

## Peças com Defeitos de Injeção do Tipo Empenamento Sob Contração Irregular

Julio Harada

**Resumo:** A deformação irregular de um produto plástico moldado pelo processo de injeção causa desvios dimensionais e visuais. Esta deformação pode ser ocasionada pelo projeto inadequado do molde do próprio produto ou pelas condições de regulação das máquinas injetoras. Para tentar minimizar as deformações foram analisados alguns itens importantes a serem observados antes da confecção de qualquer produto plástico injetado.

**Palavras-Chave:** Rechupes, anisotropia, fluxo de material.

### INTRODUÇÃO

A deformação irregular de um produto moldado por injeção causa desvios dimensionais e de aparência. Por ser bastante difícil eliminar tais deformações pelas condições de moldagem nas máquinas injetoras, a deformação mais crítica é ocasionada pelo projeto inadequado do molde e do próprio produto. Ao ser projetado um produto deve-se levar em consideração a forma, os pontos de injeção no molde, o sistema de refrigeração e o sistema de extração do produto do molde.

As contrações são diretamente proporcionais às espessuras das paredes do produto, que devem ser as mais uniformes possíveis. Espessuras de parede diferentes em uma peça causam distorções devido ao alívio de tensões ou a concentração de tensões no produto moldado. Quando o produto requer nervuras, saliências ou furos, também deformações ocorrem. A disposição das nervuras e a escolha incorreta das espessuras ocasionam uma contração diferenciada do produto no molde alterando completamente a forma do mesmo. Pelos estudos já efetuados, a espessura máxima recomendada das nervuras é de até 0,8 vezes (80%) da espessura da parede adjacente e não menos do que 0,5 vezes (50%) da mesma parede. Outros detalhes também a serem considerados são saliências com dimensões grandes em relação a espessura da parede do produto.

Entre os fatores que mais influenciam no projeto dos moldes, tanto para materiais cristalinos ou amorfos, um dos mais críticos é a localização do ponto de injeção da cavidade, devido a alta contração inerente do material

utilizado e a anisotropia. Anisotropia é referente à contração diferencial do material entre a direção do fluxo e a direção perpendicular ao mesmo [1]. Normalmente a maior contração esta na direção ao fluxo do material não-carregado, que é dependente do tamanho do ponto de injeção e da espessura da peça. Quando se emprega materiais carregados com fibras de vidro, a condição se apresenta diferente devido a orientação das fibras de vidros utilizadas. As relações de contração entre sentido longitudinal e transversal são difíceis de quantificar, mas como parâmetros de orientação recomenda-se estes valores: materiais não - carregados - a contração no sentido transversal pode variar de 70 a 90% em relação ao sentido longitudinal e para materiais carregados, a diferença média é de 50% com a contração na direção do fluxo ligeiramente menor.

Uma das maneiras para minimizar deformações irregulares nas peças é ter um fluxo longitudinal para peças retangulares e / ou um fluxo radial para peças circulares. Para peças com furos centrais, uma das maneiras mais eficientes é a utilização de entradas múltiplas a fim de se obter um fluxo mais uniforme ou a utilização da entrada em anel ou entrada em disco.

Outra causa da deformação irregular é a associação entre o ponto de injeção e a distribuição da pressão para dentro da cavidade. Para isso três princípios devem ser levados em consideração:- diferença de espessura causa diferentes contrações, a contração é afetada pela pressão utilizada no preenchimento da cavidade e, a pressão diminui em proporção ao aumento da distância

do ponto de injeção da cavidade.

Outros recursos que devem ser utilizados para o mínimo de deformação são o controle da temperatura do molde, a temperatura da massa plástica fundida, o preenchimento rápido da cavidade ( velocidade de injeção), pressão e temperatura de injeção, tempo total do ciclo aumentado, entradas amplas, etc. Como por exemplo, para se injetar uma peça em formato de disco e a entrada for em forma de anel, é conveniente aumentar gradualmente a espessura da peça da periferia para o centro, possibilitando uma pressão mais efetiva na periferia, sendo então a contração da peça menor na periferia e maior no centro devido a maior espessura da parede.

Outra recomendação bastante importante é que a entrada deve localizar-se na seção mais espessa do produto moldado e o dimensionamento da entrada é um dos itens mais críticos; porque é onde se regula o volume do material que deve entrar na cavidade e também a pressão efetiva para empacotamento da massa plástica.

Outro cuidado importante no projeto de molde é a utilização de metais diferentes na construção das cavidades. A diferença da condutibilidade térmica dos metais afetará profundamente nos dimensionais de uma peça plástica. Certos de que a contração aumenta com a elevação da temperatura, a peça plástica recurvará na direção do lado mais quente do molde. A dissipação de calor do molde pode não ser homogênea, com um lado do molde dissipando mais calor do que o outro. As causas dessa ocorrência são da configuração da peça e da área metálica que entra em contato com o material fundido. Esta condição é o que mais ocasiona deformação nas peças, o que normalmente não é levado em consideração durante o projeto do molde.

## PEÇAS PLÁSTICAS DEFORMADAS

Rechupes (chupagem) - Como evitá-los.

A contração desigual em um produto moldado por injeção causa distorção dimensional ou rechupe. Em virtude de ser quase impossível corrigi-lo pela modificação das condições de moldagem, o pior tipo de rechupe é aquele causado pelo projeto deficiente da peça. Assim a peça deve ser projetada de forma a prevenir os indesejáveis rechupes.

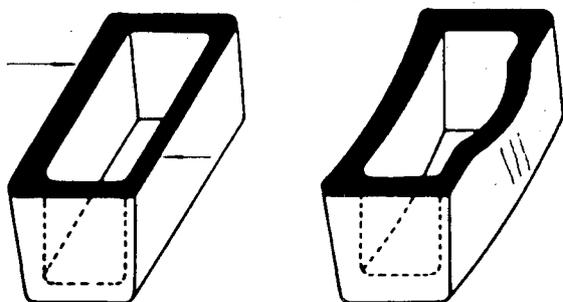


Fig. 1

Figura 1 - Produtos com variação de espessura

A contração é diretamente proporcional à espessura de parede, que deve, portanto, ser uniforme para que se obtenha uma contração uniforme. Espessuras de parede diferentes numa mesma peça podem ocasionar qualquer tipo de rechupe, tanto devido ao alívio de tensões, como à concentração de tensões no moldado (fig. 1)

A variação da espessura da parede é provavelmente a causa mais importante de rechupes. Outro importante tipo de rechupe é aquele ocasionado por um projeto deficiente para nervuras e saliências no produto. A localização indiscriminada de nervuras e a seleção imprópria das espessuras das mesmas podem provocar uma contração no molde capaz de alterar a forma da peça. As nervuras não devem ter mais do que a metade da espessura da parede adjacente, de modo a evitar contração e possível distorção. Entretanto, nervuras muito finas comparadas ao corpo principal do produto podem também causar distorção devido a diferentes graus de contração.

As saliências podem afetar a forma da peça moldada se possuírem espessuras de parede diferentes da estrutura à qual elas estão incorporadas ou se elas estiverem conectadas a um lado da peça com parede de espessura diferente. Em princípio, as espessuras das paredes e das saliências devem ser similares às das nervuras.

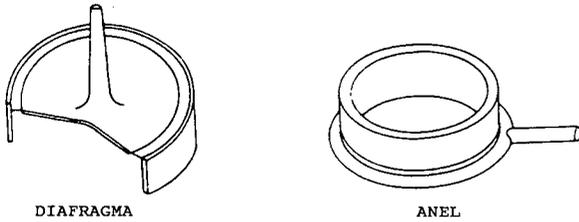
A localização da entrada é um dos aspectos mais críticos do projeto do molde. Isto deve-se a vários fatores, incluindo a alta contração inerente ao material e o comportamento anisotrópico que eles podem exibir. No caso de materiais não reforçados, a maior contração é geralmente encontrada na direção do fluxo. Por outro lado, a contração na direção transversal pode variar de 70 a 98% em relação à contração longitudinal. Essa quantidade depende do tamanho da entrada e da espessura da peça; peças mais finas exibem o mesmo grau de anisotropia apresentado por peças mais espessas.

Por outro lado, polímeros reforçados com fibras de vidro apresentam um condição oposta. A contração na direção do fluxo é menor do que a contração transversal, devido à orientação das fibras na direção do fluxo. A diferença percentual entre as contrações em cada direção depende de fatores como espessura de parede, tamanho e comprimento da fibra, sendo, portanto, difícil especificá-la precisamente. Contudo, a diferença média é de aproximadamente 50%, com a contração na direção do fluxo ligeiramente menor.

A melhor maneira de minimizar o rechupe na orientação é fornecer um fluxo longitudinal para peças retangulares ou um fluxo radial para as circulares. Para peças circulares furadas no centro, pode-se utilizar entradas múltiplas.

Devido ao elevado grau de anisotropia do material reforçado com fibras de vidro, recomenda-se sempre que possível a utilização, para peças circulares, de uma entrada do tipo anel completo se esta localizar-se no centro, ou entrada em disco completo se localizar-se na periferia interna (fig. 2). Entradas do tipo anel ou disco completo são especialmente adequadas para aplicações

críticas em que as seções integralmente cilíndricas planas são de relevante importância. [2]



**Figura 2** - Produtos com entrada no molde de injeção em formato de diafragma e anel.

Outra forma de rechupe associado à entrada envolve a distribuição da pressão dentro da cavidade do molde. Três princípios básicos devem ser observados neste contexto: o rechupe é resultado de diferenças de contração numa mesma peça; a contração é afetada pela pressão (alta pressão resulta baixa contração); a pressão diminui em proporção ao aumento da distância de entrada.

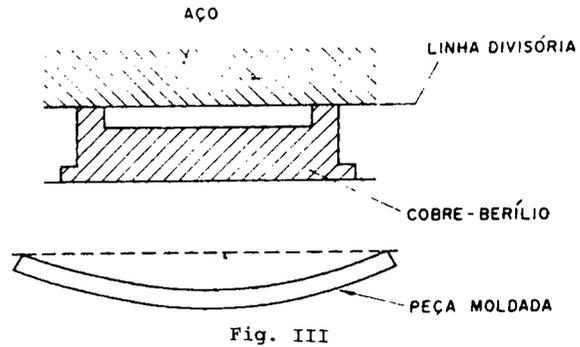
Quando estes princípios são aplicados a um disco no centro de uma peça com espessura de parede uniforme, pode-se dizer que a pressão na periferia externa do disco é menor do que a pressão na entrada e portanto, a contração na periferia é maior do que na área da entrada, mesmo que a parede seja constante. Algum rechupe pode ocorrer se for possível um relaxamento da tensão na peça moldada. A única maneira desta peça ser mantida plana, através das condições de moldagem, é pela utilização de técnicas que proporcionam uma menor contração (isto é, temperatura do molde e temperatura de fusão menores, enchimento rápido da cavidade; pressão e temperatura de injeção, tempo de avanço do pistão e tempo do ciclo total aumentados; entradas amplas, etc.). Este procedimento realmente bolqueia as tensões, de modo que a peça mantenha a sua forma.

Utilizando os três princípios citados anteriormente, uma solução possível para este disco é reduzir gradualmente a espessura do centro da peça para a periferia, com a seção mais espessa no centro. Isso reduzirá a queda de pressão, possibilitando uma pressão mais na periferia, mais externa. Assim, a contração na periferia será menor, ao mesmo tempo em que a contração no centro aumenta devido a parede mais espessa.

Com base no exposto, conclui-se que a entrada deve localizar-se na seção mais espessa de um produto moldado. Assim, a maior pressão desenvolvida próxima à entrada irá minimizar uma contração mais alta, compensada pela espessura maior da parede da seção [3].

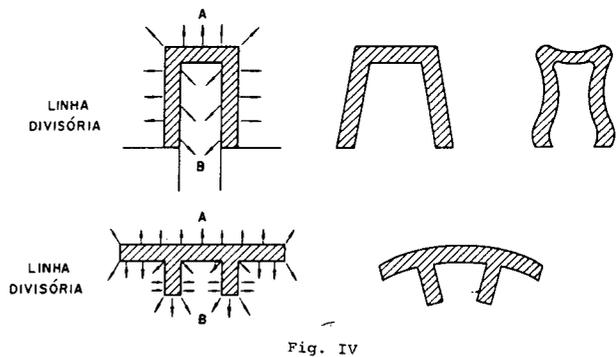
Outra condição a ser observada em projetos de molde, que pode levar ao rechupe, é a utilização de metais diferentes na construção da cavidade. A condutibilidade térmica varia para os diferentes metais. Se dois são usados na confecção da cavidade e da estrutura, aquele que possui uma condutibilidade térmica

menor reterá um calor mais intenso, criando-se assim um gradiente de temperatura no molde. Uma vez que a contração aumenta com a elevação da temperatura, a peça de plástico se curvará na direção do lado mais quente do molde (fig. 3).



**Figura 3** - Molde utilizando materiais diferentes em sua construção..

Finalmente, deve-se observar que a dissipação de calor do molde pode não ser homogênea, com um lado do molde dissipando mais calor do que o outro. As causas dessa ocorrência são a configuração da peça e da área metálica que entra em contato com o material fundido (fig. 4). Esta condição é, sem dúvida, o maior fator para a formação de rechupes.



**Figura 4** - Deformação devido à má dissipação de calor

Quando um lado do molde se aquece mais rapidamente que o outro, uma maior contração ocorre nessa face, de modo que o rechupe é inevitável. Várias medidas podem ser adotadas para evitar essa diferença, incluindo a incorporação de canais de resfriamento adicionais e o uso de um gradiente de temperatura no molde, além da atraente vantagem de se utilizar metais com diferentes condutibilidades térmicas.

As condições de moldagem podem tanto contribuir para a ocorrência de rechupes, como para minimizá-los. Por este motivo é importante saber como as diferentes funções da máquina afetam o material de moldagem e seu comportamento resultante após a moldagem [4]. Essas funções serão examinadas aqui uma por uma, com

comentários relevantes sobre rechupes.

A velocidade de enchimento da cavidade do molde é amplamente dependente do tamanho da entrada. Se, o tamanho da entrada é tido como correto, a cavidade deve ser preenchida tão rapidamente quanto possível. Um preenchimento rápido unido a uma temperatura adequada assegura uma contração uniforme. Uma alta temperatura do molde é preferível para obtenção de propriedades e acabamento de superfícies ótimas.

As peças moldadas resfriam-se lentamente, conforme as tensões no moldado são aliviadas. Contudo, esta ação aliviadora provocará uma tendência ao rechupe se a configuração da peça possibilitar contrações irregulares. Quando isto ocorre, a temperatura do molde deve ser rebaixada para retardar a contração. As temperaturas do molde podem ser tão baixas quanto necessário para impedir o alívio de tensões que podem conduzir ao rechupe durante a contração pós-moldagem ou em altas temperaturas numa operação em uso final.

A temperatura do material deve ser alta o suficiente para possibilitar uma fusão homogênea. Se esta temperatura for demasiadamente baixa, ocorrerá uma fusão incompleta, dando origem a diferentes graus de contração e consequentes rechupes na peça. A contração diferencial é causada pela variação da pressão.

Esta mesma condição pode ocorrer se houver pontos quentes localizados no cilindro de aquecimento da máquina ou se estiver sendo exigida uma capacidade de máquina excessiva para cada carregamento. A massa fundida, nestes casos, apresentará uma variação na velocidade de contração que poderá ocasionar rechupes. Para evitar este problema, o cilindro deve ser inspecionado quanto a esses pontos quentes ou áreas onde o material possa aderir e a máxima capacidade de injeção da máquina não deve exceder 75% de sua capacidade nominal.

Um tempo de ciclo curto resultará em ejeção de peças que não tenha sido suficientemente resfriadas para manter sua estabilidade estrutural. A contração após a moldagem geralmente é maior neste caso devido à diminuição do ciclo e de um alívio de tensão padrão. Conforme as tensões são aliviadas, qualquer, contração não uniforme resultará em rechupe. Além disso, as peças estão sujeitas a deformações durante a ejeção. Do mesmo modo, um tempo de injeção curto pode conduzir a problemas de rechupe. Se o pistão é recolhido antes da entrada fechar, o material terá o seu fluxo interrompido na cavidade do molde. Isto provoca uma pressão na cavidade baixa e não uniforme, resultando numa contração maior e não uniforme.

Uma baixa pressão de injeção possibilita uma contração maior do material, o que provocará rechupes se a configuração da peça for propensa a contração diferencial. Por outro lado, pressão de injeção demasiadamente alta pode conduzir a um excessivo empacotamento localizado na cavidade do molde. Isto causa contração diferencial e possível rechupe. Algumas vezes os materiais plásticos podem se afastar da superfície da cavidade, levando à formação de um lençol de ar. Este lençol de ar atuará como um isolador,

diminuindo a velocidade de resfriamento da área afetada, como se ela estivesse mais quente que o ar restante do molde. Isto promove uma maior contração e consequente formação de rechupes.

A perda de contato com a superfície da cavidade pode ser provocada pela configuração da peça e também por escape de gases ou velocidade de enchimento e pressão de injeção insuficientes. Após a correção desses fatores, pode-se variar a temperatura do molde ou empregar o diferencial de temperatura do mesmo para uma solução mais efetiva

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BRYDSON, J.A. - "Plastics Materials", 4ª Ed. , London, Butter Worth Scientific, 1987.
- [2] DENTON, E.N. E GLANVILL, A.B. - "Moldes de Injeção, Princípios Básicos e Projetos", 1ª ed. , Edgard Blucher, São Paulo, 1970.
- [3] BECK, R.D. - "Plastic Product Design", 1ª ed., Van Nostrand Reinhold, N. York, 1970
- [4] DYM, J.B. - "Injection Molds and Molding: a Pratical Manual", 2ª ed. , V.N. Reinhold, N. York, 1978.

Recebido em 04/02/94

Aprovado em 08/07/94