

Claudio A. Marcondes
Julio Harada
Mariano Bacellar Netto
Vicente A. Silva

Moldagem Rotacional

Tecnologias e Processamentos

Poliolefinas e PVC Plastificado

Artliber
EDITORA

- Quando o processo extrusão-sopro, embora com maior produtividade, resultar em peças com parede mais fina devido ao estiramento do plástico, afetando a sua resistência mecânica, entre outras propriedades.
- Na rotomoldagem em pó ou grânulos o processo é inverso, não existindo acúmulo de resina nos cantos, pois em rotomoldagem os moldes são projetados para não terem cantos vivos, evitando o acúmulo de massa, sendo ideal para contenedores, tanques, bombonas para produtos químicos, entre outros.
- Tudo que se produz pelo processo extrusão-sopro pode ser feito pelo processo de rotomoldagem em pó ou grânulos. O inverso não é possível para peças ocas, flexíveis e semirrígidas.
- A rotomoldagem em pó ou grânulos em raras ocasiões gera rebarbas, comum nas peças sopradas que deverão ser moídas e retornarem ao processo.
- Baixo grau de contaminação da matéria prima durante o processo.
- Baixo nível de tensões residuais nas peças.
- Controle preciso do peso das peças rotomoldadas.
- Alto detalhamento superficial é possível na estrutura das peças.

A Figura 1.1 ilustra alguns modelos de peças obtidas pelo processo de rotomoldagem.



Figura 1.1 – Peças plásticas moldadas pelo processo de rotomoldagem

Rotomoldagem em pasta (plastissol)

Além dos conselhos anteriores, continuar analisando:

- Quando desejar obter peças flexíveis.
- Necessitar ocultar linha de emenda (abertura do molde).
- Para produção de pequenas escalas.
- Controlar com precisão o peso das peças.

A Figura 1.2 ilustra alguns modelos de peças obtidas pelo processo de rotomoldagem de pasta.



Figura 1.2 – Exemplos de peças plásticas obtidas pelo processo de pasta em rotomoldagem

1.2 – Comparativo simplificado de processos de transformação de plásticos

A Figura 1.3 apresenta um gráfico ilustrativo de um comparativo dos processos de transformação de plásticos, ressaltando a rotomoldagem, com as quantidades requeridas de produção.

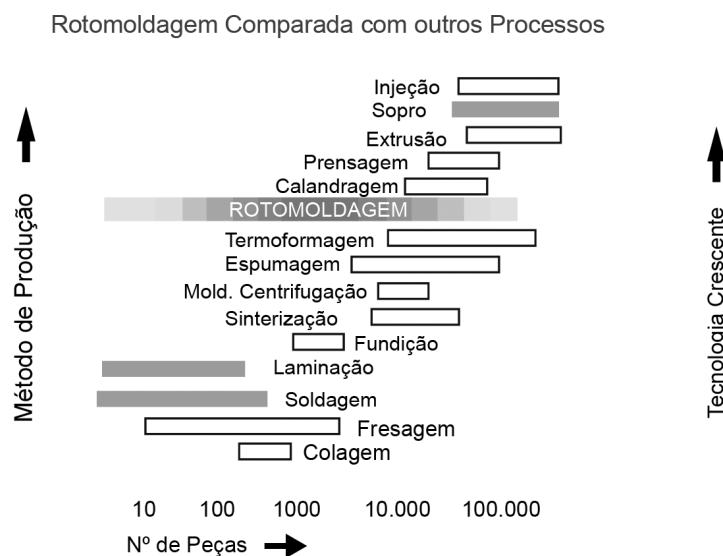


Figura 1.3 – Comparativo dos processos de transformação versus quantidades requeridas de produção

1.3 – Rotomoldagem

O princípio da moldagem rotacional é bastante simples, pois utiliza um molde aberto em duas partes ou com uma entrada de material que é preenchido com uma quantidade definida de matéria prima na forma de pó. Essa operação é feita com carga manual ou com a utilização de dosadores automáticos.

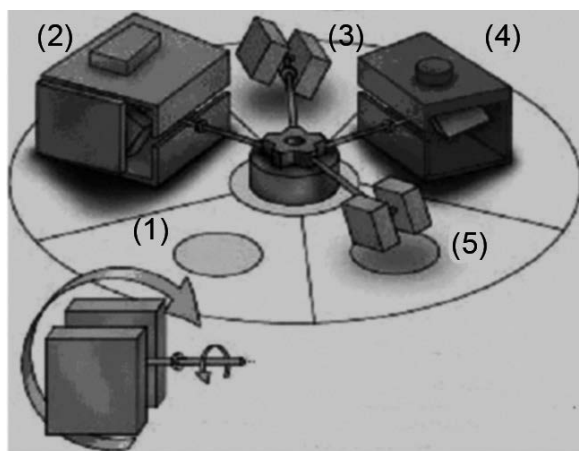
O molde é então fechado e fixado a um sistema rotativo e depois transportado para dentro de um forno, cujo sistema de aquecimento pode ser elétrico, a gás ou a óleo, sendo que o meio de aquecimento, normalmente, é o ar.

O molde é rotacionado em dois eixos, preferencialmente perpendiculares, o que garante que o material se espalhe de maneira uniforme em toda a sua superfície interior. Deve-se tomar cuidado especial com os sentidos de revolução do molde, que devem ser perpendiculares entre si, especialmente quando a peça a ser fabricada tiver formato esférico. Caso contrário, podem ocorrer variações significativas na espessura da parede do produto.

Com o aquecimento controlado, o material é fundido dentro do molde e, após o término do ciclo de aquecimento, este será resfriado.

O resfriamento pode ocorrer tanto de modo estático, em banhos de resfriamento fora do forno em rotação axial e radial, o que visa impedir o escoamento do material desuniforme durante a sua solidificação e controlar a contração da peça. Ao atingir a temperatura aproximada de 50°C, o molde será aberto e a peça retirada.

Na Figura 1.4 o processo ilustrado



1 – Carregamento; 2 – Aquecimento; 3 – Transferência; 4 – Resfriamento; 5 – Desmoldagem.

Figura 1.4 – Ilustração do processo de rotomoldagem

O ciclo de produção de uma peça rotomoldada depende diretamente de seu peso e formato.

Os moldes são normalmente produzidos por meio de eletrodeposição de ligas metálicas de cobre e níquel sobre modelos do produto, ou ainda fundidos ou usinados em ligas de alumínio. Todas essas ligas apresentam excelente condutividade térmica, de modo a garantir a rápida e eficiente

transferência de calor do forno para o material no interior do molde durante o processo de fusão, e ainda permitir seu rápido resfriamento, para evitar distorções na espessura das paredes do produto.

Peças rotomoldadas e vários tipos de materiais podem ser utilizados, tais como bolas, e são inflados logo na saída do molde, de maneira a aproveitar a alta flexibilidade do material durante a mudança de temperatura (transição do material do estado pastoso para o estado sólido) para obtenção de uma grande expansão do produto, conforme ilustração na Figura 1.5. e a Figura 1.5.1, por exemplo, bolas plásticas.

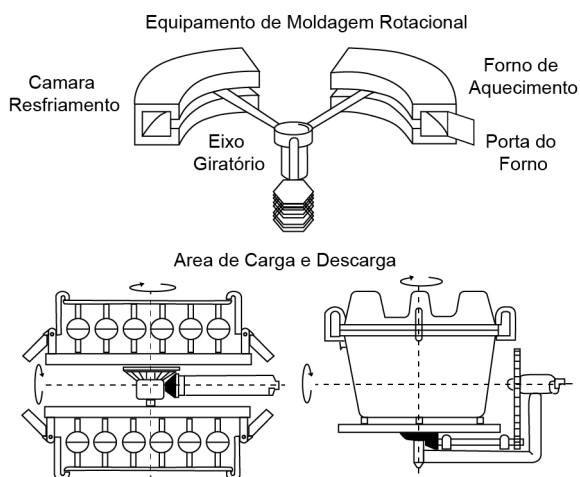


Figura 1.5 – Sistema de várias peças rotomoldadas e de vários tipos de materiais

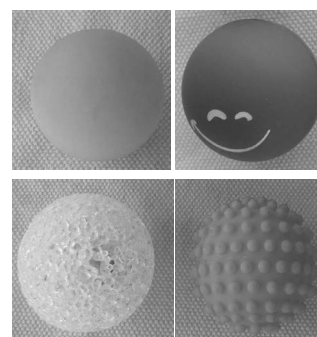


Figura 1.5.1 – Bolas plásticas

A Figura 1.6 ilustra a produção pelo processo de rotomoldagem da estrutura de um sofá.

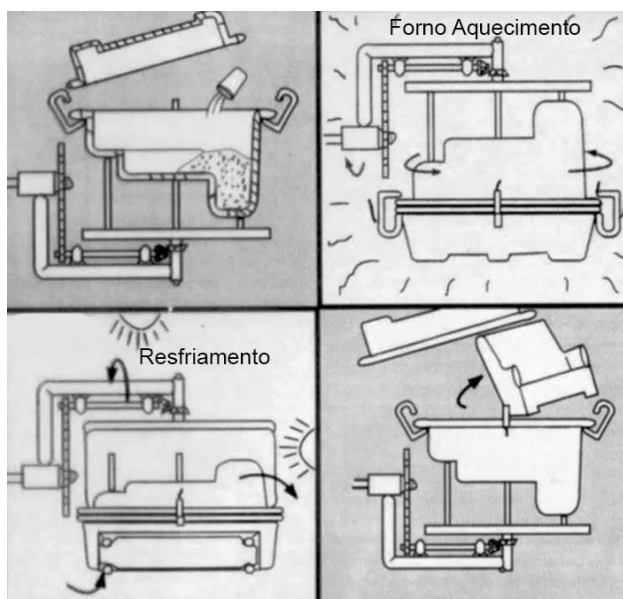


Figura 1.6 – Ilustração da produção pelo processo de rotomoldagem da estrutura de um sofá



Figura 2.12 – Moldes personalizados, para grandes quantidades de pequenas peças

2.10 – Equipamento tipo *rock and roll*

O equipamento tipo *rock and roll* utiliza uma combinação de rotação monoaxial em uma direção e um movimento oscilante na outra direção, conforme ilustração das Figuras 2.13, 2.13.1 e 2.13.2. O aquecimento é fornecido pela queima de gás que é aplicada diretamente sobre o molde. Este tipo de equipamento é simples, sendo o controle e a operação normalmente manuais e as condições de processamento, brutas. Assim, o baixo custo do equipamento pode fazer com que a moldagem rotacional de alguns produtos seja bastante econômica.

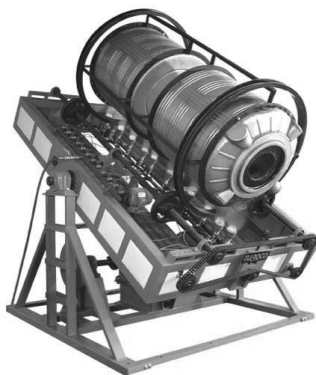


Figura 2.13 – Equipamento tipo *rock and roll*

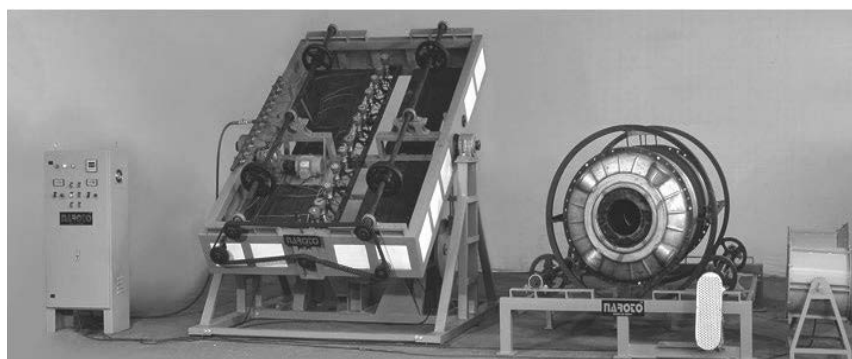


Figura 2.13.1 – Equipamento tipo *rock and roll*

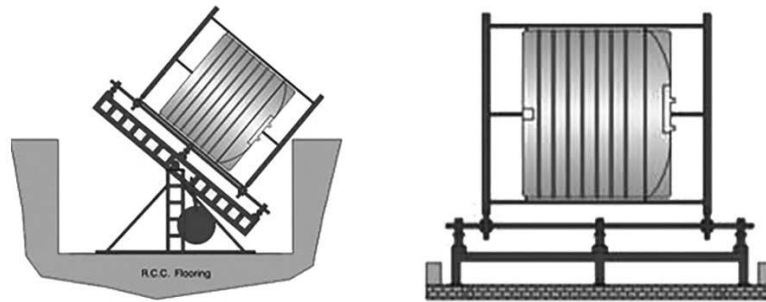


Figura 2.13.2 – Equipamento tipo rock and roll

2.11 – Outros tipos de equipamentos

As Figuras 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18 ilustram diferentes tipos de equipamentos de rotomoldagem.

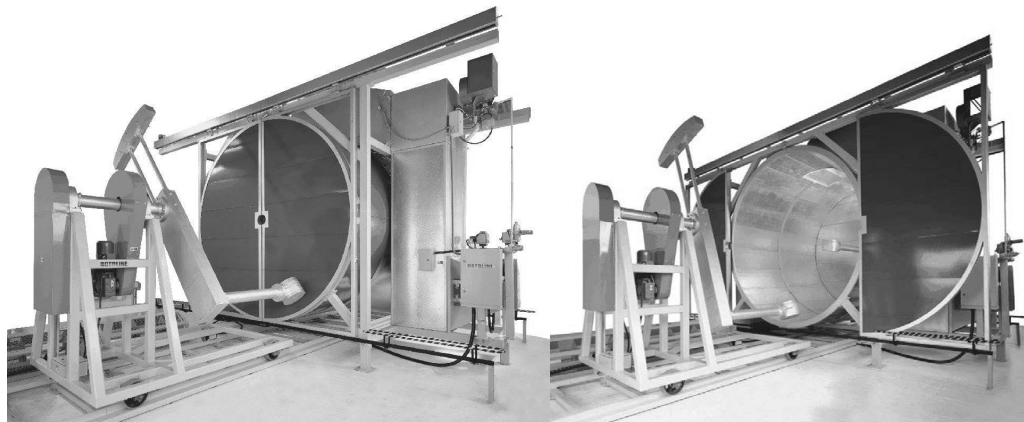


Figura 2.14 – Equipamento para rotomoldagem fechado (esquerda) e aberto (direita)



Figura 2.15 – Equipamento para rotomoldagem



Figura 2.16 – Equipamento para rotomoldagem

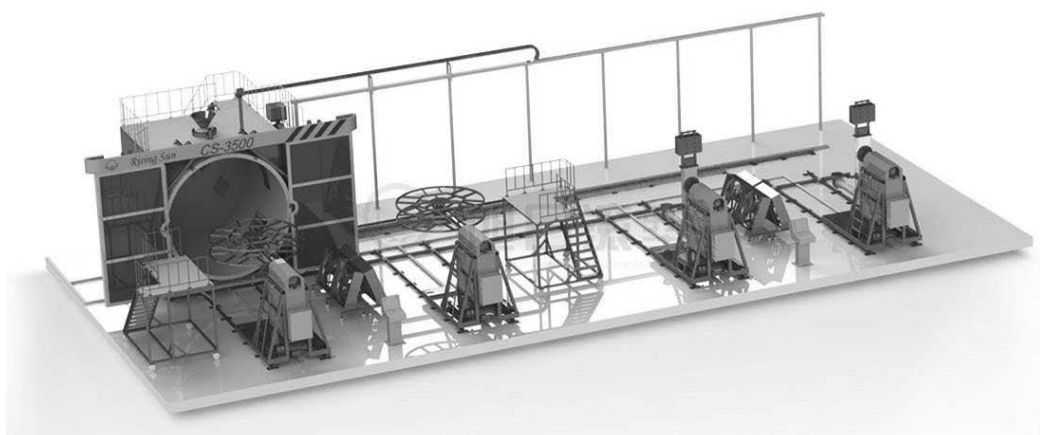


Figura 2.17 – Equipamento para rotomoldagem

2.12 – Equipamentos de moldes aquecidos com óleo

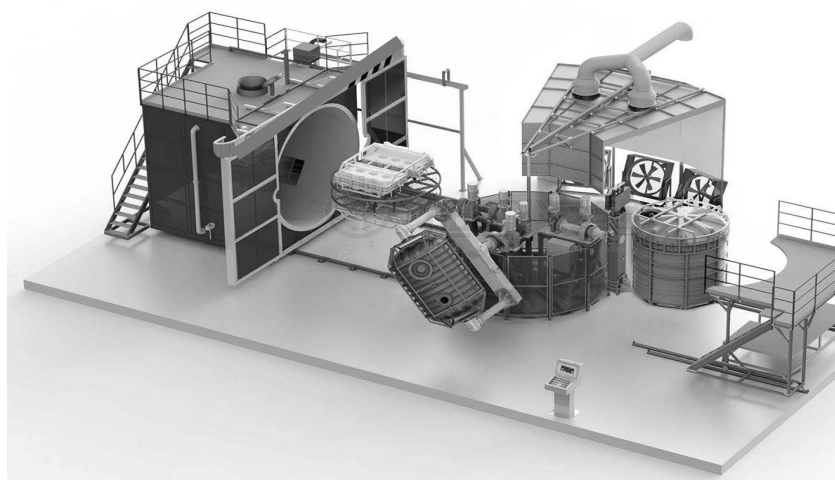


Figura 2.18 – Equipamento rotomoldagem

Uma outra versão do processo de moldagem rotacional é a que utiliza moldes de paredes duplas, sendo o aquecimento realizado pela circulação de óleo aquecido por entre elas. Esse processo possui a vantagem de ser mais rápido e econômico, pois, dessa maneira, o calor é transferido de maneira mais eficiente. O banho de resfriamento é substituído por óleo com um controle de temperaturas bem mais preciso, de modo a conseguir excelente controle da contração da peça, conforme ilustração da figura 2.18.

Os moldes aquecidos com óleo foram introduzidos para tirar vantagem do calor conduzido por líquido, para evitar problemas operacionais e de manutenção, associados ao método de *spray* de aquecimento fundido. Os moldes possuem paredes duplas através das quais líquidos frios e quentes de transferência de calor circulam durante a rotação. O equipamento é compacto e não são necessários fornos ou câmaras de resfriamento. O benefício principal deste sistema é a grande eficiência da transferência de calor e, igualmente, precisão nos tempos e uma melhor moldagem da espessura da parede das peças. Materiais sensíveis ao calor, difíceis de serem processados em equipamentos de ar quente, poderão ser moldados com esta técnica. Este sistema ainda não conseguiu atingir uma ampla aceitação do seu uso, porque suas vantagens não compensam os custos dos moldes, que chegam a ser até quatro vezes superiores aos moldes convencionais, porém, para algumas aplicações, os curtos tempos dos ciclos obtidos podem ser suficientes para justificar a utilização deste equipamento, que ainda é utilizado, mas os fornecedores já não os produzem mais.

A Figura 2.19 ilustra um esquema de um equipamento com molde aquecido com óleo.

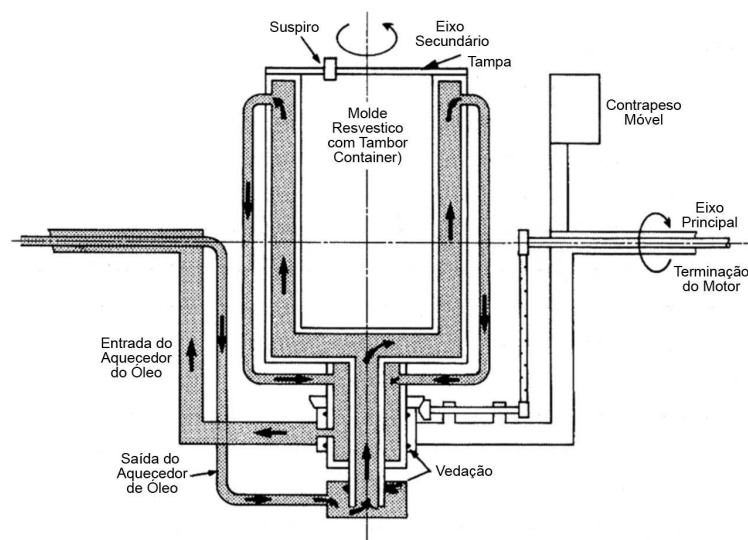


Figura 2.19 – Equipamento com molde aquecido a óleo

2.13 – Variáveis de processo

No processo de moldagem rotacional, peças ocas são formadas pelo aquecimento e rotação simultâneos em dois planos de um molde dividido fechado contendo resina em pó microgranulada ou grãos.

2.18 – Capacidade de aquecimento do molde

A capacidade de aquecimento do molde exerce um efeito significativo sobre o tempo de indução devido à faixa de transferência de calor do molde para a resina ser o fator controlador no ciclo de aquecimento. Assim, os moldes deverão ser fabricados com materiais de boa condutividade térmica. Nos testes de laboratório, o tempo de indução utilizando um molde de níquel de 3,2 mm em uma temperatura de forno de 205°C foi de somente 75% do tempo de indução necessário em comparação a um molde de alumínio de 6,4 mm sob a mesma temperatura de forno.

A capacidade de aquecimento do forno exerce menos efeito sobre o tempo de plastificação porque, uma vez atingido o ponto de plastificação da resina, a temperatura do molde não necessitará aumentar para que a plastificação continue.

O efeito da capacidade de aquecimento do molde no tempo de permanência no forno é menor sob altas temperaturas, conforme mostrado na Tabela 2.2. A Figura 2.23 mostra o gráfico ilustrativo dos parâmetros de processo: tempo de ciclo e material do molde.

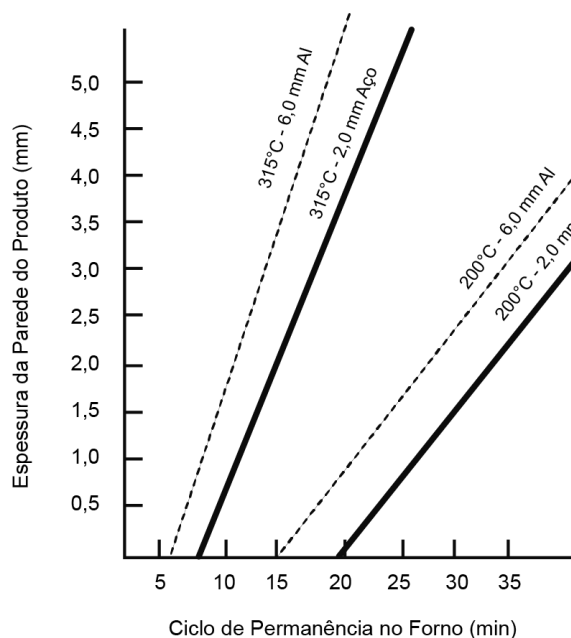
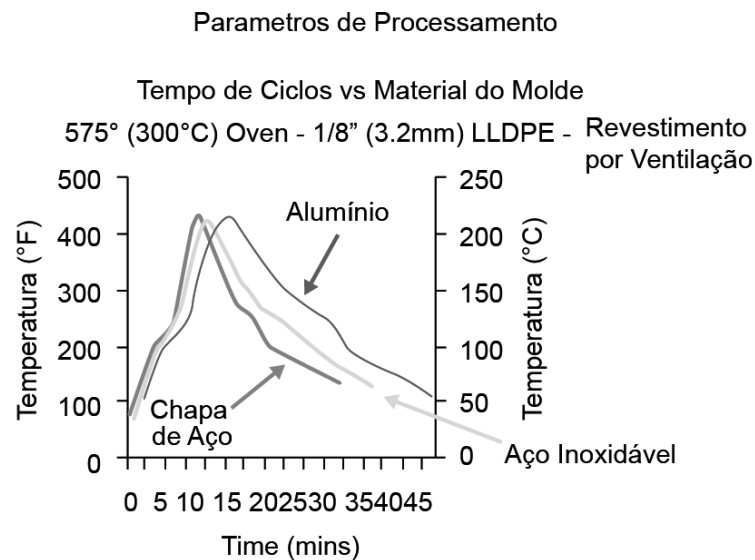


Figura 2.23 – Capacidade de aquecimento do molde e temperatura do forno no ciclo do ar circulante e ciclo de permanência *versus* a espessura das peças em diferentes tipos de materiais: aço e alumínio

Tabela 2.2 – Efeito da capacidade de aquecimento do molde x tempo de permanência no forno

Material	Condutividade térmica dos materiais		Condutividade térmica dos moldes			
	Watt/m ² °C cm	BTU/hs ft ² °F pol	Espessura	Watt/m ² °C	Espessura	BTU/hs ft ² °F
Alumínio	3.015	1.350	6,3 mm	4.785	1/4 pol.	5.400
Aço	715	320	2,0 mm	3.575	Calibre 14	4.013
Níquel	1.005	450	2,5 mm	4.020	0,10 pol.	4.500
Cobre	5.960	2.670				

Os parâmetros de processamento do tempo de ciclo *versus* o material do molde são ilustrados na Figura 2. 24.



Oven = Forno | Temperature = Temperatura | Time = Tempo |
 LLDPE = Polietileno Baixa Densidade PEBD

Figura 2. 24 – Parâmetros de processo: tempo de ciclo e material do molde

2.19 – Tamanho da partícula

O efeito do tamanho da partícula sobre o tempo de plastificação está relacionado às propriedades de fluxo de amolecimento da resina (fluidez) e é, porém, difícil de ser previsto. Normalmente, não exerce nenhum efeito sobre o tempo necessário para o amolecimento da resina, mas, na medida em que aumenta o tamanho dos grãos moídos, mais tempo é necessário para o desenvolvimento de uma superfície interna mais suave na peça. Adicionalmente, quanto maiores forem as partículas maior será o calor necessário para o amolecimento e a plastificação.

2.20 – Desenvolvimentos recentes

A tentativa de melhorar as taxas de produção pela diminuição do tempo de permanência no molde tem conduzido a muitas melhorias no processo de moldagem rotacional. Altas temperaturas de processamento podem ser utilizadas devido à melhor estabilização do aquecimento das resinas.

Técnicas aperfeiçoadas de fabricação de moldes permitem a utilização de moldes com paredes mais finas, sem nenhuma diminuição do tempo de vida útil dos moldes. A eficiência térmica tem aumentado devido aos aperfeiçoamentos nos projetos dos fornos e na sua capacidade de queima.

Controles de temperatura de múltiplas zonas, as quais, incorporadas recentemente aos equipamentos de ar quente, permitem que cada braço seja operado automaticamente sob diferentes temperaturas de forno.

Um mecanismo similar, que pode reduzir o tempo do ciclo e deve melhorar a qualidade das peças moldadas, fornece ajustes da temperatura do forno durante o ciclo, de maneira que a entrada de calor ideal é fornecida durante cada etapa do ciclo de aquecimento.

2.21 – Determinação do tempo de permanência ideal

A duração total do tempo de permanência no forno deverá ser determinada pela tentativa e erro. É melhor que se faça isto através de medição das propriedades das peças moldadas produzidas em vários tempos de ciclos combinada com a inspeção visual para observação de sinais que indicam o estado do cozimento (cura).

Uma peça moldada processada adequadamente apresenta propriedades físicas plenamente desenvolvidas, tais como resistência a impactos em baixas temperaturas e a resistência a rachaduras sob pressão; o preenchimento é bom e a superfície interna é lisa (suave), opaca e da mesma cor que o outro lado.

Uma peça subcurada, com cozimento incompleto, deve apresentar um preenchimento inadequado, áspero, ou superfície interna pulverulenta e diversas bolhas de ar nas paredes, e baixa resistência a impactos e rupturas.

Uma peça hipercurada, com excesso de cozimento, apresentará uma superfície lustrosa ou sem coloração, um forte odor de ácido acético imediatamente após a moldagem, uma diminuição no índice de fluidez e propriedades físicas prejudicadas, indicando uma degradação oxidativa da resina.

Para determinar o tempo de permanência ideal, o teste físico de maior utilidade a ser utilizado, em combinação com a inspeção visual, é a medida da resistência a impactos em baixas temperaturas. Pode-se observar uma relação típica entre o tempo de permanência (quer dizer, grau de cozimento e resistência a impactos em baixas temperaturas para polietileno de alta densidade) e todas as constantes variáveis, conforme ilustração da Figura 2.25.

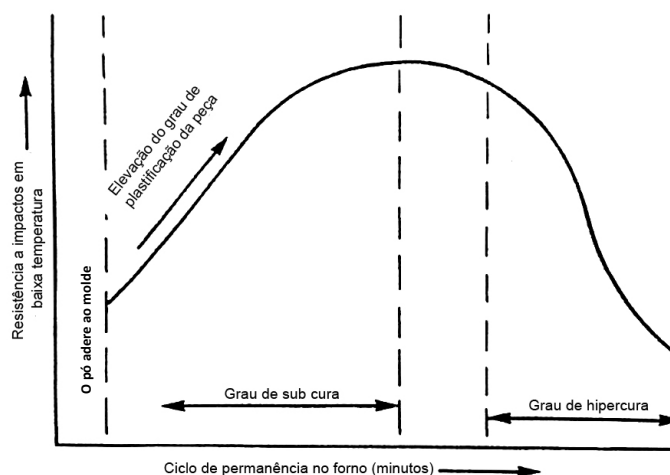


Figura 2.25 – Tempo de permanência e resistência a impactos em baixas temperaturas para polietileno de alta densidade

A resistência a impactos aumenta gradualmente na medida em que a resina se plastifique até que decorra um período razoavelmente longo para que atinja o nível de resistência ideal. Este intervalo se estende desde o tempo em que a resina está ainda ligeiramente subplastificada e quaisquer bolhas estão concentradas em direção à superfície interna de uma peça de paredes grossas, até que a resina esteja totalmente plastificada, mas nenhuma degradação tenha ocorrido. Após este ponto, o aquecimento continuado degradará a resina, provocando uma notável queda na resistência a impactos. A seleção da resistência a impactos ideal poderá então ser baseada no valor da resistência a impactos combinado com uma suavidade aceitável da superfície interna da peça.

2.22 – Ciclo de resfriamento

Originalmente, os moldes eram refrigerados (resfriados) a ar por grandes ventiladores ou simplesmente girados ao ar livre fora do forno. Posteriormente, foi, então, adicionado o resfriamento com *spray* de água para reduzir o ciclo total de moldagem e melhorar a produtividade. Desenvolvidos recentes têm mostrado que um controle cuidadoso do ciclo de resfriamento pela combinação do resfriamento a ar com *spray* de água/ar atomizados ou técnicas de resfriamento interno melhorarão a estabilidade dimensional e as propriedades físicas das peças, particularmente das moldadas a partir de resinas bastante cristalinas, tais como o polietileno de alta densidade.

O resfriamento rápido de resinas cristalinas por *spray* de água limita o crescimento do cristal e aumenta o conteúdo da estrutura amórfica (não cristalizada) no polímero. Isto produzirá uma peça com densidade reduzida, com dureza e flexibilidade aumentadas, porém, a manutenção do molde é ampliada devido ao choque térmico aos moldes, e se o resfriamento for muito rápido a peça poderá se soltar prematuramente da parede do molde e se deformar devido à taxa de resfriamento mais lenta da outra porção que foi separada.

O resfriamento lento promove o crescimento cristalino, o que resultará em uma peça dura, mais frágil, com a resistência a impactos e resistência a rachaduras por pressão diminuídas,

Moldagem de pasta

Engs. Mariano Bacellar Netto e Julio Harada

5.1 – Moldagem rotacional para pasta

Esse processo é bastante similar ao de grãos e pós, mudando-se o tipo da consistência do polímero, pois em vez desses elementos utiliza-se o material na forma de uma pasta viscosa, que é denominada de plastissol ou plastigel.

Plastissol

Denominação dada às dispersões de resinas de PVC, obtidas pelo processo de polimerização em emulsão ou microssuspensão, em líquidos orgânicos (geralmente plastificantes).

O plastissol pode apresentar um amplo comportamento reológico, de dilatante a pseudo-plástico, dependendo das dimensões das partículas sólidas (resinas, cargas minerais) e da composição da fase líquida (plastificantes, solventes, extensores, lubrificantes, desmoldantes).

Quando aquecido a cerca de 180°C, as partículas de resinas absorvem o plastificante, fazendo com que estas inchem e se fundam formando um gel viscoso. Tecnicamente o plastissol (sistema bifásico) passou a ser um plastigel (sistema monofásico), que pode fluir como um líquido.

O plastigel também pode ter comportamento reológico específico para cada finalidade.

Na moldagem rotacional, também chamada rotomoldagem, para se obter o melhor resultado de distribuição dentro do molde, o ideal é ter comportamento pseudoplástico o mais próximo possível do comportamento newtoniano.

O plastigel atinge o máximo de suas propriedades físicas e químicas dependendo de suas características de formulação combinadas com um processo chamado de cozimento ou cura (similar ao do cozimento da clara do ovo), obtida com a combinação de tempo e temperatura, para se conseguir um resultado otimizado na peça obtida.

Um dos principais usos do plastissol é a fabricação de objetos ou revestimento de objetos para protegê-los das intempéries e, em especial, a fabricação de peças plásticas ocas.

Um dos métodos de fabricação é a moldagem rotacional de pasta de PVC. Nela, o plastissol é posto inicialmente em um molde fechado que, em seguida, gira em alta velocidade para garantir por centrifugação que as cavidades do molde sejam preenchidas.

5.2 – Processamento e aplicações de plastissol de PVC por rotomoldagem

5.2.1 – Pasta

Como o ponto de plastificação do PVC é superior à temperatura de dissolução em seu plastissol, significa que menos energia é necessária à produção de peças por rotomoldagem, em comparação com outros processos de fabricação, como injeção ou extrusão.

Outra vantagem é a temperatura relativamente baixa em que o plastissol endurece. Isso o torna mais versátil em seu uso industrial, e permite o uso de máquinas mais baratas ou menos sofisticadas.

Sequência básica:

- Preparação do plastissol
- Carregamento
- Aquecimento (180°C a 250°C)
- Resfriamento (água fria)
- Desmoldagem da peça

5.3 – Preparação

5.3.1 – Processo convencional

Adição da resina de forma gradual em parte da mistura líquida de plastificantes e aditivos (pela movimentação de hélice).

Uma vez que a resina se encontrar bem dispersa, o restante do volume do líquido é incorporado e homogeneizado.

Por fim, devem-se acrescentar aditivos ou cargas em estado sólido e continuar a mistura até homogeneização da pasta.

A carga é adicionada no final, pois ela pode absorver parte do plastificante, aumentando a viscosidade da pasta e dificultando a homogeneização.

A mistura deve ser interrompida enquanto a pasta apresenta viscosidade relativamente baixa e a temperatura seja no máximo de 35°C, pois maiores temperaturas podem provocar solvatação prematura das partículas de PVC e, conseqüentemente, aumento excessivo da viscosidade e pré-gelificação.

Caso a dispersão não seja totalmente eficiente e grumos ainda existam, a pasta deve ser passada em moinhos de rolos (dois ou três rolos), o que eliminará os aglomerados presentes.

Nota: evitar a estocagem do plastissol por períodos prolongados, pois ocorrerá o aumento de viscosidade (“envelhecimento” da pasta).

Características como tamanho médio, distribuição de tamanho de partícula (DTP) e o formato das partículas determinarão qual tipo de comportamento reológico será apresentado, conforme ilustrado na Figura 5.1.

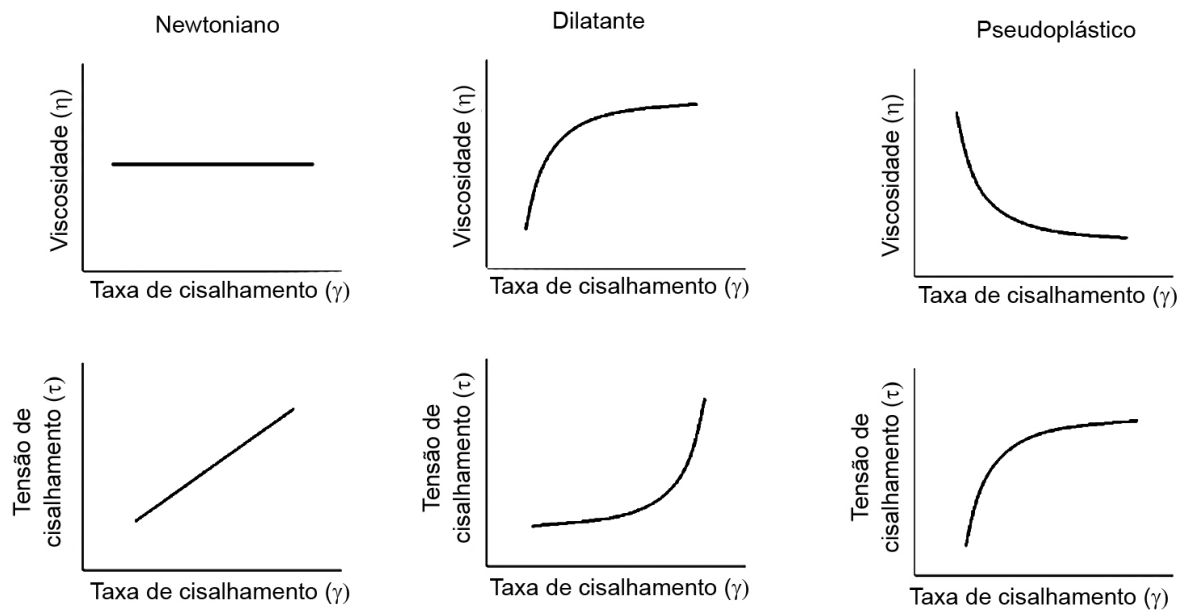


Figura 5.1 – Comportamento reológico da pasta de plastissol em função da composição

A Figura 5.1 mostra as características de reologia do fluxo de fluidos conforme os tipos:

Newtoniano – não apresenta variação de viscosidade conforme varie a taxa; há uma proporção definida entre a tensão de cisalhamento (esforço aplicado sobre o fluido) e a taxa (fluxo obtido).

Dilatante – apresenta um aumento de viscosidade conforme aumente a taxa; a proporção entre a tensão de cisalhamento e a taxa (fluxo obtido) não é constante, o aumento de esforço aplicado é muito maior que o acréscimo de fluxo obtido.

Pseudoplástico – apresenta uma diminuição da viscosidade conforme aumente a taxa; a proporção entre a tensão de cisalhamento e a taxa (fluxo obtido) também não é constante, um pequeno aumento de esforço aplicado gera um grande aumento de fluxo obtido.

Para a moldagem rotacional, o tipo pseudoplástico é o recomendado, porque apresenta boa distribuição inicial no interior do molde ocasionada por alta tensão de cisalhamento e alto fluxo, e bom término de distribuição (última gota) devido à baixa tensão de cisalhamento do fluido final sobre a camada de material já depositada. Esta característica é obtida pela escolha de resinas de PVC na formulação do plastissol. Uma mistura aproximada de 3/4 de resinas de emulsão ou micro suspensão de baixa granulometria e de 1/4 de resinas de suspensão de alta granulometria (resinas grossas) é uma base de formulação muito utilizada para plastissóis pseudoplásticos. Fatores como formato dos grãos (esféricos, ovalados ou apresentando cantos ásperos irregulares) e a distribuição do seu tamanho influem muito na reologia. Para avaliação da pseudoplasticidade utiliza-se habitualmente um viscosímetro Brookfield (Figura 5.2.1) ou semelhante, que possa fazer medições de viscosidade do plastissol com aplicação de diferentes velocidades de rotação usando a mesma haste (spindle), como por exemplo 2,5 rpm e 20 rpm com a haste nº 4. Se as viscosidades lidas forem iguais, o comportamento será newtoniano; se forem crescentes com a velocidade, será dilatante, se forem decrescentes, será pseudoplástico.

5.3.2 – Equipamento de preparação

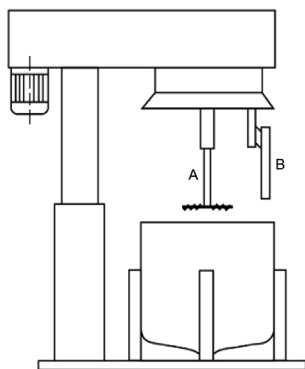
Misturador intensivo

Permite reduzir os tempos de preparação e é conveniente para pastas de baixa viscosidade, mas tem a desvantagem de converter em calor grande parte do cisalhamento aplicado na pasta.

Deve haver remoção de bolhas de ar: repouso e posterior agitação sob vácuo ou aplicação de vácuo após o processo de mistura.

A Figura 5.2 apresenta o esquema de um misturador e a Figura 5.2.1 um viscosímetro.

Representação esquemática de um misturador de alta velocidade:
(A) disco de agitação, (B) aleta



Adaptado de Titow, W. V. (1984). PVC Technology.

Figura 5.2 – Esquema de um misturador e a pasta homogeneizada



Figura 5.2.1 – Viscosímetro

Caso a dispersão não seja totalmente eficiente e grumos ainda existam, a pasta deve ser passada em moinhos de rolos (dois ou três rolos), para eliminar os aglomerados presentes.

Misturador planetário

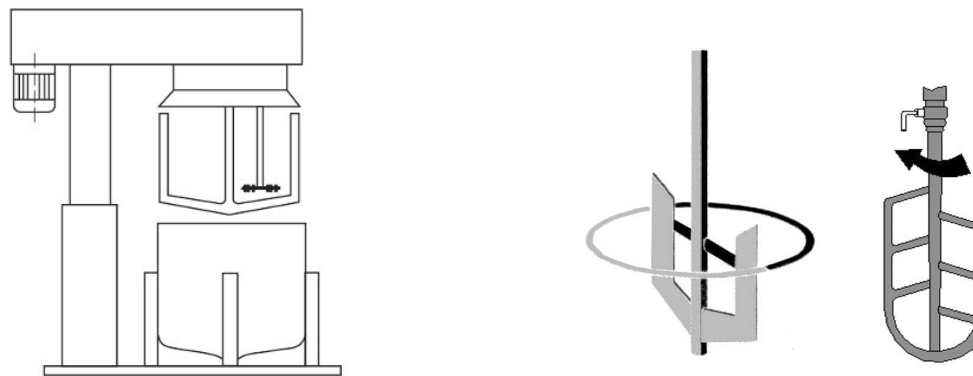
Movimentos planetários de baixa velocidade com aplicação de vácuo (para remoção de bolhas de ar) simultaneamente.

Maior tempo de mistura que o misturador intensivo.

Permite a preparação de pastas de média viscosidade com boa homogeneização sem o aquecimento excessivo.

A Figura 5.3 é uma representação esquemática de um misturador de baixa velocidade.

Representação esquemática de um misturador de baixa velocidade com movimento planetário



Adaptado de Titow, W. V. (1984). PVC Technology.

Figura 5.3 – Representações de um misturador de baixa velocidade

5.4 – Moldagem das peças

Uma característica interessante na moldagem de peças com plastissol é a possibilidade de utilizar moldes de tamanhos bem menores do que os das peças a produzir, devido à propriedade de conformação por deformação plástica.

Num molde esférico, com diâmetro interno de 30 cm, é possível moldar e conformar a quente bolas de até 120 cm de diâmetro, proporção de 1:4 em relação ao molde. A Figura 5.4 ilustra uma bola de plastissol, com 80 cm de diâmetro, inflada.

Para isso deve ser controlada a fase de cura ou cozimento do plastigel, para que pelo menos a face interna da peça moldada ainda esteja com propriedades mecânicas baixas, com boa possibilidade de deformação plástica, enquanto a sua face externa que estava em contato direto com o molde metálico já apresenta propriedades mecânicas e químicas elevadas, decorrentes de boa cura ou cozimento. Assim será possível fazer conformação por inflagem da esfera, enquanto ainda quente, até o diâmetro desejado.

Há processos com controles precisos de adequação das propriedades do plastissol, como os controles de aquecimento e resfriamento que permitem produzir esferas superinfladas na proporção de 1:7



Figura 5.4 – Bola inflada de plastissol, com 80 cm de diâmetro.

6

Rotomoldagem – problemas, causas e soluções

Engs. Claudio A. Marcondes, Julio Harada e Vicente A. Silva

A Tabela 6.1 lista uma série de problemas normalmente encontrada durante um processo de rotomoldagem com suas causas prováveis e possíveis soluções.

Tabela 6.1 Problemas, Causas e Soluções

Problema	Causas prováveis	Solução sugerida
Peças deformadas	Ventilação inadequada (saída de gases)	Utilizar para peças de paredes finas furos para degasagem de diâmetro de 12 a 13 mm (ventilação) por metro cúbico de volume do molde.
	Resfriamento não uniforme do molde causado por material distante da sua parede	Girar o molde durante o ciclo de resfriamento. Projetar ventilação adequada e certificar-se de que as aberturas não estejam entupidas, utilizar menos desmoldantes no molde. No projeto, evitar peças grandes e planas. Reduzir a taxa de resfriamento durante o início do ciclo de resfriamento. Aumentar a temperatura média de resfriamento utilizando ar frio e depois água gelada. Aplicar pressão de ar durante o resfriamento através de bicos de <i>sprays</i> .
	Resfriamento não uniforme causado pela espessura irregular da parede da peça	Ver as recomendações sugeridas sob o título. Problema: espessura irregular da parede de peças moldadas.
	Resfriamento não uniforme causado por painéis bloqueadores/defletores	Analisar a montagem de molde para eliminar bloqueios (sombras). Adicionar defletores para direcionar o calor direto.
	Resfriamento desigual causado por bicos (<i>sprays</i>) de água entupidos	Conferir e limpar os bicos em uma manutenção periódica.