

PROJETO DE UMA MÁQUINA E ESTUDO DE MOLDES DE INJEÇÃO DE PÓS METÁLICOS

Aparecido Carlos Gonçalves

UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Mecânica.
Avenida Brasil, 56, Ilha Solteira, 15.385-000, SP. E-mail: cido@dem.feis.unesp.br

Resumo

A exigência de materiais de alto desempenho que tem que suportar condições de serviço severas a um custo razoável tem obrigado a metalurgia do pó a se aperfeiçoar constantemente. A mais recente e mais importante inovação na área, é o processo de injeção de pós. Mesmo nos países onde o desenvolvimento deste processo está mais adiantado, ainda estão sendo feitos estudos básicos tais como a influência dos pós em termos de formas, tamanhos, distribuição e asperas na qualidade do produto injetado; a avaliação dos componentes aglutinantes (ácido esteárico, polipropileno, poliestireno, cera de carnaúba, cera de parafina, óleo de amendoim, etc) no processo de injeção e desaglutinação; e a análise das rampas de desaglutinação para determinados V.O.(veículo orgânico). Este artigo trata do projeto de uma injetora a baixa pressão e do estudo de moldes.

Palavras-chave: Projeto de Máquinas, Injetoras, Projetos de Moldes.

1. INTRODUÇÃO

A metalurgia do pó é uma técnica de processamento usada para consolidar materiais particulados, sejam eles metais e/ou não metais, em formas discretas. Materiais compostos complexos de fases metálicas e não metálicas estão também sendo projetados e fabricados por esta técnica em quantidades cada vez maiores [White (1995)].

Pode-se observar a versatilidade da técnica da metalurgia do pó nas peças fabricadas por este processo em vários segmentos da indústria automobilística, de informática e aeroespacial e em materiais eletro-eletrônicos, eletrodomésticos, máquinas e equipamentos agrícolas e têxteis, ferramentas, etc [Jenkins & Wood (1991)].

Uma das características principais da metalurgia do pó é a ausência de fusão total do material. Para se promover a ligação metálica entre as partículas os pós metálicos são configurados em ferramental apropriado com o posterior aquecimento sob condições controladas à temperaturas abaixo do ponto de fusão do metal base [Jenkins & Wood (1991); White (1995)]. Se for considerada a confecção de um objeto sólido sem fusão através de um material pulverizado, então muitos produtos metálicos das civilizações mais antigas como os implementos de ferro egípcio que datam de pelo menos 3000 A.C., a coluna de Deli na Índia pesando 6,5 toneladas e os artefatos de metais preciosos feitos pelos Incas são tidos como exemplos de aplicação de princípios de metalurgia do pó. Até 1800 não havia nenhuma maneira de se atingir temperaturas altas o suficiente para fundir ferro puro ou materiais com ponto de fusão mais alto, assim, estes produtos provavelmente não foram feitos pela fusão do

metal. Como era possível reduzir núcleos de ferro aquecendo-os com carbono para produzir ferro esponja em pó ou na forma quebradiça e subseqüentemente bater e trabalhar este material na forma desejada, aceita-se como hipótese plausível que estes objetos tenham sido fabricados pelos princípios da metalurgia do pó [White (1995), Hirschhorn (1991)].

A exigência de materiais de alto desempenho que tem que suportar condições de serviço severas a um custo razoável tem obrigado a metalurgia do pó a se aperfeiçoar constantemente [Clapp (1995)]. A mais recente e mais importante inovação na área, é o processo de injeção de pós [Batalha (1991)], [German (1989)] e [Mutsuddy^a(1989)].

A injeção de pós metálicos é um processo relativamente recente que vem ganhando força e destaque nos EUA, Europa e Japão na fabricação de peças de pequenas dimensões e de formas complexas em substituição a fundição sob pressão e a sinterização convencional [Home (1993)]. Esta tecnologia avançada do processo de metalurgia de pós supera as limitações existentes na conformação de produtos com geometria complexa [Karandikar & Ramakrishnan (1987)]. Esse processo apresenta hoje inúmeras variações que são utilizadas na indústria. Invariavelmente, o processo consiste em misturar os pós e o aglutinador termoplástico, injetar no molde na forma desejada, desaglutinar, sinterizar e fazer operações secundárias opcionais como por exemplo as de usinagem.

O processo é adequado para peças pequenas (até 20mm) com formas complexas, com tolerâncias dimensionais da ordem de 0,3% da dimensão nominal da peça. Com um processamento mais preciso é possível obter peças com 0,1% da tolerância dimensional. [Erickson & Wiech (1984)].

As principais aplicações de produtos metálicos injetados estão relacionadas com os componentes de equipamentos odontológicos, equipamentos de escritórios, instrumentos de laboratórios, circuitos impressos, ferramentas de usinagem, periféricos de computadores, armas de fogo, câmeras fotográficas, dentre outras. [Karandikar & Ramakrishnam (1987), [Barbezat (1991)] e [Mutsuddy^b(1989)].

Apesar de ter sido iniciado em 1920, é um processo quase que exclusivamente laboratorial devido ao estágio pouco avançado em que se encontra. Mesmo nos países onde o desenvolvimento deste processo está mais adiantado, ainda estão sendo feitos estudos básicos tais como:

- a) influência dos pós em termos de formas, tamanhos, distribuição e asperas na qualidade do produto injetado;
- b) avaliação dos componentes aglutinantes no processo de injeção e desaglutinação tais como ácido esteárico, polipropileno, poliestireno, cera de carnaúba, cera de parafina, óleo de amendoim, etc;
- c) análise das rampas de desaglutinação para determinados V.O.;
- d) influência da pressão de injeção na peça a verde e no produto final;
- e) avaliação das atmosferas de desaglutinação de oxigênio, nitrogênio e ar atmosférico;
- f) avaliação das atmosferas de sinterização de hidrogênio, amônia, endo gás, exo gás, etc;
- g) efeitos dos resíduos dos aglutinantes na sinterização, nos precipitados, etc.

Menos avançado ainda é o processo de injeção a baixa pressão (0,7MPa) [Peltsman & Peltsman (1984)]. Para poder estudar a técnica à baixa pressão foram projetados e construídos uma injetora e alguns moldes. Este trabalho apresenta a teoria de construção de moldes e injetoras e dá detalhes da injetora construída.

2. INJEÇÃO DE PÓS METÁLICOS

2.1 Máquinas Injetoras

Quanto a pressão de injeção, basicamente duas classes de injetoras podem ser utilizadas na conformação de massas metálicas: as injetoras de alta pressão e as de baixa pressão.

2.1.1 Injetoras de alta pressão

As injetoras de alta pressão podem ser de êmbolo ou de rosca. Empregam pressões entre 6,9 e 140 MPa, veículos orgânicos com maiores viscosidades e teores entre 15 e 40 % em volume. A Figura 1 ilustra estes dois tipos de injetoras[Mangels (1984)].

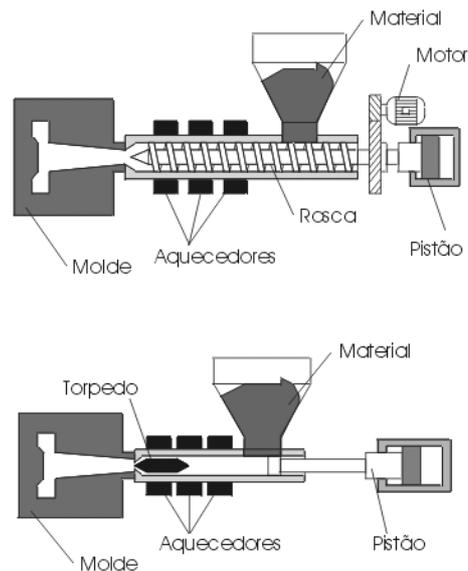


Figura 1 - Tipos de injetora. a) Parafuso, b) Pistão.

As injetoras de rosca apresentam desvantagens com relação ao desgaste da rosca em virtude da natureza abrasiva do metal [Mangels (1984)] porém, conferem a massa metálica grande homogeneidade e, portanto, grande acuracidade às peças injetadas e possibilitam realizar uma rápida limpeza na troca de materiais[Sakai (1992)].

2.1.2 Injetoras de baixa pressão

O processo à baixa pressão supera, em alguns pontos, com vantagens o processo à alta. O uso de misturas metálicas com viscosidade entre 1500 e 4000 cps, com características fluídicas, torna possível a transferência para dentro do molde utilizando-se apenas de ar comprimido com pressões inferiores a 0,8 MPa, dispensando assim o uso de unidades hidráulicas, pistões e fusos.

As principais vantagens do processo de injeção à baixa pressão estão diretamente relacionadas às vantagens da injetora de baixa pressão em relação às de alta pressão. Segundo Peltzman & Peltzman (1984) estas vantagens são:

- a) baixo gradiente de pressão na peça moldada;
- b) baixo consumo de energia;
- c) não necessidade de sistemas hidráulicos complexos;
- d) baixa dimensão do equipamento;
- e) baixo custo do equipamento;
- f) baixo desgaste do molde;
- g) não adesão da mistura ao molde;

- h) não contaminação da mistura com o desgaste do fuso e/ou pistão;
- i) não separação do polímero do pó metálico.

2.2 Técnicas de misturas

Os objetivos da mistura são a cobertura das partículas com o aglutinante, a quebra do aglomerado e a obtenção de distribuições uniformes do aglutinante e do tamanho de partícula na mistura. Como a mistura é pseudoplástica, a viscosidade varia com a tensão de cisalhamento. A seleção de equipamentos de moldagem de pós metálicos é governada pelo sistema de aglutinante, uma vez que sistemas diferentes requerem máquinas e técnicas diferentes de injeção [Peshek (1984)].

Ao se selecionar um misturador, o objetivo principal é a obtenção de uma mistura dispersa. Para um dado sistema há alguns níveis de tensão abaixo do qual nenhuma dispersão ocorre. Quando a tensão de cisalhamento for apenas levemente maior que aquele valor crítico, somente aqueles aglomerados com orientação favorável inicial será disperso e um comportamento similar é observado se o misturador for unidirecional [Mutsuddy^a (1989)]. No sentido de superar estes problemas, os seguintes aparelhos têm sido aplicados: duplo planetário, parafuso simples, extrusor de pistão, extrusor de duplo parafuso, duplo came e dupla lâmina.

3. PROJETO DE MOLDES DE INJEÇÃO

O projeto de um molde de injeção é dependente do tipo da injetora, do produto a ser produzido e da produção requerida. A partir destas condições, os componentes necessários para um molde de injeção variam em número e complexidade.

A parte mais importante do molde de injeção de metais é a cavidade que possui a forma do injetado. Esta cavidade deve possuir dimensões superiores á da peça injetada para compensar a sua retração.

Há duas disposições básicas para moldes de injeção [German (1990)]. A Figura 2 ilustra estas duas disposições sendo que em uma a injeção se dá ao longo do plano de partição do molde e na outra a injeção se dá perpendicularmente ao plano de partição. No primeiro caso é necessário uma maior força de fechamento do molde. O segundo caso é o mais usual na indústria.

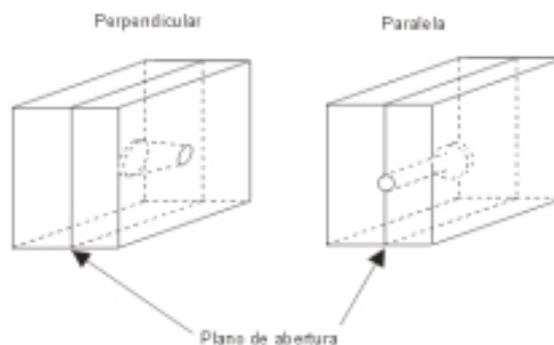


Figura 2 - Disposição da entrada do molde em relação ao plano de partição.

Em torno da cavidade também existem outros componentes a serem considerados tais como os elementos para abertura e fechamento da cavidade, a ejeção do moldado, o alinhamento das sessões do molde, o movimento de insertos, o resfriamento do moldado e outros.

As Figuras 3a e 3b ilustram um molde típico de injeção completo, sendo que em (a) temos uma vista em corte e em (b) uma vista “explodida” [German (1990)].

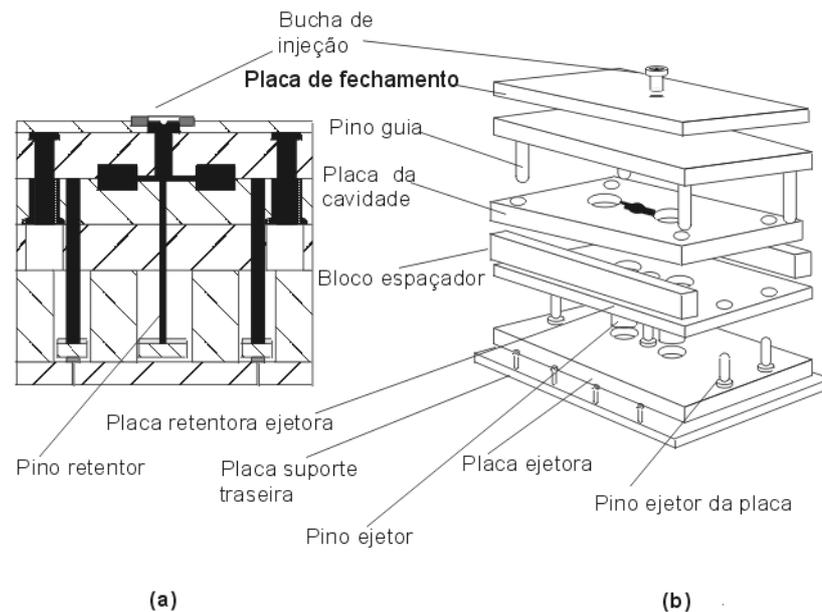


Figura 3 - Molde de injeção complexo. a) Vista em corte, b) Vista explodida.

Devem ser previstos no projeto de moldes as saídas para evitar o aprisionamento de ar, as quais devem ser posicionadas no posto mais alto da cavidade ou nos pontos que são preenchidos por último.

As arestas interiores da cavidade de um molde normalmente devem ser arredondadas para facilitar a fabricação e para auxiliar a ejeção.

O número de cavidades de um molde é função do número de componentes a serem fabricados, da capacidade de alimentação da máquina, do custo de fabricação e da força de travamento disponível.

Um molde de injeção é composto por uma série de elementos e sistemas.

4. PROJETO DA INJETORA DE PÓS METÁLICOS

Para a realização deste trabalho foi projetada e construída uma injetora de baixa pressão. Na Figura 4 é apresentado um desenho técnico simplificado da injetora construída.

Para melhor compreensão do princípio de funcionamento da injetora esta foi subdividida em cinco unidades principais, a saber: unidade de mistura, unidade pneumática e de vácuo, unidade de aquecimento, unidade elétrica e unidade estrutural. A seguir são apresentadas, individualmente, cada uma destas unidades.

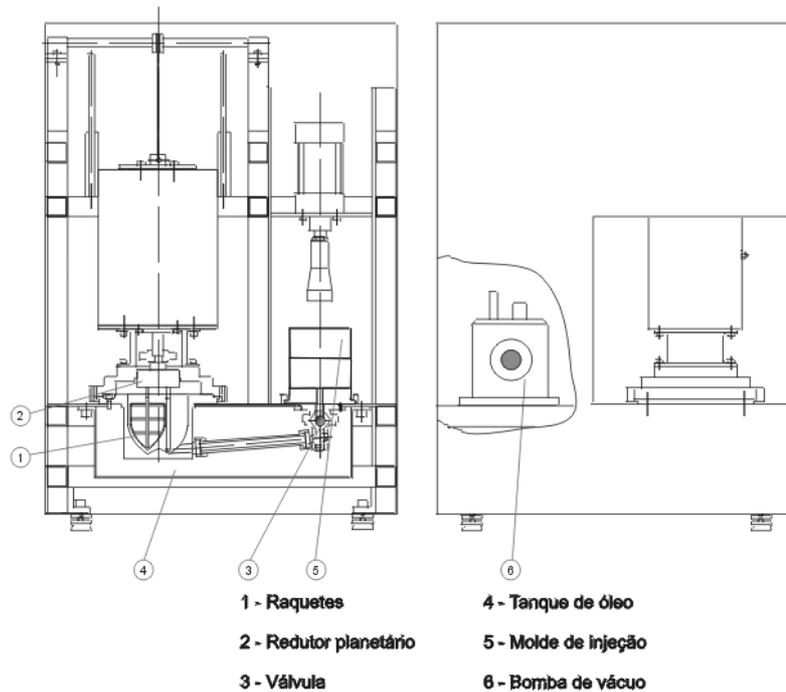


Figura 4 - Desenho da injetora semi-automática

4.1 Unidade de mistura

A unidade de mistura é composta basicamente de um moto redutor com rotação de 30 rpm que aciona um redutor planetário com duas raquetes acopladas girando a 120 rpm e em sentidos opostos uma a outra. O conjunto de redutor planetário mais as raquetes é acondicionado em um vaso com tampa hermética que se fecha por rosqueamento. O vaso suporta pressão de 1,0 MPa a 200 °C e vácuo de 1,3 Pa também a 200 °C. O vaso, as raquetes e a tampa foram confeccionados em aço inox.

4.2 - Unidade pneumática e de vácuo

A unidade pneumática é utilizada para pressurizar o vaso e acionar um pistão para o travamento do molde na posição de injeção e conseqüentemente abrir a válvula de injeção. No processo de mistura é necessário a retirada de ar que fica adsorvido entre os pós. Para que a massa metálica fique livre de bolhas usa-se uma bomba de vácuo no início da mistura e aquecimento. Após o término da mistura pode-se retirar o vácuo e pressurizar o vaso com ar sem que ocorra a penetração deste na massa injetável.

4.3 Unidade de aquecimento

Esta unidade é composta por 1 controlador de temperatura, 2 módulos resistivos e 1 termopar para a verificação do gradiente térmico. O controlador de temperatura e os módulos resistivos ficam imersos em um tanque contendo óleo de silicone para aquecimento do vaso de mistura, da tubulação e da válvula de injeção. O controlador possui faixa de ajuste de 50 a 450 °C. O módulo resistivo é dimensionado para uma potência de 1500 W.

4.4 Unidade elétrica

Além da distribuição de energia, a unidade elétrica é responsável pela proteção elétrica e indicação luminosa das unidades em operação.

4.5 Unidade estrutural

A unidade estrutural refere-se à estrutura da máquina onde são fixados todos os componentes. Esta foi confeccionada em metalon e chapa de aço de 3.2 mm (1/8"). Possui o formato de três "C" interligados. Destes três, dois receberam duas chapas verticais para suportar a força de travamento do pistão de fixação. Uma chapa horizontal suporta o vaso de mistura e o tanque de óleo. A Figura 5 ilustra essa unidade.



Figura 5 - Estrutura da injetora

5. CONCLUSÕES

Através da revisão bibliográfica pode-se verificar que o processo de injeção de pós metálicos a baixa pressão ainda é pouco explorado devido à adaptação das técnicas e das injetoras de plásticos ao processo de injeção de pós metálicos a alta pressão. A injetora projetada e construída comportou-se de maneira satisfatória para a injeção das peças e dos corpos de provas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e à FUNDUNESP (Fundação para o Desenvolvimento da UNESP) pelos recentes incentivos financeiros para a participação em congressos e para publicações.

7. REFERÊNCIAS

- Barbezat, G., 1991, "Rational manufacture of components with complicated geometries", Sulzer Technical Review, n.1, p.10-12.
- Batalha, G. F., 1991, "Conformação de peças metálicas pela moldagem de pós por injeção (MPI), técnica e potencialidade" In: Seminário Sobre Metalurgia do Pó", São Paulo, ABM, p.77-97.
- Clapp, D., 1995, "Overview of conventional powder metallurgy processing", Advanced Materials & Process, n.8, pp. 60-61.
- Erickson, A. R., Wiech, Jr., 1984, "Injection moulding", In: American society for metals, Metals Handbook, Powder metallurgy, 9 ed., Metals Park, Ohio, v.7.
- German, R.M., 1989, "Global P/M in United States of America", International Journal of Powder Metallurgy, v.25, n.2, p.153-156.
- German, R.M., 1990, "Powder injection moulding", Metals powder industries federation, New Jersey, Princeton.
- Hirschhorn, J., 1991, "Introduction to powder metallurgy", Princeton, N.J, APMI, 341p.
- Home, J. D., 1993, "Powder injection moulding: still waiting in the wings", Materials World, v.1, n.10.
- Jenkins, I., Wood, J.V., 1991, "Selected case studies in powder metallurgy", The institute of metals, 152p.
- Karandikar, D. A., Ramakrishnan, P., 1987, "Injection Moulding of P/M Structural Steels", In: International Conference on Powder Metallurgy and Related High Temperature Materials, Bombay, p.171-178.
- Mangels, J. A., 1994, "Low-Pressure injection moulding", Ceramic Bulletin, American Ceramic Society, v.73, n.5.
- Mutsuddy^a, B.C., 1989, "Equipment selection for injection molding", Ceramic Bulletin, v.68, n.10, p.1796-1802.
- Mutsuddy^b, B.C., 1989, "Roles of injection molding in forming shapes from powders", Industrie Ceramique, n.839, p.436-441.
- Peltsman, I., Peltsman, M., 1984, "Low pressure moulding of ceramic materials", Interceram, v.4, p.56.
- Peshek, J.R., 1984, "Machinery for injection moulding of ceramic shapes", IN: Mangels, J. A., Advances in ceramic, v.9, Forming of Ceramics, USA, p.234-238.
- Sakay, T., 1992, "State of the art of injection molding of high-performance ceramics", Advances in Polymer Technology, v.11, n.1, p.53-67.
- White, D.G., 1995, "Powder metallurgy in 1995", Advanced Materials & Process, v.8, p. 49-51.