

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS – MG
ENGENHARIA MECÂNICA
JOÃO PAULO MORAES NUNES

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fonseca
N. Class. *M 620.192*
Cutter *U 972 V*
Ano/Ed.

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG
BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE UM SISTEMA DE
CÂMARA QUENTE NOS MOLDES DE INJEÇÃO

Varginha - MG
2010

JOÃO PAULO MORAES NUNES

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE UM SISTEMA DE
CÂMARA QUENTE NOS MOLDES DE INJEÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Mecânica do Centro Universitário do Sul de
Minas – UNIS/MG como pré-requisito para
a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico,
sob a orientação do Prof. Antonio Grama.

**Varginha - MG
2010**

JOÃO PAULO MORAES NUNES

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE UM SISTEMA DE
CÂMARA QUENTE NOS MOLDES DE INJEÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Mecânica
do Centro Universitário do Sul de Minas –
UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico pela banca
Examinadora composta pelos membros: Prof.
Ms. Alexandre Soriano, Prof. Esp. Antonio
Grama, e Prof. Esp. Márcio de Santana.

Aprovado em 25/11/2010



Prof. Esp. Márcio de Santana



Prof. Ms. Alexandre Soriano



Prof. Esp. Antonio Grama

OBS.:

"Minhas imperfeições e fracassos são como uma bênção de Deus, assim como meus sucessos e meus talentos, e eu coloco ambos a seus pés." (Mahatma Gandhi).

“Sempre que possível converse com um saco de cimento, porque na nossa vida só devemos acreditar naquilo que é concreto.” (Patrícia Silva).

“Hoje melhor que ontem, e pior que amanhã”.

RESUMO

O mercado consumidor vem exigindo cada vez mais variedades de produtos que possuam qualidade, confiabilidade e preços adequados. Isto possui um reflexo direto nas linhas de produção das indústrias. A viabilidade técnica e econômica de um processo de produção é formada por duas premissas básicas, a redução do tempo e a eliminação das perdas. Para que estas metas sejam alcançadas é necessário utilizar uma ferramenta que permita gerenciar o fornecimento de materiais no momento certo, constituindo-se assim o Sistema de Câmara Quente para injeção de peças plásticas. Considerando os aspectos mencionados, define-se como objetivo geral desse trabalho apresentar a viabilidade na implementação do sistema nas diferentes linhas de produção em uma fábrica de injeção plástica.

Palavras-chaves: Câmara Quente. Viabilidade. Moldes. Injetora.

ABSTRACT

The consumer market is demanding more and more varieties of products with reliable quality, reasonable prices. This has a direct reflection on the production lines of industry. The technical and economic feasibility of a production process consist of two basic premises, reducing the time and the elimination of losses. To ensure that these goals are met is necessary to use a tool to manage the supply of materials at the right time, thus becoming the Hot Runner System for injection of plastic parts. Considering the aspects mentioned above, is defined general objective of this study show the feasibility in implementing the system in different production lines in a factory of plastic injection.

Keywords: Hot Runner. Feasibility. Moulds. Injection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Exemplo desenho técnico de molde.....	15
Figura 02 - Efeito dos Elementos de Liga.....	17
Figura 03 - Principais aços utilizados em cavidades.....	17
Figura 04 - Estrutura básica de um molde de injeção.....	18
Figura 05 - Estrutura básica de uma Injetora.....	20
Figura 06 - Equipamento com duas unidades de injeção frontais.....	21
Figura 07 - Equipamento com duas unidades de injeção, sendo uma frontal e uma lateral.....	22
Figura 08- Equipamento com duas unidades de injeção frontais e uma unidade lateral.....	22
Figura 09 - Equipamento com duas unidades de injeção frontais e uma unidade superior.....	23
Figura 10 - Equipamento com uma unidade frontal, uma lateral e uma superior.....	23
Figura 11 - Equipamento com quatro unidades de injeção.....	24
Figura 12 - Árvore das aplicações técnicas dos termoplásticos.....	25
Figura 13- Detalhe dos componentes.....	27
Figura 14 - Exemplo de postigos para refrigeração, Refrigerado e com Marca Anelar.....	28
Figura 15 - Exemplo de postigos para refrigeração, com Fluxo Alternado e em Cruz.....	28
Figura 16 - Sistema com Bucha Quente.....	30
Figura 17 - Sistema com Manifolds.....	30
Figura 18 - Sistema com Valve Gate.....	31

LISTA DE FOTOS

Foto 01 – Dificuldade de limpeza.....36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVO.....	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. MOLDES DE INJEÇÃO	14
2.2.1. ETAPAS DE UM PROJETO	16
2.2.2. SELEÇÃO DO MATERIAL NA CONSTRUÇÃO DO MOLDE	16
2.2.3. APLICAÇÃO	18
2.2.4. PROCEDIMENTOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS DE MOLDES.....	19
2.3. INJETORA.....	20
2.3.1. VARIAÇÕES NO MERCADO DE MOLDES PARA INJETORA	20
2.3.2. APLICAÇÕES DOS TERMOPLÁSTICOS	24
3. SISTEMA DE CANAL QUENTE (CÂMARA QUENTE)	25
3.1. CONCEITO.....	26
4. O SISTEMA	26
4.1. COMPONENTES PARA UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE.....	26
4.2. REFRIGERAÇÃO PARA O SISTEMA DE CÂMARA QUENTE – POSTIÇOS PARA REFRIGERAÇÃO.....	27
5. MODELOS DE CÂMARA QUENTE	29
5.1. BUCHA QUENTE	29
5.2. MANIFOLDS.....	30
5.3. VALVE GATE.....	31
6. BENEFÍCIOS x DESVANTAGENS	32
6.1. BENEFÍCIOS DA CÂMARA QUENTE	32
6.2. DESVANTAGENS DA CÂMARA QUENTE.....	33
7. CICLO DE MOLDAGEM.....	34
7.1. CANAIS CONVENCIONAIS TIPO FRIO	34

7.2. CANAL QUENTE.....	35
8. DIFERENÇA ENTRE UM MOLDE COM INJEÇÃO CONVENCIONAL E UM MOLDE COM ALIMENTAÇÃO DIRETA EM UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE.	35
9. DIFERENÇAS FUNCIONAIS ENTRE BUCHAS QUENTES AQUECIDAS EXTERNAMENTE E AS BUCHAS QUENTES TIPO “PROBES” AQUECIDAS INTERNAMENTE.....	36
10. DETALHAMENTO TÉCNICO.....	36
11. ESTUDO COMPARATIVO ECONÔMICO.....	37
11.1. EXEMPLO DE APLICAÇÃO	37
11.2. ESTUDO DE CASO.....	37
12. POSSIBILIDADES DO SISTEMA.....	38
12.1. É POSSÍVEL INJETAR COM “MOLDES COM CÂMARA QUENTE”, MATERIAIS COM CARGAS MINERAIS	38
12.2. EFEITO QUE UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE TEM SOBRE MATERIAIS DE ENGENHARIA SENSÍVEIS AO “SHEAR RATE”	39
12.3. A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE TEMPERATURA NO SISTEMA DE CÂMARA QUENTE.....	39
13. TECNOLOGIA DE PONTA.....	40
14. CONCLUSÕES	41
BIBLIOGRAFIA.....	42

INTRODUÇÃO

A Indústria de plástico tem se expandido extraordinariamente desde 1945 e parte substancial deste desenvolvimento ocorreu no campo da moldagem por injeção. Este fato, por sua vez, provocou um aumento muito grande no número, tamanho, precisão e complexidade das ferramentas de injeção utilizadas, juntamente com um aumento correspondente no número de engenheiros empenhados nos projetos e fabricação de moldes.

A constante expansão do mercado de peças plásticas tem estimulado os processadores a desenvolverem esforços em automatização, principalmente na área de injeção. A elevação dos custos da mão-de-obra e o contínuo aumento do custo da matéria-prima têm sido agentes indispensáveis na aceleração do processo de automatização.

No entender dos autores, esta expansão na moldagem de plástico, na prática está mais adiantada do que a literatura técnica disponível. Por outro lado, é igualmente notada a ausência de publicações sobre os princípios fundamentais de projeto e desempenho dos moldes. Tais trabalhos quando publicados são na maioria de natureza geral ou cobrem certos dispositivos específicos.

Por esta razão, os projetistas jovens têm de adquirir sua tecnologia através do conhecimento empírico e da experiência, sem dispor de elementos fundamentais e teóricos adequados.

Processadores modernos na área de injeção de plásticos, tanto quanto os projetistas de moldes, têm contribuído substancialmente na atualização dos métodos de injeção e projeto do ferramental propriamente dito. Neste particular, os moldes de múltiplas cavidades e/ou aquelas peças que requerem múltiplas entradas, projetadas com câmaras quentes, são uma amostra do grau de sofisticação que estão alcançando.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo comparativo de um sistema de “Canal Frio” com um sistema de “Canal Quente” de modo geral, demonstrando a eficiência ao utilizar o “Canal Quente” no projeto do molde, levando em conta seu aspecto econômico técnico no processo de utilização do equipamento.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar a eficiência do Canal quente.
- Verificar as vantagens/desvantagens do “Canal Quente” em relação ao “Canal Frio”.
- Alguns detalhamentos técnicos.
- Fazer um comparativo de resultados prático usando o “Canal Quente”.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por objetivo, analisar as contribuições teóricas que serão utilizadas para a estruturação deste estudo, buscando todo conceito da utilização do sistema de câmara nos moldes de injeção, assim passando por um breve conceito dos elementos que são necessários para este processo.

2.1. MOLDES DE INJEÇÃO

A indústria de moldes de injeção de plásticos é uma indústria que requer mão de obra qualificada e especializada e o emprego de diversas tecnologias avançadas de projetos e manufatura. Os moldes de injeção de plásticos são ferramentas fundamentais para a manufatura de inúmeros produtos de cadeias produtivas industriais, tais como a automobilística, eletroeletrônica, de construção civil, de eletrodomésticos, de embalagens e outras.

De acordo com GRANJA (2003), é uma unidade completa capaz de reproduzir formas geométricas desejadas através de cavidades que possuem os formatos e dimensões do produto desejado. É dividido basicamente em duas partes:

- Conjunto Superior;
- Conjunto Inferior.

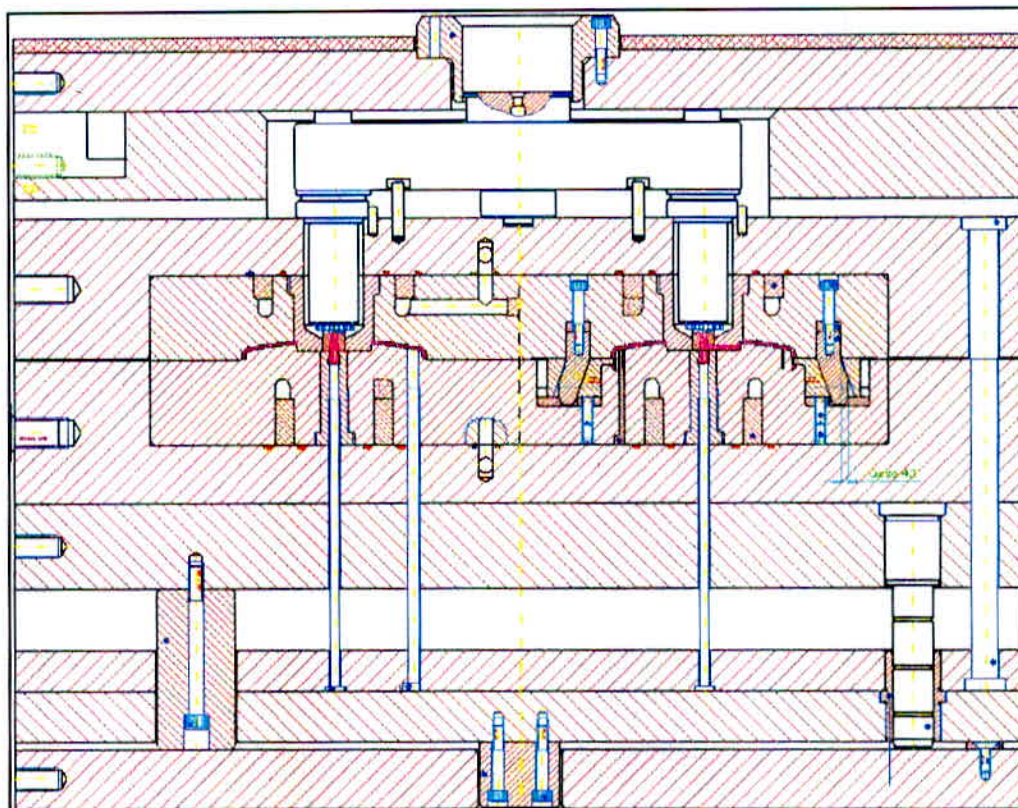


Figura 01: Exemplo desenho técnico de molde
Fonte: empresa "x"

Essa divisão é baseada na linha de fechamento do molde que permite a retirada do produto. É fixado na máquina injetora pelas placas através de presilhas ou garras especiais, calços e parafusos. O conjunto superior é fixado na parte fixa da máquina e o conjunto inferior na placa móvel da injetora.

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG
BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

2.2.1. ETAPAS DE UM PROJETO

Para todo projeto bom, é necessário a construção de um cronograma ou etapas para a perfeita execução do produto. Abaixo etapas da construção do molde:

- **CAD** (Modelamento 3D)
- **PROTÓTIPO** (Prototipagem Rápida)
- **CAD** (Alterações)
- **CAE/CAD** (Simulação)
- **CAD/CAM** (Usinagem)
- **Usinagem** (fabricação do molde)
- **Try Out** (1º Try out)
- **Retrabalho no Molde** (Ajustes Finais)
- **Try Out** (Lote piloto para aprovação do cliente).

2.2.2. SELEÇÃO DO MATERIAL NA CONSTRUÇÃO DO MOLDE

De acordo com MENGES (2000), o molde para injeção de termoplásticos é caracterizado como uma composição, em que seus vários componentes, cada qual com sua função bem definida, conjuntamente formam uma ferramenta de alta complexidade. Esta complexidade é oriunda tanto do alto grau de interatividade com outras áreas de conhecimento envolvidas, tais como transferência de calor, mecânica dos fluidos, desgaste, e outras; como pela sua complexidade geométrica do seu conjunto de peças.

Os elementos individuais de liga, de acordo com suas quantidades, têm tanto efeitos positivos como negativos nas características desejadas. Geralmente muitos elementos de liga estão presentes nos aços para ferramentais, os quais podem também mutuamente afetar um ao outro, figura 02. (GRANJA, 2003)

Elemento de liga	C	Si	S	P	Cr	Ni	Mn	Co	Mo	V	W	Cu	Ti
Propriedade ↓													
Rigidez	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	-	↓
Resistência ao impacto	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência ao desgaste	↑	-	-	-	↑	-	↑	-	↑	↑	↑	-	↑
Endurecimento	-	↑	-	-	↑	↑	↑	-	↑	-	-	-	-
Dureza	↑	↑	-	-	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	-	-
Usinabilidade	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	-	-	↓	↓	-	-
Ductilidade	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	-	-	↓	-	-
Resistência ao calor	↑	↑	-	↑	↑	-	-	↑	↑	↑	↑	-	-
Retenção de dureza	↑	↑	-	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	↑	-	-
Resistência à corrosão	-	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-

Figura 02: Efeito dos Elementos de Liga
Fonte: Granja (2003)

Analisando a figura 02, percebe-se que o Enxofre e o Tálcio podem diminuir a rigidez de um material, assim como todos os outros elementos de liga, exceto o Níquel.

Aço	Composição (%)	Equivalência	Dureza de utilização (HRC)
AISI P20	0,35 C; 0,80 Mn; 0,50 Si; 0,45 Mo; 1,70 Cr	SAE ² -2738; SAE-2311; VP 20 IM; M200; THYROPLAST 2311	Utilizado no estado de fornecimento, pré-beneficiado com durezas de 28/32.
AISI 4340	0,40 C; 0,70 Mn; 0,30 Si; 1,80 Ni; 0,80 Cr; 0,25 Mo 0,04 S	VM 40 (Villares); 4340 (Gerdau)	Utilizado no estado pré-beneficiado com durezas de 28/32.
AISI H-13	0,35 C; 0,40 Mn; 1,00 Si; 1,40 Mo; 5,0 Cr; 1,00 V	VH 13 IM; W302; THYROTHERM 2344	Utilizado no estado temperado com dureza de 50/52.
AISI 420	> 0,15 C; 1,00 Mn; 1,00 Si; 12,00-14,00 Cr	VC-150; VP 420 IM; M310; THYROPLAST 2083	Utilizado no estado temperado com dureza de 50/52.

Figura 03: Principais aços utilizados em cavidades
Fonte: Menges, (2000).

Nenhum elemento aumenta a resistência ao impacto, mas também nenhum elemento diminui a resistência ao desgaste, o endurecimento, a dureza e a resistência ao calor.

Apesar de todas as partes possuírem aspectos importantes para a boa funcionalidade e produtividade do molde, as regiões moldantes (cavidades e machos) são consideradas críticas uma vez que as mesmas interagem diretamente com o material polimérico e com o fluido utilizado na refrigeração do molde, figura 03. (MENGES, 2000)

2.2.3. APLICAÇÃO

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 é amolecida. 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. (BLASS, 1988, p. 136).

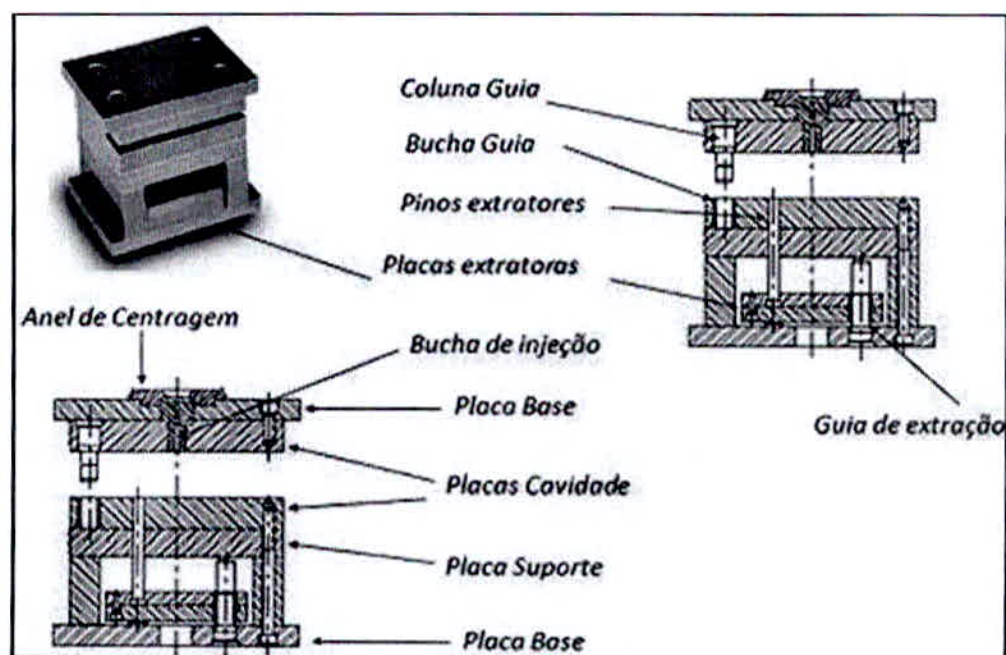


Figura 04: Estrutura básica de um molde de injeção
Fonte: Moldes de Injeção (1994)

Hoje os moldes se sofisticaram podendo ser totalmente automáticos e já com diversos componentes padronizados. Um dos componentes que melhor colabora com esta automatização do molde na fabricação do produto final é a câmara quente.

2.2.4. PROCEDIMENTOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS DE MOLDES

De acordo com COSTA (2002), Moldes de injeção são fabricados com alta precisão e devem satisfazer a uma grande variedade de requisitos. São geralmente compostos de uma parte ou poucas partes. Os moldes são produzidos com elevados tempos e custos de fabricação que são um fator decisivo no cálculo dos custos de um produto moldado. Os custos do molde para pequenas séries afetam a introdução de um novo produto no mercado. Apesar disso em muitas empresas o cálculo de custos não ocupa o lugar que deveria. Os respectivos custos dos moldes são freqüentemente calculados com base na experiência ou em comparação com moldes já existentes. Isto é também uma consequência do fato de que o número de pedidos é apenas 5% do número de orçamentos. As incertezas resultantes em tais situações são compensadas com mudanças para segurança, que é determinada por critérios subjetivos. Isto gera diferenças nos orçamentos que resulta em incertezas para os clientes. Portanto, um procedimento para estimativa de custos de um molde deve:

- Aumentar a certeza e precisão do cálculo de custos;
- Reduzir o tempo de consumo para o cálculo;
- Fazer o possível para calcular os custos dos moldes para os quais não hajam dados disponíveis;
- Assegurar cálculos de custos coerentes mesmo sem muita experiência.

Precauções devem ser tomadas se moldes forem cotados consideravelmente com custos inferiores aos obtidos nos cálculos, pois eventualmente importantes etapas foram omitidas resultando em perdas irreparáveis.

2.3. INJETORA

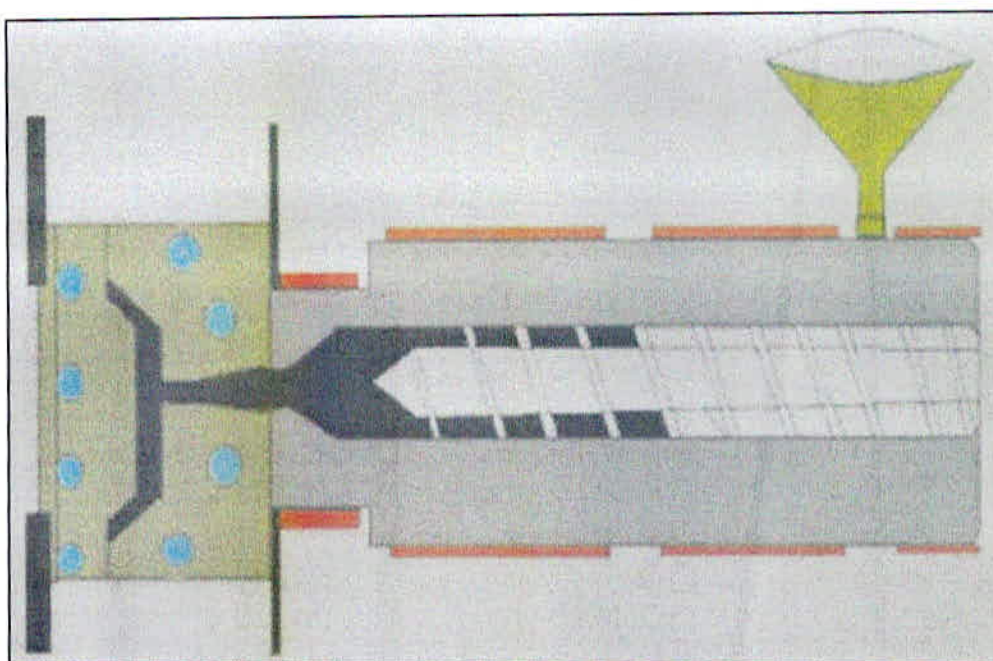


Figura 05: Estrutura básica de uma Injetora
Fonte: o autor

Injetora é responsável por injetar o material dentro do molde com parâmetros adequados.

2.3.1. VARIAÇÕES NO MERCADO DE MOLDES PARA INJETORA

Para que o chão de fábrica possa desempenhar sua real função de produzir, a estrutura organizacional fabril conta com os chamados processos de serviços, os quais, juntamente com os processos de manufatura, compõem o sistema de produção da indústria. A função dos processos de serviços é prover organização e otimização ao uso dos recursos disponíveis.

Segundo BRASILEIRO (2009), a máquina injetora é composta de uma estrutura, onde estão fixados o sistema de injeção e o sistema de fixação, abertura e fechamento do molde. No interior desta estrutura se encontra o sistema de acionamento hidráulico e o sistema de controle. O sistema de injeção é o responsável pela alimentação, plastificação e injeção do polímero.

Os equipamentos de injeção, que há alguns anos limitavam as aplicações multicomponentes, receberam um impulso tecnológico intenso na década passada, Deste modo, consultando os fabricantes mundiais de equipamentos, encontramos hoje um amplo

leque para opções. Com tantas possibilidades, a escolha do equipamento adequado pode se tornar complicado.

Ele afirma também que a regra básica, é sempre válida. A partir da necessidade do produto, definir a matéria-prima, o processo e só então o equipamento. Isso não significa que os fornecedores de equipamentos devam ser consultados por último. O envolvimento dos especialistas em máquinas em todas as fases do processo de desenvolvimento pode afetar, de maneira positiva, o próprio projeto do produto.

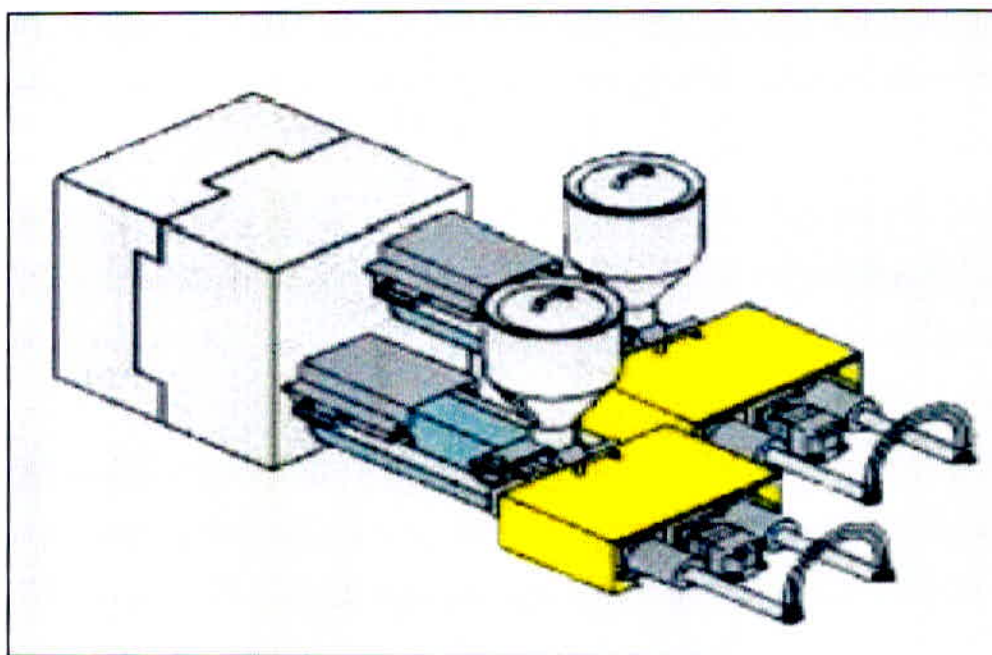


Figura 06: Equipamento com duas unidades de injeção frontais
Fonte: Brasileiro (2009)

Em complemento aos equipamentos normais de uma unidade de injeção, dispõe-se atualmente de modelos com duas unidades de injeção, podendo apresentar as variações de alimentação frontal e frontal e lateral.

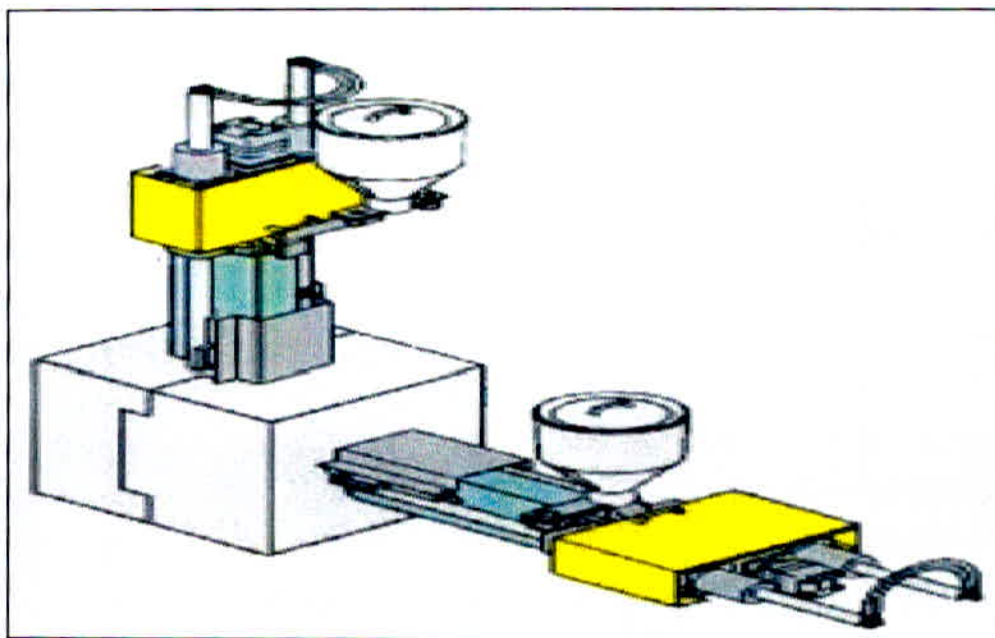


Figura 07: Equipamento com duas unidades de injeção, sendo uma frontal e uma lateral
 Fonte: Brasileiro (2009)

Também existem modelos com três unidades de injeção simultânea, com as variações de unidades frontais e laterais. A Figura 07 apresenta um modelo com duas unidades frontais e uma lateral.

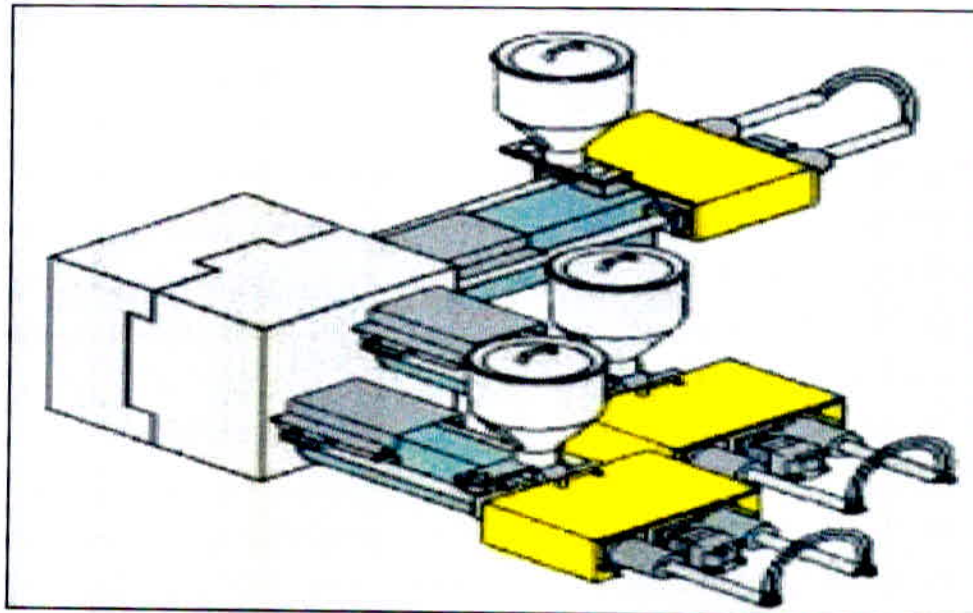


Figura 08: Equipamento com duas unidades de injeção frontais e uma unidade lateral
 Fonte: Brasileiro (2009)

O modelo da Figura 08 tem duas unidades frontais e uma unidade superior, podendo obter um variado tipo de resina.

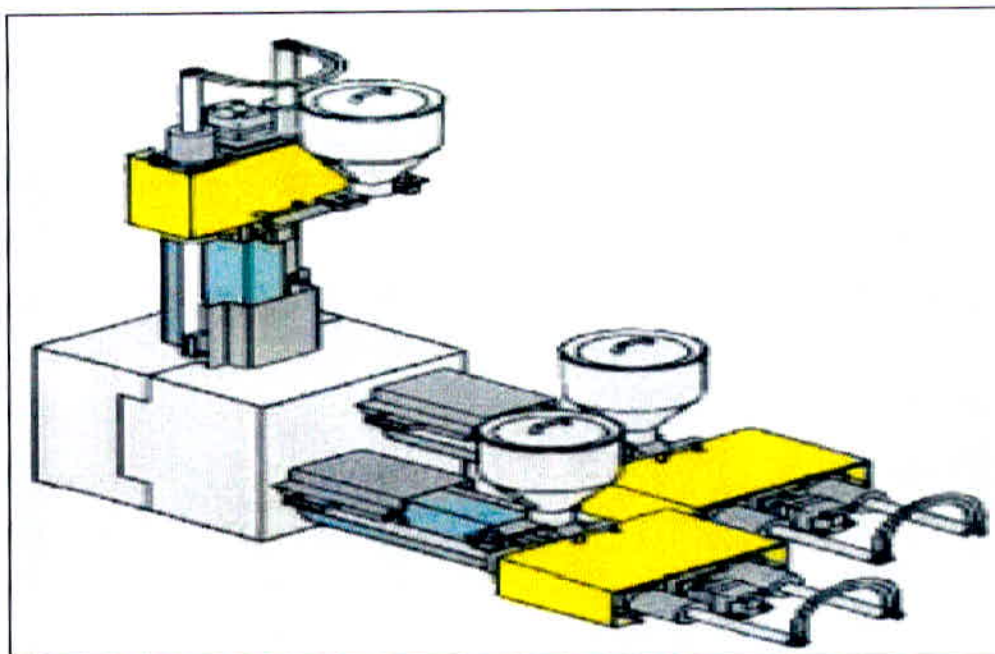


Figura 09: Equipamento com duas unidades de injeção frontais e uma unidade superior
Fonte: Brasileiro (2009)

O modelo acomoda três unidades de injeção sendo uma frontal, uma lateral e uma superior (Figura 09).

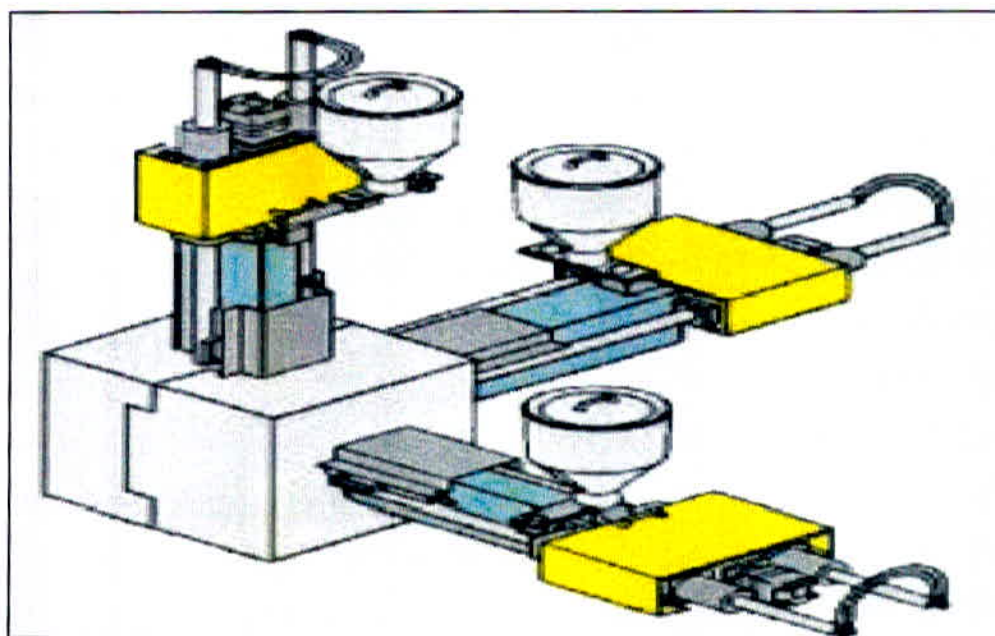


Figura 10: Equipamento com uma unidade frontal, uma lateral e uma superior
Fonte: Brasileiro (2009)

A Figura 10 apresenta um equipamento com quatro unidades de injeção, caracterizando a complexidade de produto a ser produzido.

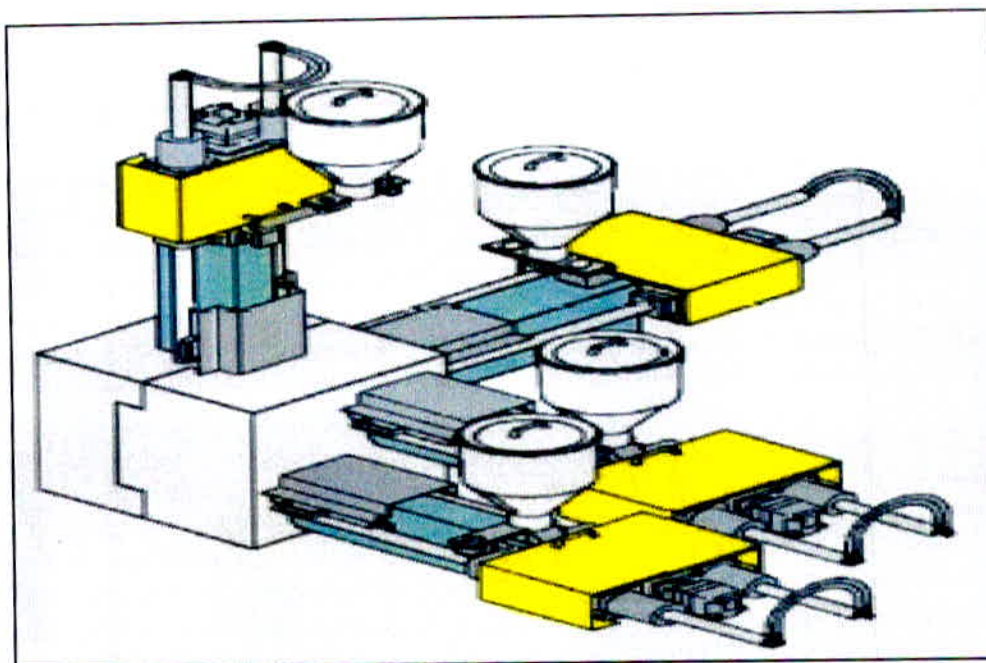


Figura 11: Equipamento com quatro unidades de injeção
Fonte: Brasileiro (2009)

Cada unidade de injeção pode operar independentemente com materiais diferentes ou com o mesmo material e cores diferentes.

2.3.2. APLICAÇÕES DOS TERMOPLÁSTICOS

De acordo com MICHAELI (1995), identifica as principais aplicações técnicas nas indústrias automobilísticas, eletroeletrônicas e de eletrodomésticos e os plásticos que podem atendê-las. Entretanto, é necessário obter um ciclo ideal da injetora:

- Fechamento do molde;
- Avanço na unidade de injeção;
- Injeção da Matéria Prima;
- Recalque;
- Tempo de resfriamento;
- Dosagem do material;
- Recuo da unidade de injeção;
- Abertura do molde;
- Extração da peça.

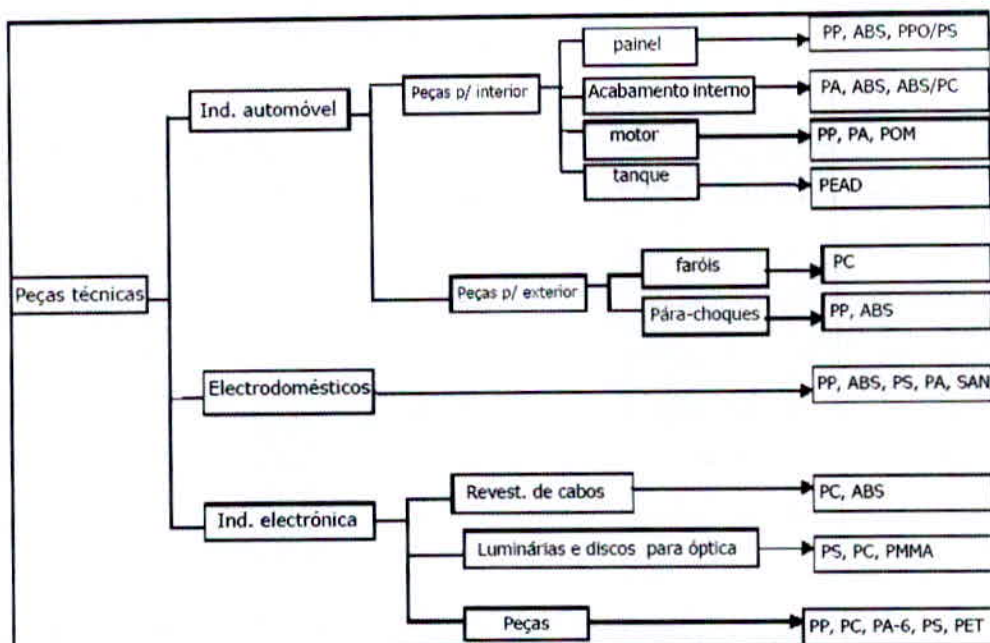


Figura 12: Árvore das aplicações técnicas dos termoplásticos

Fonte: Michaeli. (1995)

Na medida em que esses materiais competem entre si para preencherem uma determinada função nos produtos finais das indústrias utilizadoras, devem ser tratados como concorrentes de uma mesma indústria: “a indústria dos plásticos de engenharia”.

3. SISTEMA DE CANAL QUENTE (CÂMARA QUENTE)

Nos dias atuais, onde só se fala em globalização, produtividade, em redução nos custos de fabricação, concorrência internacional etc., tem colocado os empresários brasileiros diante da necessidade de serem estabelecidas novas estratégias para o aumento de produtividade e competitividade.

O sistema de câmara quente, também conhecido por sistema de canal quente, representa a forma mais eficiente de se otimizar a produção e melhorar a qualidade de um produto injetado.

3.1. CONCEITO

É basicamente uma extensão do bico de injeção da máquina, funcionando como distribuidor do fluxo para cada uma das cavidades ou para um agrupamento de cavidades. Através de canais de distribuição constantemente aquecidos, é possível manter o material na mesma temperatura do cilindro da máquina injetora, livre de variações e sem os inconvenientes canais de alimentação (galhos).

4. O SISTEMA

4.1. COMPONENTES PARA UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE

A câmara quente é constituída por um bloco de aquecimento (geralmente Metálico) com resistências elétricas alojadas estrategicamente em canais devidamente distribuídos para que haja o aquecimento por igual de toda a massa do bloco (conhecido também como manifold e bicos de injeção). Termopares ficam em contato com os canais em vários pontos, mas principalmente perto de injeção, conforme MANRICH (2005).

Algumas peças necessárias são utilizadas para o processamento do ciclo:

- Anel de centragem: É fornecido com diâmetros determinado pelo cliente, de acordo com o modelo da máquina injetora a ser utilizada.
- Bucha acopladora padrão e estendidas com resistência: As buchas padrão ou estendidas são fornecidas conforme determinação do cliente com relação ao raio ou ângulo, de acordo com a máquina injetora a ser utilizada.
- Suporte superior: Situados entre o manifold e a placa base superior, são fornecidos em titânio, para um melhor isolamento e uniformidade de temperatura, e retificados prevendo um afastamento frio entre o manifold e a placa base superior. Assim, quando o sistema for aquecido e houver a dilatação térmica, ocorrerá uma pressão entre as cabeças das buchas quentes, manifold e a placa base superior, pressão essa que tem por objetivo, evitar vazamento.
- Suporte central e centralizador: Espaçador situado entre a placa porta matriz e o manifold na mesma linha do bico da máquina, para suportar a pressão de injeção da máquina injetora. É fornecido em Titânio, para melhor isolamento e uniformidade de

temperatura. O centralizador é montado junto ao suporte central para a centralização do manifold.

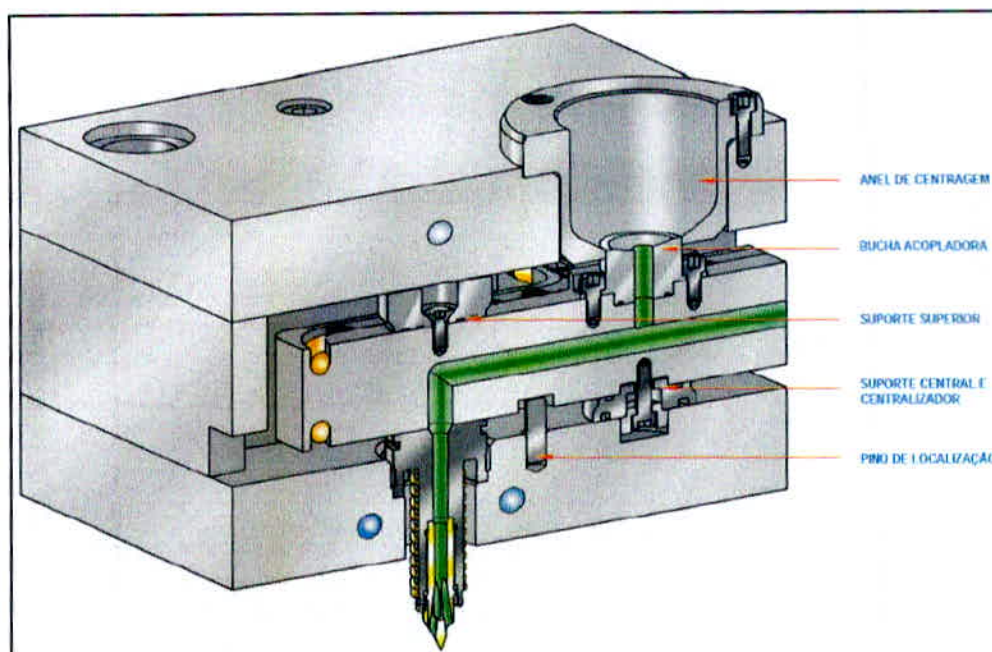
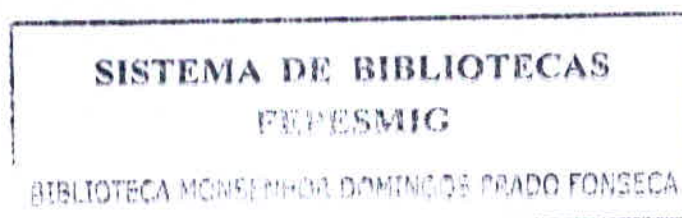


Figura 13: Detalhe dos componentes.
Fonte: Polimold (2006)

- **Pino de localização:** O pino de localização é necessário para alinhar o manifold durante a montagem. Estes pinos permitem que ocorra a dilatação térmica normalmente.

4.2. REFRIGERAÇÃO PARA O SISTEMA DE CÂMARA QUENTE – POSTIÇOS PARA REFRIGERAÇÃO

Os postiços para refrigeração são projetados para maximizar a eficiência no resfriamento, de acordo com a necessidade do cliente e da bucha quente utilizada. São fabricadas com o material que garantem a maior eficiência da câmara quente, ajudando e muito o ponto de corte e evitando a degradação do material próximo do ponto de entrada, possibilitando assim o menor tempo de ciclo e melhor qualidade da peça injetada, afirma POLIMOLD (2006).



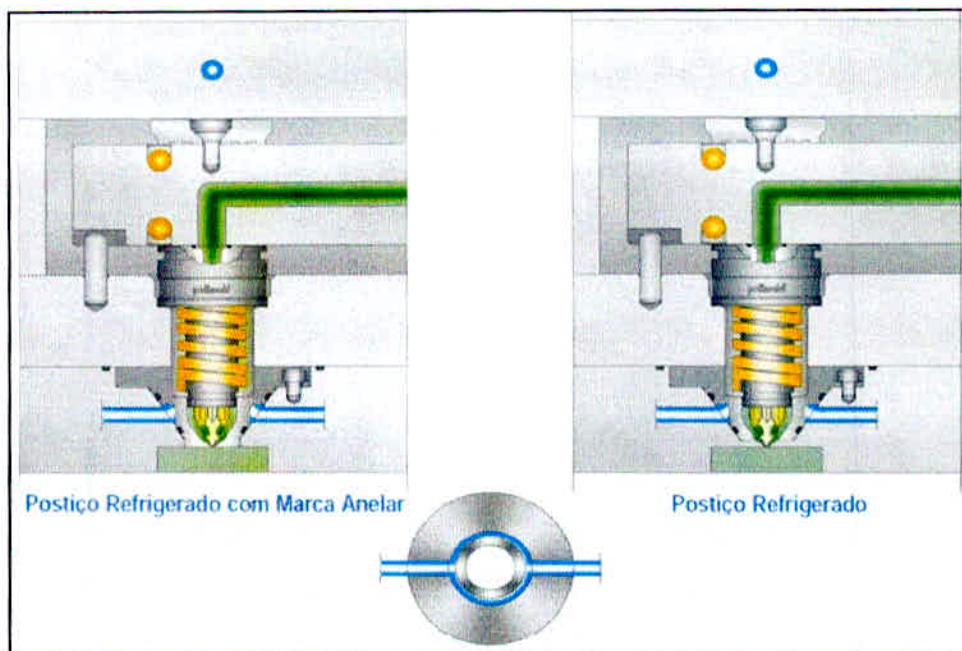


Figura 14: Exemplo de postigos para refrigeração, Refrigerado e com Marca Anelar.
Fonte: Polimold (2006)

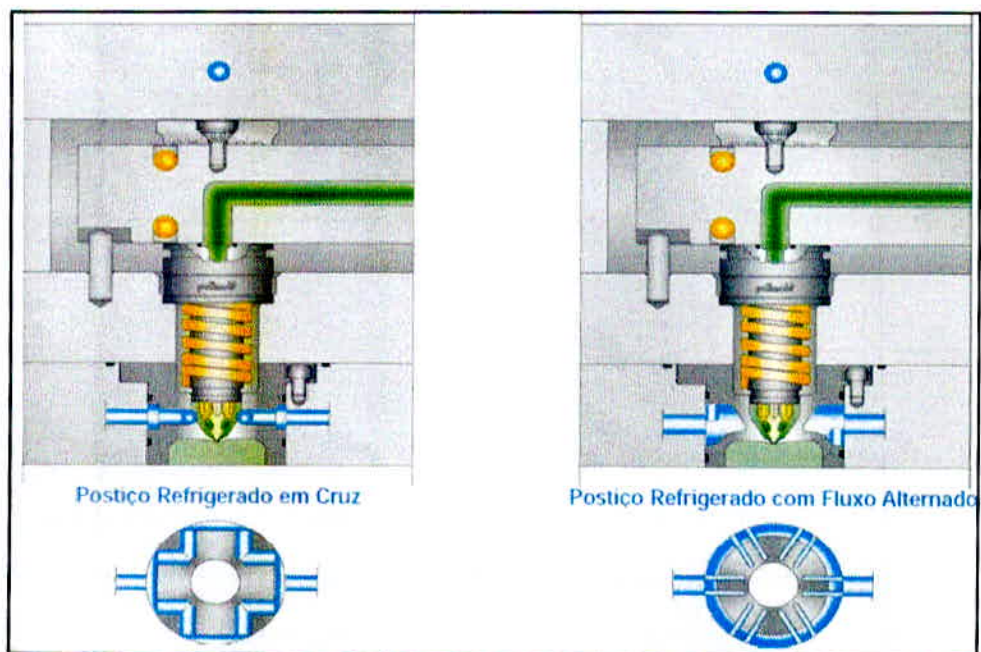


Figura 15: Exemplo de postigos para refrigeração, com Fluxo Alternado e em Cruz
Fonte: Polimold (2006)

Entretanto, possibilitando uma melhor eficiência no sistema de canal quente nos projetos de moldes.

5. MODELOS DE CÂMARA QUENTE

Podemos encontrar três tipos de câmara quente, todas confeccionadas com componentes padronizados, são eles:

- Bucha Quente;
- Sistemas com Manifolds;
- Sistemas Valvulados (Valve Gate).

5.1. BUCHA QUENTE

De acordo com POLIMOLD (2006), o princípio da Câmara Quente (bico encostado para manter a bucha quente). Utilizada somente para peças sem canais de enchimento (uma cavidade). Conhecida como Bucha Italiana. O bico deve estar normalmente 20°C acima da temperatura normal de trabalho utilizado para Polietileno.

São construídas em aço beneficiado de alta condutibilidade térmica com cabeça, corpo e ponta totalmente independente, que permitem alta flexibilidade na operação. As buchas quentes possuem resistência de alta eficiência com alta transferência de calor, junto a ponta da bucha. As pontas das buchas quentes são construídas de material de alta condutibilidade que permitem uma alta eficiência, sem obstrução na injeção da peça. O termopar é posicionado ao corpo da bucha, de forma a indicar a temperatura exata do canal de injeção, permitindo o controle do shear rate (taxa de cisalhamento) do material junto ao ponto de injeção da peça.

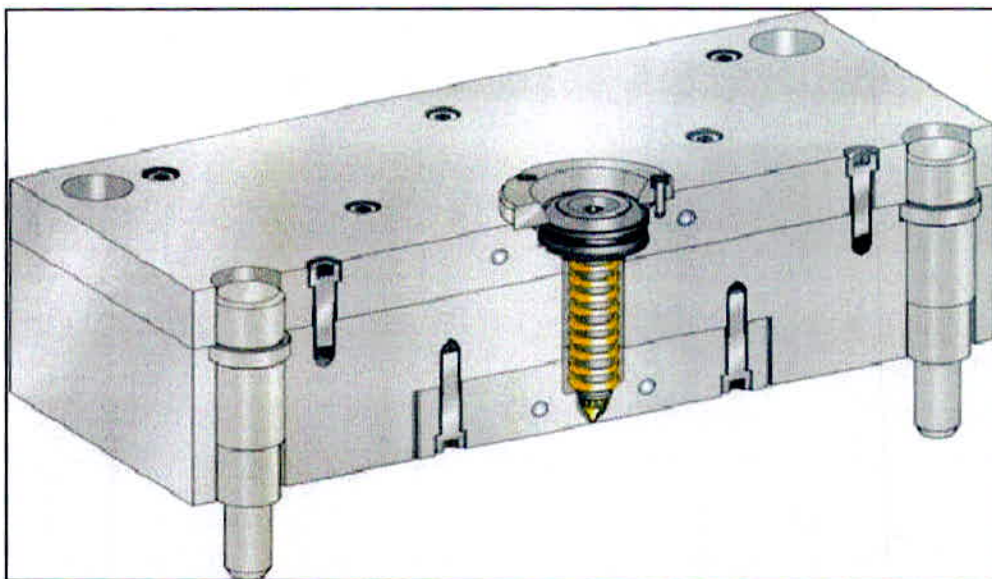


Figura 16 – Sistema com Bucha Quente
Fonte: Polimold (2006)

Princípio do canal quente (bico encostado para manter a bucha quente), assim utilizados somente para peças sem canais de enchimento, ou seja, uma cavidade.

5.2. MANIFOLDS

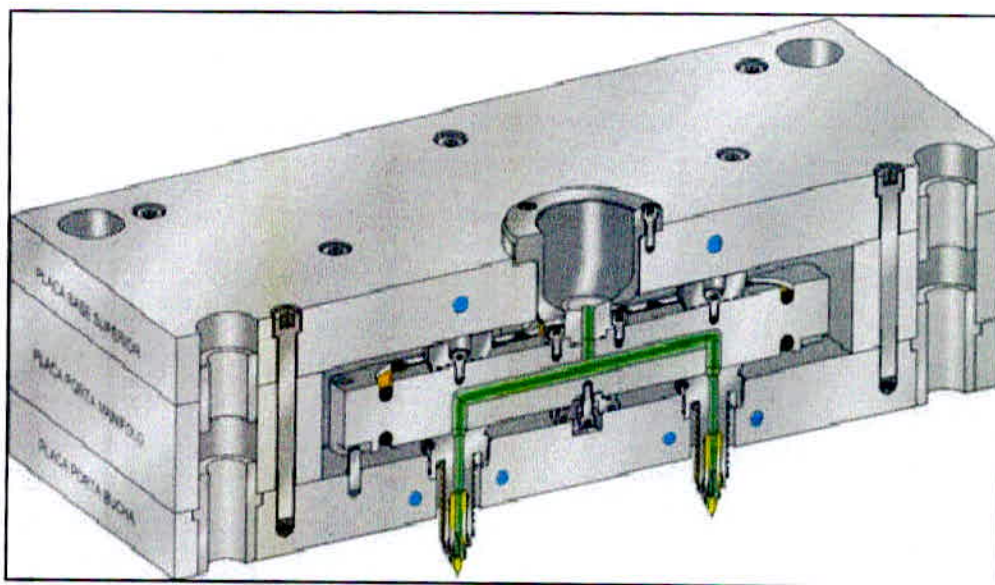


Figura 17 – Sistema com Manifolds
Fonte: Polimold (2006)

É um bloco de distribuição com buchas quente para as cavidades.

Conforme POLIMOLD (2006), este sistema se destaca pelas suas características, tais como:

- Alta velocidade de fluxo;
- Redução da Pressão utilizada;
- Material livre de tensões;
- Fácil processamento na injeção dos materiais;
- Melhor balanceamento do fluxo para as cavidades;
- Ciclos mais rápidos;
- Maior economia de material utilizado.

5.3. VALVE GATE

Indicado para injeção de peças com massa volumétrica variada em um mesmo molde, podendo conter outras vantagens, como POLIMOLD (2006):

- Fácil fluxo de injeção;
- Vestígio imperceptível no ponto de alimentação (gate);

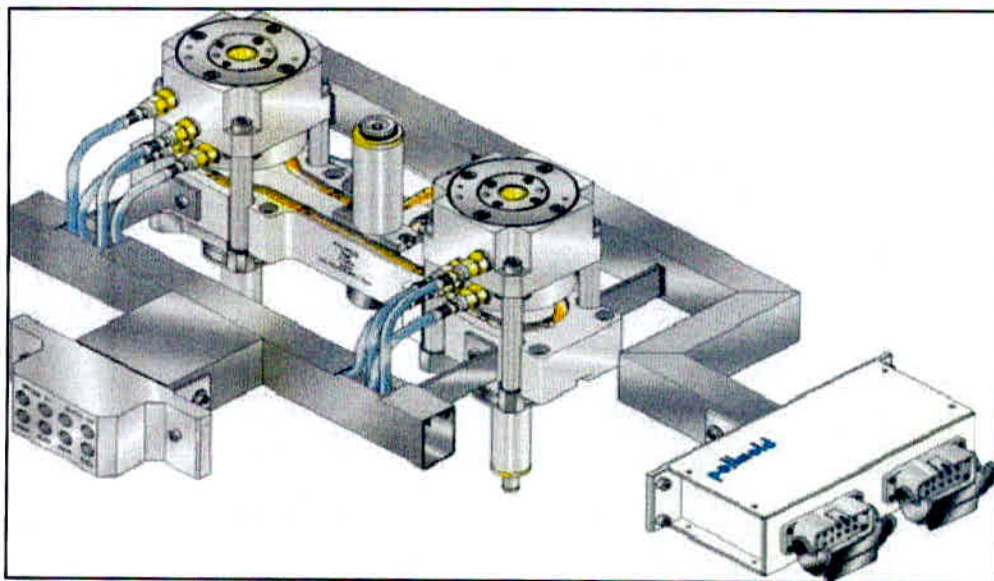


Figura 18 – Sistema com Valve Gate
Fonte: Polimold (2006)

- Produto isento de linha de solda (junta fria);
- Peça injetada com menor taxa de cisalhamento, resultando em melhor qualidade do produto.

6. BENEFÍCIOS x DESVANTAGENS

6.1. BENEFÍCIOS DA CÂMARA QUENTE

De acordo com MODERNO (2009), as vantagens da injeção de peças com canal quentes comparadas com o sistema convencional de canal frio podem ser resumidas em seis fatores básicos:

- **Redução do custo de mão de obra:** Moagem de canais de alimentação e canais de injeção, associada ao manuseio e necessidade de mistura são eliminados; Operações e acabamentos tais como corte do canal e eliminação das marcas de injeção não são requeridas; Na operação das máquinas no sistema automático, a eliminação dos canais de alimentação reduz a necessidade de uma atenção maior por parte do operador, possibilitando a ele dar maior atenção à inspeção, embalagem das peças ou ter sob sua responsabilidade, maior número de máquinas.
- **Redução do custo de matéria prima:** O consumo de matéria prima é reduzido com a consequência eliminação dos resíduos resultantes da moagem e reprocesso dos canais de alimentação. A moagem de materiais carregados com fibra de vidro, ou qualquer outro tipo de mineral, é extremamente difícil, tornando-se, grandes números de casos, praticamente impossível;
- **Melhorias no ciclo de máquina:** O ciclo de resfriamento em moldes com canal quente é dependente apenas do resfriamento da peça em comparação com o sistema convencional, que exige o resfriamento da peça e dos canais de alimentação. Esse fato, em muitos casos, reduz até 50% o ciclo de injeção; A abertura do molde em um sistema com canal quente necessita espaço somente para a extração da peça, em comparação com o sistema de canal frio, que necessita abertura suficiente para a peça mais os canais de alimentação. Esse fato em si justifica a redução do ciclo de abertura e fechamento da máquina; Também na medida em que os canais de alimentação e de injeção são eliminados, a possibilidade destes prenderem-se no molde desaparece.
- **Melhoria na qualidade das peças moldadas:** A necessidade de utilização do processo de moagem dos materiais em excesso, devido aos canais de alimentação, é eliminada.

Os problemas referentes à degradação térmica e possibilidade de contaminação praticamente não existem, propiciando melhoria na aparência e propriedades físicas das peças moldadas;

A diminuição da pressão de injeção, pela eliminação dos canais de alimentação, reduz a possibilidade de contrações e linhas de fluxo nas peças acabadas.

- Aumento da flexibilidade no projeto dos moldes de injeção: Redução nas complicações no projeto dos canais de alimentação para moldes de múltiplas cavidades;

Múltiplas entradas em moldes de grandes dimensões são facilmente definidas;

- Aumento da eficiência da utilização do equipamento: O número de moinhos granuladores para remoagem dos canais de alimentação pode ser substancialmente diminuído. Esse fato não é desejado apenas pela redução do custo do equipamento, mas também pela redução da poeira, ruído e contaminação a utilização dos mesmos.

6.2. DESVANTAGENS DA CÂMARA QUENTE

- Custos indiretos de Mão de Obra: Sistemas de câmaras quentes, dependendo da construção, requerem material humano de habilidade acima do convencional, tanto para a construção do molde, como para a manutenção.
- Custos Indesejáveis de Construção: Sistemas de câmaras quentes são seguidos de um custo alto de construção do molde. Este fato torna – se mais evidente quando, no custo do molde, os componentes elétricos e demais acessórios são considerados. Entretanto, este fator deve ser observado como secundário, visto que o mesmo equipamento pode ser utilizado por um número diferente de moldes.

É importante salientar que o custo de um sistema de câmara quente varia substancialmente, dependendo do sistema utilizado. Em muitos casos, eles não são mais dispendiosos que os moldes equivalentes de três placas.

- Operação: Corpos estranhos, tais como pedaços de tecidos e rebarbas de metal, podem causar a completa paralisação do molde pelo entupimento do canal de alimentação até que os materiais estranhos sejam removidos. Este fato em si, aumenta o tempo de manutenção, pela complexidade do sistema a ser desmontado, limpo, e novamente montado;

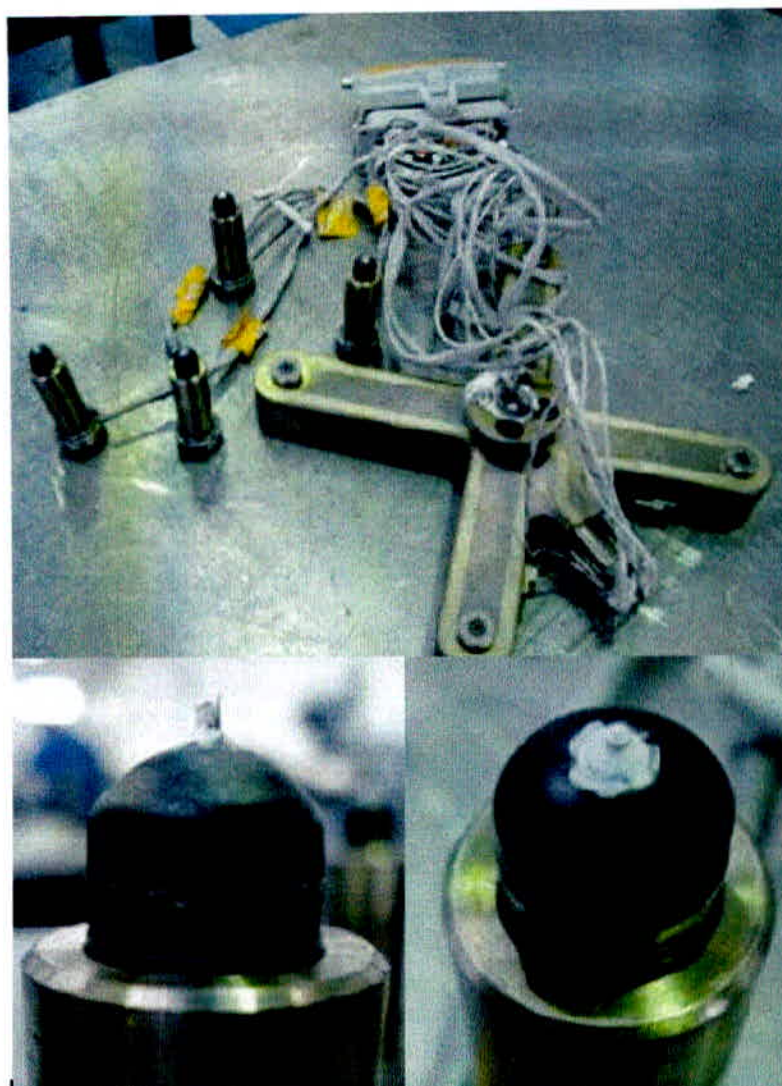


Foto 01 – Dificuldade de limpeza
Fonte: o autor

A mudança de cor em moldes com câmara quente requer, em muitos casos, a desmontagem da câmara quente para remover a cor anterior utilizada.

7. CICLO DE MOLDAGEM

7.1. CANAIS CONVENCIONAIS TIPO FRIO

- O plástico é injetado para dentro do molde na quantidade suficiente para preencher os canais e as cavidades;

- As peças e os canais são resfriados até a solidificação;
- O molde é aberto e tanto os canais como as peças solidificadas são extraídas do molde.

7.2. CANAL QUENTE

- O plástico é injetado para dentro do molde em uma quantidade suficiente para preencher as cavidades;
- As peças injetadas são resfriadas até a solidificação;
- O molde é aberto e as peças solidificadas são extraídas;
- O molde é fechado na preparação para o próximo ciclo.

As considerações acima identificaram o aumento da popularidade os canais quentes em função da redução de custos, em termo de tempo de operação e material utilizado. Enquanto esses aspectos econômicos são de primordial importância, ênfases substanciais devem ser colocadas em bases de análise compreensiva de todos os benefícios operacionais. MODERNO (2009)

8. DIFERENÇA ENTRE UM MOLDE COM INJEÇÃO CONVENCIONAL E UM MOLDE COM ALIMENTAÇÃO DIRETA EM UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE.

É muito importante considerar que moldes convencionais são sinônimos de molde com canais frios.

Para MODERNO (2009), cada ciclo de injeção de um molde convencional, uma peça ou peças são injetadas, bem como todo o sistema de alimentação é moldado em conjunto. Moldes convencionais requerem longos ciclos de moldagem, em razão de que os canais de alimentação normalmente requerem mais tempo para resfriar, do que as peças injetadas. Um molde convencional deve ter maior espaço para abertura para extração dos canais de alimentação. As peças normalmente devem ser separadas dos canais de alimentação e estes moídos.

9. DIFERENÇAS FUNCIONAIS ENTRE BUCHAS QUENTES AQUECIDAS EXTERNAMENTE E AS BUCHAS QUENTES TIPO “PROBES” AQUECIDAS INTERNAMENTE

Para MODERNO (2009), o propósito dos dois tipos de bucha quente é permitir que a massa plástica se mova da máquina injetora até a cavidade. A diferença básica, é que as buchas quentes isolam o calor e massa plástica do resto do molde, permitindo o material fluir para a cavidade através do canal existente internamente na bucha.

As buchas tipo “probes” têm a passagem do material usinado diretamente na placa da cavidade do molde, causando transferência direta de calor da massa plástica para o molde.

Para aplicações menos sofisticadas as buchas tipo “probes” trabalham adequadamente.

As “buchas quentes” permitem a massa plástica passar a cavidade através do canal existente nela própria. Este sistema permite um excelente controle de temperatura da massa plástica através do sistema de controle de temperatura, bem como permite que os canais de refrigeração da cavidade sejam posicionados adequadamente perto do canal de injeção, sem causar nenhum prejuízo de congelamento momentâneo do canal de entrada. Este fato aumenta as possibilidades de ciclos mais rápidos pela diminuição do tempo de resfriamento.

10. DETALHAMENTO TÉCNICO

Com todos esses conceitos disponíveis, vários sistemas de câmara quente foram desenvolvidos. Entretanto o mais eficiente é aquele constituído de “bloco” de distribuição de material, conhecido por manifold, aquecido por resistências tubulares e conectado a “bucha quente” de alimentação da cavidade, aquecidas por resistências helicoidais fundidas em uma liga de cerâmica com molibdênio, afirma MODERNO (2009)

Um molde com câmaras quentes como o descrito pode ser feito quase totalmente com os equipamentos básico de uma ferramentaria. Esse sistema pode ser miniaturizado para produzir pequenas peças, como por exemplo, para aplicações de engenharia, sendo também apropriado, quando dimensionado de peças grandes, com tempo de ciclos longos.

11. ESTUDO COMPARATIVO ECONÔMICO

SISTEMA DE BIBLIOTECA
 FEPESMIG

11.1. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

BIBLIOTECA MUSEUM DO DOMÍNIO DE TRAFALGAR

Comparação da eficiência de um molde de oito cavidades com câmara quente com um molde de oito cavidades com canal frio;

Quando se está projetando o sistema de alimentação de um molde de injeção de termoplástico, uma questão sempre vem a tona: devemos escolher um sistema de alimentação do tipo câmara quente ou um sistema de canal convencional? O número de peças a ser produzido tem uma parcela fundamental na decisão a ser feita; entretanto, a considerável melhoria na qualidade das peças injetadas com moldes de câmara quente faz com que a decisão seja tomada nesta direção, qualquer que seja o número de peças injetadas.

Quando a decisão recai sobre a utilização de canais convencionais significa que ela foi tomada puramente porque existe um certo desconhecimento dos sistemas de câmara quente disponíveis no mercado. Os sistemas de câmara quente normalmente feitos em casa não incorporam a experiência e vantagens dos sistemas padronizados, fazendo com que ocorram problemas diversos em função das propriedades reológicas dos diferentes materiais plásticos, bem como pela quantidade das resistências, controladores de temperatura, materiais utilizados nos blocos distribuidores e buchas quentes.

O seguinte exemplo descreve um caso real de aplicação, o qual demonstra aumento da produção, economia de material e melhoria na qualidade, que foi conseguido por meio de um molde com câmara quente em posição a um molde idêntico, mas de canais de alimentação do tipo convencional, conforme EMPRESA X.

11.2. ESTUDO DE CASO

O peso do canal de injeção foi reduzido de 5grs. para "0" praticamente.

A economia de material por semana em (3) turmas de produção, em reais, pode ser obtida em:

$$E1 = K \times 3,6 \times (120 \text{ horas/semana}) \times E2/Z$$

$$E1 = 8,00 \times 3,6 \times 120 \times 5/10 = \text{R\$1728,00/semana}$$

Sendo:

K = Custo do material (R\$/semana)

E_2 = Material economizado por semana em 3 turmas (5grs/ciclo)

Z = Ciclo novo de injeção (s)

Pela diminuição do ciclo de injeção de 13,6s para 10s, apresenta-se nova fonte de economia, calculada em função do ciclo horas/máquina.

$$E_3 = K_2 \times (120 \text{ horas/semana}) \times E_2/Z_2$$

$$E_3 = 10 \times 120 \times 3,6/13,6 = R\$317,00/\text{semana}$$

Sendo:

K_2 = Custo da hora máquina (R\$)

E_2 = Tempo ganho com o sistema canal quente (s)

Z_2 = Ciclo de injeção antigo (s)

A economia efetuada pelo sistema de câmara quente por semana, em relação ao canal convencional, alcança a soma de :

$$E_t = E_1 + E_3 \Rightarrow E_t = 1728,00 + 317,00 = R\$2045,00/\text{semana}$$

O sistema de câmara quente custa, incluindo o controlador de temperatura perto de R\$6.500,00. O que implica em uma amortização do investimento em câmara quente em torno de 3 semanas, ou seja, praticamente um mês de produção.

12. POSSIBILIDADES DO SISTEMA

12.1. É POSSÍVEL INJETAR COM “MOLDES COM CÂMARA QUENTE”, MATERIAIS COM CARGAS MINERAIS

O sucesso desta operação depende do tipo de câmara quente que está sendo utilizada. Todo construtor de um molde de câmara quente deve saber com antecedência, antes do molde ser construído, qual material carregado vai ser utilizado. Este conhecimento permitirá a escolha do aço, em termos de condutibilidade térmica e dureza, que deverá ser usado para que os componentes sejam dimensionados adequadamente. MODERNO (2009)

As câmaras quentes do tipo “Tubos Distribuidores” enfrentam problemas de tempo de resistência da matéria-prima, devido as características peculiares do sistema. Neste tipo de câmara, ainda existe pontos onde o material se deposita, especificamente na junção dos tubos

com as placas fora da ação da entrada de material na cavidade. Estas duas condições fazem com que a injeção de material com fibra seja muito difícil neste tipo de câmara quente.

12.2. EFEITO QUE UM SISTEMA DE CÂMARA QUENTE TEM SOBRE MATERIAIS DE ENGENHARIA SENSÍVEIS AO “SHEAR RATE”

De acordo com MODERNO (2009), muitos fatores podem contribuir para os atritos moleculares ou mesmo causar estes atritos, seja o molde de câmara quente ou não. Alguns sistemas de câmaras quentes possuem “bucha quente” com aquecimento interno que requerem centralizadores para posicionamento ou estabilização dos componentes internos. Estes centralizadores podem separar o fluxo plástico no ponto de injeção e causar o atrito interno.

Neste caso, se o fluxo de injeção é muito rápido, esta condição causará degradação pelo alto atrito do material ao passar pelos cantos a 90°. Também se o ponto de entrada não é calculado adequadamente, a restrição ao fluxo causará o atrito molecular que poderá degradar a matéria prima.

Nas câmaras quentes modernas, não existem cantos vivos nos canais de alimentação ou pontos adversos que afetem os materiais de engenharia sensíveis ao atrito molecular.

12.3. A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE TEMPERATURA NO SISTEMA DE CÂMARA QUENTE

O controle de temperatura é importante em todos os tipos de moldes, especialmente nos moldes de câmara quente. Em ordem de se ter um bom controle de temperatura nos moldes com câmara quente, é necessário uma isolamento adequada entre o calor necessário para plastificação adequada do material plástico e o sistema de resfriamento para uma injeção adequada.

Algumas matérias sensíveis ao calor apresentam outro problema de controle de temperatura. A variação máxima de temperatura entre o ponto de congelamento e o ponto de degradação ao calor não ultrapassam 25°C. Obviamente um controle preciso da temperatura, é um pré - requisito para o sucesso do sistema.

O controle de temperatura nas “buchas quentes” deve ser de tal modo preciso, para permitir um resfriamento adequado em torno do ponto de entrada, mas não o bastante para o resfriamento do material neste ponto. A massa plástica plastificada atrás do ponto de entrada

pode ser adequada e preciosamente controlada, sem a menos possibilidade de sobre aquecimento e degradação da matéria prima, afirma MODERNO (2009).

13. TECNOLOGIA DE PONTA

Na avaliação de TEIXEIRA (2009), a precisão na usinagem e o surgimento de aços com excelente condução térmica e resistência a abrasão ampliaram a eficiência das ponteiros, antes responsáveis pelos maiores índices de vazamentos. Favoreceu ainda a redução de custo e facilitou a manutenção. Os bicos valvulados pegaram carona nessa evolução e também começam a ganhar mais mercado. Os sistemas valvulados evitam a purga da resina no interior das cavidades, e possibilitam ainda o preenchimento sequencial com mais de um ponto de injeção ou a moldagem de peças com massas diferentes em um mesmo molde. Com isso, melhoram o acabamento superficial de peças de paredes grossas que necessitam de bico de injeção superior a três milímetros. A válvula evita a passagem do ar antes da injeção. “A entrada de ar pode provocar o aparecimento de bolhas e manchas”, diz KAISER (2009).

Por questões de custo, a injeção de um pequeno canal residual é um subterfúgio para melhorar o acabamento do produto final sem usar o bico valvulado, em torno de 50% mais caro que o convencional. A marca do gate fica no canal que vai ser descartado. Primeiro é injetado o canal residual, que vai conter a marca do gate e depois a peça. Trata-se de um recurso paliativo que gera resíduo e o conseqüente desperdício de material e aumento de ciclo. Na avaliação de KAISER (2009), os transformadores tendem a abandonar essa alternativa e partir para os sistemas valvulados quando o custo for compensador.

Por isso, para conquistar esses e outros usuários, os fabricantes de câmara quentes têm investido no barateamento de seus sistemas. De acordo com KAISER (2009), a empresa “Y” já registrou o avanço nas vendas de sistemas valvulados. Os convencionais representam a maior parcela do faturamento, pois também atendem à maioria das aplicações.

Parte desse desempenho se deve ao lançamento da linha sem mangueira, em 2005. Os sistemas valvulados têm cilindros de acionamento pneumático e o ar comprimido circula em mangueiras. No sistema da empresa “Y”, o ar circula internamente nos cilindros. Essa tecnologia aumentou a eficiência, reduziu a manutenção e permitiu a ampliação do número de cavidade por área útil e o sistema mais compacto.

14. CONCLUSÕES

A constante necessidade das empresas se tornarem competitivas no mundo globalizado faz o processo de manufatura ser um dos alvos principais no atingimento dos objetivos estratégicos das organizações. Na busca de melhorias na produtividade e qualidade, um dos pontos mais importante é enxergar o mapa de valor da organização. Com esta visão se torna possível a identificação das oportunidades de melhorias e a redução de custo, eliminando todos os desperdícios/atividades que não agregam valor ao produto ou serviço.

É possível verificar que a determinação de aplicação de um sistema de câmara quente não é tão simples quanto se imagina. Como a indústria requer constantemente a justificação e comprovação de qualquer investimento, por menor que seja, é fundamental a elaboração de uma metodologia para amparar as tomadas de decisões referentes a este quesito.

Importantíssimo é a disseminação dos conceitos básicos que regem a correta especificação de um produto, iniciando pela parte conceitual e passando por toda a definição técnica do produto e do ferramental necessário para produzi-lo, sempre levando em conta a relação custo/benefício do projeto.

Todavia, quando é avaliado o lado econômico do investimento, é preciso levar em consideração alguns fatores primordiais. Portanto, a decisão passa a ser técnica e financeira.

BIBLIOGRAFIA

BLASS, Arno; **Processamento de polímeros**. 2ª ed. Florianópolis, 1988.

BRASILEIRO, Paulo. **Revista Plástico Moderno**. Edição nº 419 - Setembro de 2009.

COSTA, Carlos Luciano. **Tendências e desafios para sistemas computacionais de apoio a projetos de moldes de injeção**. 5. ed. São Paulo, Julho 2002.

CRACKNELL, P. S. DYSON, R. W. **Handbook of thermoplastics injection mould design**. 1ª Edição, Chapman & Hall. London, 1993

CUNHA, Lauro Salles. **Mecânica Técnica Industrial**. Editora Hemus. Vol. 3. São Paulo, 1983.

GLANVILL, A. B. **Moldes de Injeção**. São Paulo. Editora Edgard Blücher LTDA.

GUALBERTO, Agenor. **Revista Plástico Moderno**. Edição nº 419 - Setembro de 2009.

GRANJA, Domingos. **Materiais para moldes, Manual do projetista para moldes de injeção de plástico**. Volume 4. Marina Grande. CENTIMFE, 2003.

HARADA, Julio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**. 1ª ed. São Paulo. Artliber, 2003.

HARADA, Julio. WIEBECK, Helio. **Plásticos de Engenharia**. 1ª ed. São Paulo. Artliber, 2005.

KAISER, Ney. **Revista Plástico Moderno**. Edição nº 419 - Setembro de 2009.

MANRICH, Silvio. **Processamento de Termoplásticos**. 1ª Ed. São Paulo: Artliber Editora 2005.

MENGES, Georg. **How to make injection molds**. 3ª Edição, Hanser. Munich, 2000.

MICHAELI, Walter. **Tecnologia dos Plásticos**. 1ª ed. São Paulo. Edgard Blucher, 1995.

MODERNO, Plástico. **Câmaras quentes**. 419ª ed. São Paulo: Editora QD, 2009.

POLIMOLD. **Apostila 2006**. [S.l.: s.n.], 2006.

RAUTER, Ricardo. **Aços Ferramentas**. Editores S.A. 1974.

ROBERT, G. A. Cary, R. A. **Tool Steels**. 4th edition, American Society for Metals.

ROLLMANN, Michael. **Revista Plástico Moderno**. Edição nº 419 - Setembro de 2009.

TEIXEIRA, Wilson. **Revista Plástico Moderno**. Edição nº 419 - Setembro de 2009.

YOSHIDA, Silva. **Seleção de aços, tratamentos térmicos e engenharia de superfície para moldes de injeção de plástico**, [S.l.: s.n.], 1998.