



PRENSAGEM COM VÁCUO

Abril 2001

PRENSAGEM COM VÁCUO

Os processos para transformar resinas poliéster reforçadas com fibras de vidro podem ser sofisticados e caros, como a prensagem a quente, ou simples e baratos, como a laminação manual ou a pistola. Entre esses extremos existem outros processos de custo e sofisticação intermediários, que servem para fazer peças grandes ou pequenas em baixas ou altas escalas de produção. A escolha entre essas opções deve ser feita levando em conta as exigências técnicas e econômicas da aplicação. Por exemplo:

- Se a aplicação exigir peças pequenas e complexas, com acabamento liso dos dois lados e rigoroso controle de espessura, a prensagem a quente deve ser escolhida por critério técnico. Se, além disso, for necessária alta escala de produção, o critério econômico também indica a prensagem a quente.
- Se as peças não precisarem de acabamento liso nas duas faces, e tiverem pequena escala de produção, os critérios técnico e econômico apontam para os processos de laminação manual ou a pistola.

Nos exemplos acima não há discordância e fica fácil fazer a escolha. As dificuldades acontecem quando existe conflito. Como conciliar, por exemplo, baixas escalas de produção com necessidade de controle de espessura e acabamento liso nas duas faces? Essas dificuldades podem ser resolvidas usando processos intermediários, como RTM ou prensagem a frio.

Esta monografia tem dois objetivos. O primeiro é apresentar de maneira simples e abrangente uma nova técnica de prensagem a frio, na qual as prensas são substituídas pela pressão atmosférica. O segundo é explicar como construir os moldes para tirar o máximo proveito da prensagem com vácuo.

Começamos descrevendo e posicionando os processos concorrentes. Em seguida entramos nos detalhes específicos da prensagem com vácuo.

OS PROCESSOS

Na prensagem a quente a resina é pré-misturada com fibras de vidro, cargas minerais e outros ingredientes. A massa resultante dessa mistura é conhecida como SMC ou BMC e é prensada em moldes metálicos aquecidos. Esse processo usa matérias-primas de baixo custo (alto teor de carga) e têm alta produtividade, mas não serve para fazer peças de grandes dimensões ou que tenham baixas escalas de produção, porque os custos fixos dos moldes e das prensas podem ser muito altos. Na prensagem a quente as fibras de vidro são pré-impregnadas pela resina antes de ser colocadas no molde. A cura pode ser feita com rapidez porque não há necessidade de esperar para a resina molhar as fibras. Os moldes de aço são aquecidos a 150°C e o ciclo de moldagem pode variar entre 1 minuto e 3 minutos, dependendo da espessura da peça.

A moldagem manual é feita em baixas temperaturas e sem pressão. As fibras de vidro são impregnadas pela resina dentro do molde, durante a laminação. A laminação a pistola difere da manual apenas no fato das fibras e da resina serem aplicadas a pistola ao invés de a mão. Esses processos usam moldes de madeira ou de poliéster reforçado com fibras de vidro, que são fáceis de construir e não têm limitações de custo ou dimensões. Porém, são processos lentos, de baixa produtividade, e que não servem para altas escalas de produção.

Na moldagem manual a resina deve ser ativada para cura lenta, para ter tempo de ser aplicada e molhar as fibras antes de gelatinizar. O mesmo ocorre com a laminação a pistola. Os ciclos de moldagem típicos para esses processos variam de 1 hora (peças pequenas) a dias (peças grandes, como cascos de embarcações).

Existem outras diferenças entre esses processos. A prensagem a quente usa moldes fechados e molda peças lisas dos dois lados, enquanto os processos de molde aberto produzem apenas uma superfície lisa e bem acabada. A prensagem a quente exige investimento elevado em prensas hidráulicas e moldes metálicos e é usado para fazer peças pequenas ou médias e em altos volumes de produção. Os processos manual ou a pistola podem ser usados para peças grandes ou pequenas e exigem pequeno investimento, mas são muito lentos para altos volumes de produção.

A indústria dos plásticos reforçados sempre teve interesse em processos que aliassem as vantagens da prensagem a quente (ciclos rápidos, acabamento dos dois lados, controle de espessura) com as da laminação a pistola (baixo investimento). Os

chamados processos intermediários procuram encher essa lacuna. Os mais conhecidos são a prensagem a frio e o RTM.

A prensagem a frio usa moldes baratos e prensas simples, de baixo custo. Nesse processo, as fibras de vidro são colocadas manualmente na cavidade do molde e a resina é despejada sobre elas. A prensa fecha e força a resina a encher a cavidade do molde. A cura acontece a frio, isto é, na temperatura ambiente. Assim, na prensagem a frio, a resina é espalhada pela pressão do molde. Nesse processo, como aliás em qualquer outro, o ciclo de cura depende do tempo necessário para encher a cavidade do molde e para a resina impregnar as fibras de vidro. Na prensagem a frio o espalhamento é feito por compressão e por isso tem ciclo mais curto que a laminação manual ou a pistola. Porém, como as fibras são impregnadas no molde, esses ciclos são mais longos que os de prensagem a quente.

A moldagem por transferência de resina (RTM) difere da prensagem a frio na maneira como a resina é espalhada no molde. Na prensagem ela é despejada na cavidade antes de fechar o molde, enquanto no RTM ela é injetada depois do fechamento. Nos dois casos as fibras de vidro são colocadas manualmente na cavidade. Os ciclos do RTM são relativamente longos, porque a resina precisa de tempo para encher a cavidade do molde e impregnar as fibras antes de curar.

Tanto o RTM como a prensagem a frio servem para ocupar a lacuna entre a prensagem a quente e a laminação a pistola, oferecendo ciclos de moldagem intermediários, acabamento liso nas duas faces e investimentos também intermediários. Mas na prática, no Brasil, nem a prensagem a frio, nem o RTM tiveram grande aceitação. As razões para isso podem ser encontradas nas particularidades desses processos. Uma grande deficiência da prensagem a frio é a necessidade de uma prensa para cada molde. Assim, para trabalhar simultaneamente com 10 moldes, são necessárias 10 prensas, o que torna o investimento progressivamente alto. Esta deficiência não existe no RTM, porque uma única injetora pode servir vários moldes. Porém, os moldes para RTM devem ser construídos rígidos e pesados, para não deformar com as altas pressões de injeção. Esses moldes são caros e exigem equipamentos de alto custo para ser manuseados.

Os investimentos relativamente altos tornam esses dois processos pouco atraentes para a maioria dos transformadores. Na prática, para aumentar a produção as empresas transformadoras preferem construir um grande número de moldes para laminação a pistola, que fazer os investimentos requeridos pelo RTM ou pela prensagem a frio. Além disso, esses dois processos trabalham melhor com preforms ou mantas de filamentos contínuos, que têm custo muito alto quando comparados ao roving usado para laminar a pistola.

Em relação aos processos de molde aberto, o RTM e a prensagem a frio usam moldes, equipamentos e matérias-primas de maior custo, e são usados apenas para

fazer peças que necessitem grande controle de peso e de espessura, e que precisem ter acabamento liso nas duas faces. Essas peças são geralmente mais caras que as feitas por laminação a pistola e são usadas em nichos de mercado que pagam um preço diferenciado para ter essas propriedades. É o caso, por exemplo, da indústria automotiva. Uma montadora de caminhão paga um preço mais alto para ter a qualidade de um capô feito por RTM, mas uma construtora prefere comprar banheiras feitas por laminação a pistola.

A prensagem com vácuo concorre no mesmo espaço ocupado pelo RTM e pela prensagem a frio. Os principais destaques da prensagem com vácuo são enumerados a seguir:

- 1. Não usa prensas. As prensas são substituídas pela pressão atmosférica.*
- 2. Trabalha com moldes leves e baratos. que não exigem equipamentos caros para manuseio, abertura e fechamento.*
- 3. Não exige o uso de preforms ou de mantas de filamentos contínuos*
- 4. As peças moldadas com vácuo têm bom acabamento nas duas faces e bom controle de espessura*

O ciclo de moldagem da prensagem com vácuo é similar aos da prensagem a frio e do RTM, isto é, mais rápido que a laminação manual ou a pistola, porém mais lento que a prensagem a quente.

DESCRIÇÃO DA PRENSAGEM COM VÁCUO

A prensagem com vácuo é similar à prensagem a frio, com a vantagem de exigir investimento muito menor em moldes e equipamentos. A seguir fazemos uma rápida descrição desse processo.

- 1- As fibras de vidro são colocadas manualmente na metade inferior do molde. A quantidade de fibras em gramas por metro quadrado depende da espessura da peça.
- 2- A resina é despejada na parte central do molde, sobre as fibras de vidro. A quantidade de resina também é função da espessura da peça.
- 3- O molde parcialmente fechado. O fechamento deve ser suficiente para que o anel de vedação, colocado em uma das metades do molde, encoste na outra. O fechamento completo é feito pela pressão atmosférica, quando o anel de vedação apertar o suficiente para permitir o acionamento do vácuo.
- 4- O vácuo é acionado. As duas metades do molde, empurradas pela pressão atmosférica, fecham e forçam a resina a encher a cavidade. A resina flui empurrada pelo molde e ocupa o lugar do ar na cavidade. Para minimizar o aprisionamento de ar, a metade superior do molde deve tocar a resina após a evacuação da cavidade. Para isso, o anel de vedação deve ter grande altura.
- 5- O ar escapa entre as abas de guiamento. A folga entre essas abas é suficiente para permitir o fácil escoamento do ar. A resina tem dificuldade em passar por essa folga e por isso enche a cavidade antes de ser expelida e acumular no canal de excesso.
- 6- A resina cura em contato com as duas metades do molde. A peça moldada tem acabamento liso nas duas faces.
- 7- Terminada a cura, o vácuo é desligado, o molde é aberto e a peça é desmoldada.
- 8- A peça rebarbada está pronta para ser pintada ou colocada em uso.

Os moldes usados para prensagem com vácuo não precisam ter pinos guia nem batentes. O guiamento é feito pelas abas-guia, que devem sempre ficar na vertical. Quando as metades do molde encaixam uma na outra, as abas-guia asseguram o guiamento. Os flanges de fechamento servem a função de batente. Quando o molde

fecha, suas metades encostam nos flanges de fechamento e param ai, não avançando mais. Assim os flanges de fechamento servem de batente.

A foto da esquerda mostra as duas metades de um molde usado para fazer prensagem com vácuo. Esse molde tem dois anéis de vedação e um ponto de injeção na metade macho e por isso serve também para RTM light. A foto da direita mostra o roving sendo picado. Um dos atrativos da prensagem com vácuo é a possibilidade de usar roving em lugar de manta e de preform.

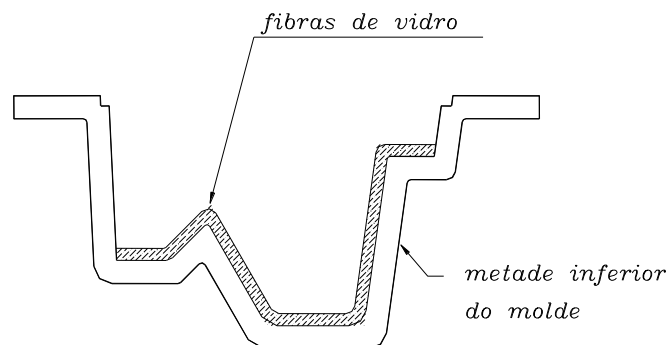
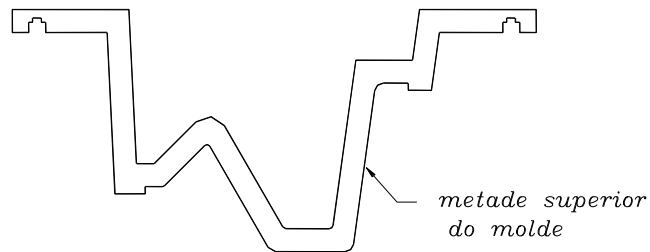
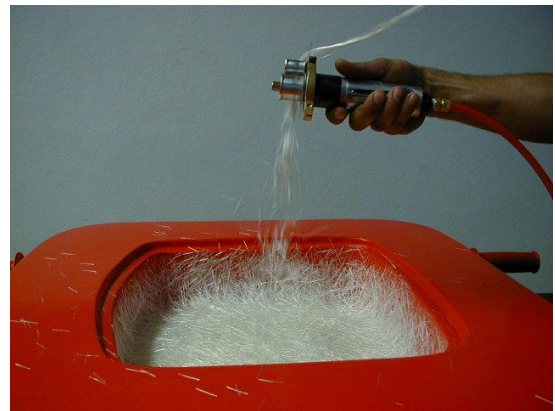


Figura 1

Molde aberto com as fibras na cavidade

Vamos ver o que acontece se for usado excesso de material, isto é, mais fibras ou mais resina que o necessário para fazer a peça.

Vamos começar explicando o que acontece com excesso de resina. Nesse caso o molde fecha até encostar os flanges de fechamento. O excesso de resina escapa entre as abas-guia e acumula no canal de excesso. A finalidade desse canal é acumular os eventuais excessos de resina para evitar que ele seja succionado pela mangueira de vácuo. Caso seja usada pouca resina, insuficiente para encher a cavidade, a peça fica com fibras secas, não impregnadas. A prensagem com vácuo deve ser feita com excesso de resina, para evitar esse problema. A espessura da peça é definida pela cavidade do molde e não depende da quantidade de resina.

O excesso ou escassez de fibras de vidro também não tem influência na espessura da peça. Excesso de fibras resulta em peça com alto teor de vidro e excaszez, o contrário. A espessura depende apenas da geometria da cavidade e é sempre a mesma desde que os flanges de fechamento encostem um no outro.

A foto da esquerda mostra a resina sendo despejada sobre as fibras de vidro. À direita vemos o fechamento do molde. Os moldes usados para prensagem com vácuo são leves e dispensam o uso de prensas ou talhas. Depois de fechado, o molde é comprimido pela pressão atmosférica.



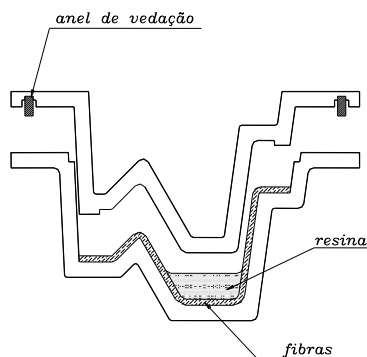


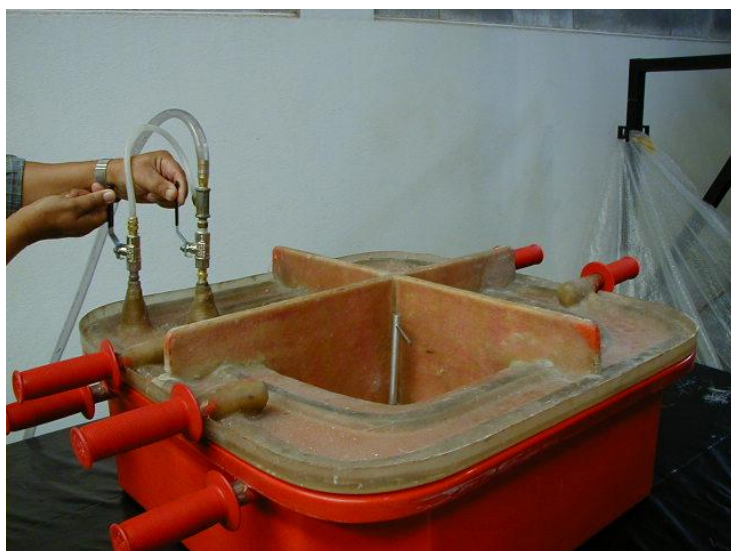
Figura 2

As metades do molde são posicionadas e o vácuo é acionado para fazer o fechamento. Ao fechar, o molde espreme a resina. O excesso de resina flue para o canal de excesso

Os flanges de fechamento devem encostar um no outro para assegurar a espessura desejada. Para isso o anel de vedação deve sofrer grandes deformações. O anel deforma, fica achatado, e ocupa o recesso ao seu redor. O anel deve deformar sem interferir com o encostamento dos flanges de fechamento. Essa condição é importante para assegurar reprodutibilidade de espessura.

Nota: Se desejado, é possível fazer moldes com batentes. Esses moldes devem ser feitos usando cera milimetrada ao redor do flange de fechamento, com espessura idêntica à dos batentes. Esses moldes não precisam ter recesso para acomodar a deformação do anel de vedação.

O vácuo é acionado para fechar o molde. Como o molde do exemplo tem dois anéis, são usadas duas válvulas, a da direita liga o vácuo na cavidade e a outra liga na aba de fechamento. O vácuo permanece ligado até a resina curar.



As abas ou flanges de fechamento devem ficar sempre no mesmo plano horizontal, para comprimir o anel de vedação. Se a linha de rebarbação não ficar no mesmo plano, a altura das abas-guia deve ser aumentada onde necessário, para que as abas de fechamento fiquem sempre em um mesmo plano horizontal.

A resina é ativada para cura rápida. O ciclo da prensagem com vácuo é menor que o da laminação a pistola. Depois da cura, o vácuo é desligado e o molde pode ser aberto. Na foto da direita observamos a peça antes de ser desmoldada e a resina no canal de excesso.



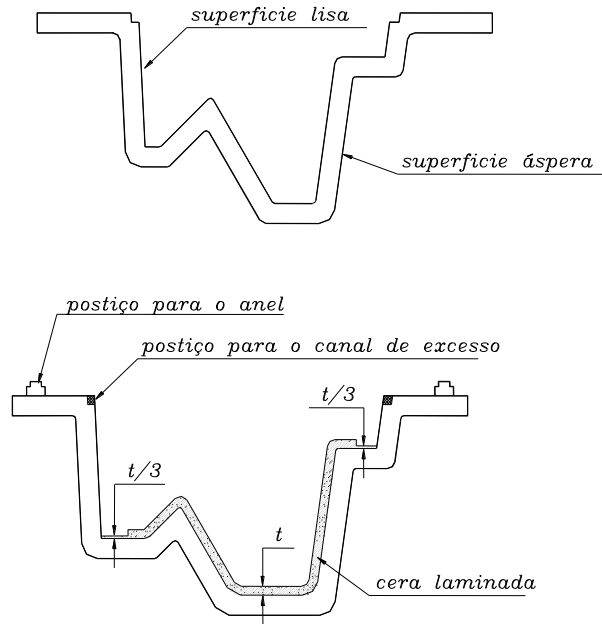


Figura 3
 Mostra o molde aberto e a peça curada. Observe a rebarba (pinch) com 1/3 da espessura da peça.

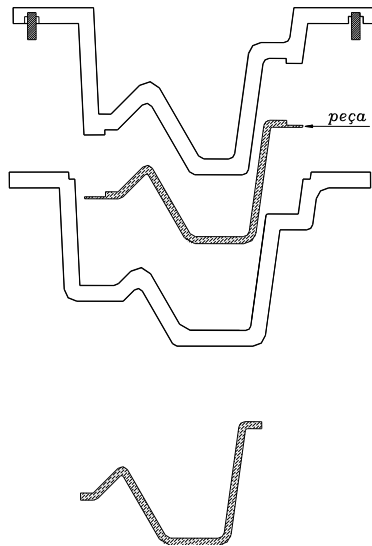


Figura 4
 Peça depois de rebarbada, com acabamento liso dos dois lados

À esquerda vemos a peça desmoldada, antes de ser rebarbada. A rebarba é muito pequena e corresponde ao pinch acrescido da resina acumulada nas abas de guia. Na foto da direita vemos a peça depois de rebarbada. Essa peça tem as duas faces lisas e rigoroso controle de espessura.

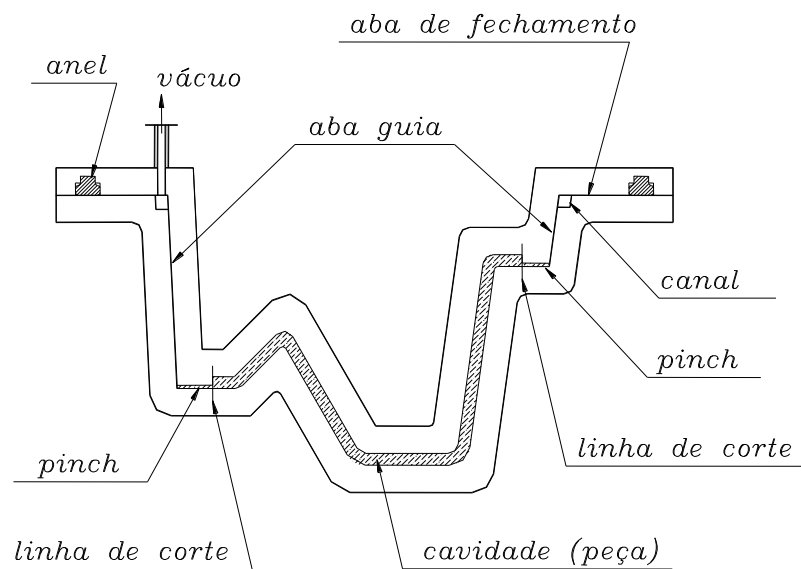


Figura 5

Molde fechado mostrando a linha de corte e a conexão para o vácuo.