

*Handbook of Plastic Processes - Charles A. Harper - Timonium, Maryland
Wiley Interscience - A John Wiley & Sons, Inc., Publication
Copyright © 2006 by John Wiley & Sons, Inc.
Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
John L. Hull - Consultant, Ivyland, Pennsylvania*

6 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DE PLÁSTICOS TERMOFIXOS

6.1 INTRODUÇÃO

6.2 MOLDAGEM POR COMPRESSÃO

- 6.2.1 Ciclo de Respiro
- 6.2.2 Aditivos
- 6.2.3 Variáveis do ciclo
- 6.2.4 Pré-aquecimento
- 6.2.5 Absorção da umidade
- 6.2.6 Rigidez a quente
- 6.2.7 Moldagem por compressão automática

6.3 MOLDAGEM POR TRANSFERÊNCIA

- 6.3.1 Introdução de insertos no moldado usando o processo por transferência
- 6.3.2 Encapsulamento direto de dispositivos semicondutores na moldagem por transferência

6.4 PROCESSOS RELACIONADOS PARA A MOLDAGEM DE TERMOFIXOS

- 6.4.1 Moldagem por injeção
 - 6.4.2 Moldagem de injeção por pistão
 - 6.4.3 Ventagem assistida à vácuo
 - 6.4.4 Mecanismos de fechamento opcionais
 - 6.4.5 Pinos de posicionamento retráteis
 - 6.4.6 Prensas de moldagem eletricamente conduzidas
-

6 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DE PLÁSTICOS TERMOFIXOS

6.1 INTRODUÇÃO

A moldagem por compressão e a moldagem por transferência são processos históricos e atuais para moldar os plásticos termofixos [fenólicos, melaminas, uréias, ftalatos, poliésteres insaturados, silicões, epóxidos, alquídicos, etc.]. Ao contrário dos termoplásticos, os plásticos termofixos experimentam uma reação química irreversível e exotérmica durante a moldagem, chamada polimerização, causada pelo calor (+/- 150°C) e pressão (entre 2000 e 5000 lb/pol²). Depois da polimerização, as peças moldadas termofixas rígidas retêm suas propriedades físicas, químicas e elétricas numa faixa de temperatura de 50°C a 150°C ou mais.

6.2 MOLDAGEM POR COMPRESSÃO

A figura 7.1 mostra o processo de moldagem por compressão. A metade inferior do molde, contendo uma ou várias cavidades inferiores, é aparafusada à placa inferior da prensa de moldagem. Neste diagrama uma prensa de fechamento superior é mostrada. A moldagem de compressão pode igualmente ser feita em prensas de fechamento inferior. As metades do molde

são mantidas aquecidas a aproximadamente 150°C, dependendo do plástico que está sendo moldado. Uma carga medida do composto de moldagem, granulado ou pré-formado, é colocada nas cavidades inferiores abertas. A prensa é então acionada para fechamento ascendente, em velocidade geralmente rápida de (200 a 800 pol./min) até que o material de moldagem contate a metade superior do molde. A velocidade de fechamento é reduzida então (0 a 80 pol./min) enquanto o material nas cavidades é aquecido pelo molde e se torna fundido. Enquanto o molde continua a se fechar, o material é forçado a fluir enchendo as cavidades. A carga medida contém aproximadamente 3 a 5% a mais de material do que é exigido para as peças moldadas, incluindo o canal e a perda. Enquanto as metades do molde estão juntas fechando inteiramente as cavidades, o pequeno excesso de material é espremido para fora ao longo das superfícies do molde, as áreas lisas selam as cavidades e fazem com que o plástico seja comprimido para a polimerização ou cura. O pequeno excesso de material que fica externo ao molde em um *flash* muito fino (esmagamento) deve ser separado prontamente da peça que está em cura e que será removida depois como peça acabada (figuras 7.2 e 7.3).

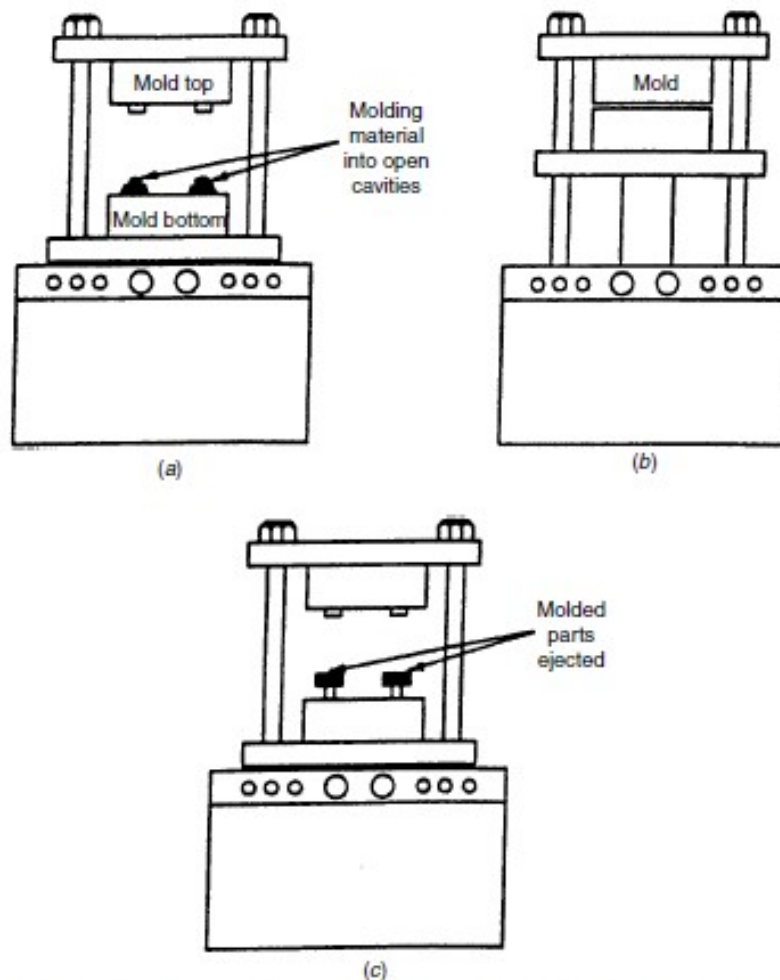


FIGURE 7.1 Compression molding sequence: (a) molding material is placed into open cavities; (b) the press closes the mold, compressing material in the hot mold for cure; (c) the press opens and molded parts are ejected from the cavities.

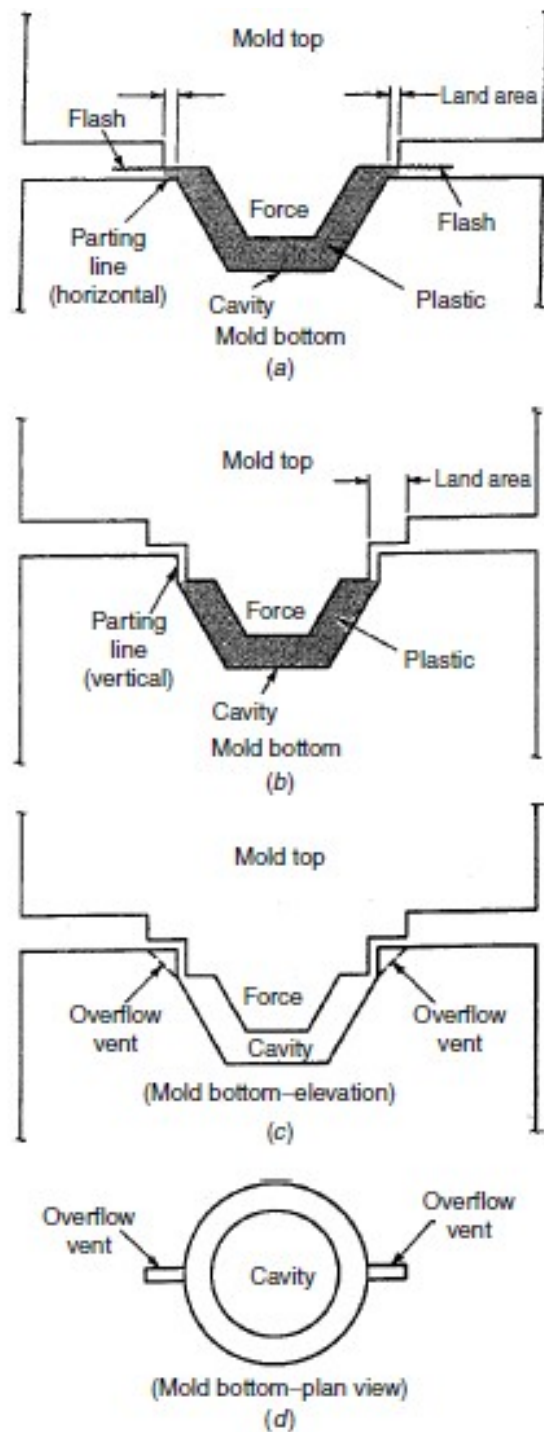


FIGURE 7.2 Compression mold cavity venting options: (a) flash-type compression mold; (b) fully positive compression mold; (c) semipositive compression mold; (d) semipositive compression mold.

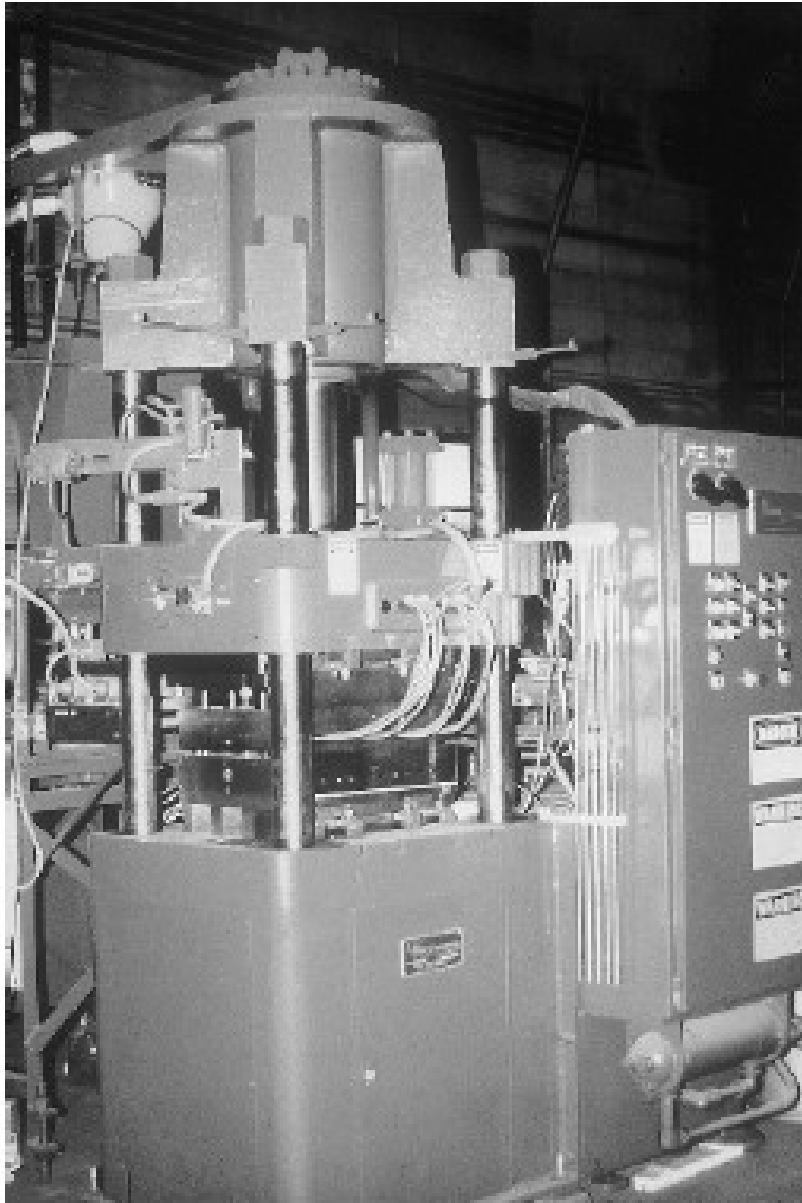


FIGURE 7.3 Downward-closing compression mold.

6.2.1 Ciclo de Respiro

Alguns termofixos exigem uma variação menor, mas importante no ciclo de moldagem por compressão, especificamente o ciclo de respiro (figura 7.4). A variação é necessária para permitir o escape fácil de vapor, do ar, e de outros gases do composto de moldagem, devido a que o plástico experimenta aquecimento da moldagem e da reação exotérmica da resina e do catalizador (no composto de moldagem) durante a cura. O ciclo de respiro é usado quase sempre com fenólicos e outros compostos de moldagem do formaldeído, e na maior parte da moldagem de compressão.

Os ciclos de respiro ou de desgaseificação são efetuados incorporando, no sistema de controle do ciclo da prensa, um tempo no final ou no período da cura (frequentemente, um

segundo ou mais antes que o molde alcance o fechamento completo) mas num tempo em que o material ainda não alcançou a dureza total. O controlador do ciclo abre o molde talvez com 1 pol. ou mais ("respiro aberto"), a prensa mantém o molde nessa posição por 2 a 4 segundos ("interrupção do respiro"), e fecha então a prensa com toda pressão de fechamento para a cura. Com alguns compostos de moldagem e relativamente grandes peças moldadas, o ciclo pode exigir dois ou mesmo três ciclos de respiro antes da cura final. O molde é então fechado a pressão e assim mantido para a cura, durando menos do que um minuto para peças pequenas, ou até diversos minutos ou mais, dependendo do tamanho e da espessura da peça moldada.

Após a cura a prensa abre e a moldura estrutural movimentada-se para baixo. Aproximadamente 1 pol. antes do final do percurso, um dispositivo chamado de placa de pinos, que possui um ou vários pinos ejetores de metal que se estendem até as superfícies inferiores da cavidade, bloqueia neste trajeto de descida, enquanto a moldura estrutural e o molde continuam seu curso descendente nesta polegada final. Durante esse curso final, os pinos do ejetor são empurrados para cima de encontro às peças moldadas, levantando-as eficazmente das cavidades (figura 7.4).

Neste momento, as peças moldadas não estão completamente curadas, mas devem estar suficientemente rígidas para serem removidos das cavidades e dos pinos do ejetor. Durante os próximos minutos, o plástico continua a curar-se enquanto sua temperatura retorna gradualmente à temperatura ambiente. O operador da prensa remove as peças da área do molde manualmente e segue carregando as cavidades do molde com o plástico para a próxima moldagem

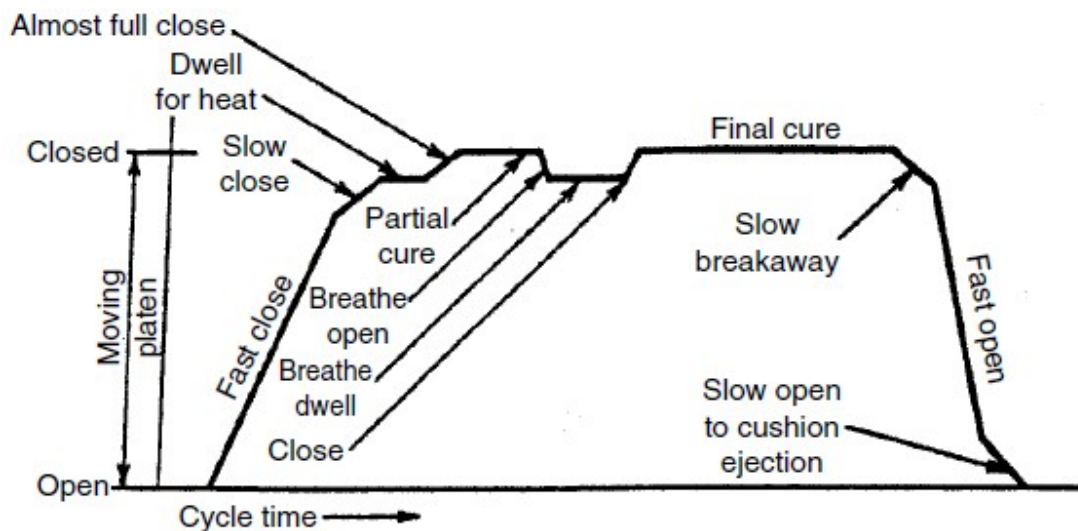


FIGURE 7.4 Typical compression cycle.

6.2.2 Aditivos

Termofixos são formulados geralmente com uma variedade de aditivos para melhorar as propriedades físicas, elétricas e químicas das peças moldadas. Para a resistência física, freqüentemente a fibra de vidro é misturada com a resina base e o catalizador. Para a resistência a formação de arcos elétricos nas peças moldadas, a mica, a alumina, ou o silicone podem ser adicionados. Os sais halogênios podem ser adicionados como um retardante à propagação de chama. Outros aditivos podem ser usados para acelerar ou retardar a reação de ligações cruzadas. Uma pequena quantidade (3% de peso) de aditivo para a liberação do molde tal como a cera de carnaúba ou o estearato de zinco é usada frequentemente para diminuir as características adesivas do composto de moldagem, permitindo da peça moldada ser ejetada da cavidade do molde com resistência mínima.

6.2.3 Variáveis do ciclo

As variáveis que podem ser ajustadas para aperfeiçoar o ciclo de moldagem incluem a temperatura do molde, mais elevada para curas rápidas (mais rápido o cruzamento de cadeias moleculares). A velocidade do curso da moldura estrutural durante o fim de prensagem pode necessitar de ser reduzido para assegurar-se de que o composto de moldagem esteja amaciado parcialmente pelo calor do molde inferior, antes que o material contate a parte superior - meias cavidades. A velocidade durante o fim do percurso do molde é fortemente reduzida para assegurar um fluxo de material suave em todas as direções dentro da cavidade garantindo do molde alcançar o final preenchido.

6.2.4 Pré-aquecimento

Moldar com pó pré-aquecido ou com pré-formas permite ciclos menores para peças grandes e peças com seções transversais grossas. Uma pré-forma é feita colocando a medida de carga granular em um pré-formador a temperatura ambiente para compactar o material em uma forma retangular ou de disco. O composto de moldagem transforma-se um bloco contínuo bem embalado, contendo apenas a quantidade certa para a cavidade ou cavidades. O operador da prensa coloca a pré-forma num pré-aquecedor de alta freqüência ao lado antes de colocar a pré-forma na cavidade de moldagem. Uma vez dentro do pré-aquecedor, o ciclo de pré-aquecer é iniciado, o material plástico é exposto à freqüência alternada de 70 ou 100 MHz e aquece rapidamente (similar ao aquecimento de microonda) passando da temperatura ambiente a 100°C em 10 segundos ou mais (dependendo do peso da pré-forma) (figura 7.5). A pré-forma pode então ser transferida manualmente (com luvas) do pré-aquecedor à cavidade de moldagem pelo operador imediatamente antes de atuar os controles da prensa para um ciclo de moldagem. Devido a pré-forma já estar em 100°C bem maior do que os 20°C ambiente, o tempo para alcançar os 150°C no molde é bem menor (e o pré-aquecimento é mais uniforme em todo o plástico, melhor do que aquecendo o plástico somente pelo contato com o molde) (figura 7.6).

6.2.5 Absorção da umidade

Muitas formulações de moldagem para termofixos são higroscópicas no seu estado granulado ou no pré-formado não moldado, significando que tendem a absorver umidade na temperatura ambiente quando a umidade é elevada. Ajustes provisórios podem ser necessários no tempo do ciclo de respiro, ou no número de aberturas de respiro a cada ciclo para permitir que a umidade escape como vapor, antes que o molde seja inteiramente fechado. Os compostos de fenol formaldeído são especialmente higroscópicos. Tais materiais devem ser armazenados em espaço com ar condicionado (de umidade reduzida), em recipientes que tenham um filme plástico

ou outras barreiras para minimizar a penetração da umidade, especialmente se o armazenamento do material não moldado for prolongado.

6.2.6 Rigidez a quente

Outra propriedade dos termofixos que podem afetar os tempos de ciclo é a rigidez a quente, relacionado ao fato de que uma peça moldada termofixa é ejetada da cavidade do molde, sem estar inteiramente curada. Mesmo na temperatura de moldagem de 150°C, o 100% de cura pode não ser alcançado por horas ou mais depois da remoção da cavidade (figura 7.7). Se uma peça moldada mostra sinais de empenamento ou de deformação em alguma seção (frequentemente perto dos locais dos pinos de ejeção) depois da remoção do molde, pode ser necessário aumentar o tempo de 5 a 10 segundos e/ou, subir 5°C ou mais na temperatura do molde, permitindo que o plástico consiga um percentual maior de ligações cruzadas antes da abertura do molde e de ejeção da peça. Pode mesmo ser o caso de aumentar o tempo de alta frequência do pré-aquecimento de 5 a 10 segundos.

Os pinos do ejetor podem necessitar de ser aumentados no diâmetro para diminuir a pressão localizada no plástico quando os pinos estão empurrando a peça moldada fora da cavidade. Mais pinos de ejeção podem ser exigidos para melhorar a transferência e a moldagem por compressão, distribuindo as forças necessárias para efetuar a ejeção sem distorção. Além disso, o projeto da peça e da cavidade deve ser revisto para assegurar-se de que a inclinação suficiente (geralmente, 5°) esteja incorporada nas peças e nas seções do molde perpendiculares às superfícies divisoras do molde.

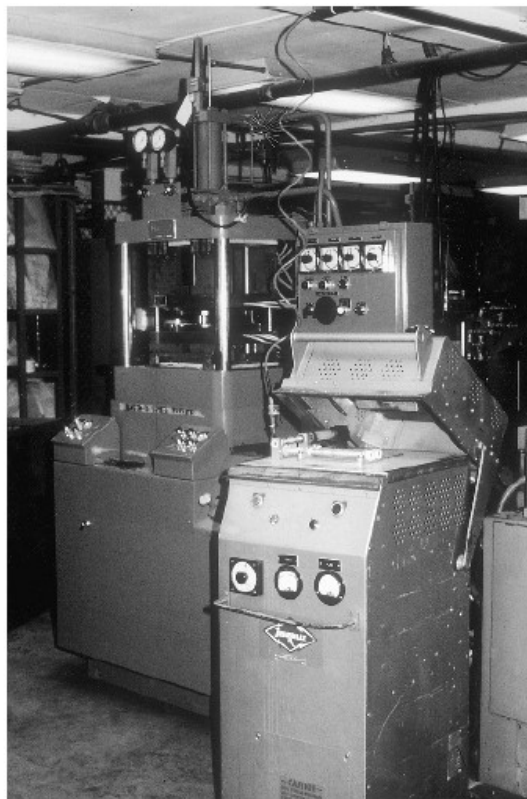


FIGURE 7.5 A high-frequency preheater, positioned next to the press, enables faster cures for both transfer and compression molding.

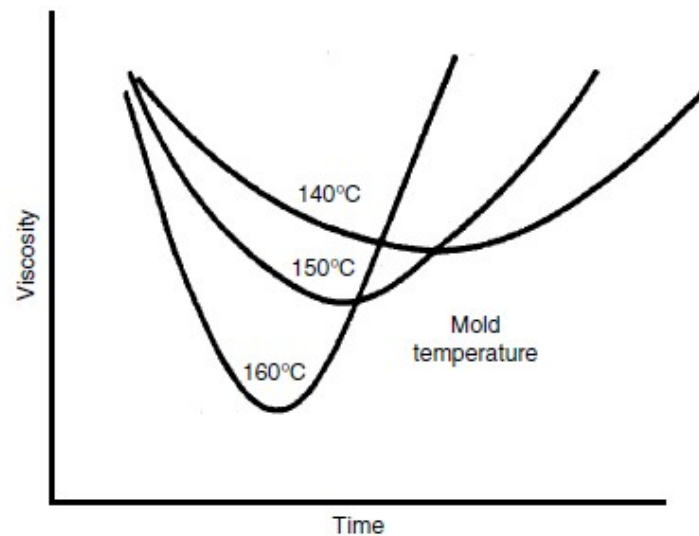


FIGURE 7.6 Higher mold temperatures shorten the flow time in the mold and accelerate cure, with compression, transfer, and injection molding of thermosets.

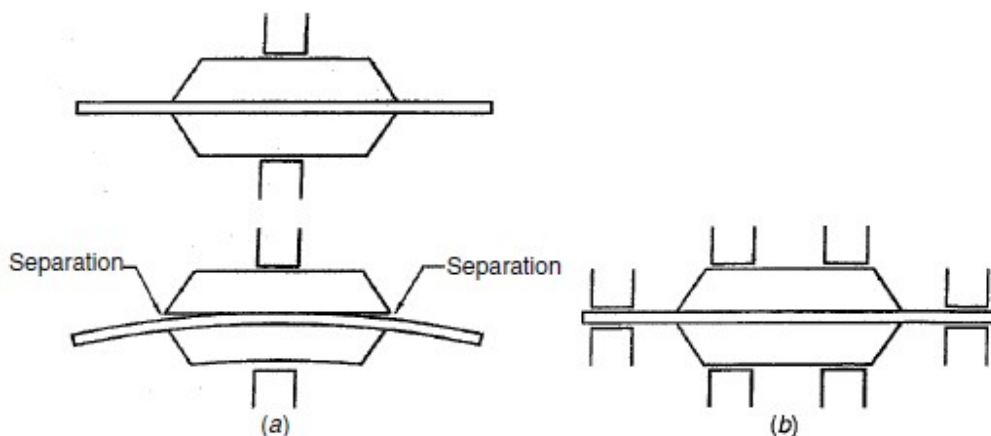


FIGURE 7.7 (a) Poor hot rigidity. On ejection of hot molded parts from a cavity, distortion can occur, causing separation of epoxy from leads, breaking epoxy bond. Subsequently, moisture will enter along interface between epoxy and leads. (b) Adequate ejector pins, top and bottom, acting on lead frames as well as on body of encapsulated device, will minimize possibility of separating plastic from lead frame during ejection.

6.2.7 Moldagem por compressão automática

Na moldagem por compressão inteiramente automática, o composto de moldagem é medido e alimentado de um funil distribuidor ou da pré-forma em um ou vários copos em um suporte móvel. O suporte é posicionado então automaticamente sob uma fonte de calor, frequentemente lâmpada de aquecimento infravermelha, para pré-aquecer o composto de moldagem antes de deixar cair as cargas em cada cavidade. Depois do pré-aquecimento, o suporte transporta as cargas pré-aquecidas diretamente sobre a metade inferior do molde, abre a parte inferior do suporte sob os copos, e permite que o plástico pré-aquecido caia de cada copo em sua cavidade respectiva. O suporte retorna então a sua posição abaixo do funil aguardando o ciclo seguinte. O ciclo de moldagem segue passando pelo fechamento da prensa, respiro caso

necessário, cura do material, e ejeção, a seguir um “pente” ou um robô entrarão no espaço entre as metades abertas do molde, para remover as peças moldadas, e para transportar as peças a um recipiente ou a uma correia transportadora. O ciclo seguinte é iniciado então automaticamente.

6.3 MOLDAGEM POR TRANSFERÊNCIA

Em 1928, Louis Shaw fundador da Shaw Insulator Company de New Jersey registrou a patente de um método para moldar termofixos por meio da qual na prensa fechada (com cavidades vazias) uma quantidade medida de composto de moldagem é colocada em uma câmara superior ao molde (chamada de pote de transferência) a seguir é forçada por um pistão de transferência a fluir do pote em um sistema de canal, sob pressão continuada do pistão, nas cavidades até que estejam cheias quando o pistão para de avançar e mantém a pressão de fechamento (frequentemente de 2000 a 5000 lb/pol², dependendo do composto de moldagem) no material enquanto ele cura. Na conclusão da cura, os controles sinalizam a prensa para abrir e para o pistão de transferência avançar mais ½ pol. nos potes de transferência assegurando de que o residual de plástico curado seja empurrado para fora do pote, após o que o pistão de transferência se retrai do pote aguardando o ciclo seguinte. A prensa continua a abrir o molde e efetua a ejeção das peças moldadas como na moldagem por compressão (figuras 7.8 a 7.10). As peças moldadas são removidas manualmente ou automaticamente, e a prensa e o molde estão prontos para o ciclo seguinte.

As vantagens da moldagem por transferência sobre a moldagem por compressão são diversas. Uma vantagem é que as dimensões da peça, no sentido do fechamento e da abertura do molde, podem ter tolerâncias mais próximas porque o molde é firmemente fechado, metal com metal, antes de o plástico ser introduzido na cavidade. O *flash* na superfície da divisão do moldado é mínimo, ou nenhum. Outra vantagem da moldagem por transferência sobre a moldagem por compressão é que as cavidades do molde são expostas ao plástico que já está um tanto fundido, permitindo uma vida útil maior da cavidade. Na moldagem por compressão, o plástico granulado sólido faz contato com as superfícies da cavidade do molde, e com o tempo, o acabamento de cromo duro das superfícies da cavidade sofrerá desgaste, exigindo uma manutenção mais freqüente do molde.

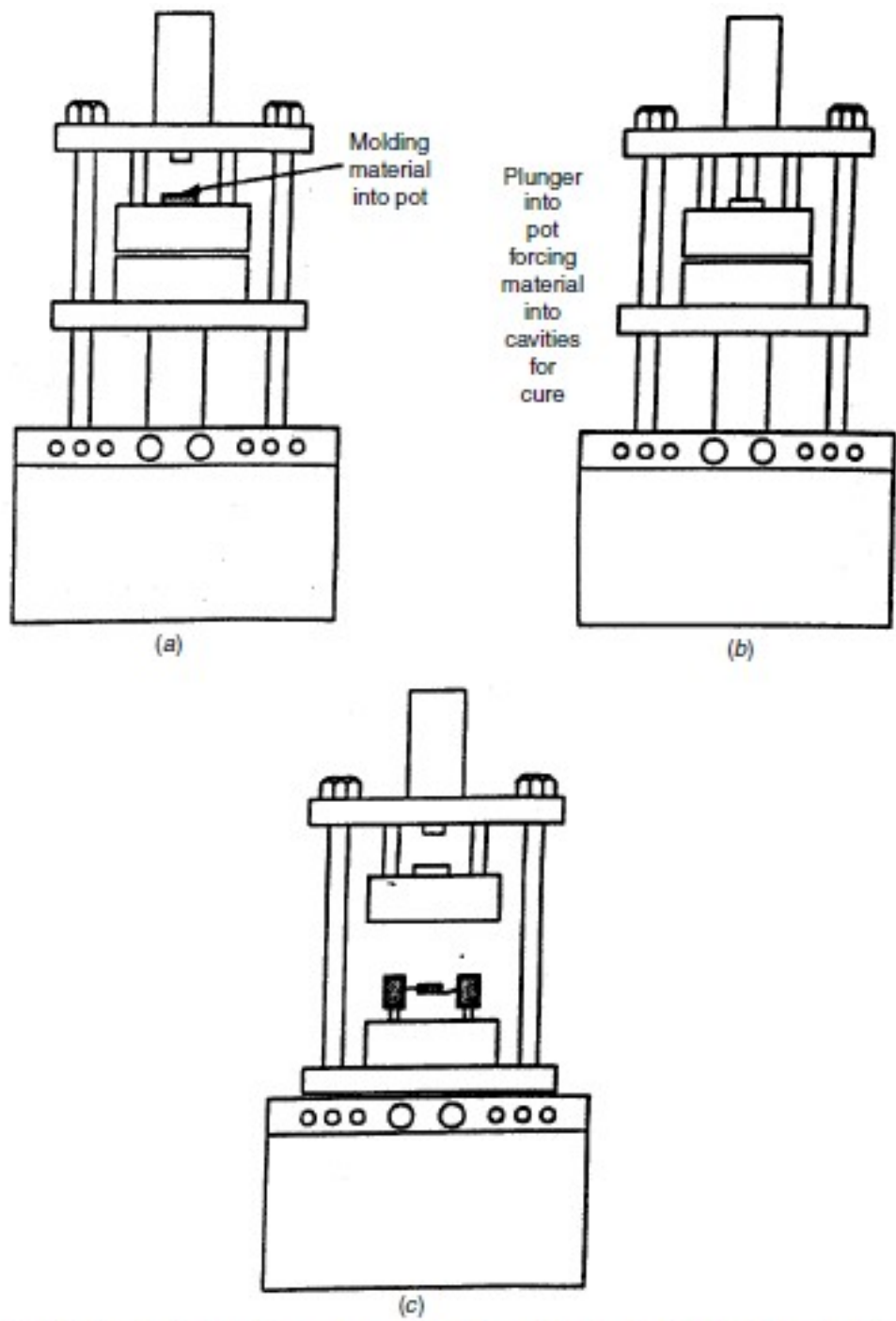


FIGURE 7.8 Transfer molding sequences: (a) the mold is closed and material is placed in the pot; (b) the plunger descends into the pot, causing material to melt and flow through runners into cavities; (c) after cure, the press opens, the plunger retracts, and parts are ejected with cull and runners.

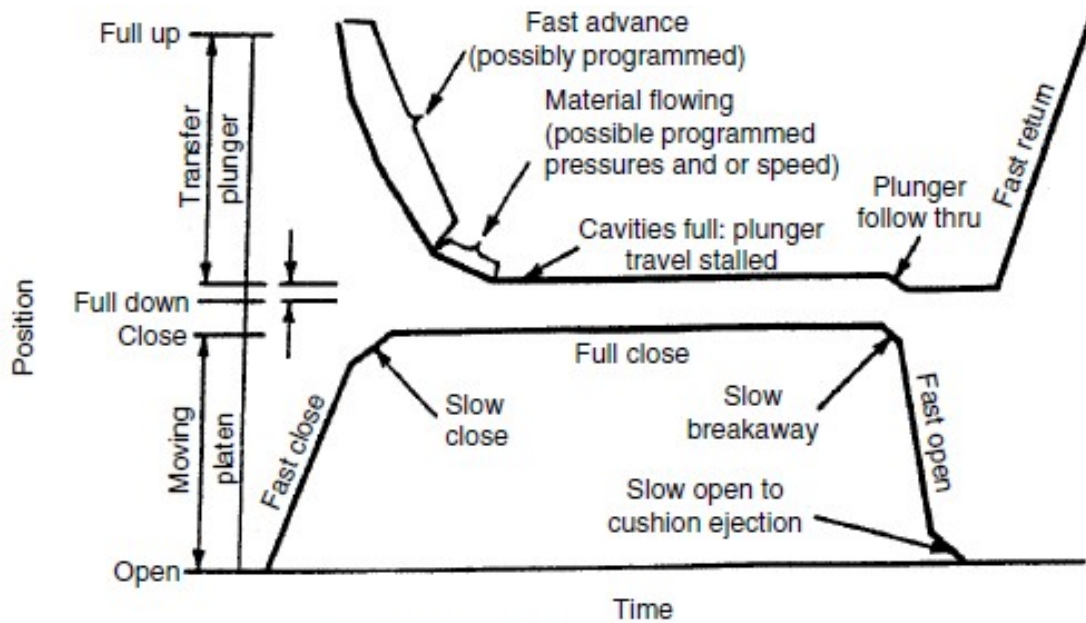


FIGURE 7.9 Typical transfer cycle.

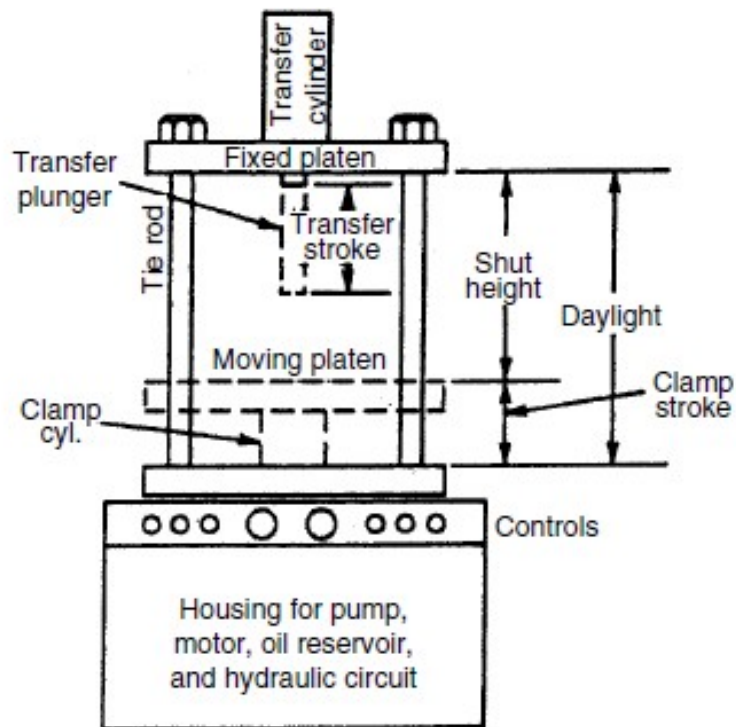


FIGURE 7.10 Typical specifications and terminology of compression and transfer processes

6.3.1 Introdução de insertos no moldado usando o processo por transferência

Talvez a vantagem principal da moldagem por transferência sobre a moldagem por compressão é o processo de introduzir insertos no moldado, no qual um componente de metal ou de vidro pode ser colocado na cavidade aberta antes que o molde seja fechado, preso firmemente

no lugar entre as metades do molde fechado quando a transferência do plástico do pote às cavidades ocorre. Os fluxos plásticos fundidos em torno dos insertos se aderem à eles durante e depois da cura. A seguir da cura, a peça moldada, incluindo o inserto, é ejetada do molde. O processo permite mais baixos custos do que unir outros artigos após ter moldado o plástico (figura 7.11).

6.3.2 Encapsulamento direto de dispositivos semicondutores na moldagem por transferência

A aplicação da moldagem com insertos utilizando o processo de moldagem por transferência transformou-se na técnica dominante para fornecer proteção elétrica, física, e de umidade para uma larga escala de dispositivos elétricos e eletrônicos passivos (bobinas, bloqueadores, resistores, capacitores, potenciômetros) e dispositivos eletrônicos ativos (diodos, retificadores, transistores, varistores, circuitos integrados, diodos luminescentes, etc.). Para a maioria dos dispositivos encapsulados, os compostos de moldagem de Epóxi são usados principalmente porque a viscosidade do Epóxi no estágio de preenchimento do processo do molde é muito baixa, minimizando danos aos insertos frágeis e aos fios de conexão. Os Epóxios aderem bem aos fios de leds, suportes estampados de leds, e aos chips semicondutores, impedindo a penetração da umidade entre a interface do plástico com os condutores metálicos e outros materiais do dispositivo. Os compostos de moldagem de Epóxi têm geralmente um índice de preenchimento elevado, tanto quanto 50% ou mais por peso, que assegura a contração mínima do plástico durante e depois da cura e permite um coeficiente muito baixo da expansão térmica, uma propriedade essencial para minimizar esforços em elementos do circuito quando expostos às mudanças drásticas na temperatura ambiente do dispositivo em veículos espaciais, mísseis militares auto-dirigidos, aviões de grandes altitudes, automóveis, e assim por diante (figuras 7.12 a 7.15).

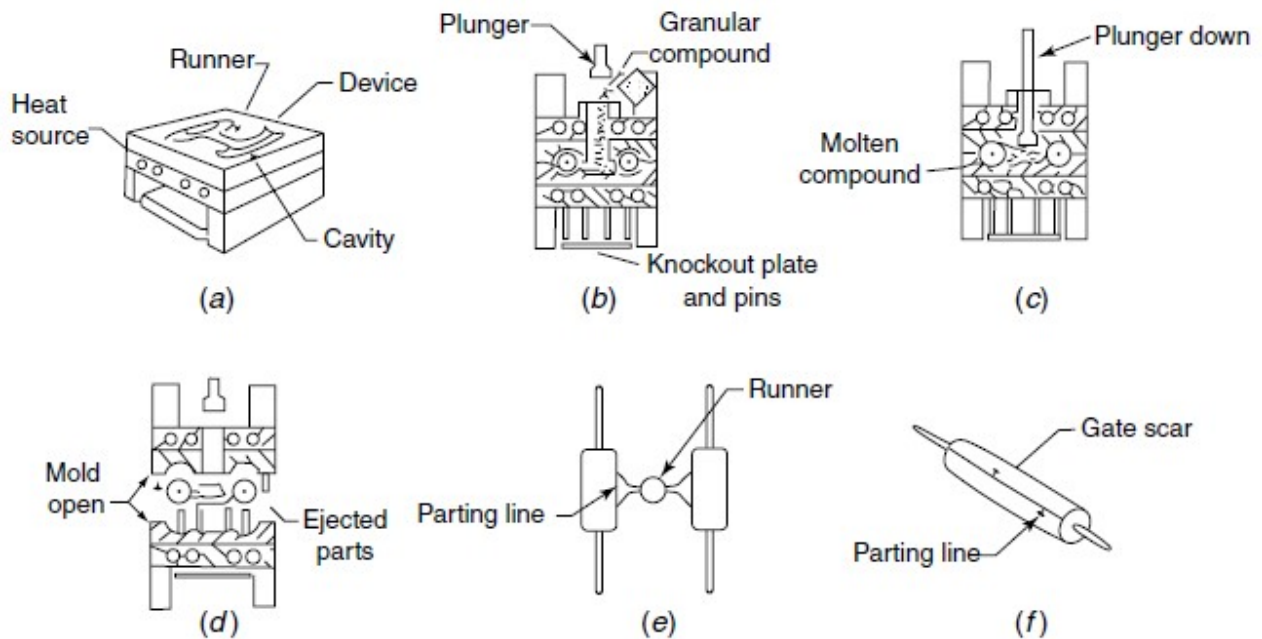


FIGURE 7.11 Tranfer molding with inserts: (a) perspective view of transfer mold (bottom half); (b) mold closed with devices positioned for encapsulation, plunger retracted, and granular compound fed into heating chamber or pot; (c) plunger moves downward, forcing molten compound around devices in cavities; (d) mold open and knockout pins eject encapsulated devices; (e) encapsulated devices as molded; (f) encapsulated device showing parting line and gate scar.

6.4 PROCESSOS RELACIONADOS PARA A MOLDAGEM DE TERMOFIXOS

6.4.1 Moldagem por injeção

A moldagem por injeção, processo preferido de hoje para moldar materiais termoplásticos, é igualmente adaptável para moldar com alguns plásticos termofixos. Por causa da economia provada do processo da moldagem de termoplásticos por injeção e da facilidade da produção inteiramente automática, a indústria de plásticos termofixos adaptou uma variedade de materiais capazes de serem moldados por injeção a alto volume, tirando proveito da tecnologia desenvolvida para a moldagem dos termoplásticos (figura 7.16).

A moldagem por injeção de termofixos inclui o pré-aquecimento, frequentemente em máquinas de rosca recíproca, e é similar, em princípio, à moldagem por transferência. É praticada, o mais geralmente, na horizontal do que em prensas verticais, quando não se exigem inserts na moldagem. Quando inserts devem ser incorporados, como no encapsulamento de dispositivos elétricos e eletrônicos, o molde abre e fecha verticalmente, e o pistão ou a rosca de transferência alimentam o plástico fundido horizontalmente em um sistema de canal através de uma entrada do bico nas superfícies divisoras do molde, ou verticalmente com a metade da parte superior ou da parte inferior do molde fechado. O pote e o pistão de transferência são substituídos por um cilindro e rosca recíproca. Um funil de alimentação de material é posicionado acima do cilindro. No ciclo, a prensa é atuada primeiramente para fechar o molde. A rosca é girada no cilindro, e uma medida de carga granulada de plástico é alimentada do funil no cilindro. A rosca funde o material, pelo calor de fricção da ação de cisalhamento e pelo o calor do cilindro aquecido. Enquanto o material

plastificado é empurrado para a extremidade do bico do cilindro pela rotação da rosca, a rosca se desloca para trás no cilindro a uma distância fixa onde a quantidade medida de material plastificado seja acumulada na extremidade do bico do cilindro.

Com o molde fechado, a rosca se desloca então à frente, conduzindo o plástico fundido do cilindro através do bico no sistema do canal e então na cavidade ou nas cavidades do molde fechado. A temperatura do molde é mantida aproximadamente em 150°C para permitir a cura suficiente do material no molde para a sua abertura e ejeção da peça moldada neste momento que o parafuso gira e recua preparando a carga seguinte de material, quando o molde abre para a ejeção da peça ou peças e então se fecha para a injeção seguinte. O funcionamento de prensas de injeção é inteiramente automático, e as taxas de produção são elevadas.

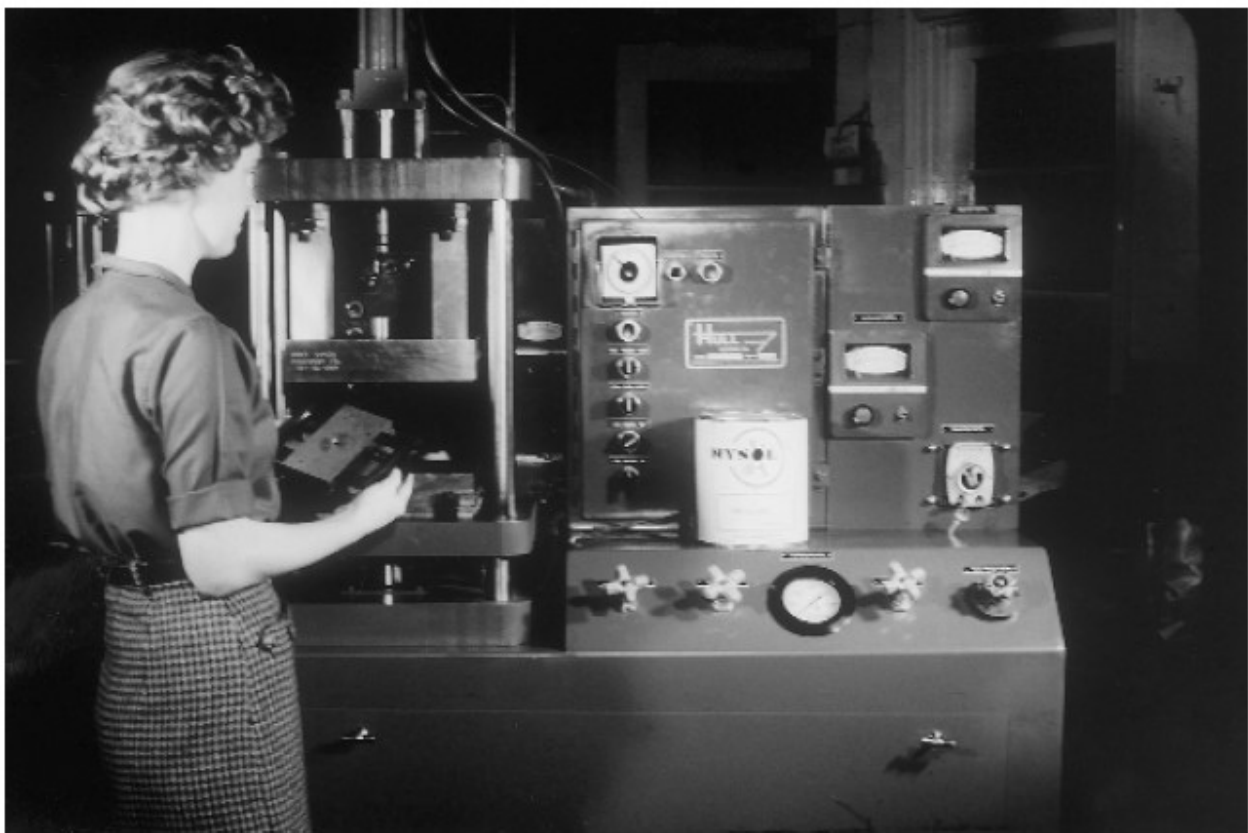


FIGURE 7.12 Transfer press for laboratory development and modest production. Note the hand mold for inexpensive pilot production of small parts.

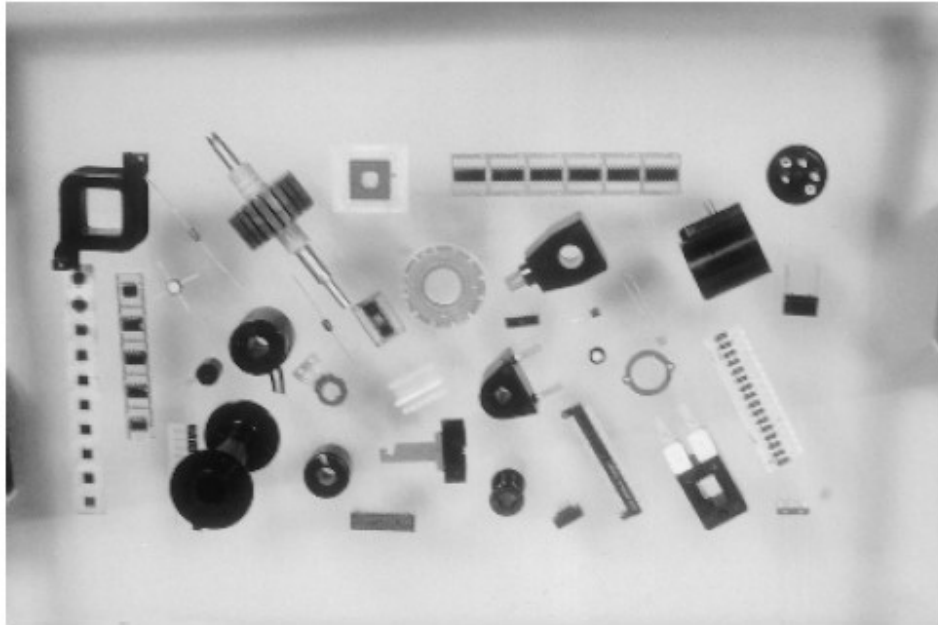


FIGURE 7.13 Typical electrical and electronic components encapsulated by transfer molding (insert molding).

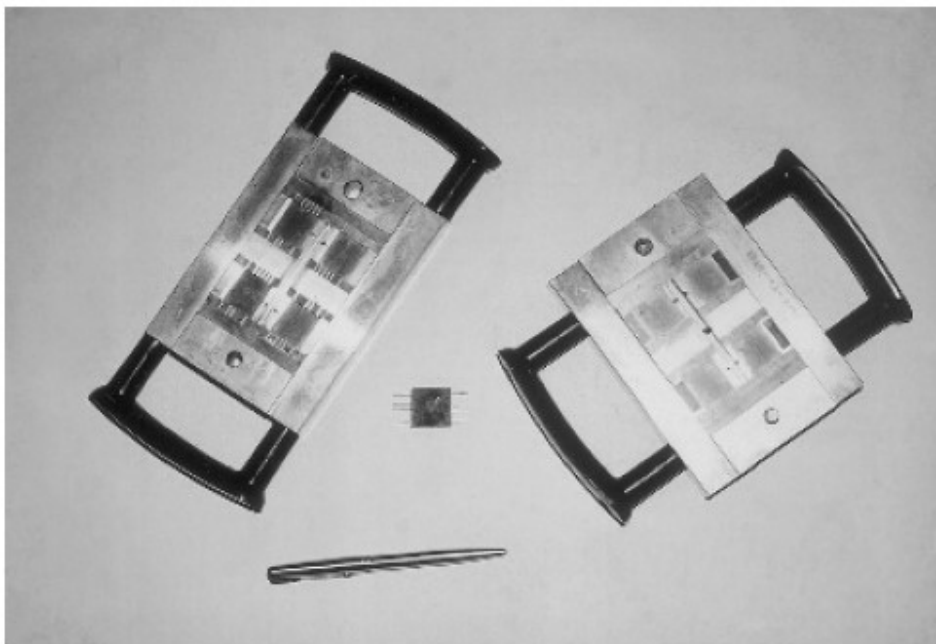


FIGURE 7.14 Hand transfer mold for low-cost product development to encapsulate a ceramic substrate with a semiconductor circuit.

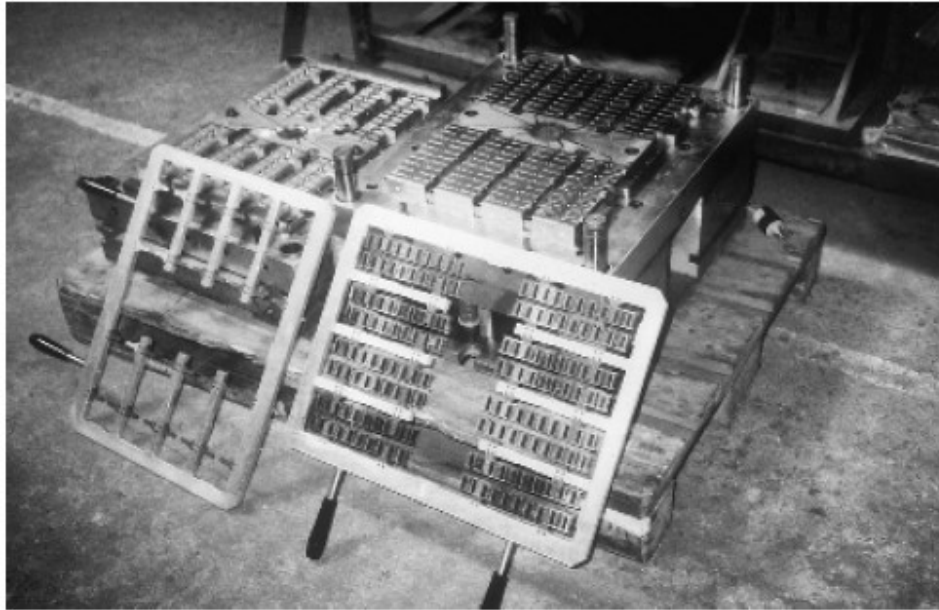


FIGURE 7.15 Production transfer mold, with work loading fixtures, for encapsulating 160 dual in-line integrated circuits per cycle, producing about 40,000 devices per shift with one press and operator.

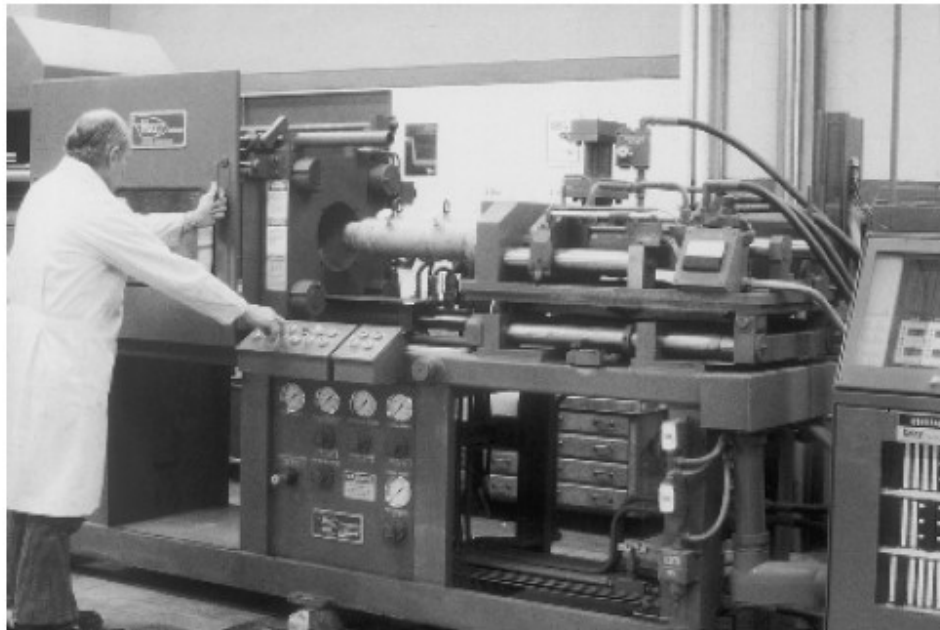


FIGURE 7.16 Injection molding press for molding thermoset plastics.

6.4.2 Moldagem de injeção por pistão

Uma variação de prensas de moldagem por injeção com rosca recíproca para termofixos é a moldagem por injeção de pistão, na qual a rosca é substituída por um pistão. O ciclo é essencialmente como na moldagem por transferência, mas está frequentemente na configuração horizontal. A vantagem principal da injeção por pistão sobre injeção por rosca é quando os compostos altamente carregados de moldagem e os compostos reforçados com fibra são usados. Tais termofixos impõe desgaste abrasivo substancial nas roscas de giro, e as fibras frequentemente são danificadas ou quebradas, causando uma perda de resistência dos produtos finais moldados.

6.4.3 Ventagem assistida à vácuo

O processo de moldagem com molde fechado, incluindo a moldagem de injeção por transferência, apresenta um problema potencial de aprisionar o ar na peça moldada. Quando o molde é fechado e o plástico fundido está sendo forçado em cada cavidade, o plástico reflui devido ao deslocamento do volume de ar na cavidade. O molde tem geralmente uns ou vários vents usinados em toda sua área, com alguns milésimos de polegada de profundidade, e com $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ pol. de largura, que permitem que o ar escoe para fora da cavidade enquanto o plástico preenche a cavidade. Os vents são rasos para minimizar o fluxo do plástico através deles e permitir que a temperatura do molde (quente para termofixos, e fria para termoplásticos) possibilite todo o plástico que corre através do vent para se solidificar impedindo a fuga excessiva do plástico pressurizado da cavidade.

Posicionar uns ou vários vents numa cavidade para assegurar a ventagem completa do ar é frequentemente difícil se não impossível, especialmente com peças de formas complexas. Se o fluxo plástico enche o vent ou os vents antes que todo o ar seja forçado para fora, um vazio será criado na peça moldada, causando sua rejeição. Para impedir tais rejeições, um processo chamado de ventagem assistida à vácuo foi aperfeiçoado que envolve usinar um distribuidor de vácuo no molde, e o uso de uma bomba de vácuo e de um reservatório de vácuo é colocado junto à prensa (figura 7.17). O distribuidor de vácuo exige um selo de anel-O em torno da toda área do molde entre suas metades, mais um canal usinado na face de uma das metades do molde, frequentemente um sulco de meia-cana com $\frac{1}{4}$ pol. no raio. O vent ou os vents de cada cavidade conduzem ao sulco. O sulco é conectado por mangueira flexível (de diâmetro maior ou menor, dependendo do tamanho do molde) conduzindo de uma abertura no sulco múltiplo a um reservatório ou a uma câmara de vácuo que seja mantida em vácuo de aproximadamente 2.5 lb/pol² (absolutos) por meio de uma bomba de vácuo mecânica conectada ao reservatório.

Uma vez instalado, o sistema de ventagem à vácuo mantém a pressão de 2.5 lb/pol² no reservatório de vácuo. A válvula de vácuo na mangueira que conecta o distribuidor ao reservatório é mantida fechada até que a rosca ou o pistão de injeção sejam ativados para mover o plástico fundido do cilindro de injeção ou do pote de transferência para o molde. A válvula abre e o ar é extraído do sistema e das cavidades do canal do molde através dos vents no distribuidor e no reservatório (e para fora através da exaustão da bomba de vácuo). A rosca de injeção ou o pistão de transferência termina seu curso para preencher as cavidades, a válvula de vácuo fecha-se, permitindo que a bomba de vácuo mecânica coloque o reservatório de vácuo de volta a 2.5 lb/pol² ficando pronto para o ciclo seguinte da prensa. Uma quantidade pequena de ar que fique aprisionada na cavidade é absorvida geralmente no plástico fundido com a ajuda da pressão de preenchimento e pressão de bloqueio mantida durante o endurecimento.

Em muitas instancias o tempo de ciclo total de moldagem é reduzido ao usar a ventagem à vácuo (em comparação ao tempo de ciclo sem assistência à vácuo), tendo o benefício adicional de um processamento mais econômico. O tempo menor de preenchimento da cavidade igualmente reduz os esforços na peça moldada e diminui a tendência de empenar ou deformar após a moldagem.

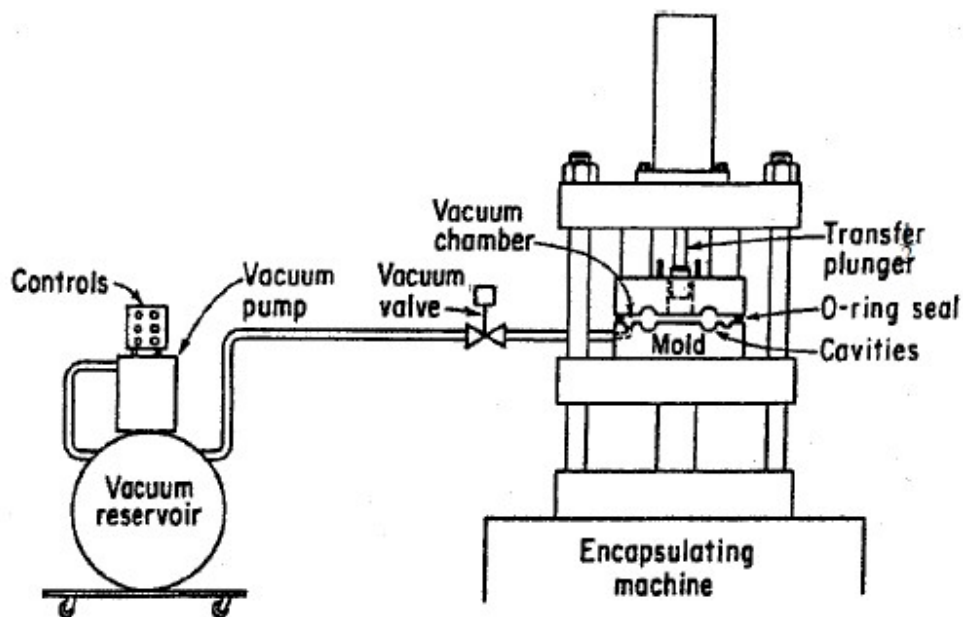


FIGURE 7.17 Vacuum-assisted venting. The vacuum line is connected to the manifold reaching all cavity vents. After the mold is closed, the vacuum valve opens, drawing cavity into the vacuum reservoir. The valve closes when the cavity is full.

6.4.4 Mecanismos de fechamento opcionais

Embora a maioria das prensas usadas para moldagem dos plásticos sejam abertas e fechadas hidraulicamente, muitas usam sistemas hidráulicos menores em conjunto com um mecanismo de alavanca mecânica (braçagem) que multiplique a força de aperto de uma bomba e de sistemas hidráulicos menores (figura 7.18).

6.4.5 Pinos de posicionamento retráteis

No molde de transferência com insertos, o material plástico refluindo pode exercer suficientes forças nos insertos fazendo com que sejam deslocados de sua posição central desejada. Para impedir ou minimizar tal movimento, os pinos de ejetor são usados às vezes como pinos de posicionamento retráteis (figura 7.19). Nesses casos os pinos serão prolongados e retraídos por uns ou vários pistões e cilindros hidráulicos dedicados. Os pinos serão estendidos a uma distância precisa, de modo a não tocar completamente no inserto durante o preenchimento da cavidade, e retraídos assim que as extremidades dos pinos estiverem no mesmo plano que as superfícies da cavidade. A retração ocorre antes da cura do plástico quando as cavidades estão preenchidas essencialmente com o plástico. Nesta etapa do ciclo, o plástico cercando o inserto dará geralmente a resistência adequada a todo o movimento significativo do inserto devido a que os pinos já estão retraídos e ainda há fluxo de plástico pressurizado fundido no espaço onde os

pinos prolongados estavam. Após a cura, os pinos retráteis são estendidos por seu sistema hidráulico dedicado ao mesmo tempo que todos os pinos adicionais de ejeção se estão movendo, para assegurar a força distribuída uniformemente no plástico curado durante a ejeção.

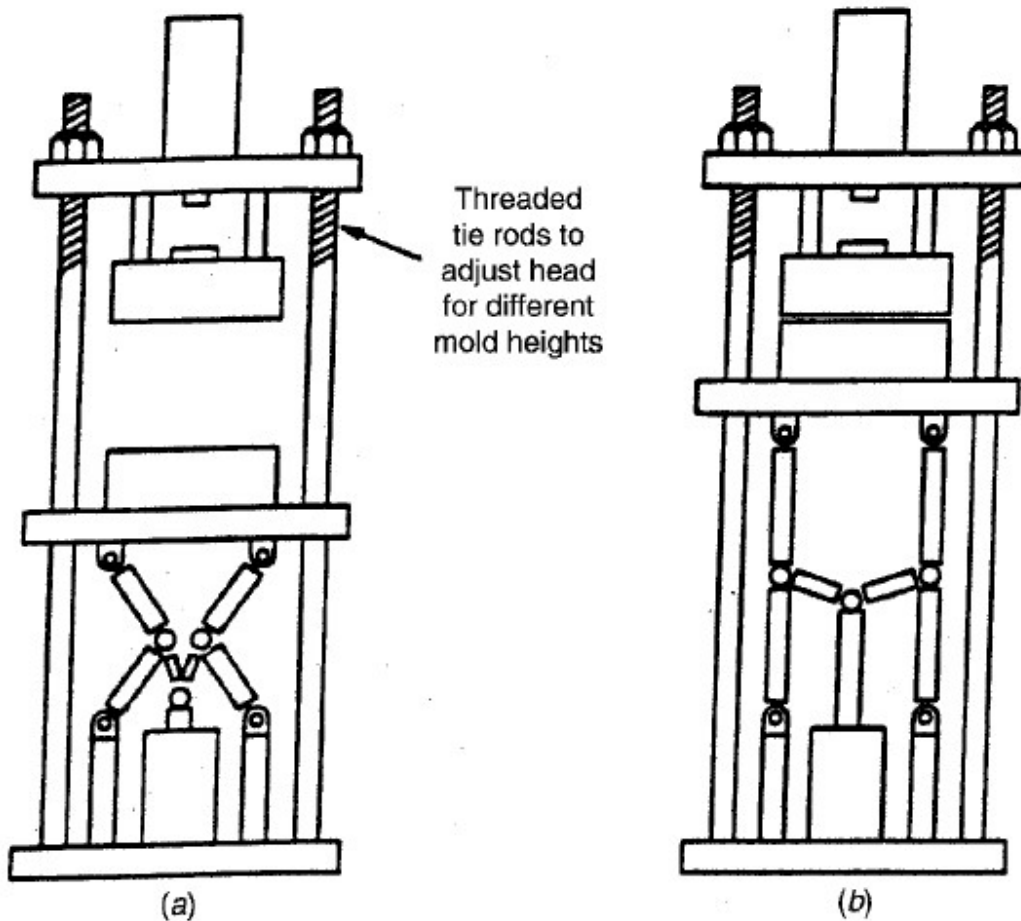


FIGURE 7.18 Toggle press: (a) open; (b) closed. Threaded tie rods are used to adjust the head for different mold heights.

6.4.6 Prensas de moldagem eletricamente conduzidas

Diversos fabricantes de prensa de moldagem têm substituído nos últimos anos as bombas hidráulicas e os cilindros pelos motores elétricos lineares para acionar a moldura estrutural móvel e também a rosca recíproca ou o pistão para que seu curso linear mova o material plastificado do cilindro de injeção às cavidades. As vantagens incluem a ausência de escapes e vapores hidráulicos do óleo, a redução no nível de ruído do funcionamento, e um controle mais exato das velocidades e forças móveis durante as várias fases no fechamento do molde, na abertura e na ejeção.

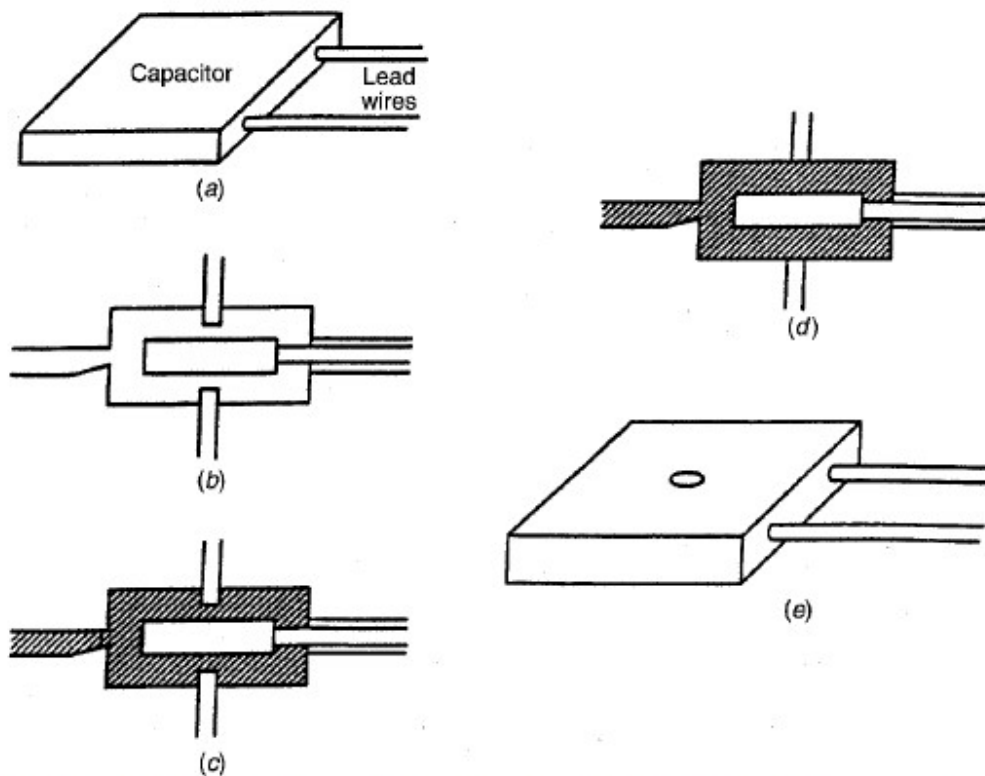


FIGURE 7.19 Retractable positioning pins: (a) insert and lead wires, for example, a ceramic capacitor before plastic is molded around it; (b) ejector pins are extended into cavity before cavity is filled with molten plastic; (c) pins minimize movement of capacitor during cavity fill; (d) pins are retracted promptly after cavity fill, but before plastic has hardened, and while transfer or injection pressure is maintained on material to enable it to fill voids as pins retract; (e) encapsulated capacitor after cure, showing the flush ejector (retracted) pin scar.