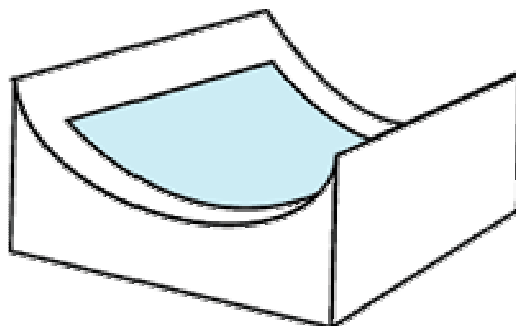




Instituto Nacional para
Desenvolvimento do Acrílico

TERMOFORMAGEM DE CHAPAS ACRÍLICAS



Termoformagem de chapas acrílicas

As chapas acrílicas podem ser termoformadas utilizando-se diversos tipos de equipamentos e vários métodos de aquecimento. Este boletim técnico visa fornecer informações sobre procedimentos e equipamentos para termoformagem, mesmo assim sugerimos que os transformadores de peças realizem suas próprias verificações e testes para determinar as reais condições da aplicação requerida.

Sumário:

1. Métodos de Aquecimento
 - Fornos verticais
 - Aquecedores horizontais
 - Equipamentos para termoformagem
2. Equipamentos para Termoformagem a vácuo e por pressão
 - Como construir uma câmara de vácuo
 - Equipamento de moldagem por sopro
 - Equipamento de moldagem com anéis e moldes
3. Procedimentos para Moldagem:
 - Encolhimento
 - Pré-secagem
 - Aquecimento
 - Temperatura de moldagem
 - Tempo de aquecimento
 - Velocidade de moldagem
4. Processos de Moldagem:
 - Moldagem por estiragem
 - Moldagem por sopro e vácuo
 - Moldagem a vácuo com assistência em molde fêmeo
 - Moldagem a vácuo com pré-encolhimento sobre molde macho
 - Moldagem com anéis e moldes
 - Moldagem a vácuo com rápido retorno da chapa
 - Resfriamento
5. Referências Bibliográficas

1. MÉTODOS DE AQUECIMENTO

1.1. Fornos verticais:

Os fornos devem apresentar temperaturas uniformes e constantes e ventilação forçada de ar. Estes fornos consistem de recipientes externo e interno, separados por um espaço contendo isolamento de fibra de vidro ou lã de rocha. No recipiente interno os fornos devem ter aquecedores com controle termo-estáticos, em condições de operarem entre 60 a 190°C, com variação de até 5°C; apresentando velocidade do ar através das chapas entre 1 a 5 m/s. Ventiladores também devem ser utilizados para assegurarem a distribuição de calor.

Devido seu relativo baixo peso molecular, as chapas acrílicas extrusadas não devem ser presas ou apoiadas somente por uma das bordas quando aquecidas em aquecedores verticais. Uma armação que firme as bordas deve ser usada para apoiar e facilitar a transferência da chapa até a estação de moldagem. Não deixe a chapa presa no forno após ter alcançado sua temperatura de termoformagem, pois o material pode lentamente deformar ou cair da armação se for aquecido por muito tempo.

As chapas fundidas ou “cast”, por outro lado, podem ser apoiadas em uma única borda e é improvável que caia da armação se o aquecimento for mais longo que o necessário.

Termoformagem de chapas acrílicas

Certifique-se que as temperaturas no interior do forno mantenham-se uniformes e que as armações exerçam pressões constantes e adequadas em todos os lados da chapa quando estiver aquecida.

1.2. Fornos horizontais:

Aquecedores horizontais infravermelhos (de cerâmica, por exemplo) são mais rápidos e conseqüentemente de menor custo de mão de obra que os fornos de ar quente. Unidades horizontais também são mais flexíveis, pois os aquecedores, as chapas e as armações de apoio podem ser removidos.

1.3. Equipamentos para Termoformagem:

Inúmeros tipos e tamanhos de máquinas para termoformagem estão disponíveis comercialmente e são ideais para produção de peças de pequeno e médio tamanho em regime contínuo. As ferramentas necessárias para termoformagem são bem mais em conta que as ferramentas utilizadas no sistema de moldagem por injeção.

2. EQUIPAMENTOS PARA TERMOFORMAGEM A VÁCUO E POR PRESSÃO

2.1. Como construir uma câmara de vácuo

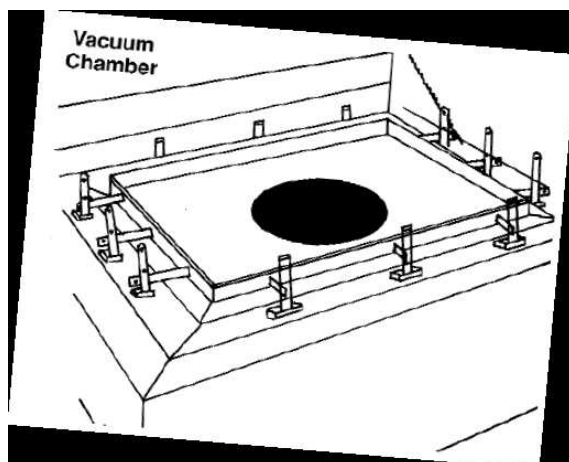
Uma câmara de vácuo a ar comprimido pode ser construída a partir da soldagem de chapas de aço. O aço não deve ser usado na placa de moldagem desde que resfrie a chapa aquecida. Recomenda-se espessura de cerca de 12 mm para o quadro de moldagem.

A placa destacável de moldagem deve ser fixada em uma borda em cima da caixa de vácuo utilizando uma vedação ou gaxeta. A área da chapa que não será moldada deve ser fixada em algum local em cima da placa de moldagem com grampos ou com anel de fixação.

O formato da peça moldada será determinado pela fôrma instalada na plataforma de moldagem. A regulagem do vácuo entre a câmara de vácuo e seu tanque de estocagem conseguirá controlar a altura ou a profundidade da peça a ser moldada.

Os equipamentos requeridos para este tipo de trabalho são:

- Bomba de alta velocidade de vácuo (mínimo de 10 cfm)
- Tanque de estocagem
- Válvula de passagem de 24 mm (1 polegada)
- Válvula de escape para liberação do vácuo depois que a peça for moldada
- Manômetro ou registrador de vácuo.



Termoformagem de chapas acrílicas

2.2. Equipamento de moldagem por sopro

O equipamento adequado para moldagem por sopro inclui um quadro ou tabuleiro de madeira com uma mangueira de ar acoplada à parte de baixo e uma plataforma de moldagem para controlar o contorno das peças nas suas bases.

Para a distribuição uniforme do ar, use espuma, feltro ou cartão perfurado na entrada do jato. Cubra o tabuleiro com flanela ou espuma de poliuretano para prevenir que a peça moldada fique marcada.

A plataforma ou o anel de base da moldagem pode ser feito com tábua de espessura de aproximadamente 40,0 mm. Prendedores de pressão podem ser usados para prender a chapa aquecida e o anel à plataforma de moldagem.

2.3. Equipamento de moldagem com anéis e moldes

Anéis ou plataformas podem ser feitos de madeira, compensado ou metal. Os moldes são normalmente elaborados de madeira e podem ser revestidos com uma camada de flocos de borracha, visando reduzir as marcas da moldagem. Para a produção de grande quantidade de peças os anéis e os moldes devem ser feitos em alumínio.

3. MÉTODOS DE MOLDAGEM

Certifique-se de seguir as recomendações de segurança dos produtores de chapas, pois cada produto reage diferentemente quando aquecido para moldagem.

3.1. Encolhimento

Devido à orientação molecular provocada durante a produção, as chapas acrílicas encolhem ligeiramente quando aquecidas a temperaturas de moldagem.

As dimensões originais não se alterarão na fabricação de peças que não requerem calor ou se a chapa acrílica for aquecida quanto fixada ou presa em um quadro.

Entretanto, as chapas aquecidas a temperaturas de termoformagem alteram sua dimensão. As chapas acrílicas extrudadas atingem até 3% de encolhimento na direção da produção da chapa, ou seja, no sentido longitudinal e até 0,5% no sentido transversal. As chapas “cast” ou fundidas atingem o encolhimento máximo de 1,5% igualmente em ambas as direções.

Meça o encolhimento da chapa em um teste preliminar, e com base neste teste determine as dimensões necessárias do material para compensar o encolhimento, antes de cortar a chapa.

3.2. Pré-secagem

A pré-secagem em chapas acrílicas é raramente utilizada. No entanto, para prevenir a formação de bolhas em chapas que contenham alta umidade, pode-se forçar a circulação de ar aquecido ou utilizar um forno para secagem antes do aquecimento. O tempo de secagem depende do conteúdo de água ou umidade e da espessura do material. Secagem durante vinte e quatro horas a 80°C resolve a maioria dos problemas.

Quando se utiliza a secagem, sugere-se que a chapa seja levada diretamente da secagem para o forno de moldagem, com temperatura da chapa em torno de 80°C, visando reduzir o ciclo do processo e aproveitar o aquecimento realizado anteriormente.

3.3. Aquecimento

Para prevenir bolhas ou distorções, aqueça a chapa até a temperatura mais baixa da janela ou faixa de moldagem, utilizando aquecimento por convecção, condução ou irradiação.

O procedimento padrão para um equipamento de moldagem por vácuo é prender a chapa fria em uma moldura e aquecê-la através de radiação infravermelha. Fissuras

Termoformagem de chapas acrílicas

ou “crazing” podem surgir quando a parte central da chapa já estiver quente e as suas bordas permanecerem frias. Gotejamento, distorção das bordas e sombras assimétricas também podem surgir. Para prevenir estes inconvenientes, aqueça a moldura de retenção entre 60 a 80°C, fixe a chapa e continue aquecendo todo o conjunto.

3.4. Temperatura de moldagem

A faixa ou “janela” da temperatura de moldagem para chapas extrusadas é de 142 a 160°C e para chapas “cast” ou fundidas é de 171 a 193°C. A distribuição homogênea da temperatura através de toda a espessura da chapa também é fundamental para o sucesso da moldagem. Antes da moldagem, deve-se aquecer a chapa a uma temperatura mais alta do que a temperatura desejada, visando prevenir o resfriamento que receberá entre o aquecimento e a moldagem.

A temperatura aproximada da chapa pode ser medida utilizando-se um pirômetro a laser, específico para medições em plásticos. Recomendamos que não sejam utilizados papéis que mudam de cor como termômetros, pois causam marcas na superfície da chapa durante o aquecimento.

As exigências de temperatura dependem das condições de moldagem e dos detalhes do molde - entalhes mais profundos requerem maior estiragem da chapa aquecida para acompanhar a forma da peça desejada. Para prevenir covas, bolhas, mudanças de sombreamentos e outros danos, evite temperaturas mais altas que o necessário. A plataforma ou o molde podem marcar o material sobre-aquecido.

3.5. Tempo de aquecimento

O tempo de aquecimento depende da espessura do material e do método de aquecimento empregado. As condições durante o aquecimento, como a velocidade do ar dentro do forno, também afetam o tempo de aquecimento. O desenho da peça e seus detalhes são outros fatores de influência.

Estas variáveis são muito numerosas para uma previsão matemática. O tempo mínimo de aquecimento deve ser definido através de testes dos ciclos de processamento. Com alguma experiência, podem ser desenvolvidos ciclos uniformes e precisos de aquecimento em chapas acrílicas.

3.6. Velocidade de moldagem

A máxima taxa de moldagem de uma chapa é limitada à velocidade a qual irá se esticar sem exceder sua força e rompimento. A mínima taxa de moldagem deve ser rápida o suficiente para prevenir que a chapa se resfrie e endureça.

Uma chapa com alta pigmentação deve ser moldada mais lentamente do que uma chapa com baixa pigmentação ou uma chapa cristal.

Uma velocidade de moldagem muito rápida causará alto estresse e a peça apresentará baixa resistência ao “crazing” ou fissuramento. Para minimizar o estresse use velocidade de moldagem moderada e certifique-se da distribuição uniforme de temperatura ao longo da superfície da chapa e através da sua espessura. Elevadas temperaturas de moldagem são necessárias para obtenção de grandes repuxos ou para a melhoria de definição de detalhes do molde. Para uma moldagem lenta, é necessário o uso de raios infravermelhos para o aquecimento enquanto a peça estiver sendo estruturada.

Termoformagem de chapas acrílicas



Chapas acrílicas são facilmente moldadas para aplicação em comunicação visual, mantendo os detalhes e resistência da peça.

4. PROCESSOS DE MOLDAGEM

4.1. Moldagem por estiragem

Por este método a chapa acrílica é aquecida e depositada em cima de um molde positivo (macho) ou no interior de um molde negativo (fêmeo). Os moldes fêmeos são melhores, pois compensam o encolhimento da chapa durante resfriamento, assim como ajudam a conservar a memória do material. Para que não apareçam marcas na peça, revista o molde com emborrachamento ou com feltro de mesa de bilhar. Pela mesma razão, coloque a temperatura do molde alta e a temperatura de moldagem baixa.

Cubra a superfície da peça que estiver sendo moldada com tecidos grossos ou com uma manta de flanela para que o resfriamento aconteça em ambos os lados do molde.

4.2. Moldagem por sopro ou vácuo

Muitos formatos podem ser obtidos com sopro e um anel de pressão ou vácuo com repuxo com o molde em uma caixa.

Peças com alta qualidade ótica devem ser produzidas com estes métodos, pois a superfície do material nunca toca nas paredes dos moldes. Desta maneira, não ocorrerão marcas ou resfriamentos localizados.

Pode ser obtida enorme variedade de formas esféricas quando se utiliza este método, dependendo basicamente da geometria da moldura de retenção.

A pressão ou vácuo desejado varia dependendo da altura ou da profundidade desejada da peça. A altura desejada da peça deve ser marcada com um barbante ou qualquer material que não marque a peça moldada. A pressão ou o vácuo também podem ser controlados automaticamente com sensores óticos. A ausência de contato da chapa com molde ou operadores proporciona uma vantagem na produção de peças com criticidade ótica.



O custo para o desenvolvimento de moldes e equipamentos são relativamente baixos

4.3. Moldagem por vácuo com assistência de molde fêmeo

Esta técnica é empregada para aperfeiçoar a uniformidade de espessura na peça final quando comparada com a opção de moldagem simples com vácuo em molde fêmeo. Normalmente, um dispositivo (pino ou plug) é inserido na chapa já aquecida, empurrando-a em direção ao molde. Este procedimento é seguido pela aplicação de vácuo, sugando o material contra o molde fêmeo.

4.4. Moldagem por vácuo com pré-encolhimento sobre molde macho

Comparado com métodos que empregam moldes fêmeos, a opção de sucção sobre um molde macho apresenta a vantagem do molde se transformar em ferramenta de pré-estiragem da chapa acrílica. Com esta técnica a qualidade da peça moldada pode ser aprimorada, pois somente uma superfície da chapa entra em contato com a ferramenta.

O molde deve ser aquecido e os pontos de sucção ou ventilação devem ser posicionados nos pontos limites da peça.

4.5. Moldagem com anéis e molde macho

Use este método para produção de bacias de comunicação visual, luminosos, difusores de iluminação ou qualquer peça que não seja submetida a uma moldagem profunda. O molde inclui a plataforma de moldagem, a base para os prendedores ou cliques e um molde macho.

O contorno externo da peça moldada se adapta à plataforma de moldagem, no entanto a abertura desta base deve ser maior que a peça. Para proporcionar a liberdade de variação da espessura da chapa entre as partes macho e fêmeo do molde, o molde macho deve ser gradualmente menor que a dimensão interna da plataforma de moldagem.

O molde pode ser fixado em uma prensa de ar comprimido ou em uma morsa para peças pequenas. Posicione a chapa aquecida na plataforma de moldagem e prenda-a na base utilizando os cliques. O molde macho é empurrado através dos cliques e dos anéis de moldagem até uma profundidade pré-determinada.

4.6. Moldagem por vácuo com rápido retorno da chapa

Moldagem por sopro ou vácuo produz formatos e bolhas através de tensão na superfície da chapa, sendo controlada somente da plataforma de moldagem. A moldagem por vácuo com “retorno rápido” emprega um molde macho fixado a um cilindro por ar comprimido. O molde é posicionado embaixo da bolha de vácuo-formagem e depois que o vácuo estica a chapa aquecida e forma a bolha, um molde macho é posicionado dentro da bolha. Gradualmente, a pressão do vácuo é liberada e a chapa aquecida, devido à sua “memória elástica”, rapidamente recupera-se e adere ao molde macho.

O molde, normalmente feito de madeira resistente, deve ser facilmente removível depois do resfriamento e contração da peça, evitando assim o aprisionamento de ar entre a base do molde e a superfície da chapa. Este método possibilita a produção de peças com formas irregulares, desconectando-se a plataforma de moldagem e fazendo com que o formato do molde macho revele o contorno da peça final.

4.7. Resfriamento

Após a moldagem, resfrie as peças abaixo de 60 a 70°C. Não resfrie somente a superfície - o interior também deve ser resfriado. Providencie resfriamento uniforme em todos os lados da peça visando prevenir estresses ou fissuras. Cubra completamente as peças produzidas com chapas grossas com feltro ou manta para que o resfriamento se dê lentamente, visando prevenir deformações ou imperfeições. Não existe regra ou fórmula para prever o tempo de resfriamento do interior das chapas. Dentre os fatores que influenciam pode-se relacionar a espessura do

Termoformagem de chapas acrílicas

material, a temperatura do ar ambiente e o fluxo de ar de resfriamento sobre a peça - a experimentação é sempre o melhor ensinamento.

Enquanto ocorre o resfriamento, a chapa encolhe, revertendo a expansão causada pelo aquecimento. Permita que a peça se ajuste livremente evitando estresses ou fissuras. É aconselhável remover a peça do molde logo que atinja sua estabilidade dimensional, pois o encolhimento dentro do molde também pode causar estresse.

NOTA

Chapa acrílica é um termoplástico combustível. Por isto, devem ser tomadas precauções para proteger o material do fogo e de fontes de elevadas temperaturas. Caso pegue fogo e não seja extinto, a chapa acrílica queimará rapidamente até sua extinção. O produto da combustão, caso tenha ar suficiente no ambiente, são o dióxido de carbono e água. Entretanto, em muitos incêndios, não existe ar suficiente para a queima e conseqüentemente será formada fumaça tóxica de monóxido de carbono, como acontece com qualquer outro material combustível quando queimado. É fundamental o bom senso no uso de chapas acrílicas. Recomenda-se que as normas e códigos de construção sejam seguidos cuidadosamente visando assegurar o uso apropriado e seguro do material.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Thermoforming acrylic sheet - IAPD Magazine . august/september 2003
(autor: Grante LaFontaine)
- Manual de Orientação Técnica: Chapas “cast” e extrudadas - Unigel Plásticos