PE, PP, PTFE

* Nenhum polímero é 100% cristalino

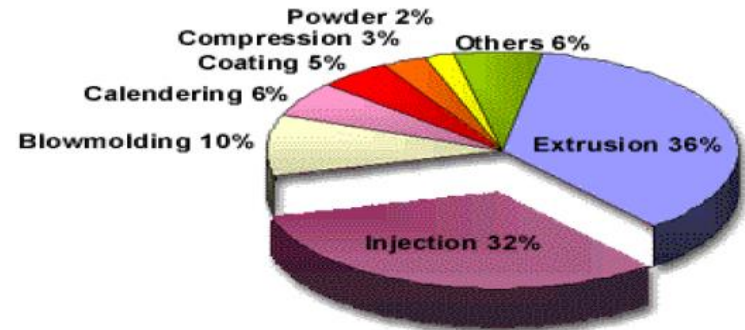
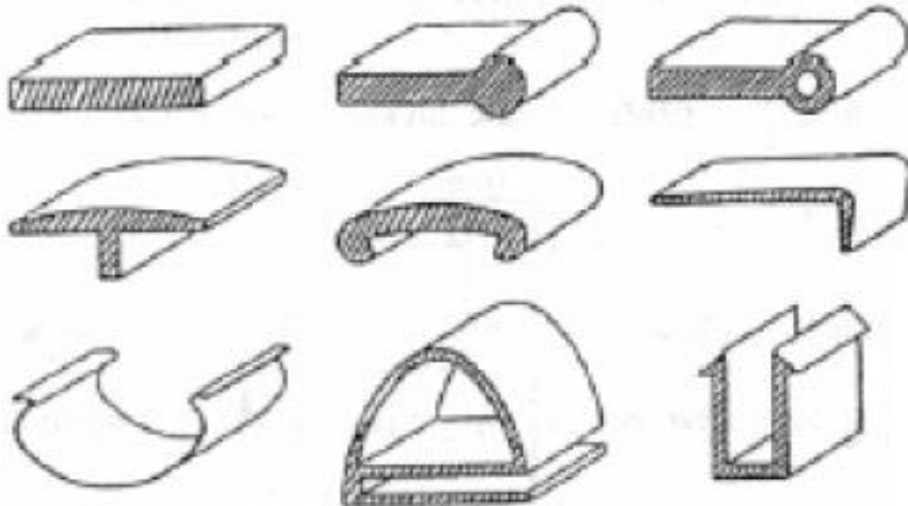


Moldagem por Extrusão

Moldagem por Extrusão

Definição geral:

Extrusão: é a produção contínua de um artigo semi-acabado, tubos ou filmes/folhas a partir de material polimérico (resina plástica)



Moldagem por Extrusão

Definição: Processo de compressão no qual o material é forçado a escoar através do orifício de uma matriz para formar uma peça contínua e longa, cuja forma da seção transversal é determinada pela forma do orifício.

Amplamente usado para termoplásticos e elastômeros para produção em massa de itens tais como tubos, canos, mangueiras, formas estruturais, filmes e folhas, fibras contínuas e encapamento de fios elétricos.

Realizado como processo contínuo; o extrudado é cortado em comprimentos pré-determinados.

Moldagem por Extrusão



Moldagem por Extrusão

Sistema de extrusão é composto por

Extrusora

Molde/matriz

Equipamento de resfriamento

Puxador

Equipamento de corte

Extrusão e Molde

Extrusora

É a unidade mestre de um sistema de extrusão o qual deve suprir um fundido homogêneo ao molde na quantidade, temperatura e pressão necessária.

Extrusão e Molde

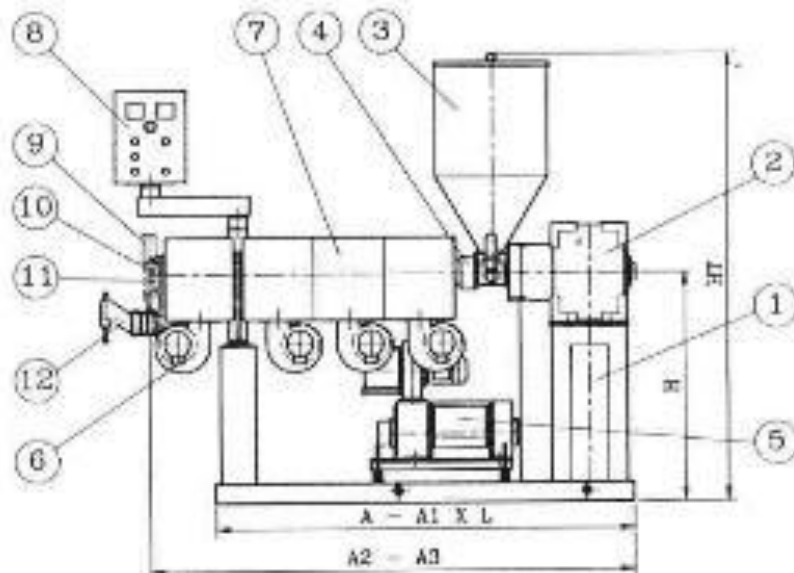
Partes da Extrusora (FIGURA)

Base da máquina,

Acionamento (motor, caixa de engrenagens, eixos de transmissão)

Unidade de plastificação (rosca(s), cilindro, sistema de controle de temperatura);

Unidade de controle (lógica de controle, equipamentos de controle, suprimento de energia)



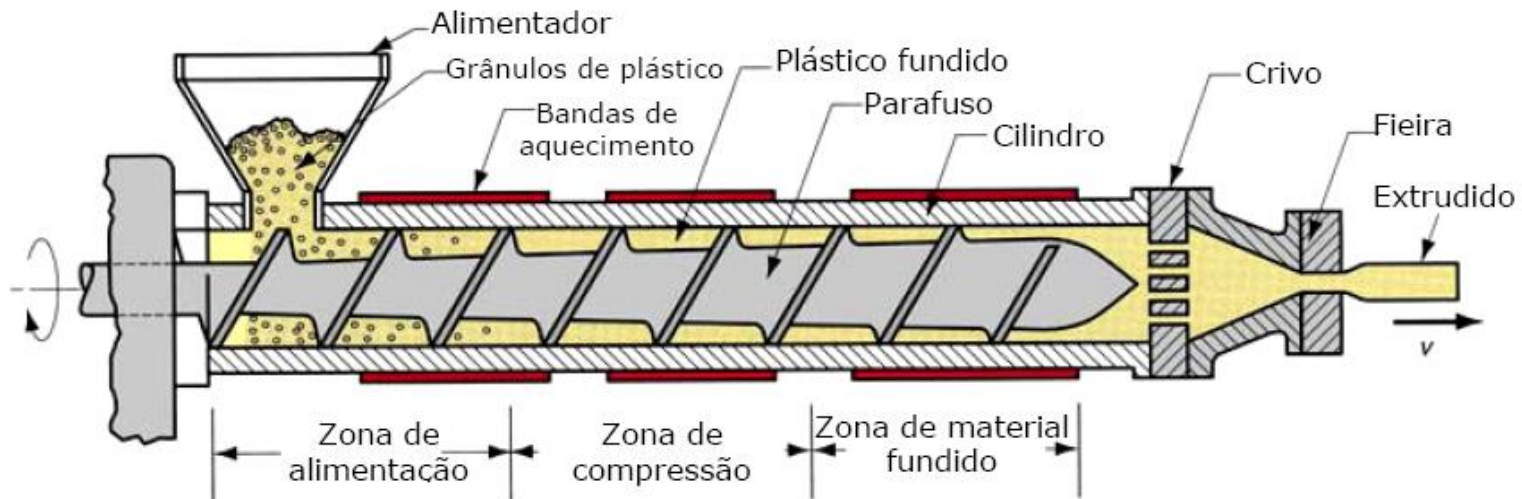
- 1 - Base
- 2 - Redutor
- 3 - Funil
- 4 - Resfriamento na Alimentação
- 5 - Motor
- 6 - Ventiladores para Resfriamento

- 7 - Proteção das Residências
- 8 - Painel de Comando
- 9 - Fecho Bi - Partido para cabeçote
- 10 - Cilindro
- 11 - Rosca
- 12 - Suporte para Cabeçote

Cilindro da extrusora

Diâmetro interno na faixa de 25 a 150 mm (1.0 a 6.0 pol.)

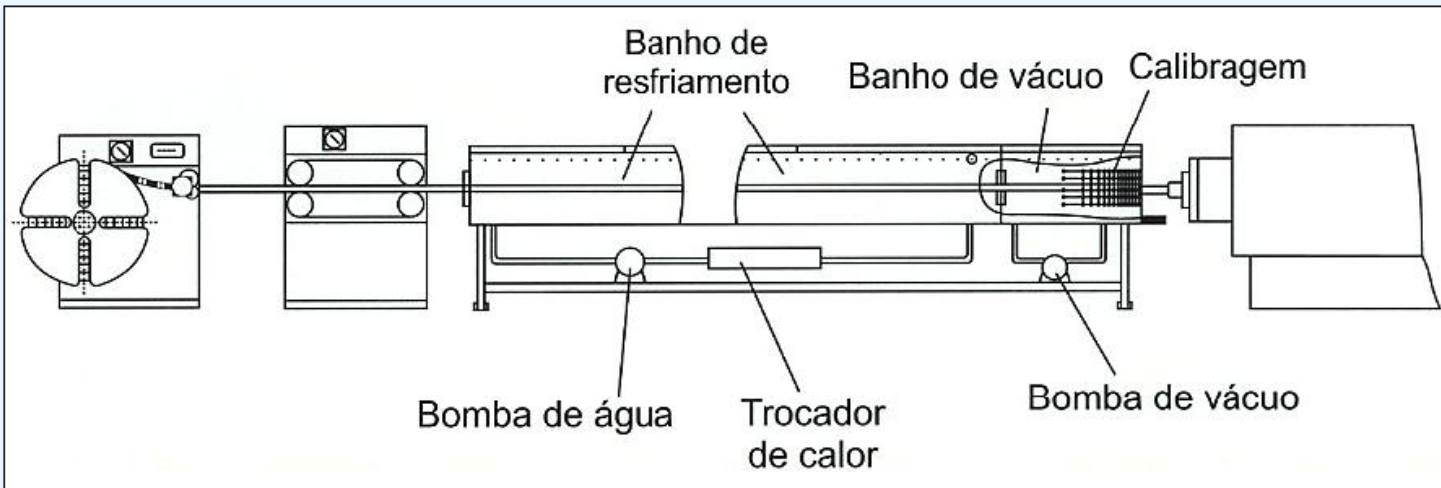
- ❑ Razão L/D geralmente em torno de 10 e 30: razão mais alta para termoplásticos, mais baixa para elastômeros.
- ❑ Alimentação feita por gravidade para o interior da rosca cuja rotação transporta o material através do cilindro
- ❑ Aquecedores elétricos fundem a massa polimérica, misturam e trabalho mecânico adiciona calor o qual mantém o fundido



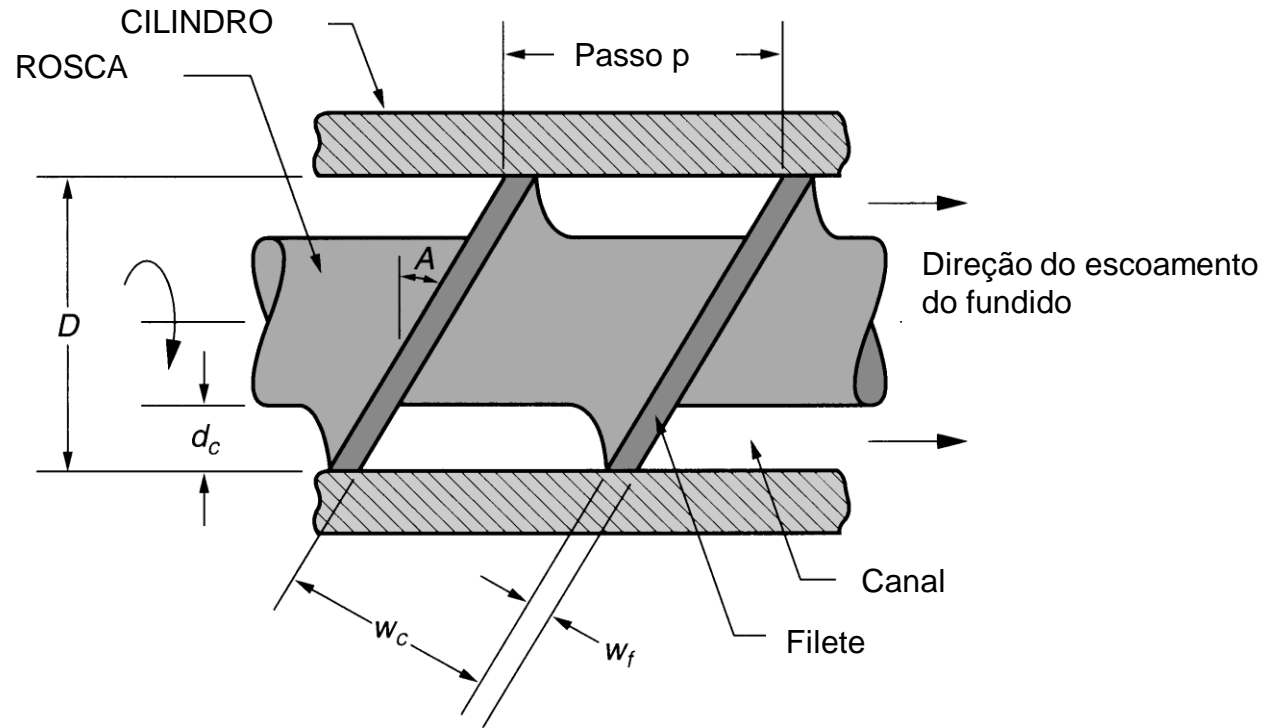
Extrusão e Molde

■ Resfriamento

- A banheira de resfriamento deve estar localizada próxima ao cabeçote.
- Comprimento mínimo da banheira de resfriamento: 6 metros.



Extrusão e Molde

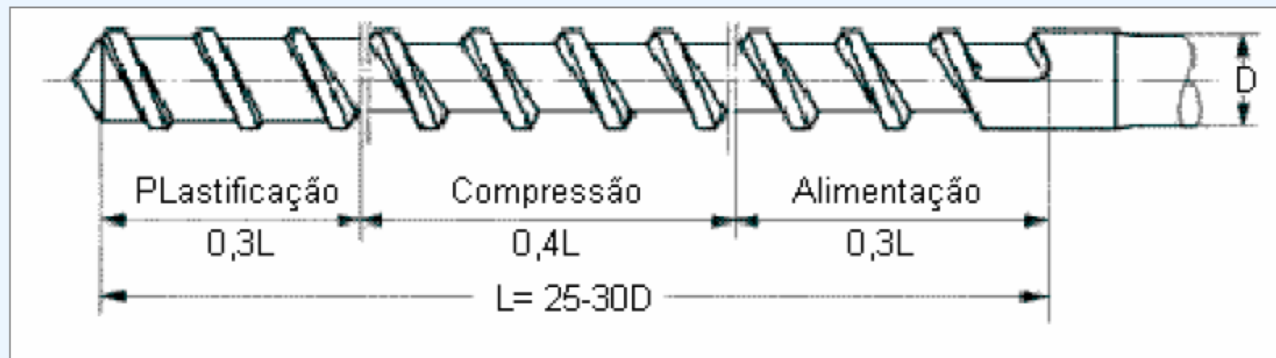


Detalhes da rosca da extrusora no interior do cilindro

Extrusão e Molde

■ Roscas

- Relação de compressão - 1:2 a 1:3
- Razão L/D - 25 a 30



- Utilizar conjunto de telas 40/80/80/40 mesh

Detalhes da rosca da extrusora

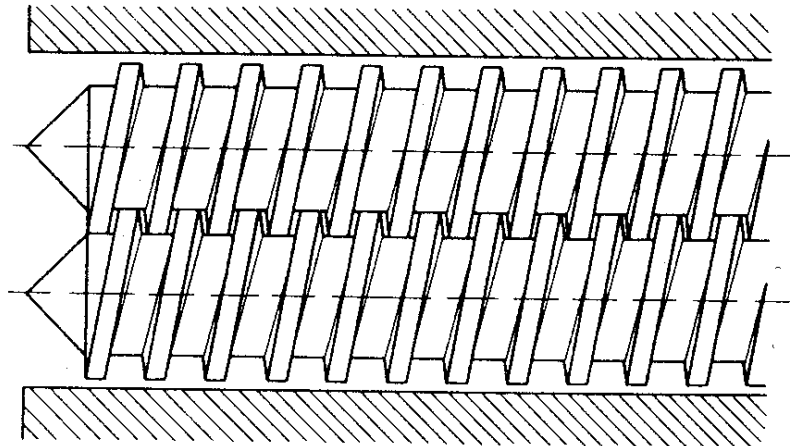
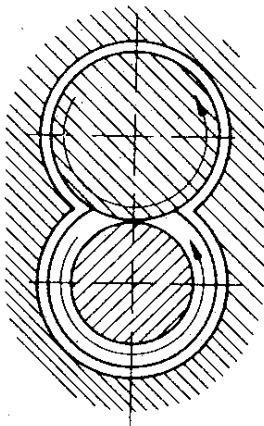
Extrusão e Molde

Dois tipos:

Co-rotativas:

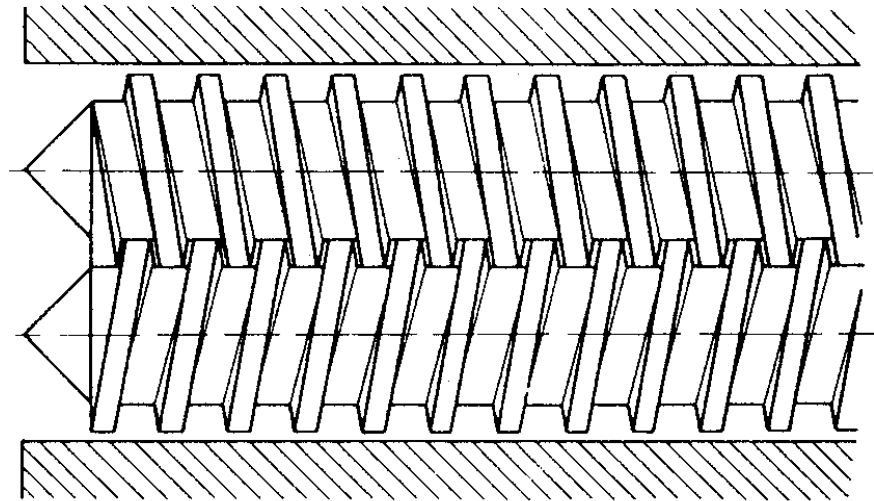
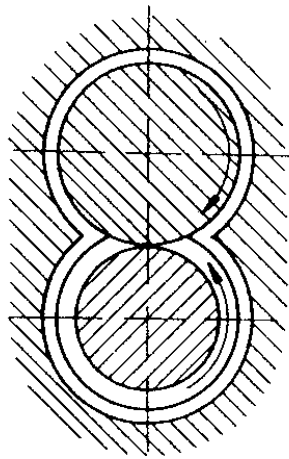
Maior cisalhamento

Forças de arraste similar às encontradas nas extrusoras com monorosca



Extrusão e Molde

Contra-rotativas: Mais utilizadas para extrusão de PVC rígido na forma de perfis ou tubos.

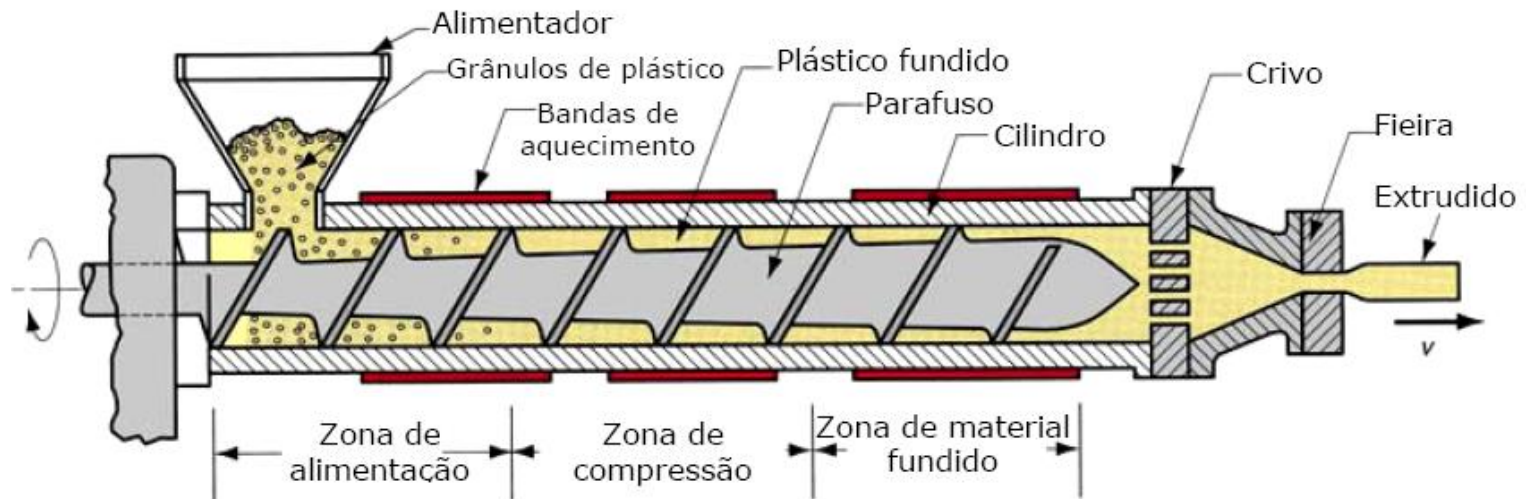


Extrusão e Molde

■ Perfil de Temperaturas (°C)

	Rosca				Cabeçote		Matriz
Dureza Shore	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7
60A - 80A	130	145	150	160	140	150	130
	140	160	170	180	180	185	170
85A - 95A	150	160	170	180	180	175	170
	170	180	185	200	200	205	200

■ RPM rosca: 15 a 60



Extrusão

Aplicações Específicas das Roscas

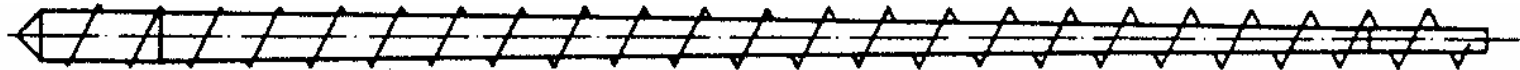
A rosca com zona de compressão mais curta, onde a profundidade do canal na zona de alimentação decresce (canal mais profundo), tem sido usada com sucesso para termoplásticos cristalinos.



Extrusão

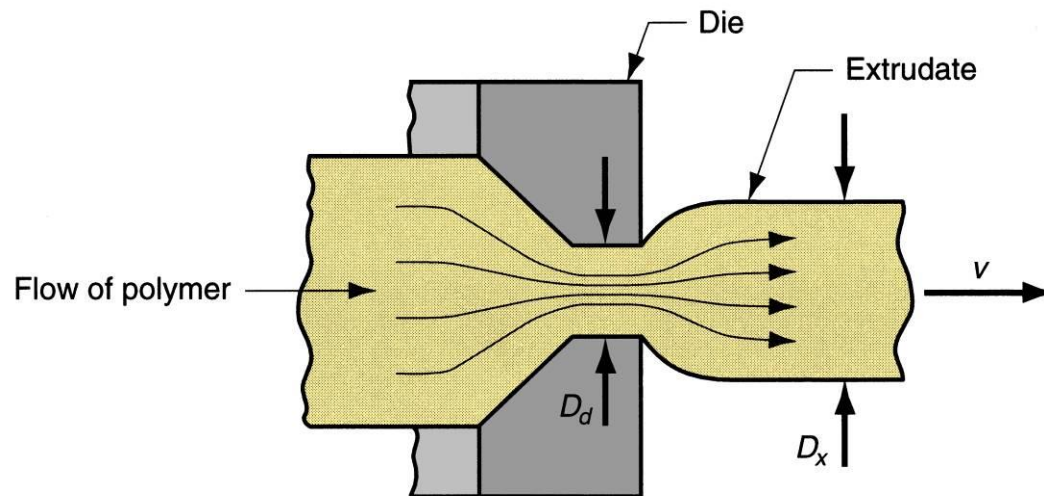
Aplicações Específicas das Roscas

PVC - rosca onde o diâmetro da alma da rosca aumenta uniformemente ao longo de todo comprimento.



Extrusão: Expansão na Matriz

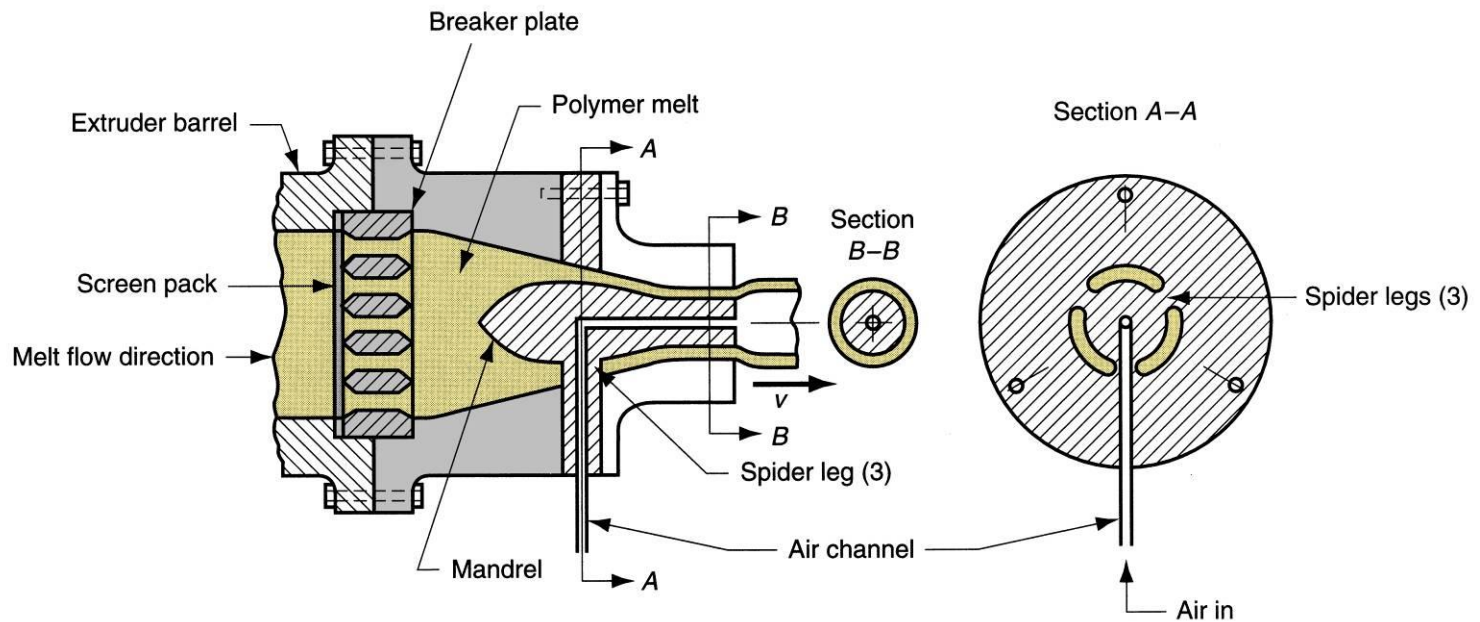
Polímero extrudado “recupera” sua forma inicial em uma seção transversal maior do extrudador, tenta retornar a ela após deixar o orifício da matriz



Expansão na matriz, uma manifestação de viscoelasticidade no polímero fundido, como mostrado aqui na saída da matriz de extrusão.

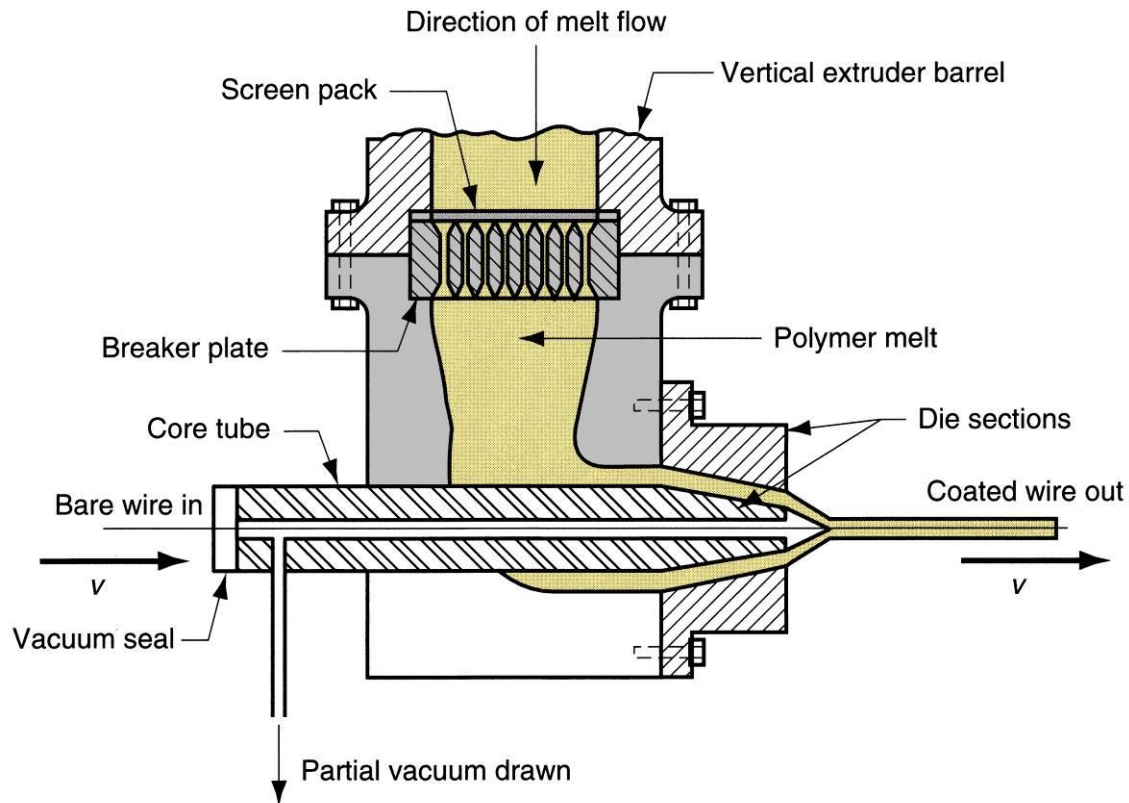
Extrusão: Exemplos de Matrizes

Seção transversal de matriz extrusora de tubos



Extrusão: Exemplos de Matrizes

Seção transversal de matriz extrusora para revestimento de fios elétricos



Moldagem por Injeção

Moldagem por Injeção

Definição de moldagem por injeção: forçar uma carga de material polimérico aquecido, por meio de um êmbolo, em uma prensa aquecida, através de um bocal, até um molde frio ou pré-aquecido, no qual o material preenche a cavidade SUA.



Moldagem por Injeção

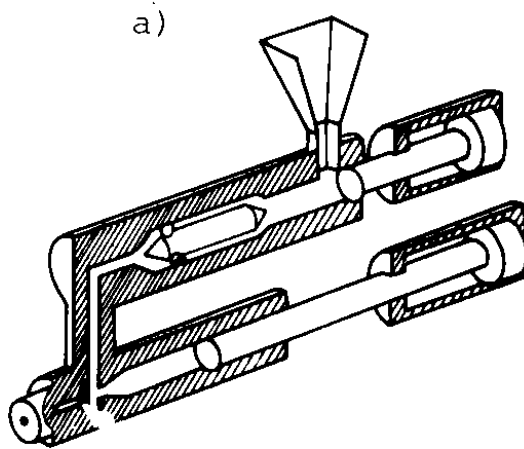
Histórico: Primeiras máquinas (século XIX) a Pistão

PISTÃO:

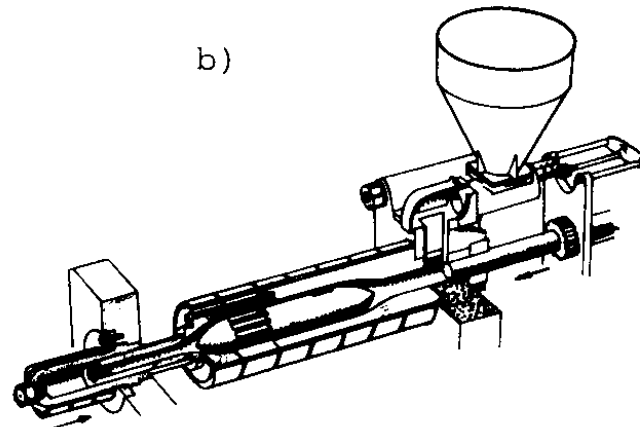
Simple

Com Pré Plastificador:

- Pistão
- com Rosca

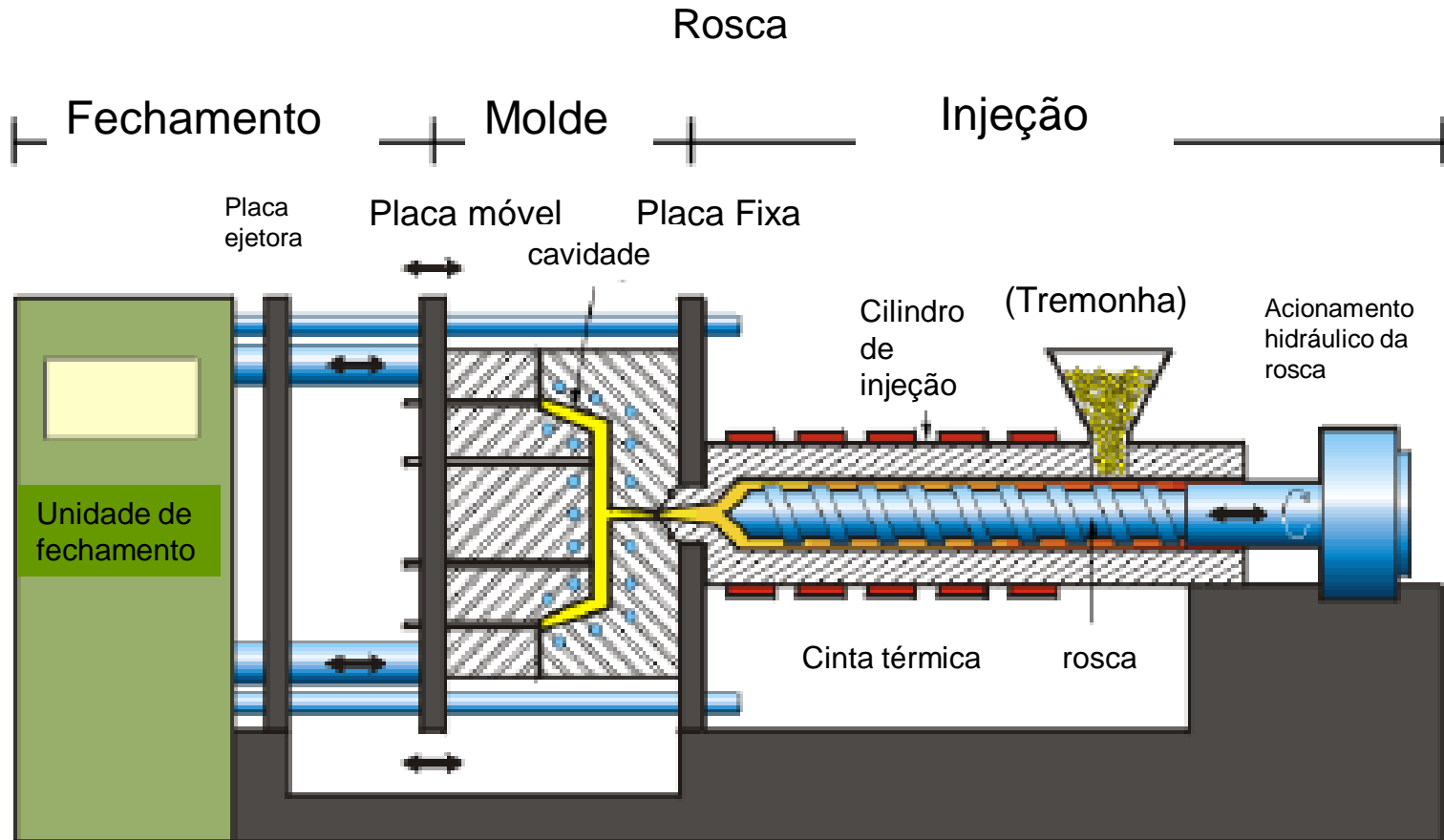


a) Injetora com pistão com pré-plastificador em paralelo



b) Injetora com pistão com pré-plastificador e em linha

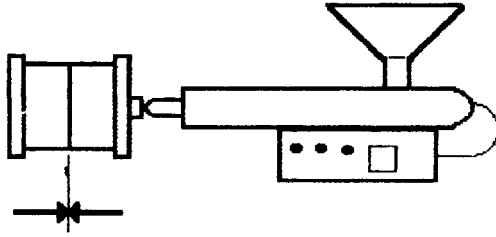
Moldagem por Injeção – Novas Configurações



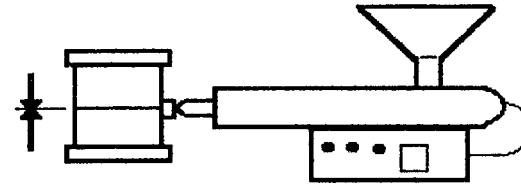
Esquema da máquina para injeção de termoplástico

Moldagem por Injeção – Configurações

Horizontais

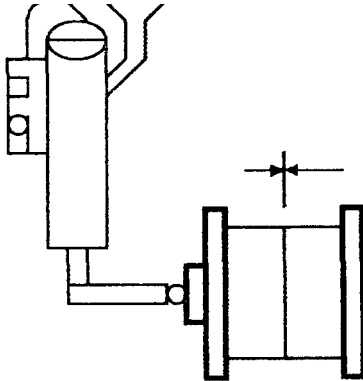


Unidade de fechamento na horizontal

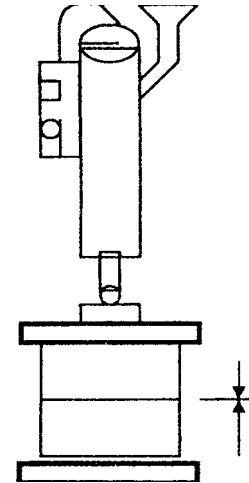


Unidade de fechamento na vertical

Verticais



Unidade de fechamento na horizontal



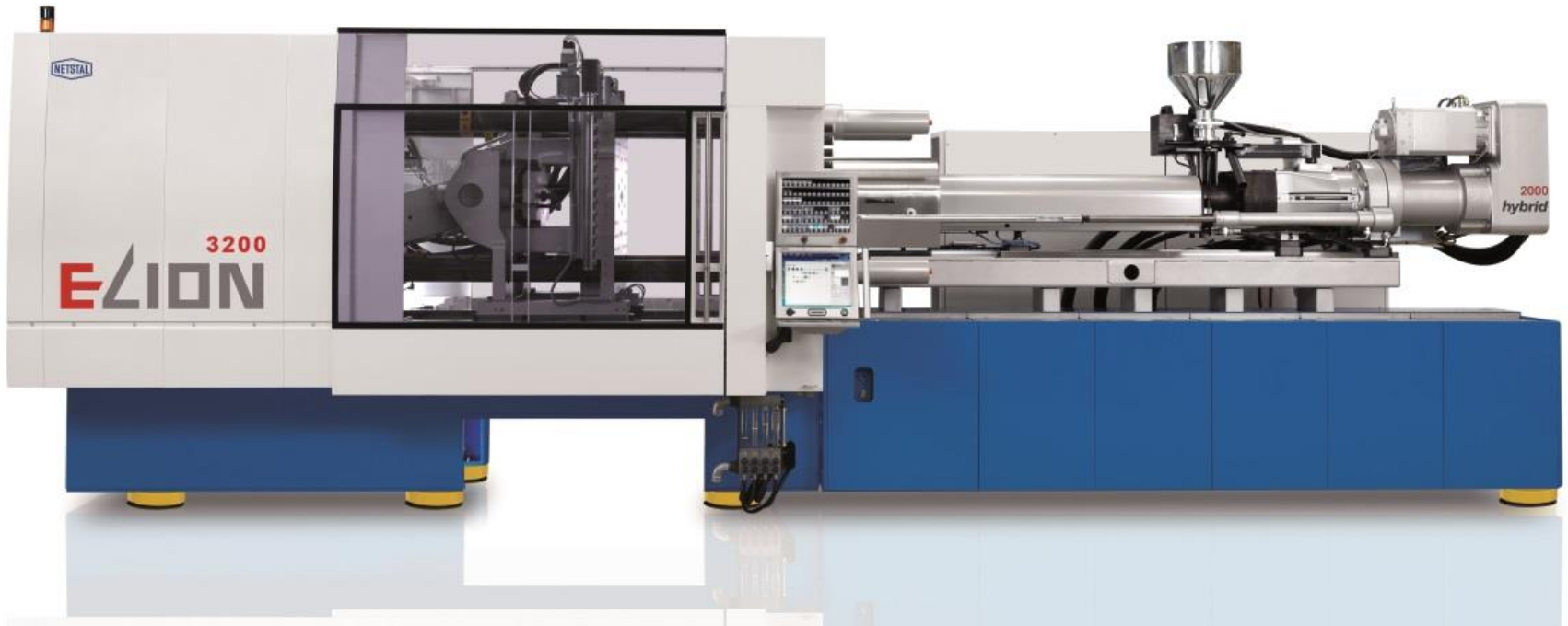
Unidade de fechamento na horizontal

Moldagem por Injeção

ALGUMAS VANTAGENS DA MÁQUINA COM ROSCA

- Materiais de alta viscosidade são facilmente plastificados;
- Menor tempo de ciclo;
- Menor pressão de injeção;
- Menor distorção e controle dimensional do produto;
- Moldagem de peças com grandes áreas;
- Melhoria no processamento de materiais como: PVC, Nylon, Policarbonato, etc.;
- Calor gerado parcialmente pela transformação de trabalho mecânico em calor (atrito na rosca contra as paredes).

Moldagem por Injeção – Descrição do processo

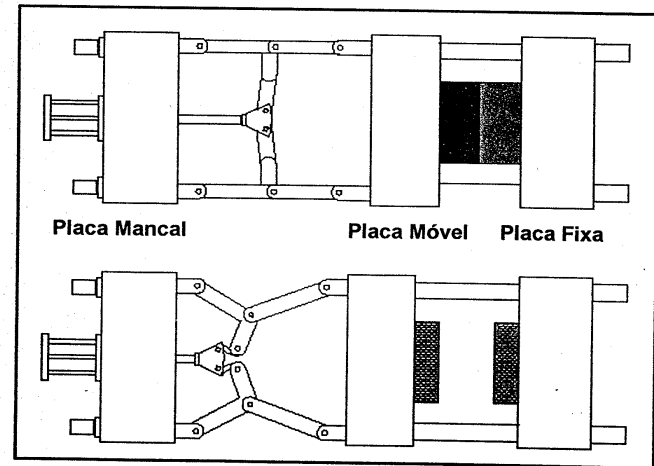


Moldagem por Injeção – Descrição do processo

Prensa



Sistema Hidráulico de fechamento



Sistema mecânico de fechamento

Moldagem por Injeção – Descrição do processo

Molde



Moldagem por Injeção – Descrição do processo

Molde com insertos

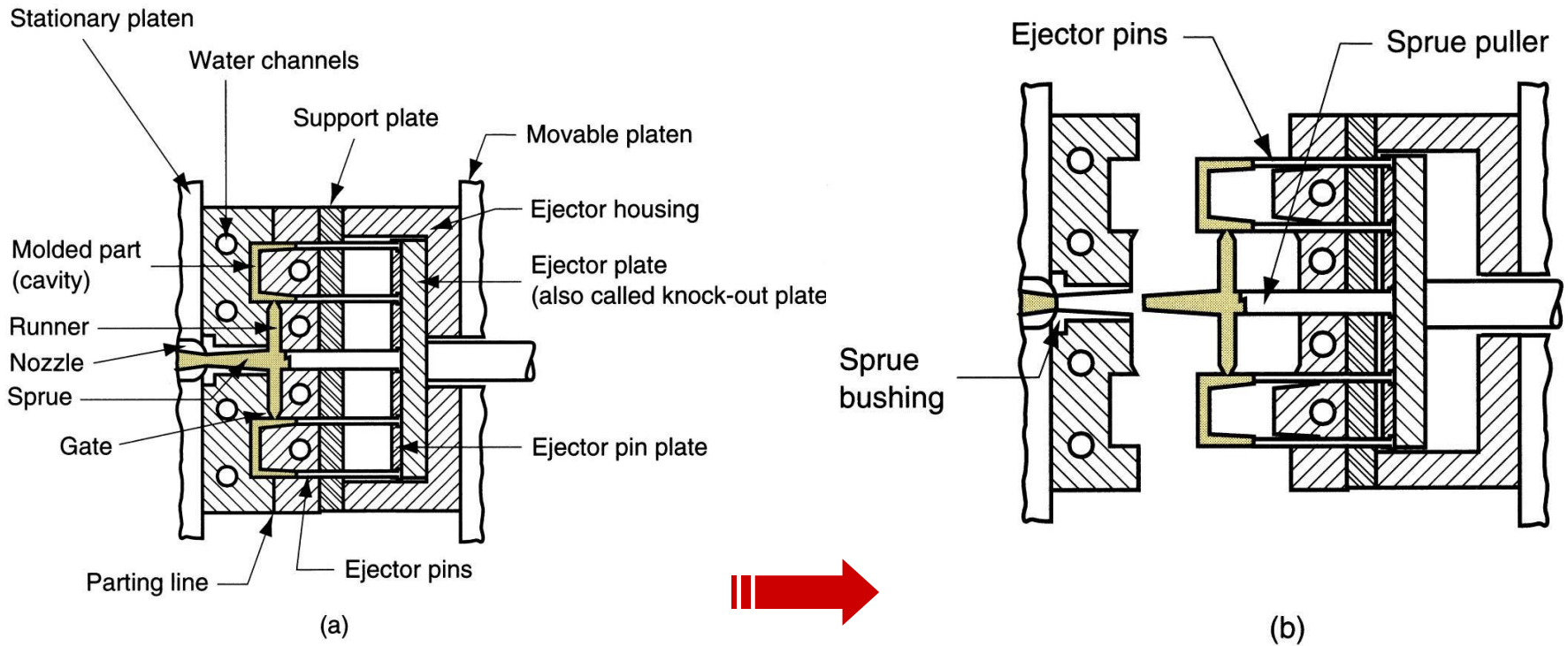


Moldagem por Injeção – Descrição do processo

Moldes Modulares



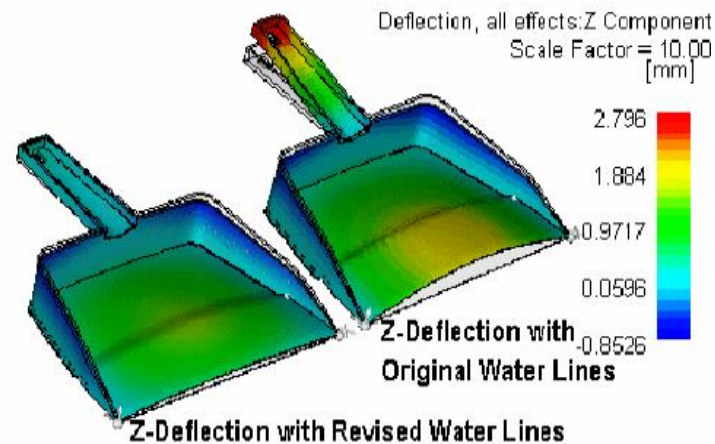
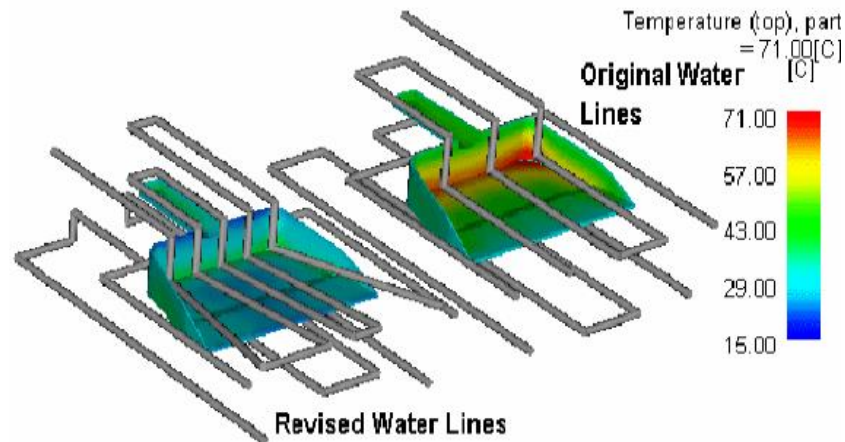
Moldagem por Injeção – Molde de 2 placas



Detalhes do molde de duas placas para injeção de termoplástico: (a) fechado (b) aberto

Molde de 2 placas - Características

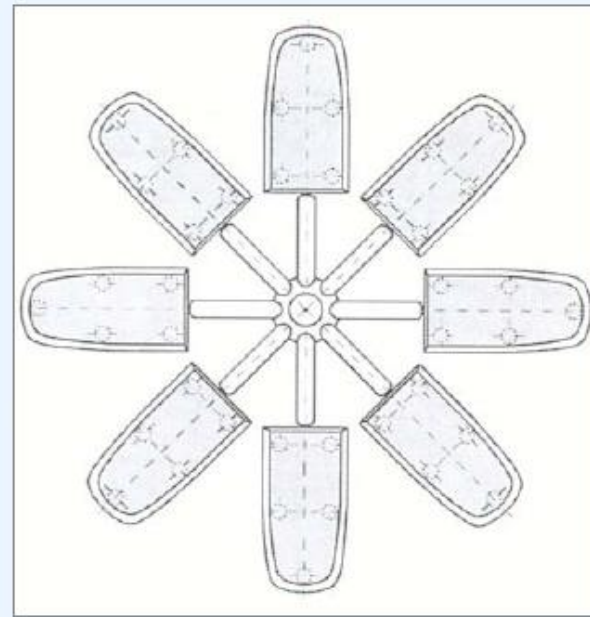
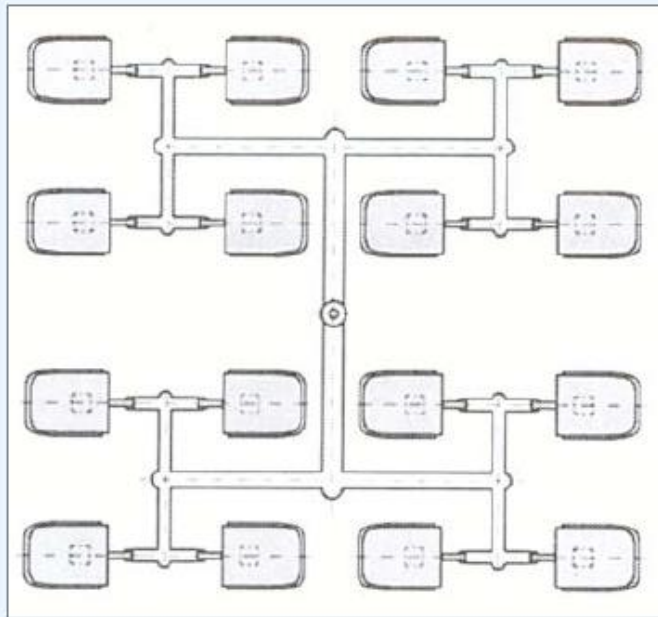
Sistema de refrigeração



Molde - Características

■ Canais de injeção

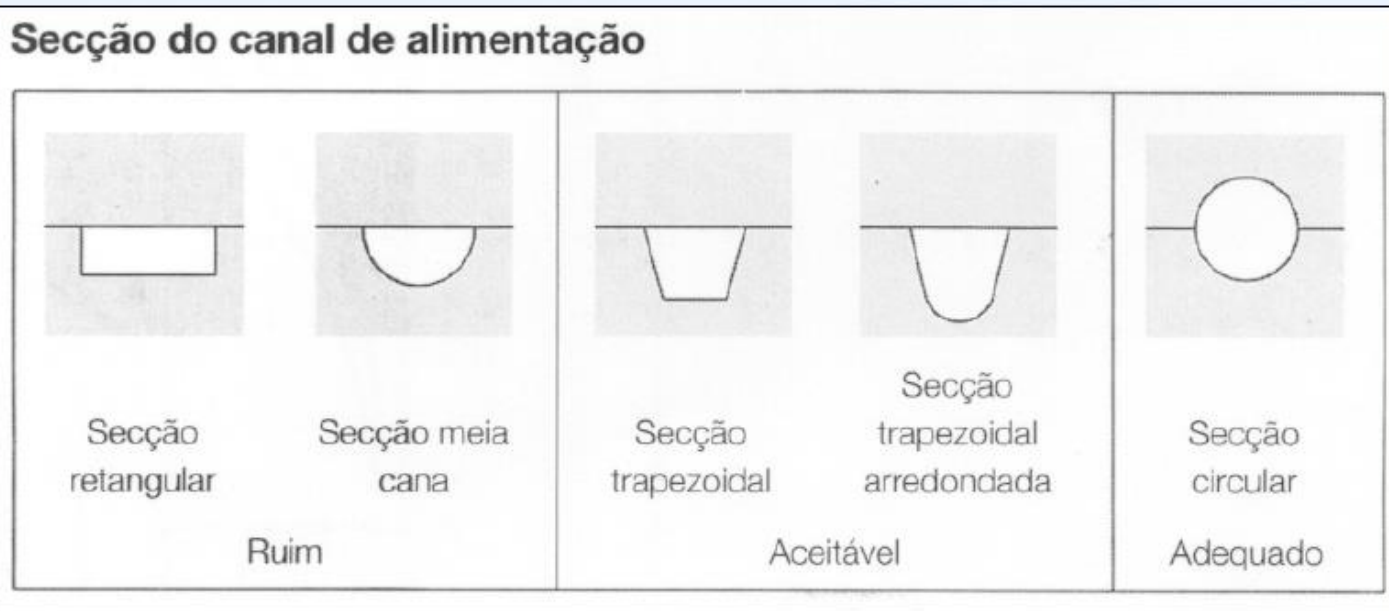
- A localização de todas as cavidades deve ser projetada de maneira a apresentar a mesma distância em relação ao canal primário.



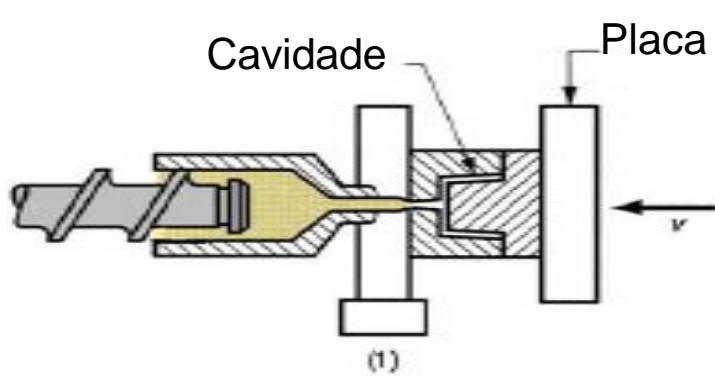
Molde - Características

■ Canais de injeção

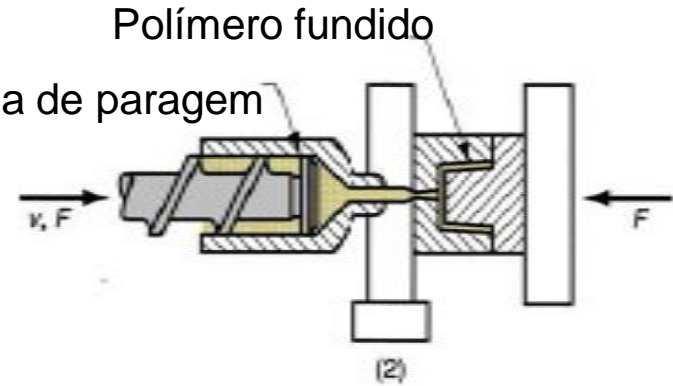
- Utilizar canais com secção circular.



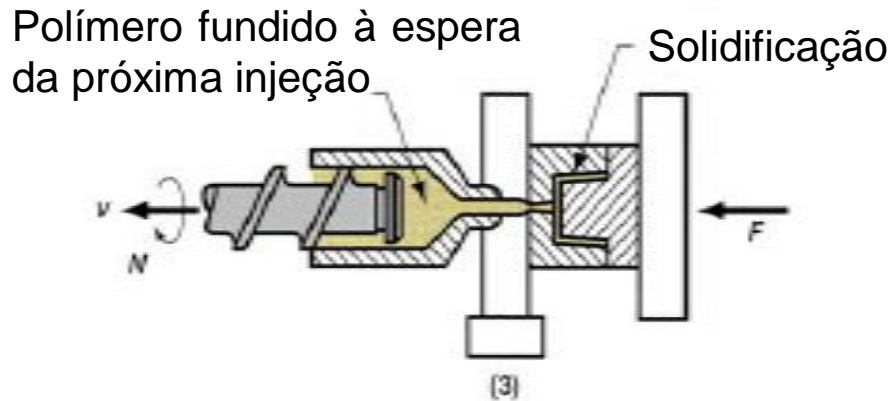
Processo - Ciclo



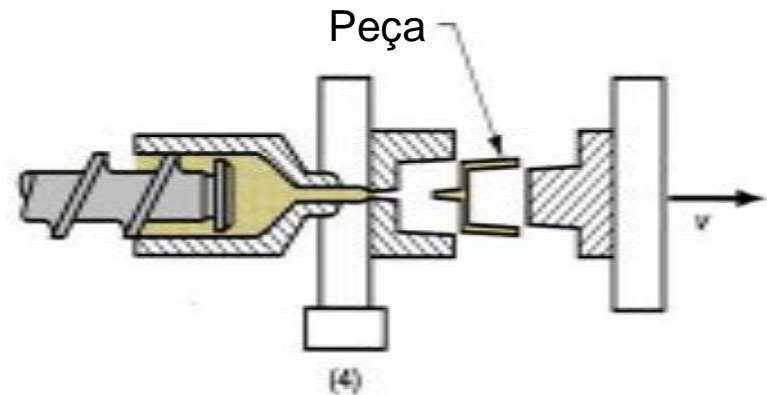
Molde fechado



Fundido injetado na cavidade



Parafuso recolhido



O molde é aberto e a peça é ejetada

Moldagem por Sopro

Moldagem por sopro

Processo de moldagem no qual o ar pressurizado é usado para inflar plástico no estado fundido no interior de uma cavidade

Importante na fabricação de peças ocas de plástico com paredes finas, tais como garrafas

Os produtos fabricados por esse processo recebem aplicação em larga escala

O processo Moldagem por sopro

O processo ocorre em duas etapas:

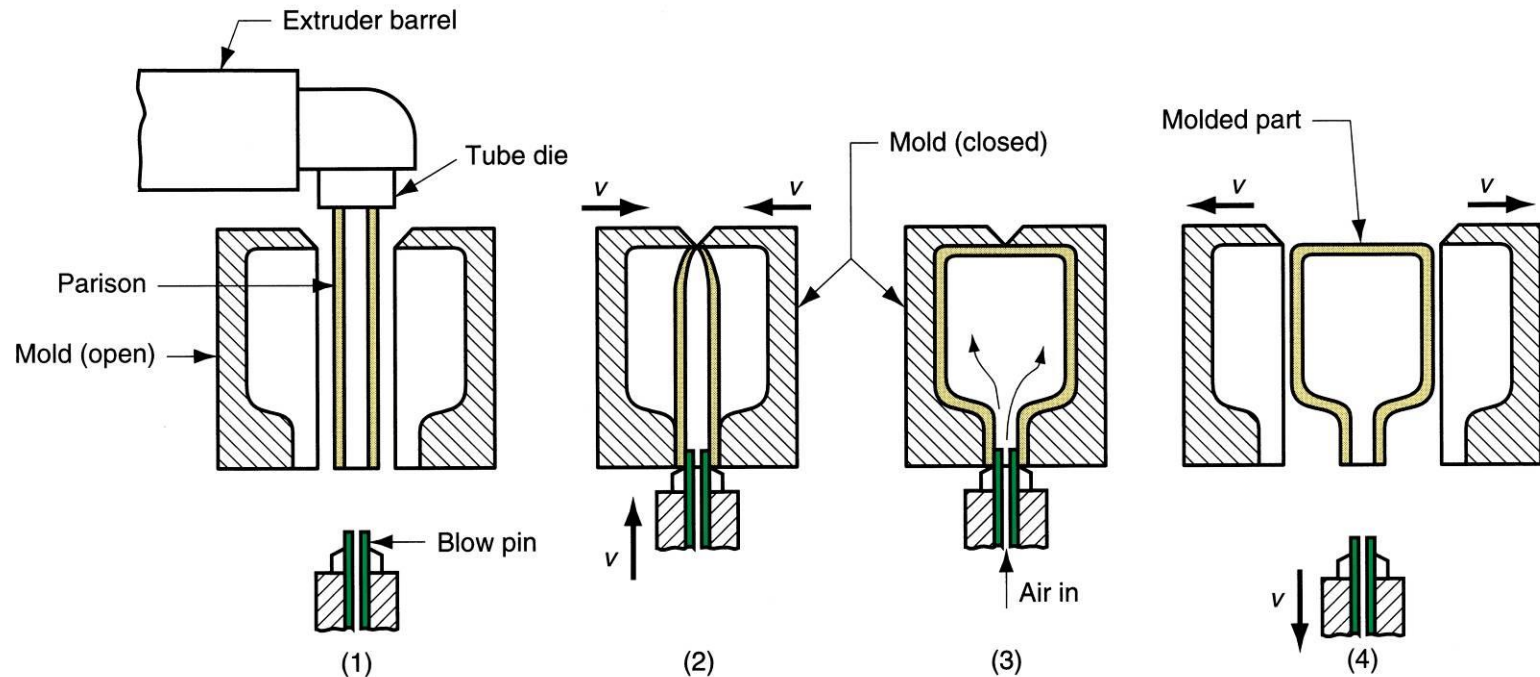
1) Fabricação do extrudado, denominado de ***parison***

2) Inflar o parison até adquirir sua forma final

A formação do parison pode se dar tanto através da extrusão como da moldagem por injeção

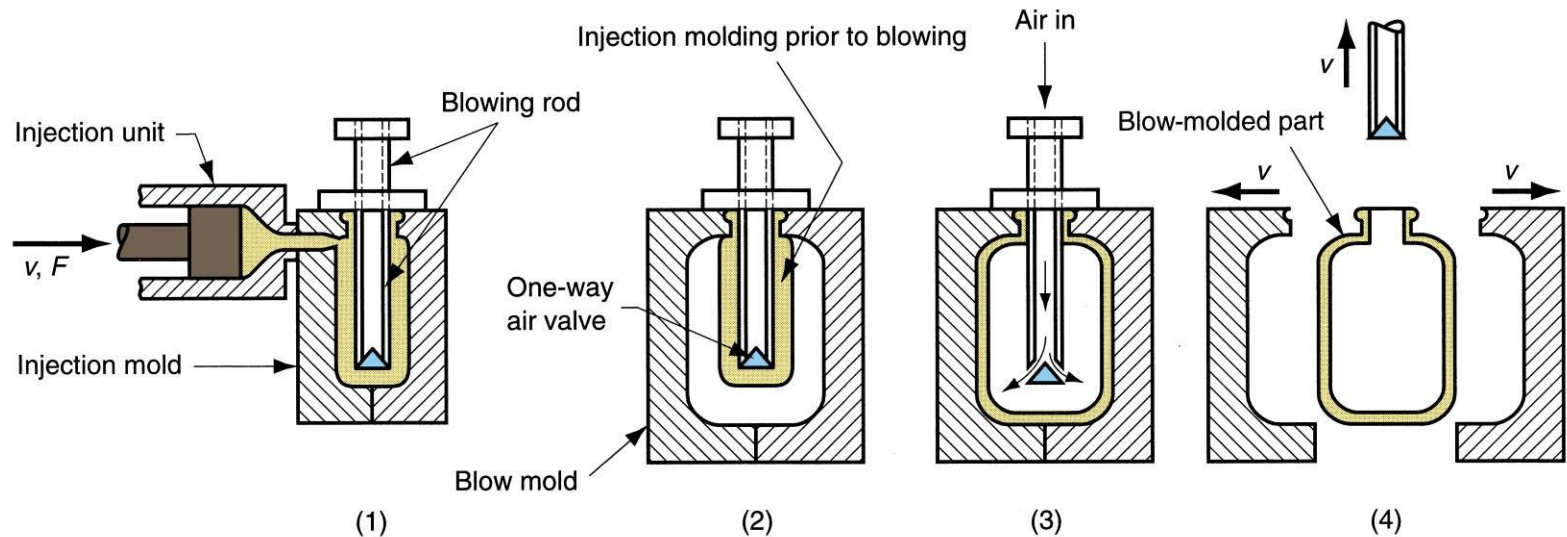
Moldagem por sopro com Extrusão

Moldagem por sopro com extrusão: (1) extrusão do parison; (2) parison é “pinçado” por um molde bipartido e hermeticamente fechado com um bico de ar acoplado; (3) o tubo então infla o ar e expande o polímero até que ele se conforme com a cavidade do molde; e (4) molde é aberto e a peça solidificada é removida.



Moldagem por sopro com Injeção

Moldagem por sopro com Injeção: (1) peça é injetada no interior da cavidade de um molde; (2) a peça é retirada e transferido para o molde onde será soprada; (3) a peça recebe sopro com ar quente para amolecer o polímero e expandir até se conformar com a parede do molde; e (4) O molde é aberto e a peça pronta é removida



Materiais e produtos moldados por sopro

A moldagem por sopro se limita aos termoplásticos

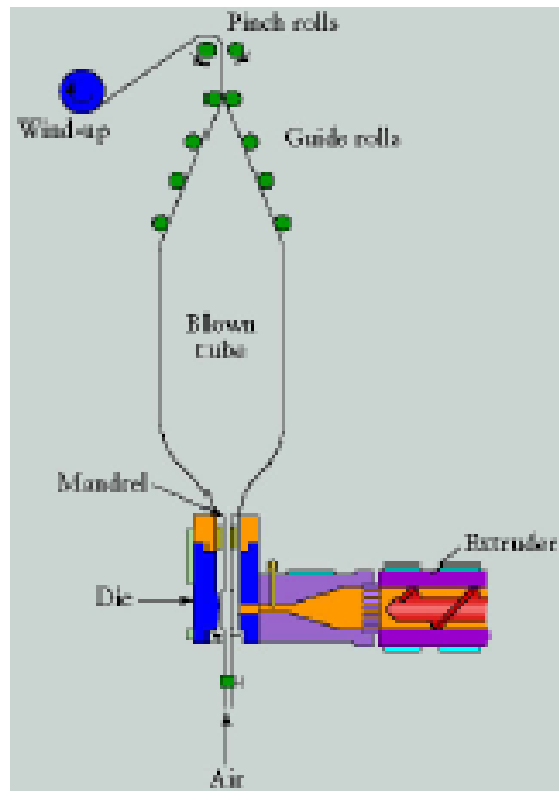
Materiais: HDPE, PP, PVC

Produtos: recipientes descartáveis para bebidas e outros líquidos consumíveis, grandes recipientes (bombas) para líquidos ou pós, tanques para armazenagem, tanques de gasolina, brinquedos e cascos para pequenas embarcações

Extrusão - Aplicações

Produção de Filmes com sopro – “saquinho plástico”

Filme: extrusion co-blow



Extrusão - Aplicações



Molde de injeção



Pré-formas



Reaquecimento



Molde de sopro



Estiragem-sopro



Saída das garrafas moldadas



Embalagens PET cheias