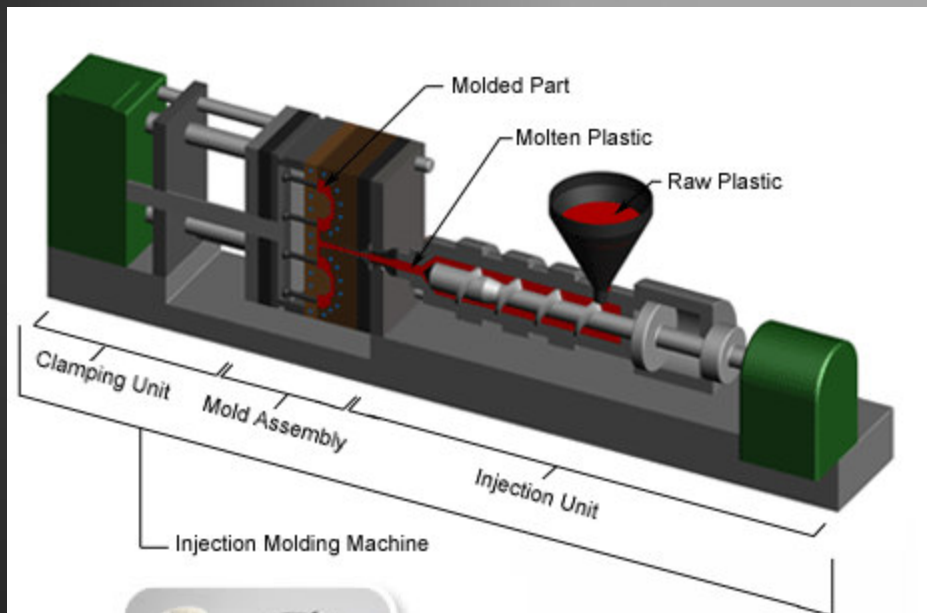
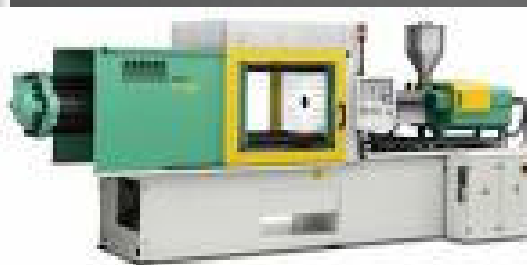


Processo de Moldagem por Injeção



Copyright © 2007 CustomPartNet



Breve histórico

- ▶ O processo de moldagem por injeção foi patenteado em 1872 pelos irmãos Hyatt.
- ▶ Ao longo do século XX teve uma grande evolução, cujos principais marcos foram a máquina hidráulica (anos 40), a máquina de parafuso alternativo (1951) e a máquina elétrica (1988).

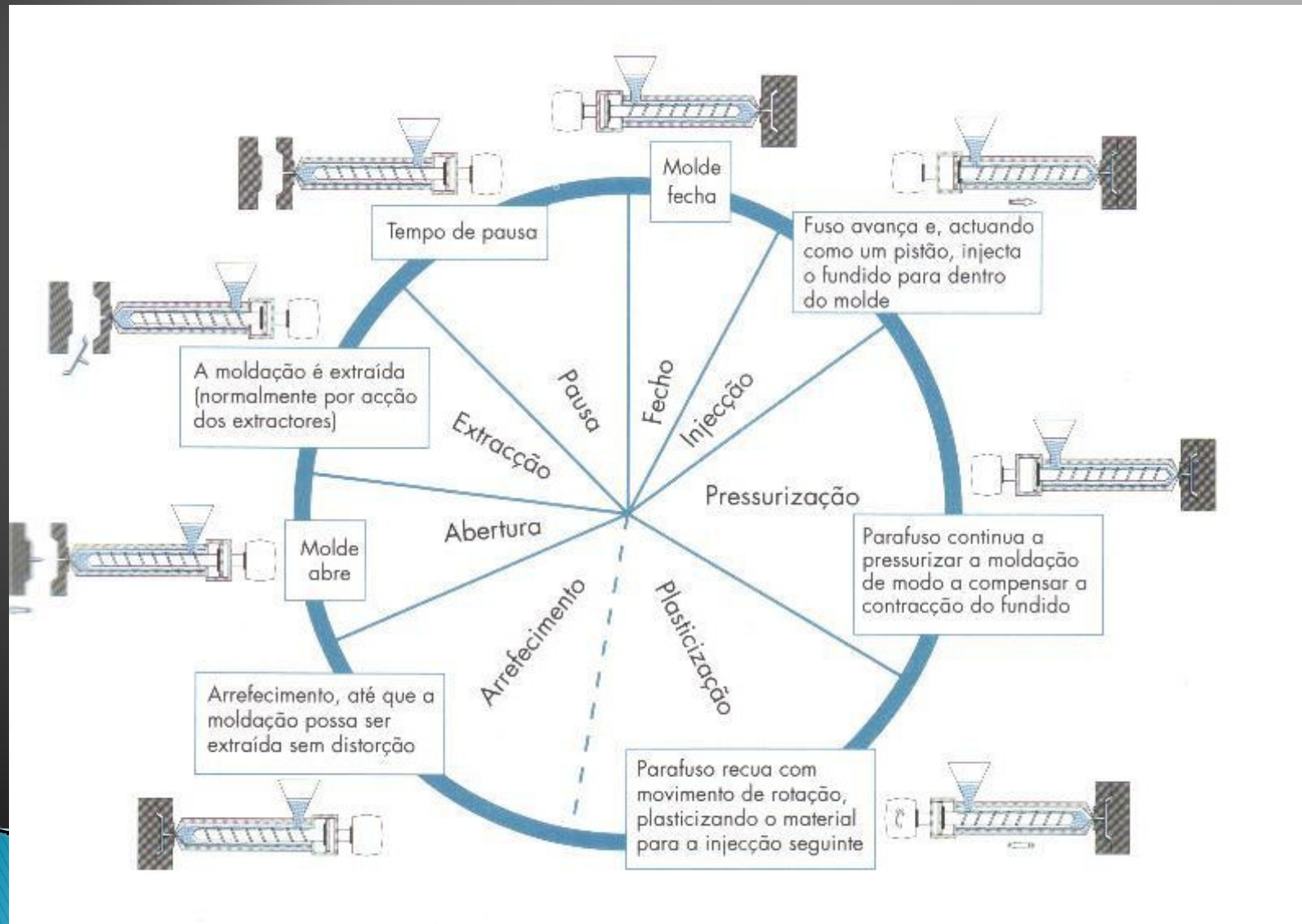
Vantagens e materiais:

- ▶ **Vantagens:** a elevada produção, a grande reprodutibilidade e precisão dimensional, a grande flexibilidade em termos de geometria e dimensões das moldagens (a gama de produção vai desde a micromoldagens, inferiores a 1mg, até peças com mais de 100 kg).
- ▶ **Materiais:** podem ser moldados por injeção termoplásticos, termofixos e elastômeros vulcanizados (borrachas e silicones). A moldagem por injeção também pode ser utilizada para a fabricação de peças cerâmicas ou metálicas, a partir de compostos que utilizam um material polimérico como vetor.

Etapas do processo de injeção

- ▶ 1. aquecimento do material até este adquirir uma viscosidade suficientemente baixa;
- ▶ 2. conformação sobre pressão;
- ▶ 3. resfriamento com conseqüente recuperação da rigidez.

Ciclo de moldagem por injeção



Injetoras

Quanto à natureza dos materiais processados:

- ▶ Injetoras para termoplásticos, termoendurecíveis ou borrachas

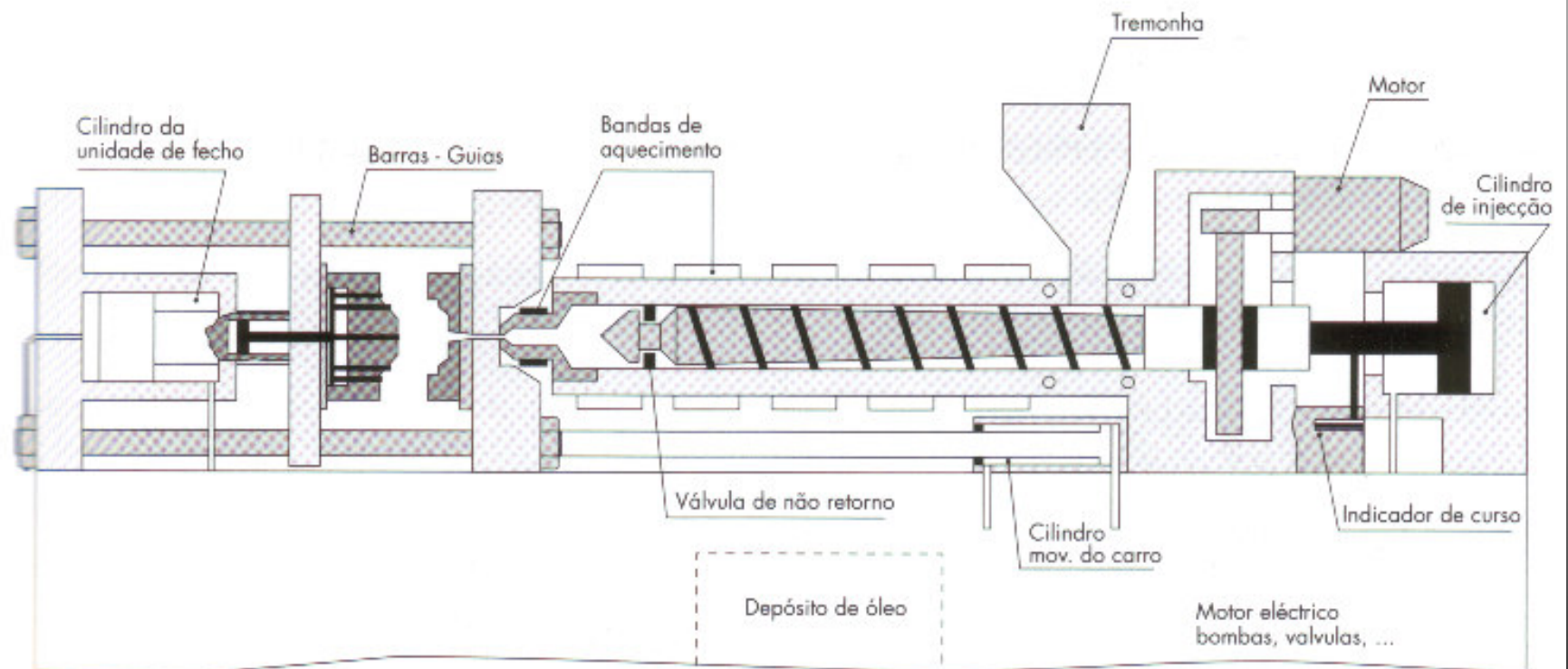
Quanto ao tipo de acionamento

- ▶ Injetoras hidráulicas, elétricas, pneumáticas e mistas.
- ▶ A grande maioria das injetoras atuais é baseada em potência óleo-hidráulica.

Quanto à dimensão

- ▶ Injetoras micro, pequenas, médias e grandes.
- ▶ As dimensões das injetoras são normalmente quantificadas pela força de fechamento, respectivamente, assim:
 - ▶ Injetoras pequenas – Menos de 1000 kN
 - ▶ Injetoras médias – 1000 a 5000 kN
 - ▶ Injetoras grandes – Superiores a 5000 kN

Partes da injetora



Unidade de potência

- ▶ O conceito de unidade de potência está indissociavelmente ligado à máquina de acionamento hidráulico. Os diversos atuadores são alimentados por óleo a pressão e vazão controlados, desenvolvendo os movimentos e as pressões necessárias às diferentes funções do processo.
- ▶ A unidade de potência envolve os elementos seguintes: bomba, reservatório e sistema de manutenção de óleo, atuadores, válvulas, tubulações e acumuladores.

Unidade de injeção

- ▶ Promove o transporte, aquecimento, plastificação e homogeneização do material (originalmente em grão ou pó), desde a base do funil até o bico de injeção. Também garante a subsequente injeção e pressurização do fundido.

Unidade de fechamento

- ▶ Assegura a fixação e a movimentação do molde, devendo ser capaz de a manter fechado durante as fases de injeção, pressurização e recalque. Integra também os dispositivos necessários à extração dos moldados.

Unidade de comando

- ▶ As operações e os dispositivos necessários para assegurar a monitoração e controle das diversas variáveis do processo estão centralizadas nesta unidade. Assegura, igualmente, a interface com o operador e as comunicações com periféricos ou sistemas de gestão de informação.

Equipamento auxiliar

Designa-se por equipamento auxiliar o conjunto de dispositivos que integram a célula de moldagem por injeção, além da injetora e do molde. Uma célula típica é composta por:

- ▶ dispositivos para alimentação e preparação da matéria-prima;
- ▶ controlador de temperatura do molde;
- ▶ robô / manipulador;
- ▶ esteira transportadora.

Moldagem por injeção convencional

- ▶ A moldagem por injeção de termoplásticos obedece às etapas típicas de transformação destes materiais, envolvendo, sequencialmente, as etapas seguintes:
aquecimento do material até este adquirir uma viscosidade suficientemente baixa; conformação sobre pressão; e resfriamento com conseqüente recuperação da rigidez.

Moldagem por injeção convencional

- ▶ O material plástico, originalmente no estado sólido e normalmente sob a forma de grãos, é carregado no funil da injetora e alimentado para o interior do cilindro de plastificação onde é aquecido a fim de tornar-se fluido e homogeneizado;
- ▶ O aquecimento do material é garantido pelo calor transmitido através das paredes do cilindro por resistências elétricas e pelo calor gerado por efeito de dissipação viscosa, em resultado do esforço mecânico da rotação do parafuso;
- ▶ O fundido resultante é forçado a fluir para o interior de um molde, o qual irá preencher a respectiva cavidade e resfriar devido às trocas de calor com as superfícies moldantes;
- ▶ O processo conclui-se com a extração do moldado, que ocorre após o período de resfriamento.

Processos de injeção não-convencionais

- ▶ Atualmente os grandes desafios da indústria de moldes prendem-se a capacidade das empresas em produzirem moldes: com qualidade, mais baratos, num tempo reduzido, para pequenas séries de uma forma econômica e para peças em plástico com cada vez maior complexidade geométrica.
- ▶ Estes desafios requerem novas abordagens no projeto e na fabricação de moldes, e no processo de injeção.

Espuma estrutural

- ▶ A produção de espuma estrutural baseia-se na utilização de uma fase gasosa, dispersa na fase polimérica. Quando o fundido é injetado para o interior da cavidade, a liberação do gás provoca a expansão da massa fundida, a sua pressurização contra as paredes do molde e o conseqüente desenvolvimento de uma estrutura porosa no seu interior.

Espuma estrutural

- ▶ Equipamentos convencional, sendo freqüente o uso de injetoras com unidades de plastificação de duas estações .
- ▶ Moldagens espessas;
- ▶ Tempos de ciclo são longos, equipamentos industriais incluem várias unidade de fechamento, servidas por uma única unidade de plastificação.
- ▶ Agente expensor, capaz de se decompor na gama de temperaturas de processamento do polímero a usar e a sua correta dispersão na massa fundida.

Vantagens Espumas Estruturais

- ▶ As principais potencialidades e vantagens do processo são:
 - ▶ – economia de material;
 - ▶ – eliminação de tensões internas (uniformidade da pressão no interior da moldagem durante o resfriamento);
 - ▶ – eliminação de defeitos como rechupes ou vazios internos;
 - ▶ – baixa pressão (possibilidade de utilização de moldes mais simples e menos robustos).

Desvantagens Espumas Estruturais

- ▶ O mau aspecto superficial, motivado pela liberação de agente expensor contra as paredes moldantes (este efeito pode ser reduzido com a utilização de moldes expansíveis);
- ▶ – a maior dificuldade de ajuste do processo;
- ▶ – o custo associado à utilização de agentes expansores;
- ▶ – o maior tempo de ciclo provocado pela menor condutividade térmica do material.

Moldagem com gás

- ▶ A moldagem com gás é um dos processos em grande expansão, que veio revolucionar a tecnologia da moldagem por injeção a partir dos inícios da década de noventa. Em 1991 entrou na indústria automóvel (General Motors) e, desde então, tornou-se standard em várias aplicações.

Moldagem com gás

- ▶ O gás (tipicamente hidrogênio) é injetado no interior da massa fundida durante e imediatamente a seguir a fase de preechimento.
- ▶ Seguem-se as etapas de recalque e resfriamento que se desenvolvem sob uma pressão uniforme em toda a moldagem como resultado da pressão hidrostática gerada pelo fluido.
- ▶ O processo conclui-se com a descompressão da moldagem e conseqüente extração.

Moldagem com gás

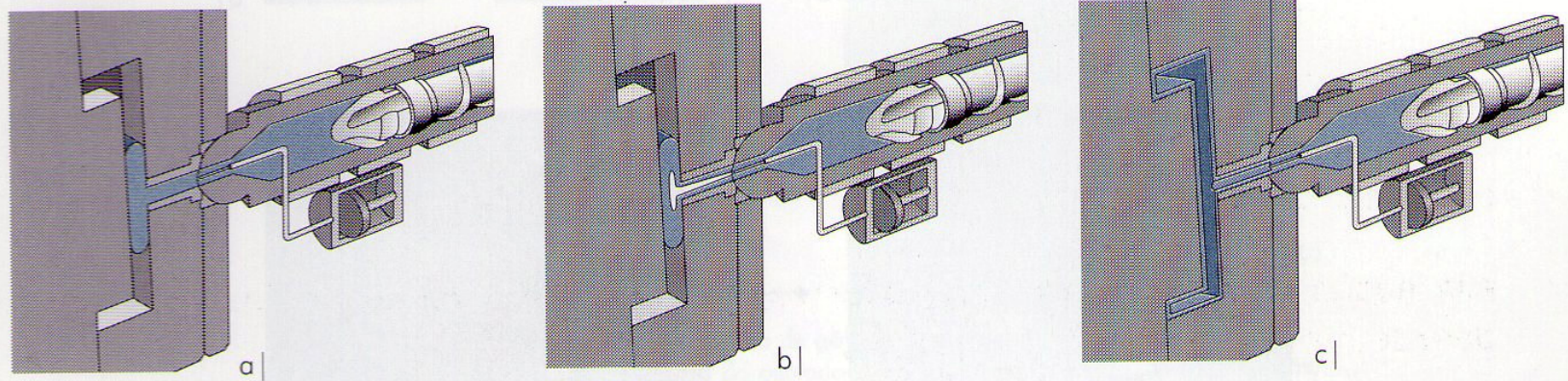


Fig. 9.5 – Moldação com gás a partir do bico de injeção

a| Inieccão de material; b| Início da injeccão do gás; c| Avanço do material provocado pelo gás e conclusão do enchimento

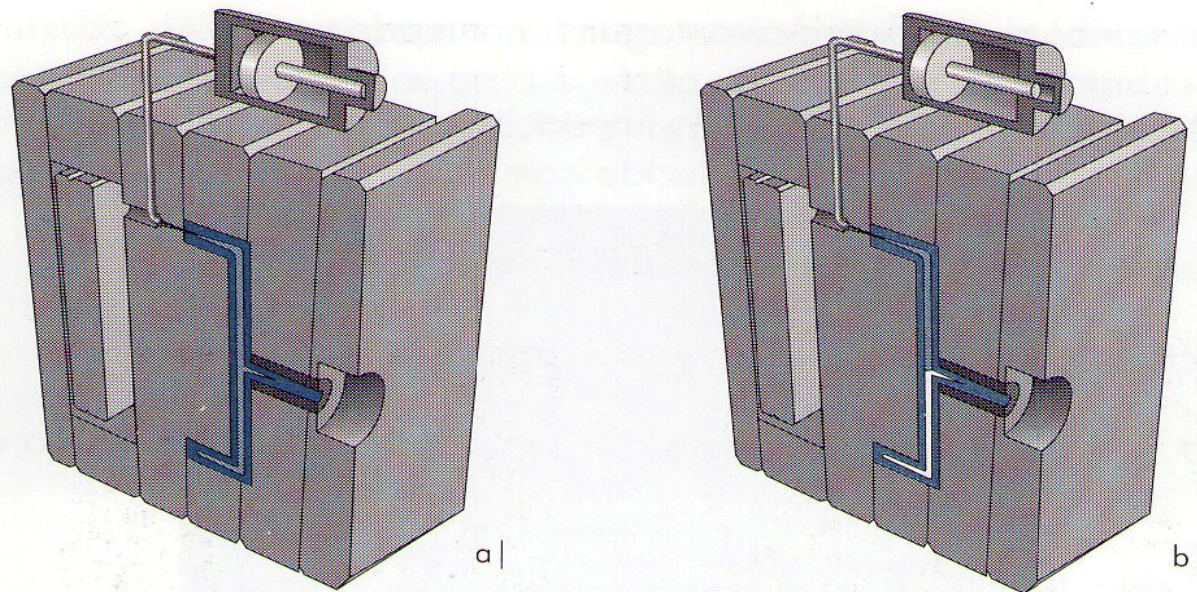


Fig. 9.6 – Moldação com gás a partir de agulha no molde

a| Inieccão do material; b| Inieccão do gás com retorno de material em excesso para o cilindro de injeccão

Moldagem com gás

- ▶ VANTAGENS
- ▶ Economia de material
- ▶ Redução do nível de tensões internas
- ▶ Excelente acabamento superficial
- ▶ Redução da força de fechamento e do consumo energético
- ▶ Redução do tempo de ciclo (embora muito dependente da geometria em causa)
- ▶ Redução de complexidade e custos do molde (por exemplo ausência de nervuras)

Moldagem com gás

- ▶ DESVANTAGENS
- ▶ Custo de investimento em equipamento específico
- ▶ Custo operativo do consumo de gás
- ▶ Eventual custo de royalties ou licenças
- ▶ Maior complexidade do processo

Moldagem com água

- ▶ (2001) – moldagem com água.
- ▶ Conceitualmente, o processo é idêntico à moldagem com gás.
- ▶ Controle mais preciso da parede interior (devido à incompressibilidade)
- ▶ Resfriamento mais eficiente (devido a maior capacidade calorífica da água)
- ▶ Mais complexo, obrigando a retirar a água no final da moldagem.
- ▶ Processo de grande potencial para a moldagem de tubos de geometria complexa.

Moldagem com água

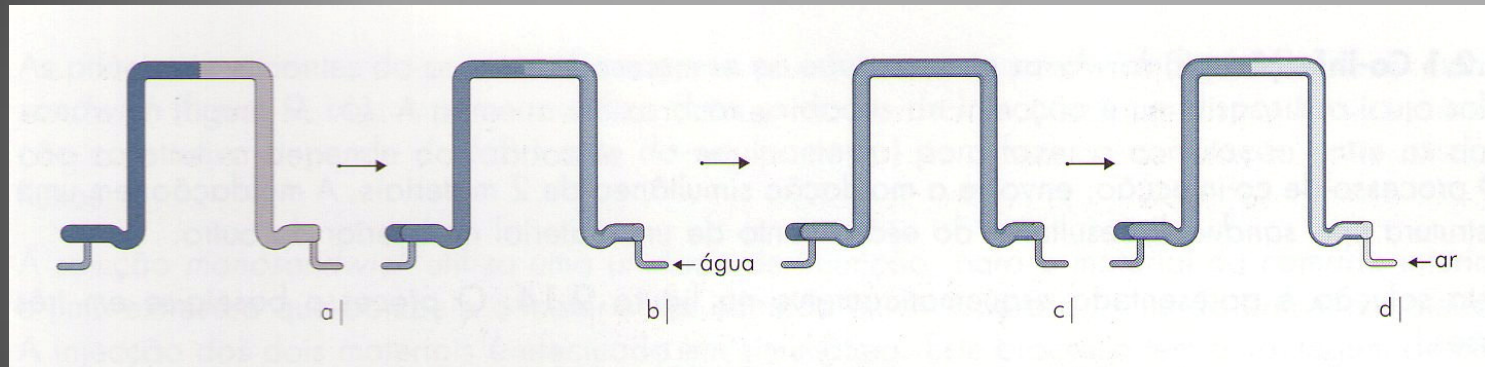


Fig. 9.12 – Moldação com água
a| Cavidade completamente cheia; b| Injeção da água; c| Introdução completa da água;
d| Retirada da água através de introdução de ar

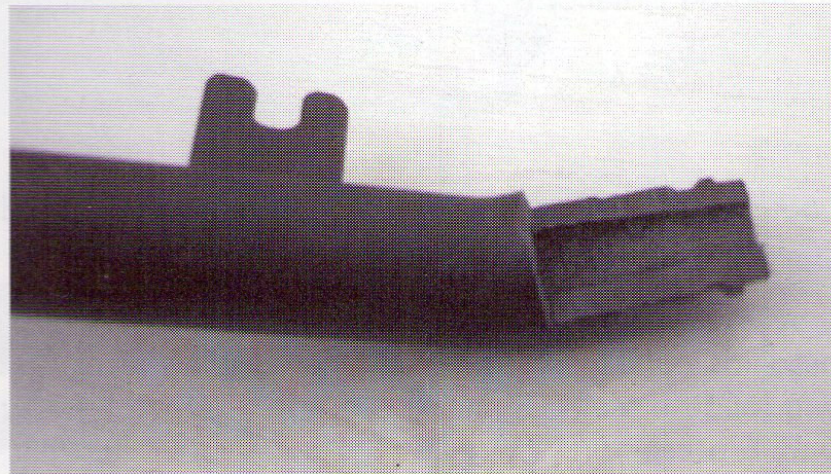


Fig. 9.13 – Tubagem obtida por moldação com água

Moldagem com água e multimaterial

Aquamould® + Multimaterial



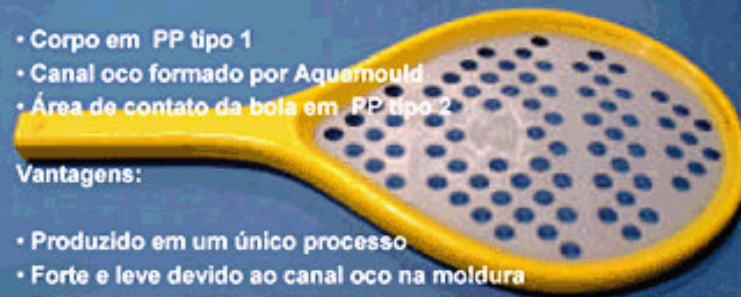
Aquamould® + Multimaterial

Raquete de Praia:

- Corpo em PP tipo 1
- Canal oco formado por Aquamould
- Área de contato da bola em PP tipo 2

Vantagens:

- Produzido em um único processo
- Forte e leve devido ao canal oco na moldura
- Reduzido tempo de ciclo devido a refrigeração interna com água



Moldagem multimaterial

- ▶ O seu crescimento tem sido muito grande, uma vez que permitem obter soluções muito competitivas em termos de funcionalidade e de redução de custos de produção (através da eliminação de operações de montagem).
- ▶ Equipamentos de transformação têm várias unidades de plastificação (em número igual aos materiais a moldar, tipicamente 2 ou 3)

Co-injeção

- ▶ O processo de co-injeção envolve a moldagem simultânea de 2 materiais. A moldagem tem uma estrutura tipo sandwich, resultante do escoamento de um material no interior do outro.
- ▶ O processo baseia-se em três fases:
 - ▶ Injeção inicial de material A;
 - ▶ Injeção simultânea de material B;
 - ▶ Injeção final de material A.

Configurações de máquinas

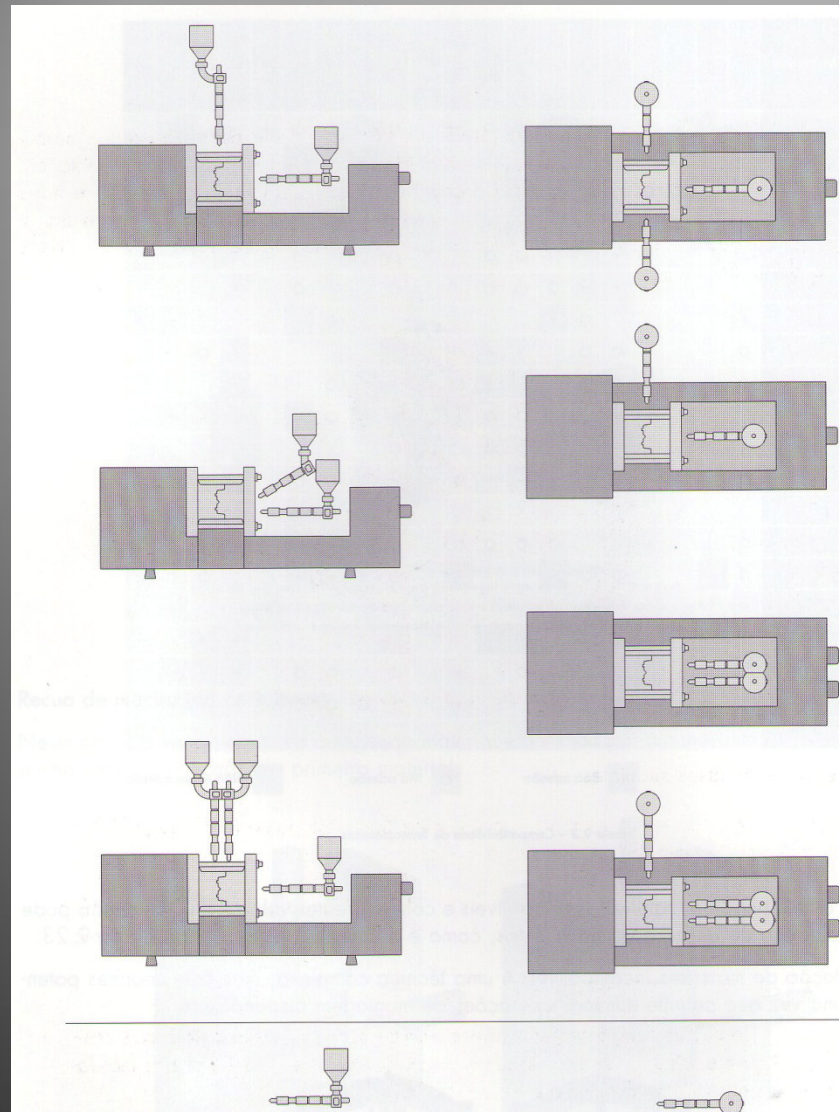


Fig. 9.24 – Tipos de máquinas de injetar multi-material.
Diferentes possibilidades de colocação das unidades de injeção (vertical e horizontal)