

SMC - SHEET MOLDING COMPOUND COMPOSITES

INTRODUÇÃO

Com o crescimento industrial por volta dos anos 60 e a necessidade de se obter altas produções, principalmente para a indústria automobilística, houve um grande desenvolvimento nos processos de moldagem a quente, em moldes fechados, de compostos reforçados com fibras de vidro. Como consequência para a indústria de resinas poliéster, ocorreu o desenvolvimento dos sistemas de espessamento destas resinas o que tornou possível a fabricação do Sheet Molding Compound (SMC). O SMC constitui em um específico grupo de materiais feitos a base de resina poliéster insaturado misturada com carga mineral e reforçadas com fibras de vidro. É manufaturado em um processo de três estágios: o primeiro é a preparação da pasta-matriz, o segundo é em uma máquina que dá origem a um produto em folhas semi-pronto e que em um terceiro estágio é conformado na peça final através de uma moldagem por compressão ou por injeção, em moldes metálicos aquecidos.

Sheet Molding Compound é uma combinação de resinas poliéster insaturado de alta reatividade, cargas minerais e fibras de vidro cortadas. É especialmente aplicável para altas produções e em peças que requerem acabamento superficial de qualidade superior, de design arrojado e de combinações de alguns elementos em uma e na mesma moldagem - com excelentes propriedades mecânicas.

TECNOLOGIA DO PROCESSO

A qualidade superficial das peças finais em SMC é consequência não somente do seu processamento como também da alta qualidade dos moldes metálicos requeridos e da correta relação das matérias-primas empregadas para a fabricação do pré-impregnado. A qualidade superficial é grandemente influenciada pela baixa contração do composto após sua polimerização. A tabela a seguir mostra a classificação dos tipos de SMC em função de sua contração

TIPO	CONTRAÇÃO (milésimo de polegada / polegada da peça fria em relação ao molde frio)
General-purpose	3 - 10
Low Shrink	1 - 3
Low Profile	< 1
Classe A	de 0 a expansão de -0,00015 a -0,0008

O processamento do SMC consiste em três etapas básicas a seguir:

- I. Preparação da pasta-matriz
- II. Conformação do pré-impregnado
- III. Prensagem/injeção da peça final

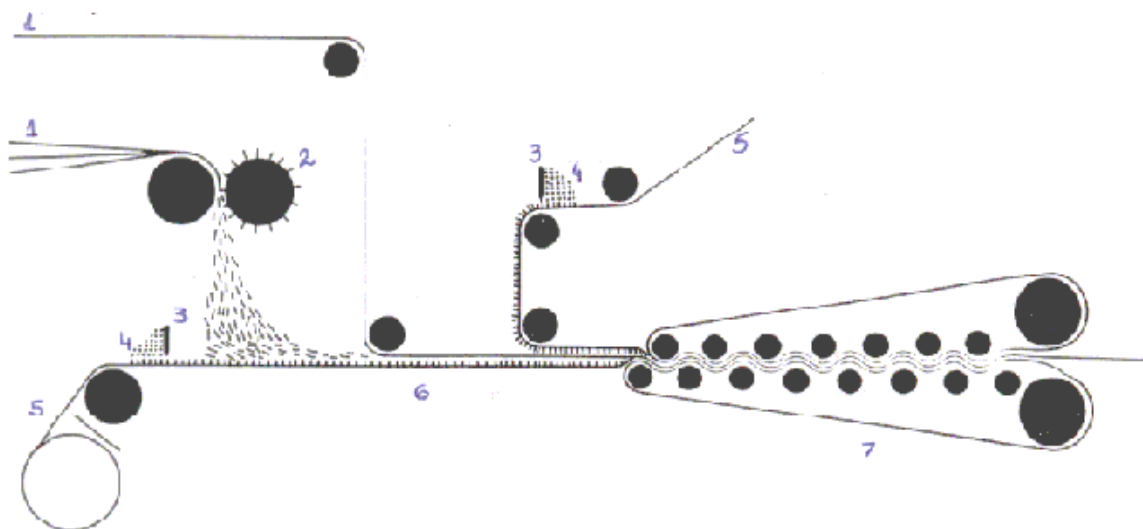
PREPARAÇÃO DA PASTA-MATRIZ

A pasta-matriz constitui em uma mistura de resina poliéster de alta reatividade, aditivo termoplástico, catalisador, agente desmoldante, cargas minerais, pigmentos e agente espessante, realizada em um tanque acoplado a um misturador (tipo Cowles). A viscosidade final da pasta-matriz deve ser de 15.000-30.000 cp para permitir a impregnação das fibras de vidro na etapa seguinte.

CONFORMAÇÃO DO PRÉ-IMPREGNADO

Consiste na impregnação das fibras de vidro pela pasta-matriz em um processo contínuo. A pasta-matriz é bombeada para a máquina de SMC já com 1-2% de agente espessante. A pasta-matriz é uniformemente distribuída sobre duas folhas de um filme suporte através das "doctor blades". A esteira e o picotador devem estar sincronizados para que a quantidade correta de roving picado caia sobre a pasta-matriz do primeiro filme suporte. Um segundo filme suporte com resina é colocado sobre a fibra picada. O material é então passado por rolos de compactação com pressão e temperaturas controladas afim de que as fibras de vidro fiquem totalmente impregnadas.

Finalmente o SMC é embobinado e envolvido por um filme que evite a evaporação do estireno. O composto então é colocado em uma câmara de maturação de 4 a 7 dias para que a viscosidade da pasta-matriz atinja valores adequados para sua prensagem ou injeção.



MÁQUINA DE SMC COM ROVING PICADO E CONTÍNUO

1) ROVING; 2) PICOTADOR; 3) DOCTOR BLADE; 4) PASTA-MATRIZ; 5) FILME SUPORTE; 6) ESTEIRA; 7) ROLOS DE COMPACTAÇÃO; 8) EMOBINAMENTO

PRENSAGEM / INJEÇÃO DA PEÇA FINAL

As peças finais em SMC tanto podem ser feitas em moldagem por compressão, em prensas hidráulicas, como por processo de injeção.

MOLDAGEM POR COMPRESSÃO

Este é o método mais usual no processamento de materiais compostos. A prensa deve ser capaz de aplicar uma pressão de 50 a 70 kgf/cm² no projeto estimado da superfície da ferramenta.

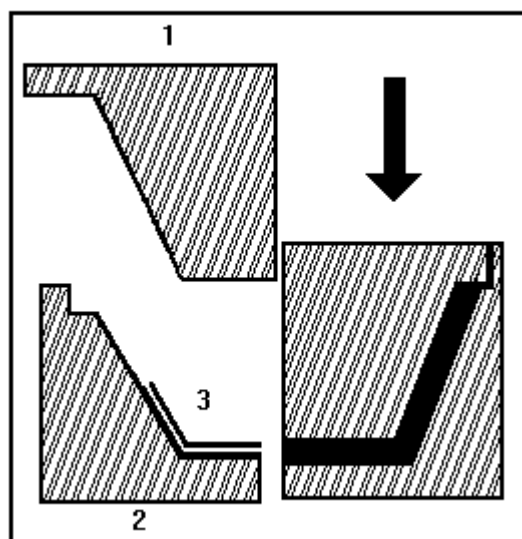
Moldes em aço com cromo duro são utilizados para longas séries de produção, enquanto moldes de metal mais macio são aplicáveis para séries menores.

As mantas pré-impregnadas de SMC são recortadas de acordo com um padrão, pesadas e colocadas sobre o molde aquecido (após de retirado o filme suporte). Esse padrão deve cobrir cerca de 50-80% da superfície do molde. Devido a temperatura do molde ser alta, aproximadamente 150C a viscosidade do material diminui. A pressão hidráulica faz com que o material flua pelo molde e o preencha totalmente, ocupando o espaço entre a matriz e o punção. Uma pressão positiva deve restar sobre a peça, a qual irá curar entre 2 e 4 minutos, dependendo da espessura.

É especialmente importante ajustar corretamente a reatividade do sistema de forma a permitir que o material flua pelo molde antes de se iniciar a polimerização da resina. A peça então poderá ser desmoldada e colocada em um berço para seu resfriamento. Depois ela poderá sofrer uma limpeza antes da aplicação de um primer e posterior aplicação da pintura de acabamento.

Ainda sobre as prensas, é importante lembrar que para uma boa qualidade da peça final, que elas devem possuir controle de paralelismo e de tempo de abertura e fechamento. Hoje em dia existem prensas controladas por computador com colocação de material e extração automáticas.

MOLDAGEM POR COMPRESSÃO

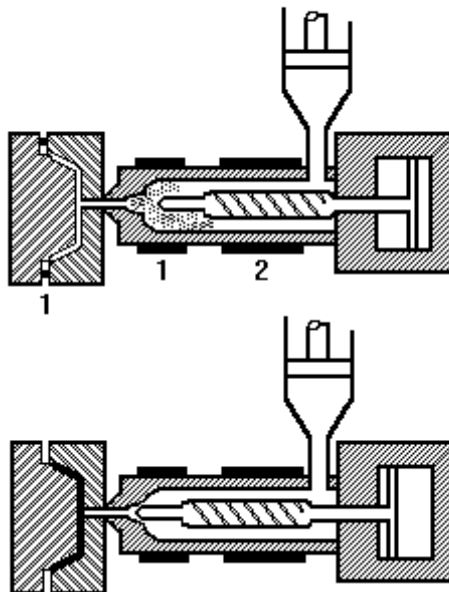


MOLDAGEM POR INJEÇÃO

As peças em SMC produzidas para a indústria automobilística são tradicionalmente conformadas em moldagem por compressão. Ultimamente, entretanto, a indústria tem mostrado um crescente interesse pela moldagem por injeção. Este tipo de moldagem oferece algumas vantagens. O processo é fechado (benefício ambiental), e automático (economia de mão-de-obra). As peças possuem altíssima reprodutibilidade, seu peso se mantém constante e as propriedades mecânicas são idênticas a todo momento.

Podem ser utilizados dois tipos de injetora: de pistão e de rosca. As máquinas de pistão transferem o material com menor quebra das fibras de vidro. Entretanto recentemente, estão sendo desenvolvidas injetoras de rosca que pouco danificam as fibras de vidro oferecendo como vantagem uma melhor homogeneização do material e uma menor quantidade de ar encapsulado (o que prejudica as características mecânicas do composto). Este tipo de moldagem é comumente utilizado para peças da indústria elétrica.

MOLDAGEM POR INJEÇÃO





MATÉRIAS-PRIMAS

RESINAS

Para o material “general purpose” normalmente são utilizadas resinas poliéster ortoftálicas, porém também são usadas as isoftálicas. Para os sistemas “low shrink” e “low profile” são utilizadas resinas especiais, chamadas de aditivos termoplásticos, juntamente com a resina poliéster insaturado.

Entre os aditivos termoplásticos podemos incluir o polietileno, poliestireno, polimetilmetacrilato, copolímeros de estireno, copolímeros de vários metacrilatos, polivinilacetatos, policaprolactonas poliuretanos, etc. Preferencialmente o peso molecular deve estar entre 25000 e 50000.

INICIADORES

Para a melhor moldagem do SMC devem ser utilizados iniciadores (peróxidos orgânicos) que tenham atuação em altas temperaturas, como o t-butil perbenzoato e o t-butil hidroperóxido. A faixa ideal de temperatura de moldagem deve estar entre 145 e 158C. Outros iniciadores podem ser avaliados quando se trabalha com temperatura menores, como por exemplo, o t-butil peroxoato (127-138C), 2,5 dimetil peroxi hexano (127-138C) e o t-butil peroxi pivalato (104-116C). O uso do peróxido de benzoíla não é recomendado em sistemas de baixa contração.

CARGAS MINERAIS

O carbonato de cálcio é a carga mineral mais comum no processo de fabricação do SMC. Os tamanhos de partícula mais usados são o de 2 e na faixa de 10-40.

O uso da alumina tri-hidratada malha 325 confere à peça em SMC características de auto-extinguibilidade. Pequenas quantidades de bentonita ou carbonato de cálcio de tamanho de partícula de 4 pode ser adicionado afim de manter a alumina em suspensão durante o processo.

Em algumas aplicações especiais como resistência química a alguns ácidos, o carbonato de cálcio pode ser substituído por caulim.

AGENTES ESPESSANTES

Os agentes espessantes constituem em óxidos ou hidróxidos de metais alcalinos terrosos que ao serem adicionados a pasta matriz aumentam a viscosidade do composto e portanto previnem de uma indesejável separação da resina poliéster do material sólido durante a moldagem.

O efeito de alguns óxidos e hidróxidos alcalinos terrosos e muitos outros produtos específicos que provocam o espessamento das resinas poliéster, não é ainda totalmente compreendido. O que é visivelmente compreensível é a mudança física que ocorre no material composto. O óxido ou hidróxido alcalino terroso difuncional reage com o grupo carboxila da cadeia do poliéster, duplicando ou triplicando o peso molecular da resina. Esta ligação não é permanente, mas diminui levemente quando o composto é submetido a temperatura de moldagem. O composto espessado preenche uniformemente a cavidade do molde, expulsando o ar e os



Cooperativismo em Materiais Compósitos

materiais voláteis, evitando a formação de bolhas e porosidade.

Os agentes espessantes mais utilizados são: óxido de magnésio, hidróxido de magnésio, óxido de cálcio.

AGENTES DESMOLDANTES

Para se retirar a peça em plástico reforçado com fibras de vidro de um molde é necessária a utilização de um desmoldante. No caso do SMC, desmoldantes internos são incorporados ao composto durante o processo de mistura da pasta-matriz. Quando o material é colocado dentro do molde e é elevada a temperatura, o desmoldante migra para a superfície da peça e forma uma fina camada entre a peça e o molde, o que auxilia a desmoldagem.

O desmoldante de maior eficiência é o estearato de zinco e deve ser colocado em uma proporção de cerca de 2% sobre o total de pasta-matriz, e há uma tendência a formar espuma durante o processo de mistura.

Também pode ser utilizado o estearato de cálcio, que para sua melhor eficiência requer 1/3 da quantidade que se usaria de estearato de zinco. Entretanto em quantidades maiores pode deixar resíduos no molde e diminuir o brilho da peça moldada.

Desmoldantes internos com base em fosfatos também são usados com boa eficiência.

REFORÇOS

O tipo de reforço das fibras de vidro é absolutamente decisivo nas propriedades mecânicas do SMC. O roving contínuo cortados no comprimento de 1 a 2 polegadas é o mais comum.

É possível também o uso de fio contínuo para aumentar a resistência em uma determinada direção. O teor de reforço deve ser de 25 a 30%. Para se obter resultados de propriedades mecânicas acima do aço, é possível a utilização de outros tipos de reforço, como fibras de carbono, boro, aramida, poliéster etc.

O MOLDE

Para a conformação do SMC o molde deve ser construído em metal, no tamanho e forma da peça. Pode ser em aço 1045 ou 4140, laminado ou fundido. Um molde fundido é mais adequado quando a forma e contornos da peça são complexos. O decisão de cromar o molde é feita pelo moldador. Uma espessura de 0,0005 a 0,001 mm de cromo duro fornece algumas vantagens, como proteger a superfície do molde, aumentando sua vida útil, melhorar o aspecto superficial da peça e facilitar a sua desmoldagem.

No projeto de construção do molde devem ser considerados os canais de aquecimento por vapor. Não há regras para a sua localização, a forma da peça é que vai determinar a sua localização.

É importante também considerar o fechamento do molde. Um "pinch-off" de 1/16 de polegada é recomendado. Devem ser projetados os pinos guia e extratores, que são necessários para a desmoldagem das peças.

O EQUIPAMENTO

Para o processamento do SMC são necessários três equipamentos básicos:

I. Tanque e misturador tipo Cowles para a preparação da pasta-matriz

II. Máquina para a conformação do pré-impregnado, onde esta acoplado o picotador para o roving, a esteira rolante para o transporte do material, as “doctor blades” que regulam a quantidade de pasta matriz sobre o filme suporte e os rolos de compactação das fibras de vidro.

III. Prensas hidráulicas de alta tonelage m ou injetoras onde são colocados os moldes.

O ACABAMENTO

Na indústria automobilística normalmente a pintura tem grande importância. As peças produzidas em SMC tem a superfície acabada nos dois lados, não sendo necessária a preparação antes da aplicação do primer e do esmalte de acabamento. Recomenda-se, entretanto, que seja feita uma limpeza com solvente ou preferencialmente com detergente alcalino, com a finalidade de remover o agente desmoldante e não prejudicar a aderência do acabamento.

SUGESTÃO DE FÓRMULA

SMC Low Profile

<u>Componentes</u>	<u>Partes por peso</u>
Resina poliéster	60
Aditivo termoplástico	40
Iniciador	1 - 2
Agente desmoldante	4
Carga mineral	170 - 210
Agente espessante	1 - 4
Roving picado (50 mm de comprimento)	20 - 30% em peso

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO MOLDADO EM SMC

<u>Característica</u>	<u>Valores típicos</u>
Resistência à tração - MPa	80 - 140
Módulo de elasticidade na tração - MPa	6.200 - 13.800
Resistência à flexão - MPa	170 - 280
Módulo de elasticidade na flexão - MPa	8.600 - 70.000
Resistência à compressão - MPa	103 - 210
Impacto (Izod com entalhe) - J/m	233 - 580
Peso específico	1,7 - 2,0



Cooperativismo em Materiais Compósitos

<i>Temperatura de distorção térmica - °C</i>	177 - 232
<i>Resistência ao calor contínuo - °C</i>	149 - 177
<i>Taxa de queima</i>	<i>de lenta a auto-extinguível</i>
<i>Dureza Barcol</i>	40 - 80
<i>Dureza Rockwell</i>	H50 - H112
<i>Absorção de umidade, 24 horas - %</i>	0,1 - 1,0
<i>Resistência química</i> ■ <i>ácidos fracos</i> ■ <i>ácidos fortes</i> ■ <i>bases fracas</i> ■ <i>bases fortes</i> ■ <i>solventes orgânicos (exceto cloreto de metileno)</i>	<i>Boa - Excelente</i> <i>Regular</i> <i>Regular</i> <i>Pouca</i> <i>Boa - Excelente</i>
<i>Teor de fibra nominal - %</i>	35

CONCLUSÃO

SMC devido as suas propriedades vantajosas, tornou-se na Europa e nos Estados Unidos um material de construção, principalmente para a indústria automobilística. Essas vantagens podem ser brevemente resumidas em:

- *Alta resistência mecânica aliada a baixo peso*
- *Larga flexibilidade de design*
- *Grande resistência ao impacto*
- *Grande resistência ao calor*
- *Boas propriedades elétricas*
- *Resistente a corrosão*
- *Boas propriedades retardantes de chama*
- *Ótimo acabamento superficial*
- *Fácil aplicação de pintura*
- *Possibilidade de colocar insertos metálicos*
- *Adaptável a processos automáticos*
- *Processo não prejudicial ao meio ambiente*

BIBLIOGRAFIA

** SPI HANDBOOK OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING OF PLASTICS/COMPOSITES
J. Gilbert Mohr, Samuel S. Oleesky, Gerald D. Shook, Leonard S. Meyer*