

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS/MG
ENGENHARIA MECÂNICA
FLÁVIO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

APLICAÇÃO DE CÂMARA QUENTE EM MOLDES TERMOPLÁSTICOS

Varginha
2011

1

FEPESMIG

FLÁVIO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

APLICAÇÃO DE CÂMARA QUENTE EM MOLDES TERMOPLÁSTICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Professor Alexandre Fernandes.

Varginha

2011

N. CLASS. 6248
CUTTE# 5586 a
ANO/EDICAC 2011

Reg. 120769

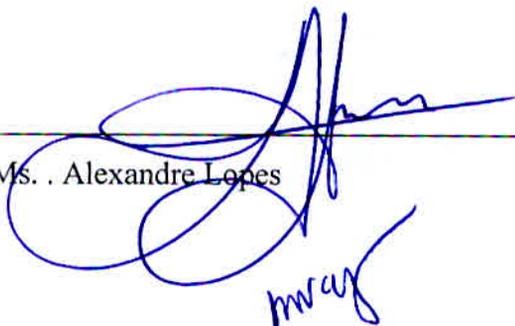
FLÁVIO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

APLICAÇÃO DE CÂMARA QUENTE EM MOLDES TERMOPLÁSTICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Professor Alexandre Fernandes.

Aprovado em 02/14/2011

Prof. Ms. Alexandre Lopes



Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

Dedico este trabalho a meus pais, meus amigos e professores e a todos aqueles que contribuíram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos, colegas, professores e a minha família por terem ajudado na realização deste trabalho.

“Não se desespere, não suda à violência,
marche sempre em frente, e morra, se for
necessário, mas não se deixe conquistar”
Winston Churchill

RESUMO

A tecnologia de câmara quente em moldes para injeção de termoplásticos é cada vez mais utilizada, substituindo os convencionais canais frios. Tornou-se necessário o uso de câmara quente devido a exigência cada vez maior do mercado atual com relação a estética e complexidade de injeção de produtos plásticos, e também, um volume maior de peças exigido pelo mercado, em vista que sendo trabalhado em moldes com canal frio, o tempo de cada ciclo de produção será maior, em se tratando de peças complexas que exigem dispositivos adicionais no molde, este tempo por ciclo será maior ainda. Também tem um outro agravante, o principal deles, que é o desperdício de matéria prima com os galhos do molde com canal frio, este canal frio é responsável por transpostar o plástico derretido do bico de injeção até as cavidades do molde, o material que fica retido neste canal após a extração das peças da cavidade é retirado e processado posteriormente, este trabalho pode ser eliminado com a utilização de uma câmara quente.

Palavras chave: câmara quente, injeção, molde, canal frio, termoplásticos.

ABSTRACT

The hot runner technology in injection molds for thermoplastics is increasingly used, replacing the conventional cold channels. It became necessary to use hot runner due to increasing demands on the market today about aesthetics and complexity of injection plastic products, and also, a larger volume of parts required by the market, given that being worked on molds with channel cold, the time of each production cycle will be greater in the case of complex parts that require additional devices in the mold, this time per cycle is further improved. We also have another aggravating factor, the main one, which is the raw material of waste with branches of the mold with cooling channel, this channel is responsible for cold transposed molten plastic injection nozzle until the mold cavities, the material is retained in this channel after the extraction of parts of the cavity is removed and processed later, this work can be eliminated with the use of a hot runner.

Keywords: hot runner, injection mold, cooling channel, thermoplastic.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 - MÁQUINAS INJETORAS.....	11
1.1 - TIPOS DE MÁQUINAS INJETORAS.....	11
1.2 - PARTES DE UMA MÁQUINA INJETORA.....	13
1.3 - CONFIGURAÇÃO DA MÁQUINA INJETORA.....	14
2 - ROSCA RECÍPRACA.....	17
3 - PROCESSO DE INJEÇÃO.....	20
4 - CÂMARA QUENTE.....	20
5 - PARTES QUE COMPOEM UMA CÂMARA QUENTE.....	21
5.1 - BLOCO DISTRIBUIDOR (MANIFOLD).....	22
5.2 - BICO DE INJEÇÃO.....	23
5.3 – RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS.....	24
6 - VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CÂMARA QUENTE.....	25
7 - DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CÂMARA QUENTE.....	27
8 - PROJETO DO CANAL FRIO.....	29
9 – RESINAS DE ABS (Acrinolitriilo – Butadieno – Estireno).....	30
9.1 - PROPRIEDADES DO PRODUTO ACABADO.....	30
10 - MOLDE COM CÂMARA QUENTE X MOLDE COM CANAL FRIO.....	34
11 – CONCLUSÃO.....	40
12 – BIBLIOGRAFIA.....	42

INTRODUÇÃO

Para Blass, moldagem por injeção é um processo de alta produção com materiais termoplásticos, as fibras picadas e a resina são misturadas numa câmara de aquecimento onde a resina amolece. A massa amolecida é então injetada na cavidade do molde, que é mantida a uma temperatura inferior a de amolecimento, a peça então é solidificada.

Para Júlio Harada câmara quente é um conjunto de elementos eletromecânicos que, quando instalados em moldes de injeção de termoplásticos, mantém em seu interior o canal de injeção em estado de fusão controlada. O sistema de alimentação com canal quente é constituído por canais, dentro dos quais, o material plástico é mantido numa temperatura elevada, pronto para ser injetado nos ciclos seguintes, é usado em moldes com cavidades múltiplas para produção em alta escala.

Ainda por Julio Harada, canal frio é o caminho do fluxo do material plástico do bico de injeção da máquina até as cavidades onde é moldado o produto, normalmente formado por canal de injeção da bucha, poço frio, canais de distribuição e entradas ou ponto de injeção, não podendo este ser muito fino pois exigira da injetora uma pressão maior, ou muito grosso pois será maior o seu tempo de solidificação aumentando assim o tempo de ciclo.

Para Daniel Frenkler e Henryk Zawistowski, Camaras Quente consiste em uma técnica que tem sido utilizado em moldes de injeção de termoplásticos ha mais de 30 anos. O uso de sistemas com câmara quente está em constante crescimento, e estima-se que esta tecnologia é utilizada atualmente em um cada quatro moldes feito na Europa, e um a cada seis feito nos Estados Unidos.

O princípio básico de sistema de câmara quente foi patenteado nos Estados Unidos em 1940. Um dos primeiros moldes com câmara quente foi projetado na Polônia a partir de relatos da literatura do comércio (BASF) e fabricados na empresa PLASTIC em 1965. Apesar do tempo que se passou, desde então, a técnica não se alterou.

1 - MAQUINAS INJETORAS

São máquinas utilizadas para aquecer o material termoplástico até seu ponto de fusão, transporta-lo através de um cilindro e injeta-lo no nas cavidades do molde.

1.1 - TIPOS DE MÁQUINAS INJETORAS

Há uma grande variedade de máquinas injetoras, que podem operar em diversas posições diferentes, podendo ser de pistão ou de pistão e rosca (Fig. 01).

Maquina A: Possui abertura do molde do sentido horizontal e o cilindro de injeção de material opera também no sentido horizontal.

Maquina B: Possui a abertura do molde no sentido horizontal e o cilindro de injeção de material opera no sentido vertical.

Maquina C: Possui abertura do molde no sentido vertical e o cilindro de injeção de material opera também no sentido vertical.

Maquina D: Possui abertura do molde no sentido horizontal e o cilindro de injeção de material opera no sentido vertical, porem seu ponto de injeção do molde é perpendicular a seu sentido de abertura, diferente dos demais.

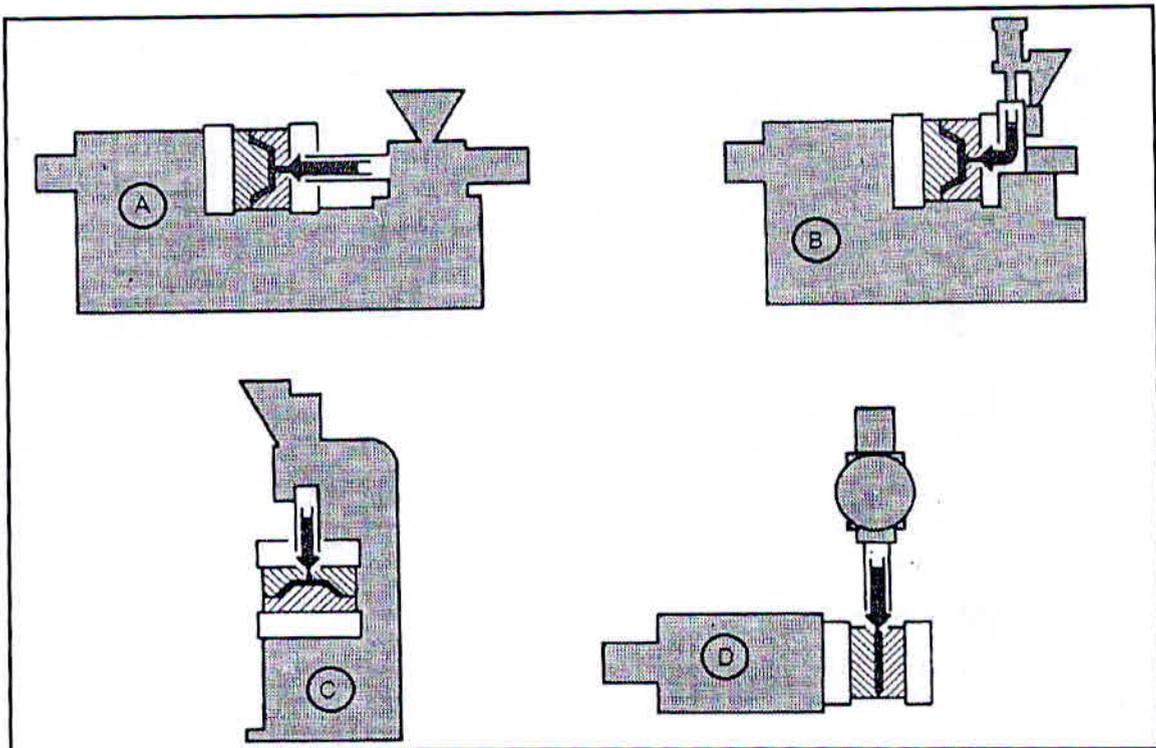


Fig. 01 tipos de injetoras. Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

1.2 - PARTES DE UMA MAQUINA INJETORA

As máquinas injetoras utilizadas nas indústrias possuem normalmente os seguintes componentes:

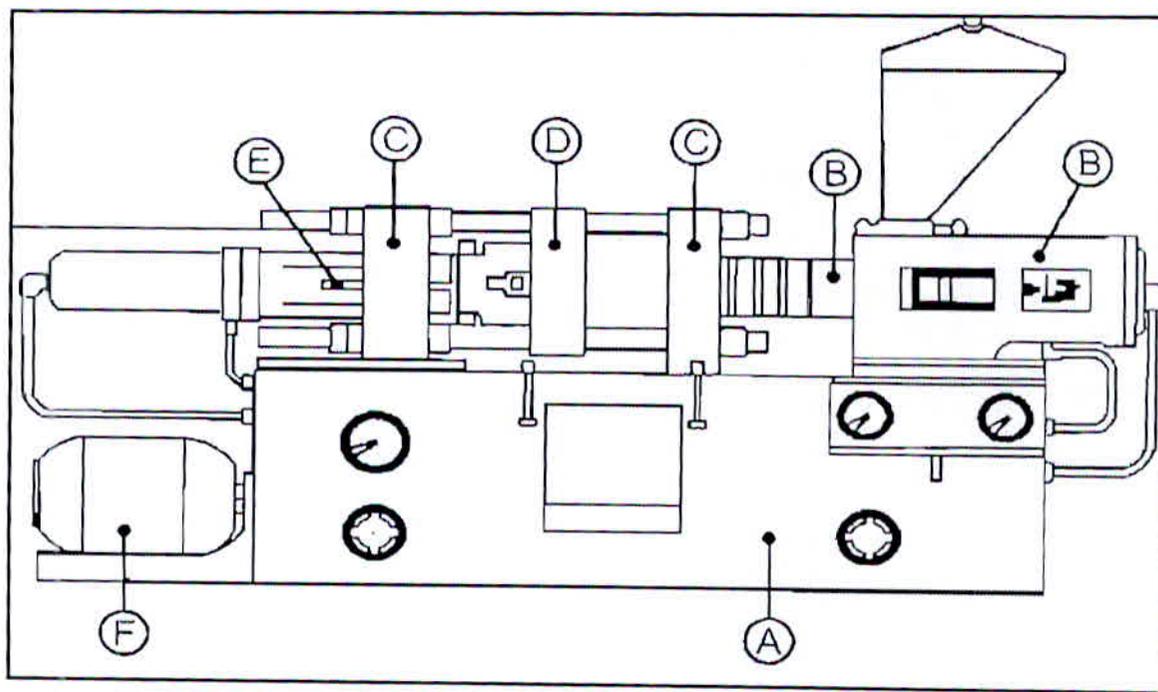


Fig. 02 máquina injetora. Fonte: HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

A – Base: É a estrutura da máquina, geralmente fundida, é a parte que dá sustentação à máquina e a seus componentes como o sistema hidráulico, motor elétrico, reservatório de óleo, etc...

B – Conjunto Injetor: São os componentes responsáveis pela injeção do material no molde composto por cilindro, êmbolo, bico injetor, dosador, boca de alimentação, etc...

C – Placa Estacionária ou Fixa: É a parte da injetora onde é fixada a placa fixa do molde, através dos rasgos existentes na mesma, é nesta placa que é conectado o bico de injeção da máquina injetora, são fixadas nela também as colunas guia onde a parte móvel do molde se movimenta.

D – Placa Móvel: Serve de suporte para a parte móvel do molde onde se encontra a parte de extração do produto, a placa móvel se movimenta guiada pelas colunas da placa fixa fazendo os movimentos de abertura e fechamento do molde.

E – Conjunto de Fechamento: Sistema utilizado para realizar a abertura e o fechamento do molde, se localiza nele também o sistema hidráulico responsável por este movimento.

F – Circuito Hidráulico: É constituído pelo motor elétrico e pelo sistema hidráulico que é responsável pelo acionamento de todos os movimentos da máquina injetora.

1.3 - CONFIGURAÇÃO DA MÁQUINA INJETORA

As máquinas injetoras podem ser dos seguintes tipos:

a) Injetora por pistão.

O conjunto de injeção por êmbolo (*Imagem A e B*) é formado por um êmbolo simples, que é acionado por um sistema hidráulico, que empurra o material plástico através de um cilindro previamente aquecido por elementos de aquecimento, onde se realizará a plastificação do material. O torpedo tem a função de homogeneizar a plastificação do material. A *Fig. A* mostra o êmbolo estacionado e o material plástico sendo alimentado no cilindro de injeção aquecido, enquanto na *Fig. B* vemos o êmbolo acionado levando o material através do cilindro aquecido. (JULIO HARADA, 2004).

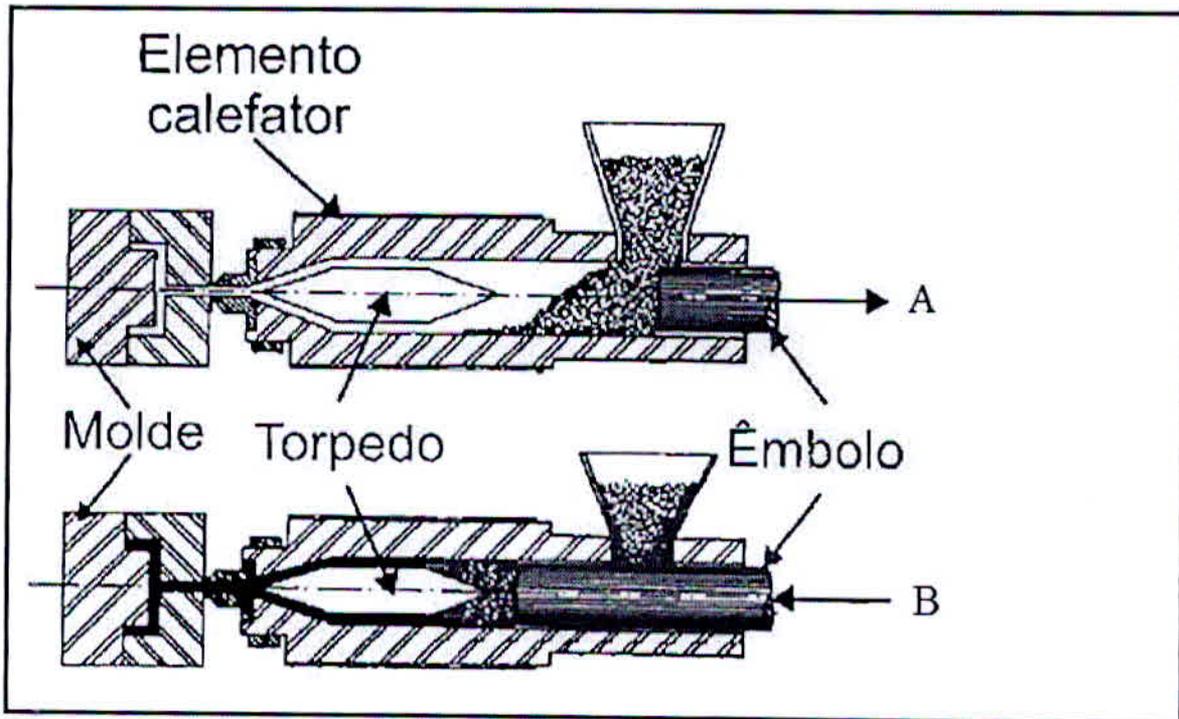


Fig. 03 (Injetora por pistão). Fonte: HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

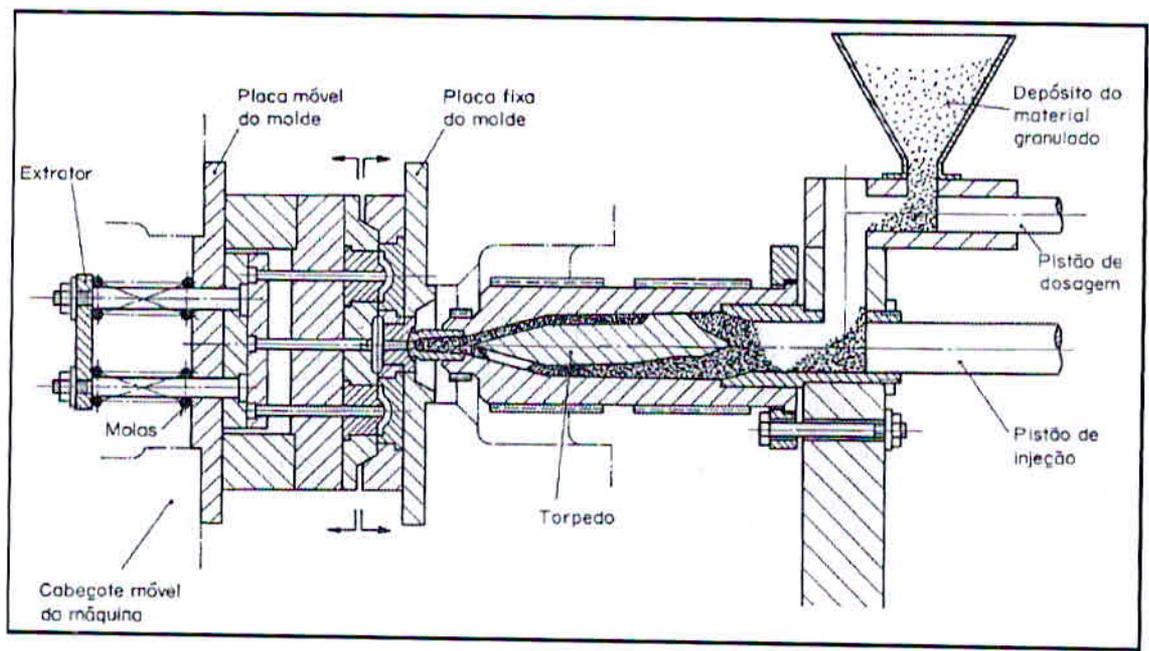


Fig. 04 (Recebendo material do funil). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

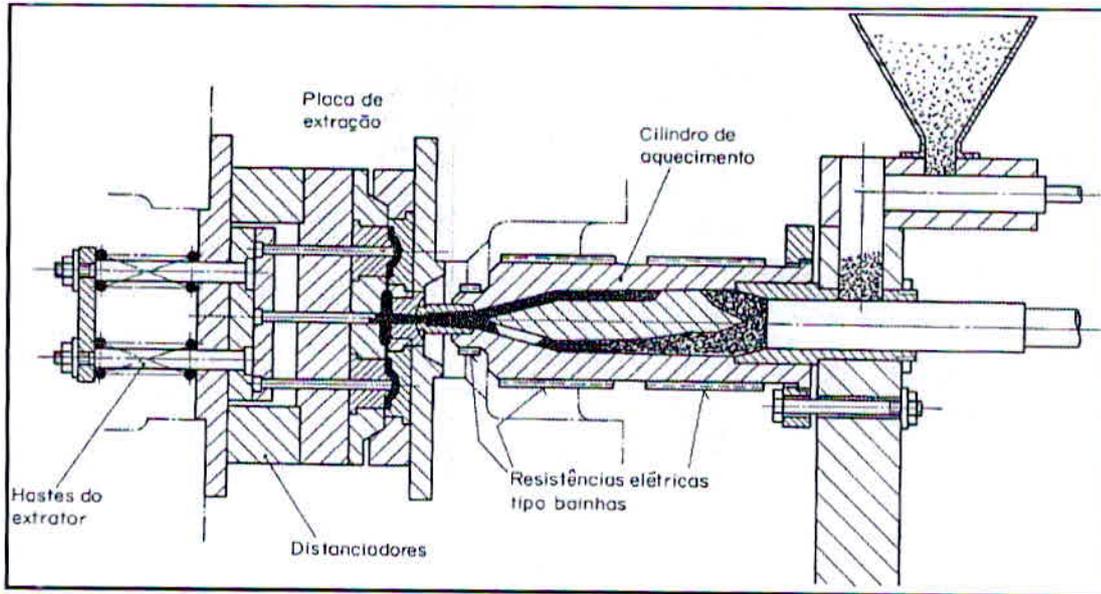


Fig. 05 (Injetando material nas cavidades). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

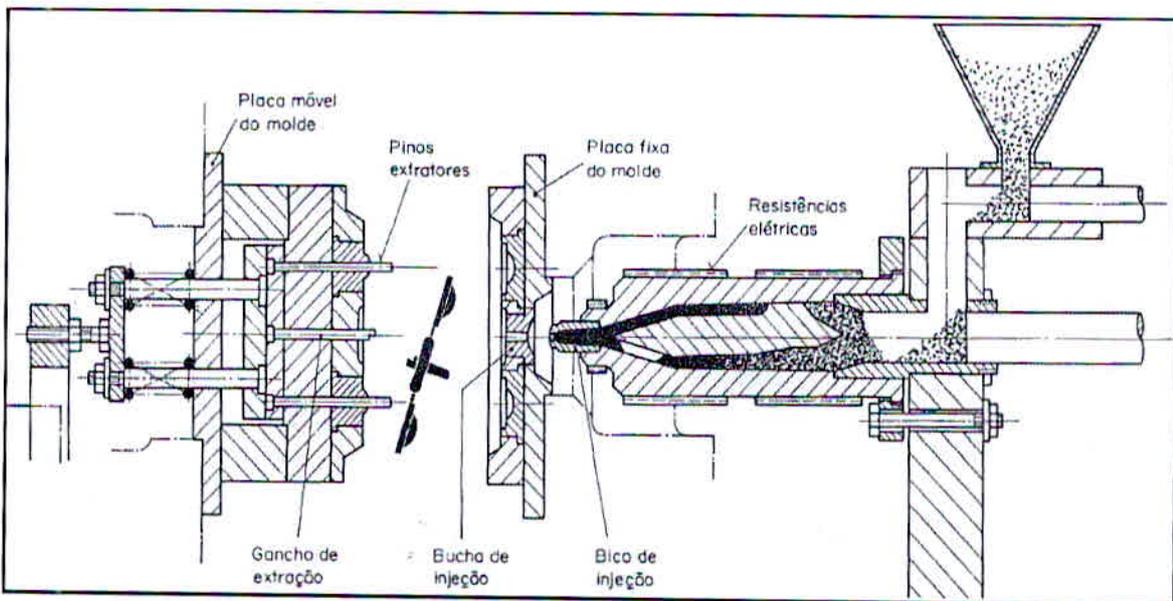


Fig. 06 (Extração das peças). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

2 - ROSCA RECÍPRACA

É um parafuso de alimentação com rosca sem-fim que é utilizado na maioria das máquinas injetoras. Este parafuso é responsável pelo transporte e injeção do material no molde. A rosca recebe o material que entra pela boca de alimentação da injetora, normalmente em forma de grãos, e o transporta sob um movimento de rotação através do cilindro, que possui um sistema de aquecimento, o material então é derretido e acumulado em uma câmara que se localiza na ponta do parafuso, aguardando a abertura do bico injetor. Assim que o bico injetor é aberto, o parafuso então passa a fazer um movimento retilíneo, semelhante ao movimento de um pistão, empurrando somente o material derretido para dentro do molde. A rosca recebe o nome de rosca recíproca por atuar ora como rosca sem fim, ora como pistão. (MANRICH, 2005)]

b) Injetora por rosca-pistão (Recíproca).

A injeção por rosca plastificadora, ou rosca recíproca, é feita por uma rosca sem fim com duas funções: plastificar e homogeneizar o material, através de um movimento rotativo da rosca, que transporta o material da boca de alimentação até a câmara de injeção, e injetá-lo posteriormente, através de um movimento retilíneo do embolo, que empurra a rosca na direção do ponto de injeção do molde, injetando em suas cavidades o material que se encontra na câmara de injeção (Fig. 07). (JULIO HARADA, 2004).

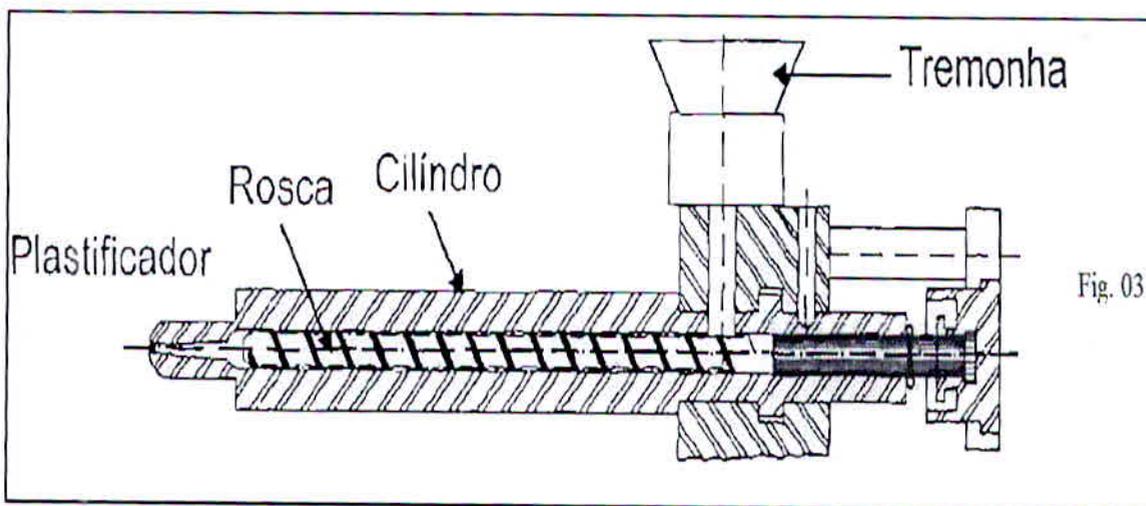


Fig. 03

Fig. 07 (Injetora por rosca-pistão). Fonte: HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

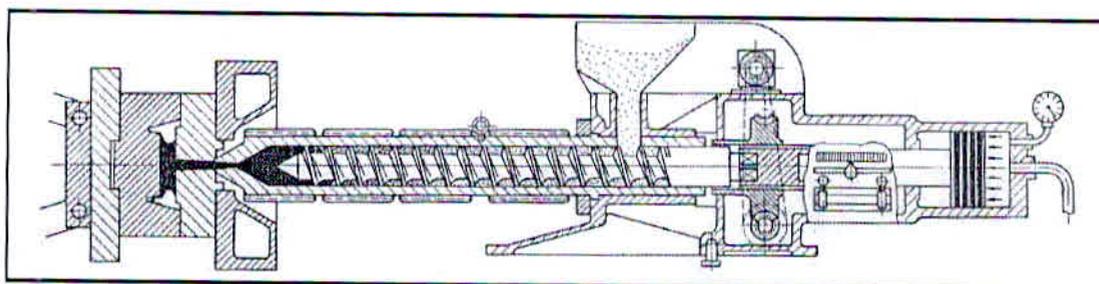


Fig. 08 (Recebendo material do funil). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

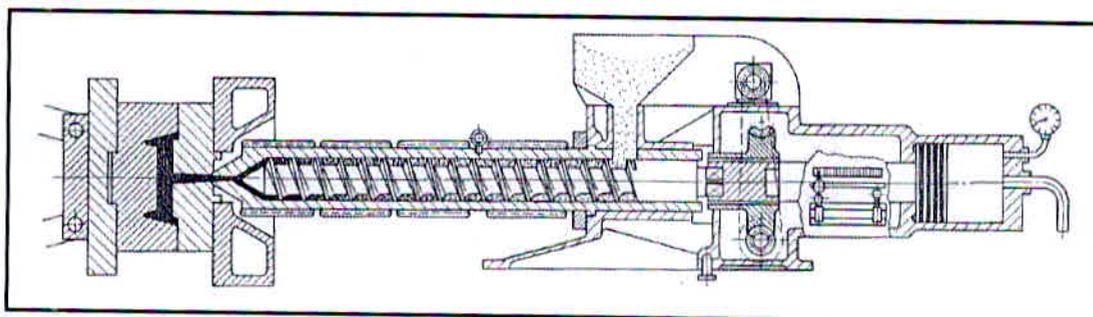


Fig. 09 (Injetando nas cavidades do molde). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

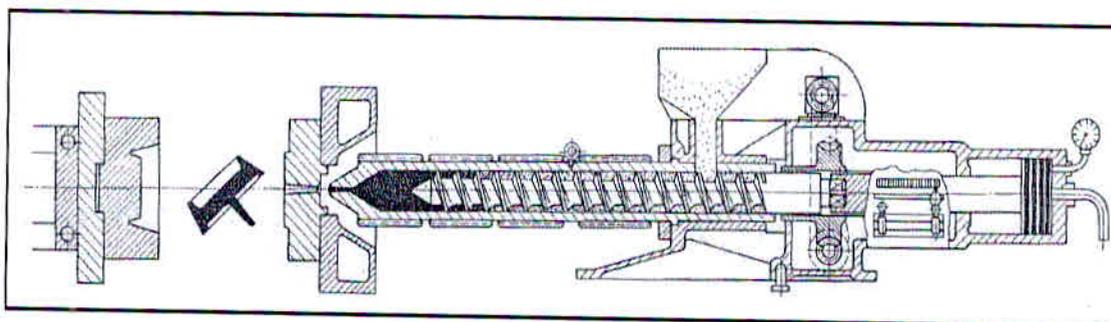


Fig. 10 (Extração das peças). Fonte: PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

c) Injetora por pré-plastificação.

A injeção por pré-plastificador consiste na plastificação do material em uma câmara auxiliar colocada acima do cilindro de injeção. A câmara auxiliar possui um cilindro que empurra o material que entra pela boca de alimentação e foca-o a passar por uma câmara aquecida para plastificar, o material então desce para o cabeçote de injeção, e um segundo embolo empurra-o para ser injetado nas cavidades do molde (*Fig. 11*). (JULIO HARADA, 2004).

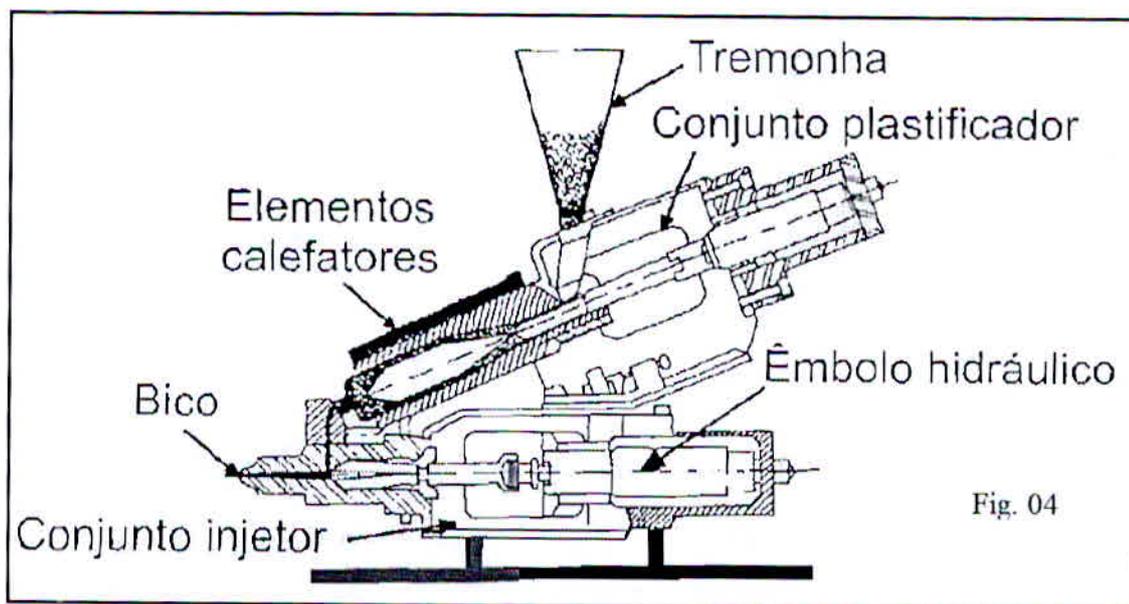


Fig. 11 (Injetora por pré-plastificação). Fonte: HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

3 - PROCESSO DE INJEÇÃO

Para produzir artigos moldados em termoplásticos é necessário aquecer o material até que este atinja o estado líquido (plastificação), e depois forçar o líquido a tomar a forma de um molde. O líquido é então resfriado nas cavidades do molde, assim, devolvendo-o à condição sólida, e posteriormente remove-se o material, já sólido, de dentro do molde.

Esta operação pode ser feita pelo processo de moldagem por injeção, que foi desenvolvido seguindo o princípio de fundição sob pressão, em que o metal fundido é forçado em um molde. No entanto, a primeira máquina a ser utilizada para a produção de peças termoplásticas foi feita na Alemanha em 1920. A máquina era totalmente manual, sem nenhuma automação. Em 1927, ainda na Alemanha, uma máquina operada por macacos pneumáticos foi desenvolvida, que foi capaz de desenvolver altas pressões de injeção.

Desde então, o desenvolvimento de máquinas de injeção se tornaram mais rápido, especialmente após a introdução da rosca recíproca. As máquinas modernas podem operar de forma totalmente automática, sem envolvimento humano e também podem alterar os materiais automaticamente. Elas podem também monitorar e ajustar os parâmetros de injeção (de forma limitada) em uma tentativa de manter a qualidade das peças injetadas. (PETER JONES, 2008).

4 - CÂMARA QUENTE

É um sistema aplicado em moldes para injeção de termoplásticos que é composto por um conjunto de componentes destinados a manter o plástico derretido na condição de injeção no molde (temperatura, tempo, velocidade e pressão) e transportá-lo até a entrada da cavidade sem que este se resfria durante este percurso, é basicamente uma extensão do bico de injeção.

É construída com placas de aço SAE-1045, onde são usinados os canais para alojamento das resistências e os canais por onde irá passar o material a ser injetado.

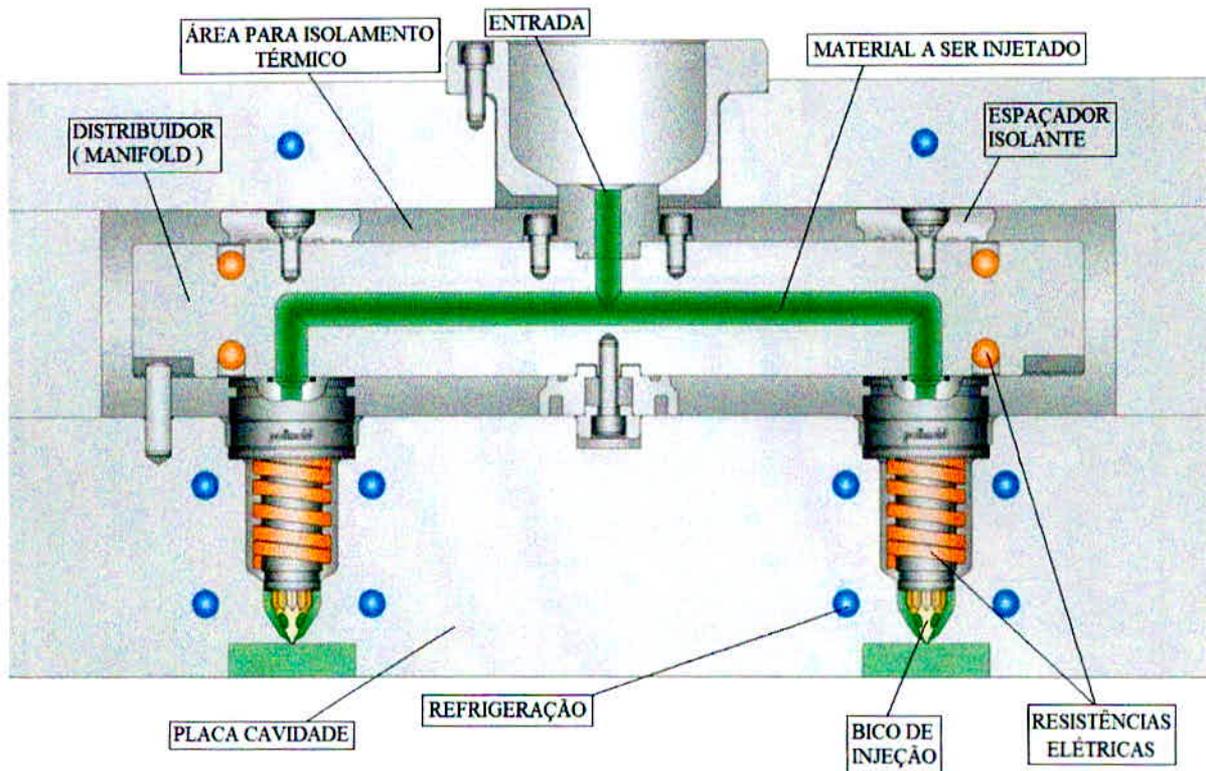


Fig. 12 (Câmara quente em corte). Fonte: POLIMOLD. **Tipos de Sistemas de Câmara Quente,**
Dados para Projeto

Neste conjunto também é incorporado todo o sistema de controle da câmara quente, como os termopares que controlam a temperatura na câmara, a fixação dos bicos, fixação das resistências e as fiações.

5 - PARTES QUE COMPOEM UMA CÂMARA QUENTE

Bloco distribuidor

Bico de injeção

Resistencias elétricas

5.1 - BLOCO DISTRIBUIDOR (MANIFOLD)

Esta é uma peça feita normalmente de aço SAE-1045 onde são usinados os canais de distribuição por onde passará o plástico que será injetado. Nesta placa também são usinadas os canais onde são alojadas as resistências e os termopares. Para cada produto a ser injetado é contruido um tipo de bloco distribuidor específico, pois, este bloco tem que garantir o perfeito balanceamento dos pontos de injeção, este bloco pode ser contruido com geometrias variadas.

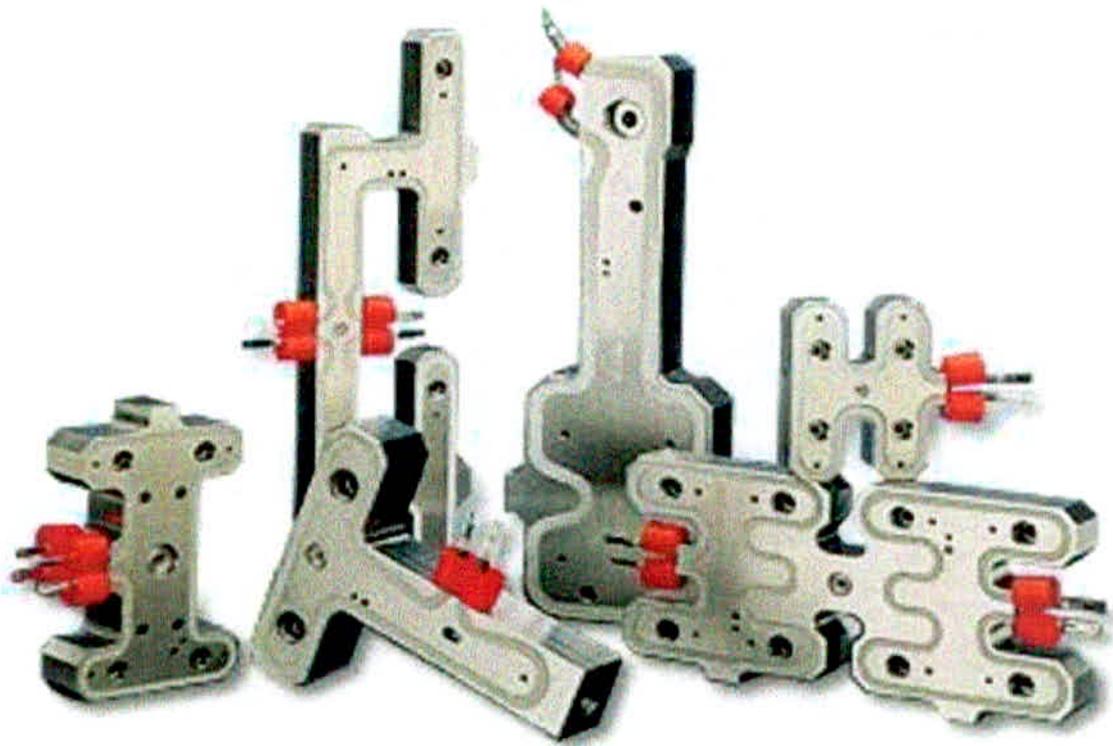


Fig. 13 (Manifolds). Fonte: site <http://www.usinenouvelle.com/industry/incoe-8446/hot-runner-manifolds-p37401.html>

5.2 - BICO DE INJEÇÃO

Os bicos de injeção são responsáveis por injetar o material plástico nas cavidades. Após o material percorrer todo canal do manifold, ele entra no bico de injeção, que é envolto por uma resistência elétrica, para garantir que o material não se resfrie antes de entrar na cavidade. Existem também bicos que são valvulados, os quais se consegue variar a vazão de saída do material plástico, sendo assim, consegue-se injetar peças de tamanhos diferentes sem que haja desbalanceamento no molde, apesar variando a vazão nos bicos, de forma que o tempo para preenchimento das cavidades seja o mesmo independente do volume das cavidades.

O tipo de bico de injeção também determina o tipo de vestígio que irá ficar no produto injetado.



Fig. 14 (Bicos de injeção). Fonte: site <http://www.usinenouvelle.com/industry/incoe-8446/hot-runner-manifolds-p37401.html>

Fig. 15 (Resistências elétricas). Fonte: site
<http://www.usinenouvelle.com/industry/incoe-8446/hot-runner-manifolds-p37401.html>

6 - VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CÂMARA QUENTE

Otimização do tempo de projeto e construção do molde

Não é necessário o cálculo do dimensionamento dos canais de alimentação, poço frio, tipo de entrada de material e extratores dos galhos, já que esses não existem nos moldes com câmara quente.

Eliminação das placas flutuantes e de extratoras dos canais frios no caso dos moldes com injeção capilar.

Eliminação de pinos cônico, colunas longas, puxadores e limitadores, uma vez que não se utilizará placas flutuantes.

Eliminação da usinagem dos canais de alimentação e bucha de injeção.

Eliminação de trabalhos com erosão de penetração para a realização das entradas de material nas cavidades.

Em alguns casos, chega-se a uma redução de até 30% no tempo de construção do molde.

Otimização do layout do molde devido ao melhor balanceamento das cavidades.

Redução da pressão de injeção nas cavidades

O material plástico que percorre pelos canais do manifold não troca calor com suas paredes, pelo fato de estarem na mesma temperatura, diferente dos moldes com canais frios que o material vai trocando calor com a placa do molde até entrar na cavidade, desta forma pode-se usar uma pressão de injeção menor, pois, não temos o congelamento do material nos canais de injeção. Esta redução de pressão pode-se chegar até 50%.

Utilização de máquinas de menor porte

Com a redução da pressão de injeção e redução do volume injetado, em vista que não possuímos mais canais frios, torna-se viável a utilização de uma máquina de injeção de menor porte, desta forma consegue-se um produto com preço mais competitivo, já que, uma máquina de menor porte tem um preço mais em conta e, ganha-se também no custo hora - máquina da mesma.

Preparação e recuperação de matéria-prima

Com a extinção dos canais frios há uma grande diminuição da utilização de máquinas como: moedores, balanças e carrinhos para o transporte deste material, e também a necessidade de ter uma área para estocagem do material.

Redução do custo de mão-de-obra

Eliminação de pessoas para a seleção e retirada dos galhos da máquina e movimentação desses galhos para a moagem e estocagem.

Melhoria da resistência mecânica da peça injetada

Aumento da resistência mecânica devido às menores tensões internas podendo chegar em até 50% devido à eliminação das juntas frias.

Redução dos custos com a matéria-prima

Com a otimização da injeção de material nas cavidades, consegue-se peças com espessura de paredes menores, e assim, peças mais leves resultando em um volume menor de matéria-prima, e também, com o aumento da resistência mecânica das peças, possibilita a utilização de resinas de menor custo.

Redução de contrações e chupagens

Como a entrada de material permanece fundida na peça, transfere-se, com maior eficiência as pressões de recalque nas cavidades.

Melhor qualidade visual

Como o material preenche a cavidade na temperatura ideal, elimina-se, as marcas de fluxo e de linhas de solda, causadas por materiais com temperaturas diferentes, e melhora-se o brilho e transparências das peças.

Redução do ciclo de injeção

Não há necessidade de solidificação dos canais de injeção, sendo assim reduz-se o tempo de resfriamento das peças. Curso de abertura do molde reduzido com a eliminação de placas flutuantes e melhor rendimento nos produtos com paredes finas. Menor quantidade de material a ser injetado, já que não existem os canais de injeção para transportar o material do bico até a cavidade, o bico injetor da câmara quente já injeta o material direto na cavidade do molde. (*HARADA, Júlio. Moldes para Injeção de Termoplásticos, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004*).

7 - DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CÂMARA QUENTE

Refugo maior nas primeiras injeções

Custo do molde elevado

O custo do molde será maior pelo fato do alto custo dos equipamentos utilizados nas câmaras quentes como: resistências, bicos injetores e os componentes utilizados para o controle de temperatura e de vazão do material. Para cada tipo de peça a ser injetada, tem-se um projeto de câmara quente diferente, devido à disposição das cavidades no molde, quantidade de cavidade, tamanho do molde, etc. sendo assim a construção das peças que compõem uma câmara quente como o manifold e as resistências são confecções especiais já que não existe um padrão, fazendo com que esses componentes da câmara quente tenham um custo mais elevado.

Necessidades de equipamento auxiliar

Há a necessidade de sistemas externos para o controle da temperatura do molde e vazão do material plástico, como sensores, presostatos, termostatos e equipamentos para controlar a vazão nos bicos de injeção.

Assistência técnica especializada

No caso de entupimento dos bicos, ou panes nos sistemas de controle da câmara quente, torna-se necessário contratar um profissional com mão-de-obra especializada, podendo ter perda de tempo de produção até que o profissional chegue a empresa.

Possível degradação de material

Como o material fica sobre altas temperaturas enquanto aguarda abertura do bico de injeção para o próximo ciclo, isto pode degradar os materiais que sejam sensíveis termicamente.

8 - PROJETO DO CANAL FRIO

Este estudo foi baseado no produto da figura 01.



Fig. 16 (Caixa de proteção). Fonte: o autor.

Peso produto = 71,2,00 gramas

Material = ABS

9 – RESINAS DE ABS (Acrinolitrito – Butadieno – Estireno)

As resinas de ABS são obtidas da copolimerização entre o acrilonitrila, o Butadieno e o Estireno, e são materiais de alta resistência mecânica, bom aspecto superficial, fácil moldabilidade e média resistência à temperatura. (hélio Wiebeck Júlio Harada plásticos de engenharia, tecnologia e aplicação).

9.1 - PROPRIEDADES DO PRODUTO ACABADO

Duro, rígido e resistente a choques, isolante, acústico, amortece as vibrações acústicas, evita ressonâncias, dielétrico, antitóxico, permiti a produção de produtos repuxados a frio a partir de chapas. (moldes para plásticos, eng. Francesco Provenza)

Para fazer os cálculos do canal de injeção de um molde termoplástico devemos saber primeiro o seu índice de fluidez e compará-lo com a tabela abaixo, (tabela 01).

O material a ser injetado será o ABS com índice de fluidez = 19g/10min. (fornecida pela Indústria de Plástico GE do Brasil).

Esta unidade da fluidez, g/10min. é a quantidade de material (em gramas) que escoar a uma dada temperatura durante um tempo de 10 minutos.

Índice de Fluidez (g/10min.)	Condição	i1	i2	i3	i4	i5
≥ 38	Ótima	1,5 * E	1,2 * i1	1,2 * i2	1,2 * i3	1,2 * i4
23 ~ 37	Boa	1,7 * E	1,3 * i1	1,3 * i2	1,3 * i3	1,3 * i4
15 ~ 22	Média	1,9 * E	1,4 * i1	1,4 * i2	1,4 * i3	1,4 * i4
1 ~ 14	Baixa	2,2 * E	1,7 * i1	1,7 * i2	1,7 * i3	1,7 * i4

Tabela 01 (Índice de fluidez) Tabela retirada do livro Projeto de Moldes para Termoplásticos do Professor Gilmar Pag. 24 da escola PRO-TEC

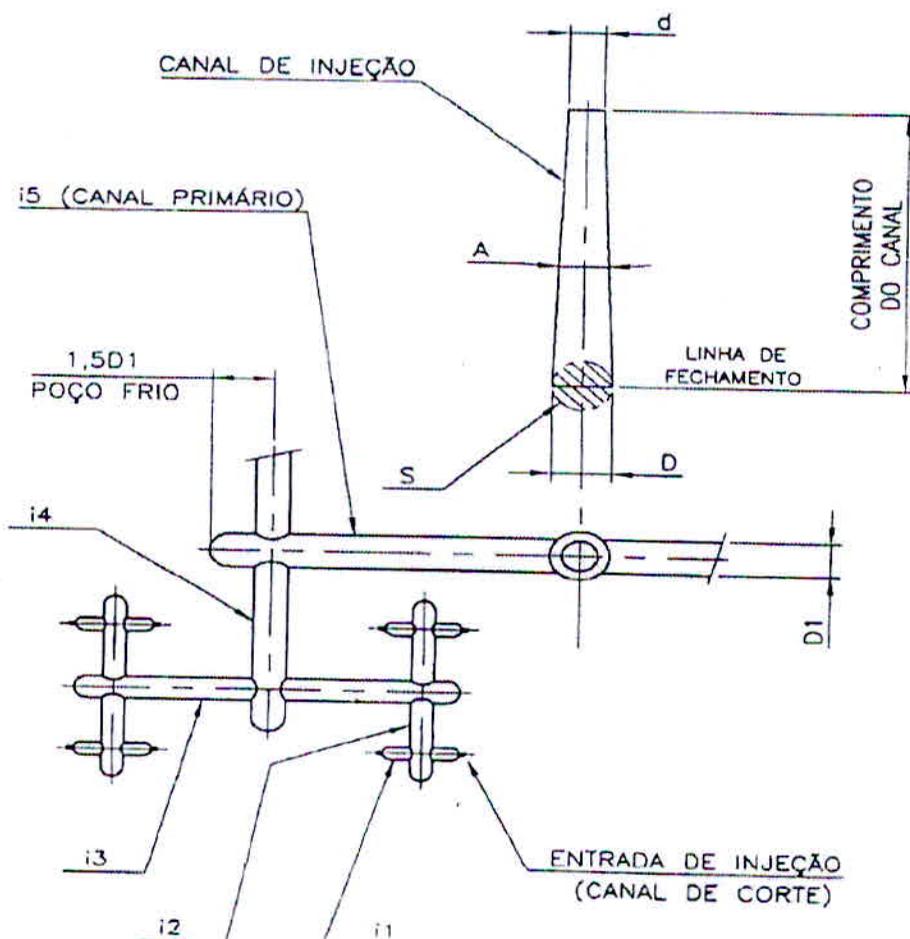


Fig.17 (Canais de injeção) Desenho esquemático retirada do livro Projeto de Moldes para Termoplásticos do Professor Gilmar Pag. 22 da escola PRO-TEC.

d = diâmetro inicial do canal de injeção ($\varnothing 3,0 \sim \varnothing 8,0$ mm).

D = diâmetro da base do cone do canal de injeção variável conforme sua altura e o $\varnothing d$.

D1 = diâmetro do canal primário de injeção.

A = ângulo de conicidade do canal de injeção ($1^\circ \sim 3^\circ$)

S = área projetada da base do cone do canal de injeção.

Comprimento do canal = varia de acordo com espessura da placa cavidade superior.

Dados para calculo:

d = 6mm (conforme bico da injetora).

A = 3° .

E = 2,5mm.

Comprimento do canal = 85mm

Com o valor em mãos partimos para o calculo do diâmetro do canal de injeção.

Calculo do diâmetro do canal de injeção:

$i1 = 1,9 \times E$ **E**=Espessura do produto no ponto de injeção.

$i1 = 1,9 \times 2,5$

$i1 = 4,8mm$ (canal secundário adotado 5mm)

$i2 = 1,4 \times i$

$i2 = 1,4 \times 4,8$

$i2 = 6,7mm$ (canal primário adotado 7mm)

O molde utilizado para injetar as peça terá 4 cavidades.

Sendo assim ficamos com a seguinte configuração:

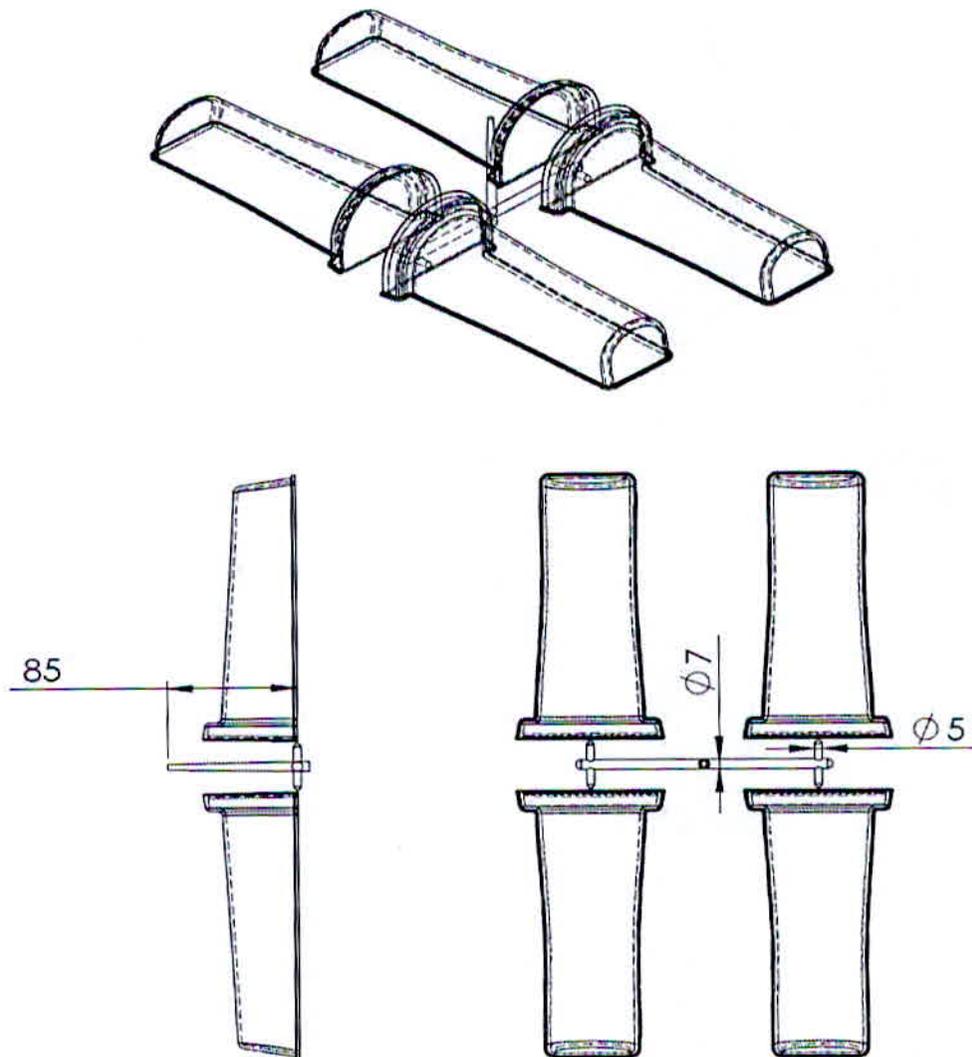


Fig. 18 (Produto). Fonte: o autor.

Isto nos gera um galho com peso de 35,00 g.

Para a injeção das peças foi utilizado uma injetora Sandretto Lógica 900/220 com diâmetro do parafuso de 43 mm. Esta injetora possui uma capacidade de plastificação de 32 g/s.

Tabela técnica <http://www.sandretto.com.br/site/produtos-especificacoes.php?id=24>

10 - MOLDE COM CÂMARA QUENTE X MOLDE COM CANAL FRIO

Em geral, a eficiência máxima de uma prensa de injeção se obtém deixando-a operar com 80% da sua capacidade nominal de plastificação e de injeção. (molde para plásticos, Eng. Francesco Provenza, Pag. 5.45).

$$n = \frac{0,8 \times CP}{Pj \times 60}$$

n = número de ciclos por minuto.

Cp = capacidade de plastificação da maquina (Kg/h)

Pj = peso da moldagem em cada operação (Kg)

Capacidade de plastificação = 32 g/s ou 115,2 Kg/h

Molde com canal frio

Peso da moldagem canal frio = [71,20 g (produto) x (4)] + 35,00 g (galho)

Peso da moldagem = 319,80 g ou 0,3198 Kg

$$n = \frac{0,8 \times 115,2}{0,3198 \times 60}$$

$n = 4,8$ ciclos por minuto

Molde com câmara quente

Peso da moldagem câmara quente = [71,20 g (produto) x (4)]

Peso da moldagem = 284,80 g ou 0,2848 Kg

$$n = \frac{0,8 \times 115,2}{0,2848 \times 60}$$

$$n = 5,4 \text{ ciclos por minuto}$$

Foi feito um comparativo entre o molde com canal frio e o molde com câmara quente.

Neste estudo foi considerado um trabalho de 8 horas por dia, 20 dias por mês e 12 meses por ano, e que o valor de cada peça injetada é de R\$ 1,20.

Molde com canal frio

Quantidade de peças produzidas no período de um ano:

Q_{ano} - Quantidade de peças por ano.

qc - Quantidade de ciclos.

nc - Número de cavidades.

nh - Número de horas.

nd - Número de dias.

nm - Número de meses.

$$Q_{ano} = qc \times 60 \times nc \times nh \times nd \times nm$$

$$Q_{ano} = 4,8 \times 60 \times 4 \times 8 \times 20 \times 12$$

$$Q_{ano} = 2.211.840 \text{ peças}$$

Quantidade de matéria-prima gasta.

Quantidade de material necessário para um ciclo = $0,2848 + 0,035 = 0,3198$ Kg.

$$Q_{mat.} = 8 \times 60 \times 20 \times 12 \times 4,8 \times 0,3198$$

$$Q_{mat.} = 177.000,00 \text{ Kg}$$

Quantidade de matéria-prima que se transforma em produto.

$$Q_{mat.} = 8 \times 60 \times 20 \times 12 \times 4,8 \times 0,2848$$

$$Q_{mat.} = 157.500,00 \text{ Kg}$$

Quantidade de matéria-prima que se transforma galhos.

$$Q_{mat.} = 177.000,00 - 157.500,00$$

$$Q_{mat.} = 19.500,00 \text{ Kg}$$

Custo da matéria-prima

Valor por quilo do ABS = R\$ 4,30

Valor gasto com matéria-prima

$$V_{prim.} = 177.000,00 \times 4,30$$

$$V_{prim.} = \text{R\$ } 761.100,00$$

Valor lucrado com o produto.

$$\text{Lucro} = 2211840 \times 1,20$$

$$\text{Lucro} = \text{R\$ } 2.654.208,00$$

Molde com câmara quente

Quantidade de peças produzidas no período de um ano:

$$Q_{ano} = qc \times 60 \times nc \times nh \times nd \times nm$$

$$Q_{ano} = 5,4 \times 60 \times 4 \times 8 \times 20 \times 12$$

$$Q_{ano} = 2.488.320 \text{ peças}$$

Quantidade de matéria-prima gasta.

Quantidade de material necessário para um ciclo = 0,2848 = 0,2848 Kg.

$$Q_{mat.} = 8 \times 60 \times 20 \times 12 \times 5,4 \times 0,2848$$

$$Q_{mat.} = 177.000,00 \text{ Kg}$$

Quantidade de matéria-prima que se transforma em produto.

$$Q_{mat.} = 177.000,00 \text{ Kg}$$

Valor gasto com matéria-prima

$$V_{prim.} = 177.000,00 \times 4,30$$

$$V_{prim.} = R\$ 761.100,00$$

Valor lucrado com o produto.

$$Lucro = 2.488.320 \times 1,20$$

$$Lucro = R\$ 2.985.984,00$$

	<i>CANAL FRIO</i>	<i>CÂMARA QUENTE</i>		
<i>HORAS TRABALHADAS</i>	1.920,00	1.920,00		
<i>QTDE. PEÇAS POR ANO</i>	2.211.840,00	2.488.320,00	276.480,00	12,50%
<i>QTDE. MAT. PRIMA total (Kg)</i>	177.000,00	177.000,00	0,00	
<i>QTDE. MAT. PRIMA produto (Kg)</i>	157.500,00	177.000,00	19.500,00	88,98%
<i>QTDE. MAT. PRIMA galho (Kg)</i>	19.500,00	0,00		
<i>GASTO COM MATERIA-PRIMA</i>	R\$ 761.100,00	R\$ 761.100,00		
<i>LUCROS BRUTO PRODUTO</i>	R\$ 2.654.208,00	R\$ 2.985.984,00	R\$ 331.776,00	12,50%
<i>VALOR DO MOLDE</i>	R\$ 20.000,00	R\$ 32.900,00	R\$ 12.900,00	64,50%

Tabela 02 (Comparativo)

Como podemos ver na tabela acima, com a utilização de um molde com câmara quente teremos uma produção de 12,5 % a mais de peças por ano.

Isso significa um rendimento de R\$ 331.776,00 por ano sobre o molde com canal frio.

No molde com canal frio teremos um desperdício de matéria-prima de 11,02 %.

Isso significa uma economia de R\$ 19.500,00 por ano na compra da matéria-prima.

ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO	IPI	PRAZO DE ENTREGA
1	1	Sistema de Câmara Quente Polimold composto de : 001-Manifold Especial com 4 vias de saída, 1 nível de fluxo totalmente balanceado volumetricamente. Distância entre centros de: 150x80 mm 001-MANIFOLD FMH12200 - 075S 001-BUCHA ACOPLADORA BXP-12025 004-BUCHA DE INJECAO-BIP06080-A 004-PONTEIRA VESTIGIO MINIMO-PVM06001-A 001-CONECTOR MEDIO Caixa de conexão elétrica	R\$ 12.900,00 (*)	-	14 dias úteis (*)

Tabela 03 (Orçamento) Preço da câmara quente, fornecedor Polimold.

Como o peso do galho que sai em cada ciclo é de 35,00 g e temos 4,8 ciclos por minuto, em um minuto será gerado 168,00 g de resíduo plástico, considerando 8 horas de trabalho por dia, 20 dias por mês e 12 meses por ano teremos em um ano de trabalho um resíduo plástico de 19,50 toneladas, este material necessita de um local para estocagem e possível gasto com transporte e moagem ou reciclagem.

Com a utilização de um sistema com câmara quente, não haverá este desperdício de matéria-prima de 19,50 toneladas por ano, e o seu tempo de ciclo será menor, pois um sistema de câmara quente possui bicos que injeção que injetam o plástico derretido diretamente na cavidade, dispensando os canais frios de alimentação. Assim reduz-se o tempo de ciclo do molde, o material não precisa percorrer o canal de injeção, o tempo de resfriamento é menor, já que não é necessário resfriar o canal de injeção que possui uma massa considerável e seu diâmetro é maior do que qualquer espessura da peça injetada.

Em um molde com câmara quente praticamente 100 % da matéria-prima é transformada em produto em cada ciclo, enquanto que com o uso de canal frio 88,98 % é transformada em produto (11,02 % galho) em cada ciclo.

11 - CONCLUSÃO

Com este estudo, conclui-se que para um molde termoplástico, a qual é exigida uma alta produtividade, torna-se necessário a implantação de um sistema de câmara quente evitando assim, um desperdício com matéria-prima, e tendo uma produção de peças mais eficiente com um ganho na produção de 12,5 %, e ganho também com a matéria-prima com uma economia de 11,02 % na compra da mesma além de peças com melhor acabamento superficial e com melhor resistência mecânica.

Utilizando um sistema de câmara quente haverá uma diminuição do tempo de ciclo do molde, conseguindo desta forma uma maior produtividade, maior número de peças por hora e um lucro maior nos produtos injetados.

Tem-se um controle de vazão de material nos bicos de injeção, conseguindo desta forma a injeção de peças com volumes diferentes no mesmo molde sem que haja desbalanceamento no processo.

Mesmo o molde com sistema de câmara quente sendo com um preço mais alto, esta diferença de valores será abatida em menos de um ano de trabalho, devido à maior eficiência do molde.

Economia com a extinção do processamento dos galhos gerados nos moldes de canal frio, redução do espaço para estocagem dos galhos, economia com transporte deste material, maior número de pessoas envolvidas no processo para retrabalhar os galhos, gerando assim um custo extra.

Economia no projeto e execução do molde com câmara quente, em vista que não haverá os canais de alimentação e as entradas de injeção de material nas cavidades

Uma desvantagem para a utilização de um sistema de câmara quente é que requer um treinamento diferenciado para o manuseio, programação e interpretação dos dados dos componente eletrônicos responsáveis pelo controle de funcionamento deste sistema.

Outra desvantagem é no caso de entupimento dos bicos de injeção ou quebra de algum componente da câmara quente, haverá um tempo maior para a reposição ou manutenção deste

componente, pois este trabalho terá que ser feito por um especialista na área, normalmente indicado pelos fabricantes.

12 - BIBLIOGRAFIA

HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**, projeto e princípios básicos. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

WIEBECK, Hélio. HARADA, Júlio. **Plásticos de Engenharia**, Tecnologia e aplicação. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

SORS, László. BARDÓCZ, László. RADNÓTI, István. **Plásticos**, Moldes e Matrizes. Curitiba: Hemus Editora, 2002.

FRENKLER, Daniel. ZAWISTOWSKI, Henryk. **Hot Runners in Injection Moulds**. Estados Unidos: Rapra Technology Limited, 2001.

POLIMOLD. **Tipos de Sistemas de Câmara Quente**, Dados para Projeto.

JONES, Peter. **The Mould Design Guide**. Estados Unidos: Smithers Rapra Technology Limited, 2008.

PROVENZA, Francesco. **Moldes para Plásticos**. São Paulo: Francesco Provenza Editora, 1976.

CRUZ, Sérgio da. **Moldes de Injeção**, Segunda edição revista e ampliada. Curitiba: Hemus Editora, 2002.

ART-MEC, Escola. **Moldes**, Volume II.

MORALES, Gilmar. **Projeto de Moldes para Termoplásticos**, São Paulo: Escola Pro-tec, 2009.