



Metalurgia do Pó

Charles Sydorak
Renato Vieira Filho

O que é a metalurgia do pó?

Processos de fabricação de peças através da compactação e aquecimento de pó de diferentes materiais





História

- Primeiras peças 3000 AC - fabricação de armas e cerâmicas no egipto
- 1800 -1900 fabricação de peças industriais e filamentos para lâmpadas elétricas
- A partir de 1940 produção de bronze poroso com grafite
- Atualmente sintetizados de elevada dureza e ductibilidade
- Fabricação de ferramentas de corte e usinagem
- Cerâmicas de elevada resistência mecânica
- Indústria aeroespacial
- Peças de motores de alta performance



Aplicações

- *Ligas de Ferro com grande precisão e elevada qualidade estrutural
- *Materiais de difícil processamento, com alta densidade e microestrutura uniforme
- *Materiais com elevado ponto de fusão
- *Ligas especiais de materiais compostos
- *Materiais com forma ou ingredientes pouco comuns
- *Materiais porosos filtros e queimadores

Peças sinterizadas





Etapas do processo

- Mistura: adição dos materiais que compõem a liga a ser sintetizada
- Compactação: adição da mistura na matriz ou molde e aplicação de uma força de compactação, forçando assim a mistura a penetrar todos os sulcos e assumir o formato desejado. O resultado é chamado de compactado
- Sinterização: aquecimento a elevadas temperaturas abaixo do ponto de fusão, em atmosfera controlada, causando reações no interior da peça, visando as propriedades mecânicas desejadas

<https://youtu.be/a3mg3m8eusk>

<https://youtu.be/josiFqSNmLQ>



A Mistura

*A fase da mistura consiste em alcançar um pó homogêneo composto de acordo com a liga desejada.

*Propriedades mecânicas requeridas: resistência , ductibilidade, dureza, entre outros.

*Além disso, deve ser decidido quais matérias primas serão usadas, qual será o tamanho das partículas e como será fabricada a mistura.



Métodos de fabricação de pó

Existem diversos métodos para transformar a matéria prima, como um lingote de ferro, em um pó que pode ser utilizado pela metalurgia do pó, como por exemplo:

- Métodos físicos químicos
- Métodos eletroquímicos
- Processos mecânicos
- Atomização



Fabricação por atomização e eletrólise

* A atomização é o principal método para obter-se um pó metálico consistente, homogêneo e de maneira eficaz.

Consiste em jogar jatos de água ou ar em um filete de metal fundido de modo a separá-lo em pequenas partículas e já resfriá-lo.

* * *

*Partículas menores são possíveis passando esse pó pela moagem, onde um tambor com bolas de metal dentro gira por várias horas, fazendo com que o pó seja moído e se torne ainda mais refinado.

*A eletrólise, por outro lado, é o principal método utilizado para obter-se pó de cobre, e permite altíssima pureza do pó.

Nele, uma placa, barra, etc, feita do material desejado, é submersa em uma solução eletrolítica por onde passa uma corrente, fazendo com que o material se separe quase que átomo por átomo e decante até o fundo da solução.



Fatores importantes de uma boa mistura

Uma mistura que resultará em uma peça de qualidade precisa ter as seguintes propriedades bem definidas:

- Homogeneidade: assegura a uniformidade na composição do produto
- Escoamento: garante uma transferência fácil, rápida e uniforme da mistura para o molde ou a matriz, com bom preenchimento dos detalhes como contornos.
- Compressibilidade: caracteriza a carga necessária para se alcançar a porosidade ou densidade desejada.
- Densidade aparente: relaciona a massa de pó livre e o volume aparente dessa massa. É usada para o dimensionamento da ferramenta e é importante para a preparação da prensa de compactação e a estabilidade dimensional do compactado.
- Composição química: define todos os elementos químicos que irão compor o produto final, levando em conta as propriedades desejadas para a peça.



Matérias-primas disponíveis

Os materiais que podem ser utilizados como matéria-prima na metalurgia do pó podem ser divididos em 3 categorias:

- Pós metálicos
- Pós de ligas metálicas
- Pós não-metálicos



A Sinterização

A sinterização é um processo no qual pós, uma vez compactados, recebem tratamento térmico, em que a temperatura de processamento é sempre menor que a sua temperatura de fusão.

Durante o processo ocorrem várias reações no estado sólido do elemento, que são ativadas termicamente.

Este processo cria uma alteração na estrutura microscópica do elemento base, cuja finalidade é obter uma peça sólida coerente e bem consolidada.



SINTERIZAÇÃO

Etapas



- *Secagem

- *Vaporização de água combinada

- *Decomposição de materiais orgânicos

- *Pirólise (termólise) de aditivos orgânicos

- * Mudanças no estado de oxidação de íons

- *Calcinação de carbonatos, sulfatos



Sinterização

Consolidação →

- Consolidação implica que dentro do produto as partículas se uniram em um agregado que possui resistência mecânica.
- Sinterização implica geralmente em retração e densificação. No entanto, alguns produtos sinterizados podem ser menos densos do que a verde (ex.: refratários porosos).
- Sinterização ocorre a partir de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$ da temperatura de fusão, o suficiente para causar difusão atômica ou fluxo viscoso.



Etapas complementares do processo de fabricação

As operações complementares permitem que sejam feitos pequenos ajustes na peça final para que ela se adeque ao objetivado inicialmente. Entre estas operações, encontramos:

- Recompactação: utilizada para peças que ultrapassaram os limites dimensionais previamente estabelecidos (exceto as pastilhas de metal duro, que devem ser retificadas ou lapidadas neste caso, uma vez que não suportariam a recompactação)
- Tratamento térmico: permitem uma elevação na dureza superficial na peça. Entre eles estão a sementação e a nitretação.
- Usinagem: somente usada caso seja impossível atingir a configuração geométrica desejada nas matrizes ou nos machos de compactação, como é o caso de furos transversais, sangrias, roscas reentrâncias transversais internas ou externas.



Porque utilizar a metalurgia do pó?

- *Facilidade de automação do processo
- *Produtividade elevada: Processo adequado para grandes lotes
- *Precisão e repetitividade
- *Máximo aproveitamento de material
- *Eliminação de operações de usinagem
- *Permite formas complexas, bom acabamento superficial e tolerâncias estreitas
- *Pureza dos produtos obtidos, e controle preciso da composição química
- *Permite um elevado controle da porosidade das peças obtidas



Principais Aplicações da metalurgia do pó

Dentre as principais aplicações em que é encontrada a metalurgia do pó, temos:

- **Filtros sinterizados:** feitos de diversas camadas de pó metálico esférico de diversos tamanhos. Muito utilizados em atividades industriais com temperatura de operação elevada e que requerem alta resistência mecânica e química. São aplicados na filtragem de óleos combustíveis e minerais, gases, líquidos, além de abafadores sonoros.

- **Metal duro:** por serem quase tão duros quanto diamante e aguentarem temperaturas de até 1000 graus Celsius, esse produto é muito utilizado na forma de pastilhas em operações de corte e em peças de desgaste e em brocas para furar rochas, sendo fundamentais para as ferramentas.

- **Mancais auto-lubrificantes:** devido ao controle da porosidade obtido exclusivamente pela metalurgia do pó, é possível serem fabricados mancais auto-lubrificantes, em que as porosidades são preenchidas com um lubrificante, o que garante uma lubrificação permanente entre o eixo e o mancal.



Limitações da metalurgia do pó

Nem tudo é perfeito, e a metalurgia do pó não é exceção à regra. Por ser obrigatória a utilização de uma matriz, peças com rasgos transversais devem ter estas partes usinadas posteriormente. Além disso, o alto custo do ferramental impossibilita a implementação da metalurgia do pó em baixa escala. Finalmente, o peso e o tamanho são grandes limitadores da banda de produtos passíveis de serem produzidos desta maneira. Uma média de 15kg é a estimativa para o limite das máquinas atualmente. Acima disso, a força necessária para que ocorra essa compactação excede os limites de força destas máquinas.