

PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO DE POLÍMEROS

PMT 5854 – Tecnologia dos Polímeros

Erich Yoneyama
Felipe Albuquerque
Gustavo Russo Blazek
Thiago Sekeres

Prof. Dr. Hélio Wiebeck



- <http://www.youtube.com/watch?v=tKnIOKP4Igc&feature=related>

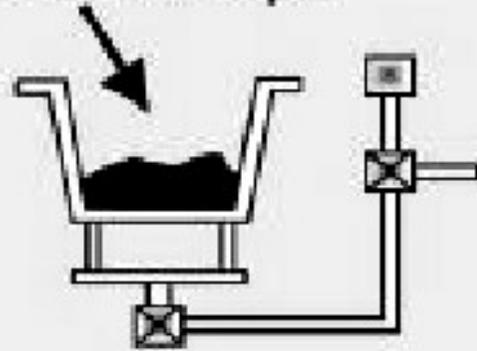
Rotomoldagem

- ▣ O processo de rotomoldagem se propõe a distribuir uniformemente um material plástico sobre as superfícies internas de um molde que gira biaxialmente.

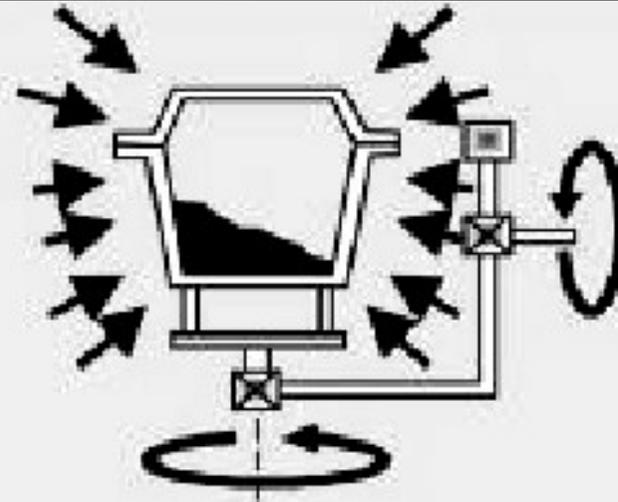
Como funciona o processo de Rotomoldagem

- 1) É colocado um molde na máquina. Podem ser colocados vários moldes do mesmo tipo na mesma máquina.
- 2) Carregamento por resina de plástico,
- 3) Aquecimento
- 4) Serão girados o molde nos eixos verticais e horizontais, a resina derrete no molde quente, e adere a toda a superfície uniformemente.
- 5) O molde ainda em movimento rotacional é conduzido para fora do forno até uma estação de resfriamento.

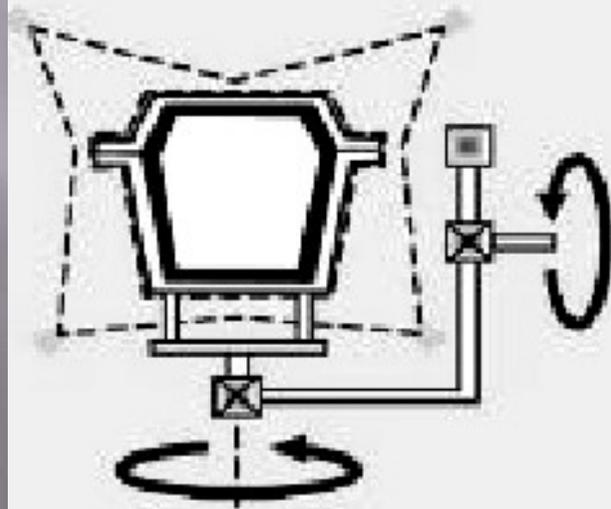
plástico em pó



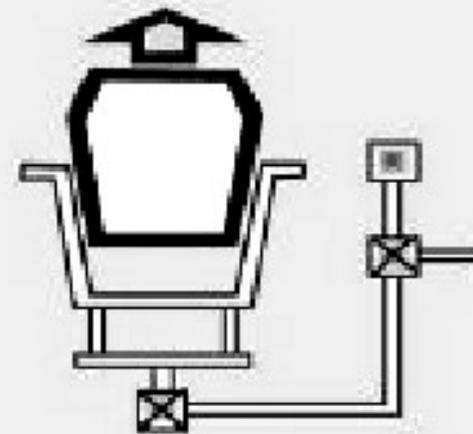
(a) carregamento



(b) aquecimento



(c) resfriamento



(d) desmoldagem

▣ CARREGAMENTO

O material pode estar na forma pastosa, como PVC, ou na forma de pó, como polietileno, polipropileno e nylon. Após a alimentação, o molde é fechado com auxílio de grampos ou parafusos, e segue para a próxima etapa, o aquecimento.

Aquecimento

- ▣ Após o carregamento e o fechamento do molde, o mesmo é conduzido para um forno onde inicia um movimento de rotação biaxial. O efeito sinérgico entre o calor recebido do forno e a movimentação biaxial resulta em um aquecimento uniforme do material no interior do molde. Quando a temperatura no interior do molde alcança a temperatura de amolecimento do polímero, o mesmo começará a aderir à superfície do molde, iniciando um processo de sinterização e a formação de uma estrutura reticular tridimensional.
- ▣ O aquecimento só é parado quando começa ocorrer bolhas no polímero

RESFRIAMENTO

- ▣ O molde ainda em movimento rotacional é conduzido para fora do forno até uma estação de resfriamento.
- ▣ O resfriamento do molde pode ocorrer por ar ambiente, jato de ar, “spray” e etc...
- ▣ O processo de resfriamento também possui grande influência sobre as propriedades mecânicas da peça moldada.
- ▣ Se o resfriamento for lento, para materiais semicristalinos como o polietileno, haverá tempo suficiente para o crescimento de cristais, o que resultará em peças com alta rigidez, mas com baixa resistência ao impacto.

CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO

- ▣ O processo de Rotomoldagem possibilita a produção de peças tão pequenas quanto uma bolinha de pingue-pongue ou tão grande quanto um tanque com volume de milhares de litros, com as mais variadas formas e que seriam difíceis de serem produzidas por outros métodos de moldagem.

Vantagens do processo

- ❑ Diversas partes que são normalmente montadas para formarem a peça final, poderão ser produzidas em uma única peça, eliminando custos excessivos de fabricação.
- ❑ A espessura consistentemente uniforme em toda a superfície ou a possibilidade de incrementos livres de tensão em determinadas regiões, assim como em seus cantos e arestas.
- ❑ Se resistência adicional é exigida, a geometria da peça poderá conter elementos estruturais para essa finalidade.
- ❑ Insertos, alças, cortes, superfícies planas ou complexas, detalhes de superfícies, tais como logomarca, também podem ser incorporados.

Vantagens de custo

- ❑ Em comparação a Injeção e ao Sopro, a Rotomoldagem pode facilmente produzir peças pequenas ou de grande geometria a um custo final menor.
- ❑ As ferramentas necessárias ao processo de Rotomoldagem também possuem um custo infinitamente inferior.
- ❑ Alterações de projeto também podem ser incluídas com maior facilidade e a um custo igualmente inferior.
- ❑ A Rotomoldagem é um processo de produção altamente versátil e de baixos custos de fabricação.





MOLDAGEM POR INJEÇÃO

O processo

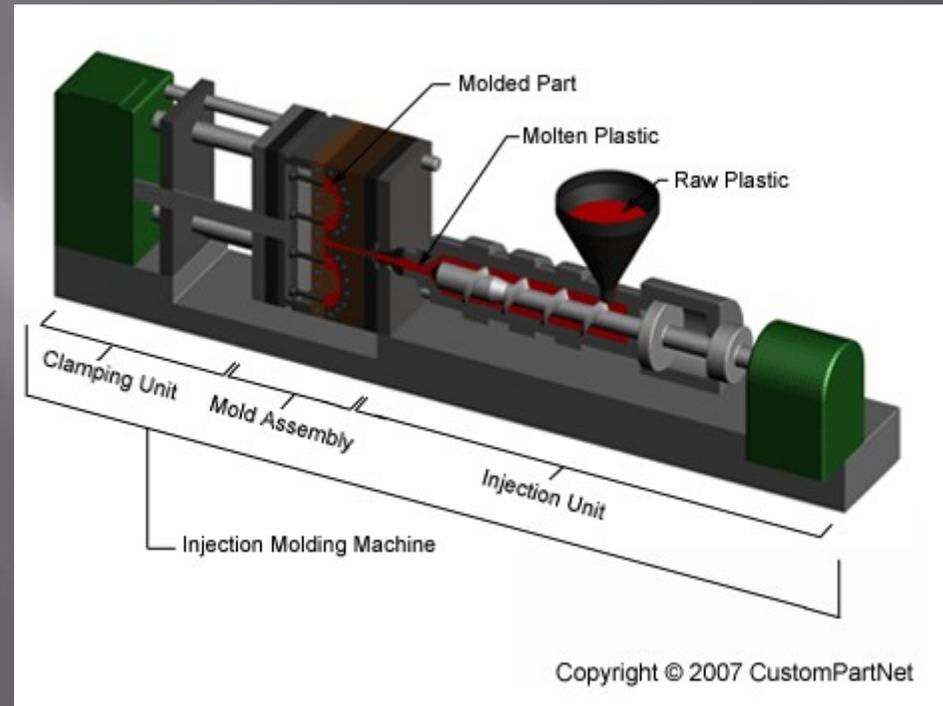
- ▣ Em linhas gerais, consiste em forçar, através de uma rosca aquecida, a entrada de um polímero na cavidade de um molde.
- ▣ Pode ser, simplificada, dividido em seis etapas: Fechamento, dosagem, preenchimento, recalque, resfriamento e extração.

Etapas

- ▣ **1 – Fechamento:** Travamento do molde, que deve suportar pressões de 30 até mais de 1000 ton.
- ▣ **2 – Dosagem:** Plastificação/homogeneização do composto na rosca.
- ▣ **3 – Preenchimento:** Injeção rápida do polímero na cavidade do molde.
- ▣ **4 – Recalque:** Manutenção da pressão através da injeção de material extra, compensando a retração dimensional da peça.
- ▣ **5 – Resfriamento:** Após o recalque, a peça é resfriada para que, ao se abrir o molde, esta não sofra deformações devido à falta de estabilidade dimensional.
- ▣ **6 – Extração:** Abertura do molde e extração da peça por meios mecânicos, pneumáticos, elétricos ou hidráulicos.

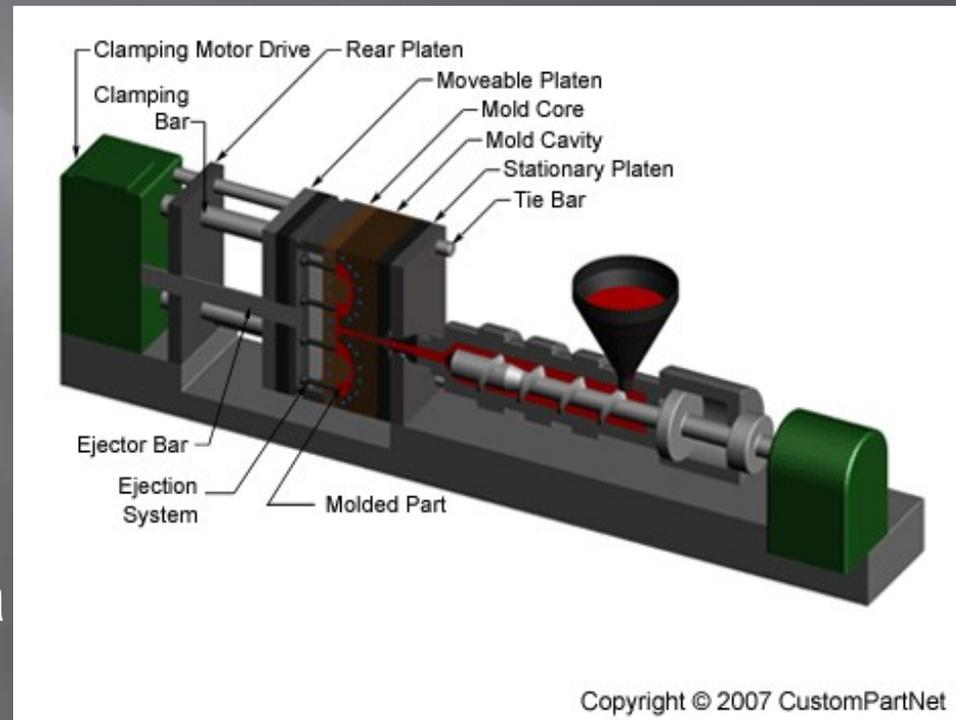
Injetora

- ▣ Pode ser vertical ou horizontal
- ▣ A máquina injetora é composta de 3 setores básicos:
 - A unidade de fechamento;
 - A unidade injetora;
 - O conjunto do molde.



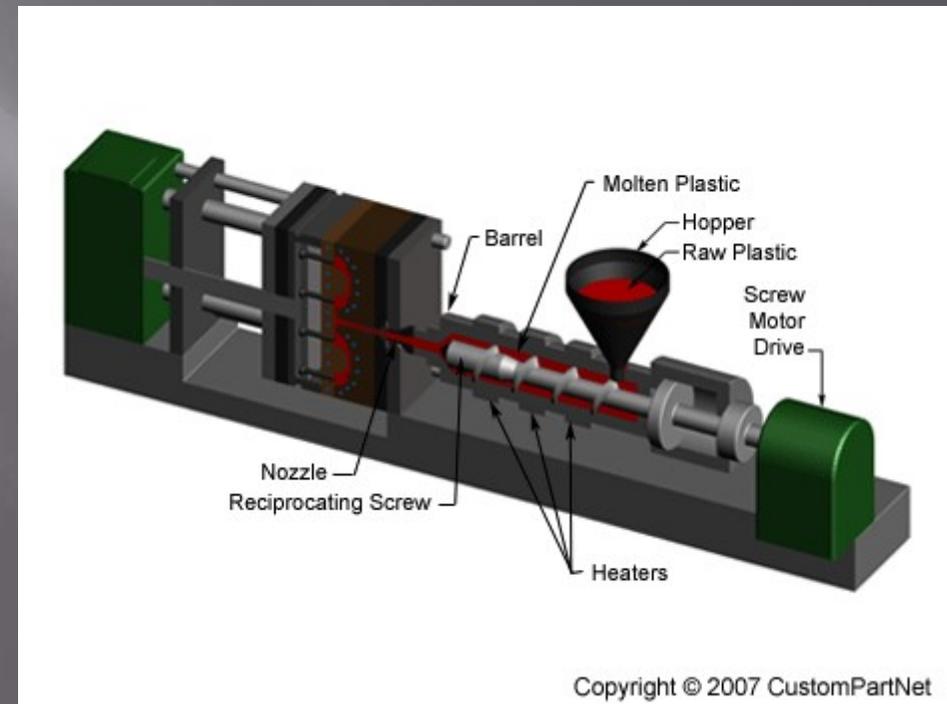
Unidade de fechamento

- ▣ De acionamento hidráulico, garante que o molde permaneça fechado durante a injeção e resfriamento da peça
- ▣ Máquina é especificada pela força de fechamento.
- ▣ Sistema de ejeção da peça associado à abertura do molde.



Unidade de Injeção

- ▣ A unidade de injeção é composta pelo **funil**, através do qual o material é alimentado no **cilindro**, aquecido por **resistências elétricas**, que contém a **rosca injetora**, que impulsiona o material através de movimento rotacional e axial pelo **cilindro** até culminar no **bico injetor**.



Rosca Injetora

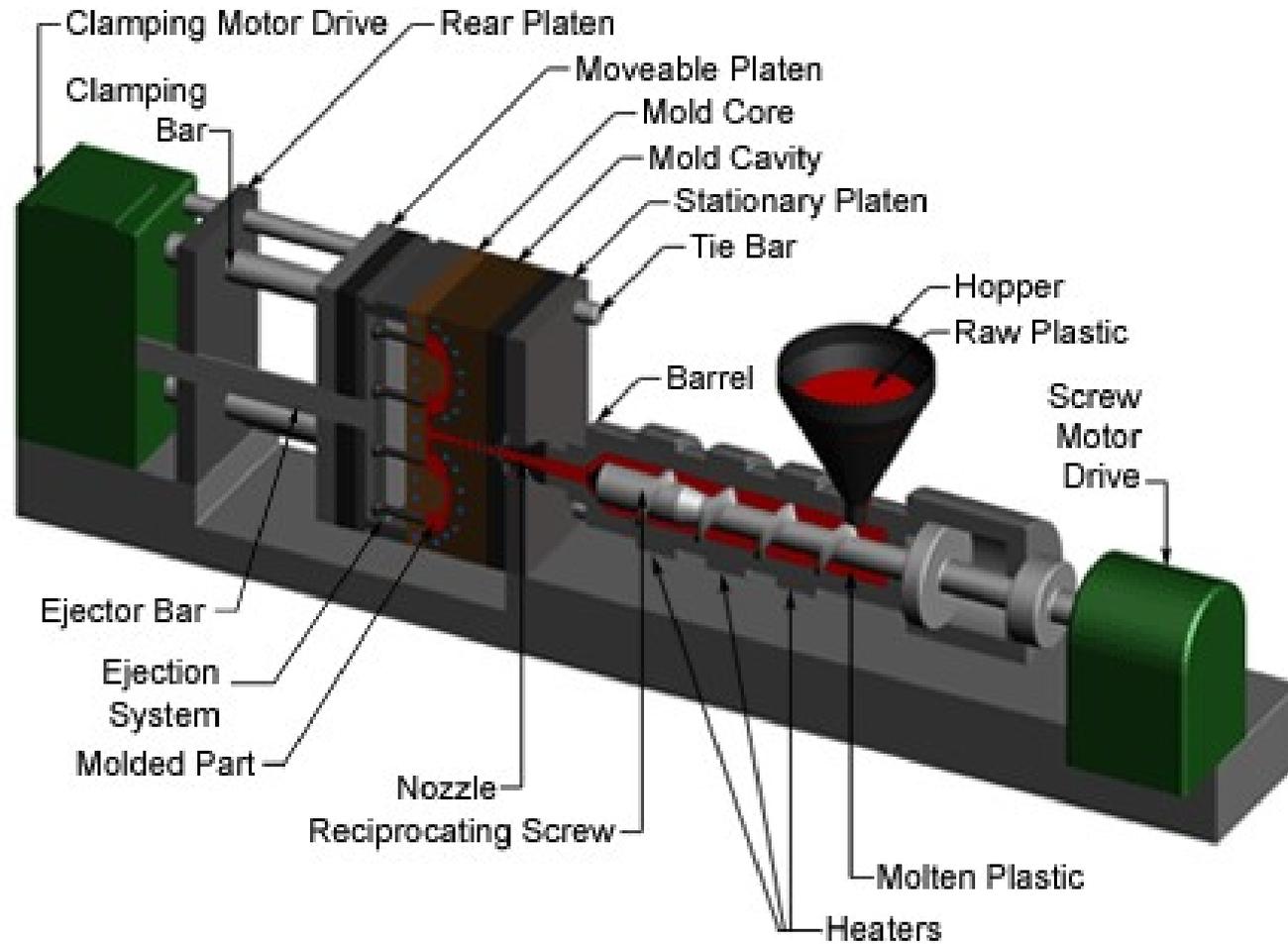
- ▣ A rosca possui 3 regiões distintas:
 - Alimentação;
 - Compressão (ou plastificação);
 - Homogeneização.
- ▣ Possui as seguintes especificações geométricas:
 - Relação comp. diâmetro (L/D): > a relação, > o tempo de trabalho mecânico que o material irá sofrer, > o tempo sob ação do calor. Para plásticos de eng. varia entre 18-24: 1;
 - Taxa de compressão: Relação entre os volumes de um passo da região de alimentação e outro da região de homogeneização, > taxa, > trabalho mecânico sofrido pelo material. Para plásticos de eng. varia entre 1,5-3,0: 1



Molde

- ▣ Elemento caro, deve ser bem projetado nos mínimos detalhes.
- ▣ “Negativo” da peça + canais.
- ▣ É afixado às placas da unidade de fechamento.
- ▣ Canais devem ser muito bem planejados:
 - Canal de alimentação – acoplado ao bico injetor.
 - Canal primário – liga alimentação às cavidades.
 - Canais de resfriamento – sem contato com a peça.
- ▣ Sistema ejetor.

Injetora



Copyright © 2007 CustomPartNet

Parâmetros do Processo

- ▣ Para se conseguir bons resultados de injeção, deve-se atentar a certos parâmetros:
 - Pressões (injeção, recalque e contra-pressão);
 - Temperaturas (cilindro, massa e molde);
 - Velocidade de injeção;
 - Rotação da rosca.

Parâmetros do processo: Pressões

- ▣ **De injeção:** deve preencher a cavidade completamente, depende de alguns fatores:
 - Tipo de material (viscosidade, presença de fibras).
 - Complexidade da peça (cantos vivos, nervuras, canais).
 - Temperatura do molde (retarda o aumento de viscosidade).
- ▣ **De recalque:** deve manter o material compactado até a solidificação, compensando a retração térmica, deve-se considerar:
 - Temperatura excessiva do molde retarda a solidificação.
 - Peças com paredes grossas demoram mais a solidificar.
- ▣ **Contra-Pressão:** representa a pressão do material na rosca durante a dosagem.

Parâmetros do Processo

- ▣ **Velocidade de injeção:** Quanto maior a velocidade de injeção menor o tempo de preenchimento. Velocidade muito alta pode gerar rebarbas, muito baixa, falha de preenchimento
- ▣ **Rotação da rosca:** Quanto maior o RPM, menor será o ciclo de injeção. Atrito gerado no material pode causar degradação.
- ▣ **Temperatura no molde:** Determinante sobre o acabamento da peça, tensões internas, contração e estabilidade dimensional. Crucial para materiais cristalinos.
- ▣ **Temperatura do Cilindro/Massa:** Deve variar de maneira a dar fluidez à massa sem degradar o polímero, diferente para cada resina.

Possíveis defeitos e soluções

Problemas	Possíveis soluções		
Rebarba	Alinhar o molde		Ajustar os assentamentos do molde
	Aumentar tempo de injeção		Aumentar o ciclo de injeção
	Diminuir a pressão de fechamento do molde		Diminuir a alimentação de resina
	Diminuir a pressão de injeção		Diminuir a a pressão de injeção
	Diminuir a temperatura da massa		Diminuir a contra pressão
	Diminuir a velocidade de injeção		Diminuir a temperatura da massa
	Diminuir degasagem do molde		Diminuir a temperatura do bico de alimentação
	Usar Injetora com maior pressão de fechamento		Reduzir a temperatura do molde
	Usar resina com menor índice de fluidez		Usar bico de alimentação com diâmetro ajustado
Moldagem incompleta	Aumentar a pressão de injeção	Empenamento após remoção da peça do molde	Aumentar o "ciclo"
	Aumentar a temperatura da massa		Melhorar o resfriamento do molde
	Aumentar a temperatura do molde		Mudar o tipo de resina em uso
	Aumentar a temperatura no bico de injeção		Reduzir alimentação de resina
	Aumentar a velocidade de injeção		Uniformizar a temperatura do molde
	Aumentar número de canais secundários		Usar resina com índice de fluidez maior
Adesão do canal primário	Aumentar sistema de degasagem do molde		Verificar desenho da peça
	Inspeccionar alimentação de resina, se não há obstrução		Verificar desenho dos canais de injeção
	Rever desenho dos canais		Verificar sistema de extração
	Usar resina com maior índice de fluidez		Verificar temperatura da massa
	Verificar entupimento nos canais secundários		
	Ajustar as conexões dos canais de injeção		

Possíveis defeitos e soluções

Marcas no molde	Ajustar temperatura do cilindro
	Aumentar a temperatura da massa
	Aumentar a temperatura do bico de injeção
	Aumentar a temperatura do molde
	Aumentar velocidade de injeção
	Limpar rosca e canais de alimentação
	Usar resina com índice de fluidez maior
	Verificar pressão de retorno
	Verificar se resina não está contaminada
	Verificar umidade na resina
Superfície rugosa ou arenosa	Aumentar temperatura do molde
	Reduzir pressão de injeção
	Verificar desenho da peça
Peças frágeis ou quebradiças	Ajustar a pressão de injeção
	Ajustar vazão de alimentação
	Aumentar a temperatura da massa
	Aumentar a temperatura do molde
	Aumentar o tempo do ciclo
	Aumentar espessura das paredes da peça
	Eliminar cantos com ângulos retos
	Limpar máquina e acessórios
	Reduzir pressão de retorno
	Utilizar resina com menor índice de fluidez
	Verificar contaminação na resina
	Verificar desenho da peça
Linhas visíveis em secções grossas	Aumentar temperatura da massa
	Aumentar temperatura do molde
	Aumentar velocidade de injeção
	Diminuir pressão de injeção

	Verificar contaminação de óleo ou água
	Verificar se há contaminação na resina
	Verificar umidade na resina
Contração excessiva	Aumentar a pressão de injeção
	Aumentar a velocidade de injeção
	Aumentar diâmetro do canal de injeção
	Aumentar o ciclo de injeção
	Aumentar o resfriamento do molde
	Diminuir temperatura da massa
	Diminuir temperatura do molde
	Usar resina com menor densidade
	Usar resina com menor índice de fluidez
Delaminação	Ajustar a pressão de injeção
	Aquecer área ao redor do canal de injeção
Baixa resistência na linha de solda	Aumentar a espessura na parede da peça perto da área de pinçamento
	Aumentar a pressão de injeção
	Aumentar a temperatura da massa
	Aumentar a temperatura do molde
	Aumentar a velocidade de injeção
	Aumentar diâmetro dos canais de injeção
	Aumentar o canal de injeção
Adesão da peça na cavidade	Aumentar o ciclo

Possíveis defeitos e soluções

Brilho insatisfatório	Aumentar a pressão de injeção
	Aumentar a temperatura da massa
	Aumentar a temperatura do molde
	Aumentar a velocidade de injeção
	Melhorar sistema de degasagem
	Polir a superfície do molde
	Usar resina com maior densidade
	Usar resina com maior índice de fluidez
Peça incompleta – chupada	Verificar fonte de contaminação
	Aumentar a pressão de injeção
	Aumentar a contra pressão
	Aumentar alimentação da injetora
	Aumentar canais de injeção
	Redesenhar a peça
	Mudar o local do canal primário
	Usar resina com diferente índice de fluidez e ou densidade
	Aumentar o ciclo
	Aumentar a temperatura da massa
Aumentar a temperatura do molde	

Vantagens e Desvantagens

▣ Vantagens

- Molda formatos complexos e detalhados;
- Excelente acabamento superficial;
- Boa precisão dimensional;
- Alta produtividade;
- Reaproveitamento de rebarbas.

▣ Desvantagens

- Peças com espessura de parede limitada;
- Alto custo de equipamento e manutenção;
- Tempo de retorno do investimento longo.

Produtos



CONFORMAÇÃO POR SOPRO

O Processo

- ▣ A moldagem por sopro é utilizada para confeccionar peças ocas, tais como garrafas PET, bombonas e frascos de medicamentos.
- ▣ O processo consiste inserção de uma pré-forma (parison) em um molde e a posterior insuflação de ar pressurizado até que o parison adquira o formato interno do molde.

O Processo

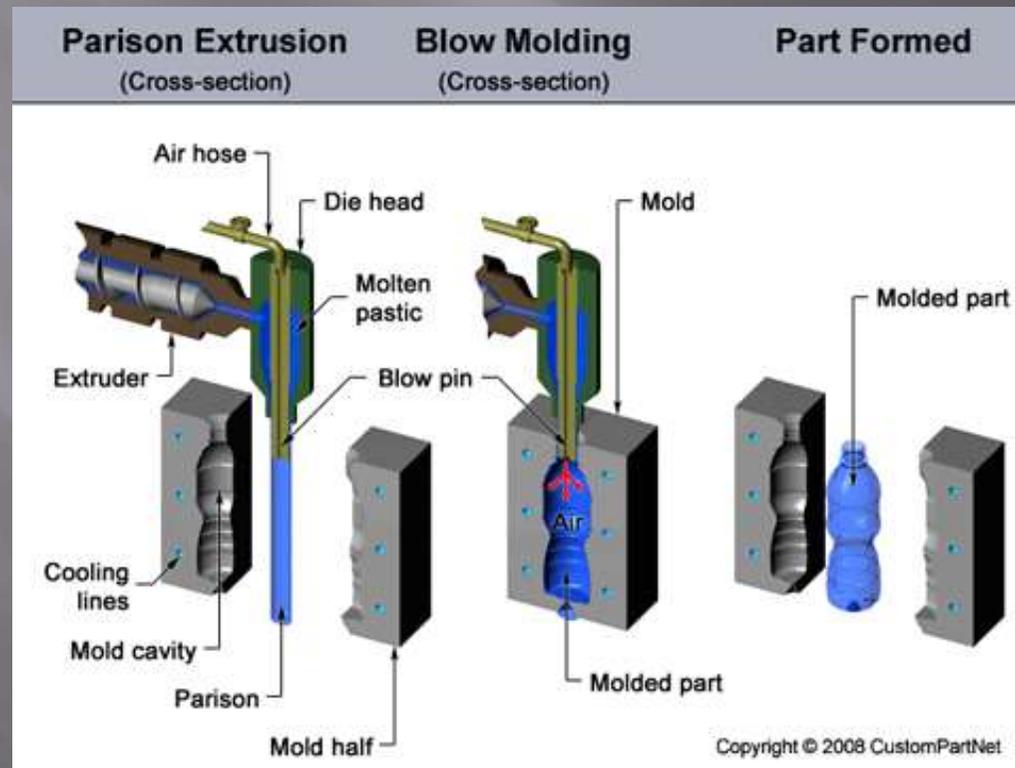
- ▣ As pressões utilizadas variam entre 25 e 150 psi, sendo muito menores do que as exigidas na moldagem por injeção.
- ▣ Após a insuflação e expansão da massa plástica, esta se resfria em contato com o molde, que é então aberto, sendo a peça ejetada.

Diferentes Processos

- ▣ Existem 3 tipos de conformação por sopro:
 - Via extrusão;
 - Via injeção;
 - Via injeção com estiramento.
- ▣ O que difere as duas primeiras é, basicamente, o método de conformação do Parison.

Sopro via Extrusão

- O Parison é extrudado ao redor de um pino de sopragem. O molde então se fecha ao redor do pino e o ar é injetado.



Sopro via Injeção

- ▣ No sopro via injeção, o Parison é conformado por injeção ao redor de um núcleo, que é ejetado juntamente com a pré-forma.
- ▣ O molde de sopro se fecha ao redor do Parison e do núcleo, que então se abre e insufla ar pressurizado.
- ▣ Este é o menos usado dos processos, devido à baixa produtividade. Produz peças mais detalhadas com maior precisão, como frascos de uso medicinal.

Sopro via injeção com estiramento

- ▣ Este processo é o utilizado para fabricar garrafas de refrigerante.
- ▣ Os pré-moldes são injetados já com o formato do gargalo pronto, resfriados e transportados ao local do envase.
- ▣ Passam então por um reaquecimento e então são estirados e, logo após, soprados.
- ▣ O estiramento de polímeros tal qual o PET aumentam sua resistência mecânica, permitindo que suporte pressões internas e seja mais durável.

Vantagens e Desvantagens

▣ Vantagens

- Conformam formatos complexos com paredes de espessura uniforme;
- Alta produtividade;
- Baixo desperdício de material;
- Baixo custo de mão de obra.

▣ Desvantagens

- Limitada a peças ocas simétricas de parede fina;
- Baixo controle da espessura de parede;
- Baixo acabamento superficial;
- Poucas opções de materiais;
- Alto custo de equipamento.

Produtos

