

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO NA METALURGIA DO PÓ PARA A OBTENÇÃO DE AÇOS SINTERIZADOS COM DISTRIBUIÇÃO HOMOGÊNEA DE DENSIDADE

CON10-2029

Márcio Furukava, furukava.m@gmail.com¹

Roberto Jordan, jordan@emc.ufsc.br¹

Marciano Furukava, furukava@ct.ufrn.br²

Roberto Cavalcante de Menezes, robertomenezes@digizap.com.br²

João Bosco da Silva, bosco@ufrnet.br³

¹Laboratório de Vibrações e Acústica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

²Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

³Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

Resumo. *A obtenção de produtos através da metalurgia do pó tem sido amplamente utilizada na indústria automobilística como solução para a produção em escala de peças com baixo custo e precisão dimensional. Na sinterização, a intensidade e velocidade de aplicação da pressão de compactação, as características do pó como morfologia, tamanho médio, distribuição do tamanho das partículas e o design da matriz contribuem com a densidade e a sua distribuição no compactado verde e conseqüentemente nas propriedades mecânicas do sinterizado. A distribuição da densidade tem influência crítica na sinterização de peças grandes, apresentando trincas e fraturas, especialmente nas etapas de compactação e extrusão. Desta forma, este artigo tem como objetivo avaliar a influência da vibração, introduzida nas etapas de pré-compactação e compactação, para uma distribuição uniforme da densidade das amostras sinterizadas de aço.*

Palavras-chave: Sinterização; Fraturas; Vibração

1. INTRODUÇÃO

A metalurgia do pó é uma tecnologia economicamente viável, para processamento de peças metálicas complexas com alta qualidade e tolerância (Bollina, 2005). Dados estatísticos mostram uma produção nos Estados Unidos, Japão e União Européia de 900.000 toneladas de ferro e aço pela metalurgia do pó no ano de 2004 (Daver e Trombino, 2006). Comparada às técnicas convencionais, o aço produzido pela sinterização apresenta vantagens como a relativa baixa temperatura de processamento, formato e dimensões próximas do projeto final, maior utilização de material e microestruturas mais refinadas (German, 1998).

A sinterização é um processo termodinâmico de não-equilíbrio, no qual um sistema de partículas (agregado de pó ou compactado) vem adquirir uma estrutura sólida coerente, através da redução da área superficial específica. O resultado é a formação de contornos de grãos e crescimento de pescoços, de união interpartículas, levando normalmente o sistema a densificação e a contração volumétrica. (Gomes, 1995).

Os conceitos teóricos da sinterização foram originalmente baseados na idéia de uma discreta ordem do conjunto dos poros. Ela foi considerada como o conjunto de resultados de um processo de adesão termicamente ativado produzindo o crescimento do contato entre as partículas e a sua coalescência. Uma característica comum das teorias foi o estudo do mecanismo de interação entre as partículas.

Embora muitos mecanismos contribuam simultaneamente no processo da sinterização, é positivo analisar um modelo para determinar a contribuição de cada mecanismo específico (Wakay et Aldinger, 2003). Considerando as fases (estado da matéria) envolvidas, destacam-se dois tipos de sinterização: em fase sólida e em fase líquida. A sinterização em fase sólida ocorre em temperatura onde nenhum dos elementos do sistema atinge o seu ponto de fusão. Esta é realizada com transporte de material (difusão atômica, transporte de vapor, fluxo viscoso, etc.) (Costa, 2004).

A densificação e a contração acontecem com a aproximação dos centros das partículas. A posição das partículas e

a sua morfologia muda com o resultado do transporte de massa envolvendo as diversas rotas de difusão e evaporação, condensação, difusão superficial, difusão por contorno de grão e por vacância. (Wakay et Aldinger, 2004) Os pescoços surgem nos pontos de contato devido a mecanismos de transporte de matéria por processo difusionais atômicos ativados termicamente. Desta forma, os poros entre as partículas são preenchidos, levando o sistema à densificação e em algumas condições à contração volumétrica, causando toda uma mudança nas propriedades do sinterizado. Ocorrendo a contração, o processo de transporte de massa muda o espaçamento, distância entre as partículas e aparecem os pescoços. O resultado é a contração do compacto. Assim, se deduz que a alta densidade final é resultado da alta densidade do sinterizado verde e manutenção em altas temperaturas por mais tempo.

A contração pode ser vista de duas maneiras na metalurgia do pó. Para a mecânica de alta precisão esforça-se para não ocorrer contração durante a sinterização. Sem a contração, o compacto final pode ser usado, por exemplo, para o projeto de ferramentas. A ocorrência de contração obriga uma sobre medida na ferramenta para que as dimensões finais sejam aceitáveis. No entanto para alguns materiais as altas densidades são alcançadas, quando necessárias, com a ocorrência de contração durante a sinterização.

Do ponto de vista do processo, a compactação tem como objetivos consolidar o pó no formato predeterminado, diminuir os efeitos de variação dimensional na sinterização e atingir o nível de porosidade desejada. Uma pressão externa é aplicada na compactação para dar forma ao pó contido em uma matriz, conformando-o e dando forma dimensional, densidade e porosidade controlada. O processo de compactação causa um rearranjo e deformações das partículas levando a criar ligações intergranulares.

As matrizes axiais são as mais largamente utilizadas devido a sua praticidade embora a prensagem isostática produza um compacto de alta uniformidade. Na prensagem axial, o pó é compactado em uma matriz rígida pela carga axial de punções. Quando a pressão é aplicada, a primeira resposta é o rearranjo das partículas. A densidade aumenta com o empacotamento das partículas. Grandes lacunas ou vazios são inicialmente preenchidos pelo rearranjo. O aumento da pressão melhora o empacotamento e leva a diminuição da porosidade. Durante a compactação, a força aplicada pelo movimento do pistão é transmitida através do compacto via força de interação nos contatos interpartículas. O movimento relativo das partículas e seu rearranjo tendem ao seu maior empacotamento diminuindo a porosidade. Uma vez que a soma das áreas de contato interpartículas é pequena comparada a uma secção do pó, as tensões nos contatos podem causar deformações, fluxo plástico ou fratura no ponto local do contato.

O processo de compactação pode ser subdividido em quatro estágios distintos em termos de variação de pressão e do modo predominante de densificação:

- Estágio 1- Início do processo de compactação, caracterizado pelo escorregamento e rearranjo das partículas sem ocorrência de deformação plástica ou fratura;
- Estágio 2 - Início de deformações locais e fraturas das partículas nos pontos de contato.

A densificação resultante neste estágio exibe uma relação linear entre densidade relativa e o log da pressão ocorrendo um ponto de inflexão e uma segunda região linear com maior inclinação. O ponto de inflexão corresponde a uma tensão crítica para a variação da inclinação como um índice qualitativo da tensão de fratura da partícula resultando num contínuo escorregamento e rearranjo;

- Estágio 3.- Ocorre nas pressões mais altas de compactação e é caracterizado pela compressão elástica do compacto como um todo;
- Estágio 4 -Caracterizado pela etapa de ejeção do compacto da matriz. Neste estágio, tensões residuais elásticas são relaxadas e as dimensões do compósito podem aumentar em torno de 0,5%. Uma série de cuidados devem ser tomados neste estágio para evitar problemas de fratura e defeitos no compacto.

A densidade do verde e a força de ejeção estão relacionadas à pressão de compactação. Além disso, aumentando a pressão de compactação aumenta a tensão máxima de ejeção. Também, surgem trincas durante a ejeção com maiores pressões de compactação. (Ferguson, e Krauss, 1990)

Os resultados obtidos por Poturaev (1975) levaram à conclusão de que a compactação estática com vibração pode ser realizada com cargas menores reduzindo o consumo de energia. As investigações revelaram também que a aplicação de vibração, juntamente com uma carga estática leva a um aumento significativo na densidade de compactos.

O uso da vibração na compactação dos pós metálicos leva ao aumento na densidade e estrutura mais uniforme do material compactado. Este resultado foi obtido por Kromp (1985) a partir de experiências com baixa frequência (150 Hz) e ultra-som (20 kHz), e pressões de 700 MPa para o cobre, ferro e ligas de alumínio.

Para investigar o mecanismo fundamental de comportamento do pó na compactação, outros pesquisadores desenvolveram pesquisas nesta direção: Kostin (1975) estabeleceu que a compactação com vibrações ultra-sônicas reduz a porosidade dos compactos em média de 10-12%; Cyunczyk (1979) aborda a influência do método de compactação e o

grau de oxidação da superfície sobre a taxa de contração radial / axial. O valor de R/A diminui quando a compactação estática é substituída por compactação vibratória; Tamura (1994) desenvolveu a simulação numérica do comportamento de pó sob compressão mecânica e sob vibração; Voloshin (1995) desenvolveu cinco novas tecnologias de compactação com o uso da vibração (VC) do material particulado (PM). Hashimasa (1997) estudou a compactação com vibração ultra-sônica aplicada longitudinalmente através da punção superior e as amostras produzidas por este método apresentaram um volume de pó de 77,7% na pressão de 550MPa, sendo esta pressão menor do que a necessária para obter amostras com o mesmo volume na compactação a quente; Lin (1999) desenvolveu um processo de metalurgia do pó envolvendo uma fase com vibração antes de compactação a frio e a quente para a fabricação de materiais com gradação funcional (FGMs); Linemann et al (2003) pesquisou a influência da tensão uniaxial, impactos e vibrações na compactação de material; Jon-sén et al (2007) analisou o HVC (High Velocity Compaction), uma técnica utilizada na Metalurgia do Pó para obtenção de componentes com alta densidade além de outras características como: baixa força de ejeção e densidade uniforme; e Kikuchi (2008) apresentou a técnica de compactação do pó metálico sob vibração ultra-sônica para a fabricação de um núcleo magnético cilíndrico.

2. Procedimento Experimental

2.1 Material de Partida

O material de partida utilizado foi o pó de aço ferrítico-martensítico com composição química (%): 0,11 de C, 8,7 de Cr, 1 de W, 0,10 de Ta, 0,19 de V, 0,44 de Mn e 0,004 de S. Um moinho planetário de alta energia Fritsch Pulverisette 7 foi usado para refinamento do respectivo pó, com moagem de 1 hora, razão de 15:1 e velocidade de rotação de 400 rpm.

2.2 Compactação e Vibração

Os corpos de prova foram compactados seguindo três rotas diferentes, após a colocação da mesma quantidade de material, em peso, na matriz: (1) vibração seguida de compressão; (2) vibração combinada com compressão; e (3) somente compressão.

Para isto foi montado o seguinte aparato, Fig.(1), que consiste numa cadeia de medição composta por um gerador de sinais, um osciloscópio para conferência do sinal gerado e sua amplitude, e um amplificador de sinal, o qual alimenta um excitador dinâmico (*shaker*) que está conectado a parte inferior da matriz de compactação.

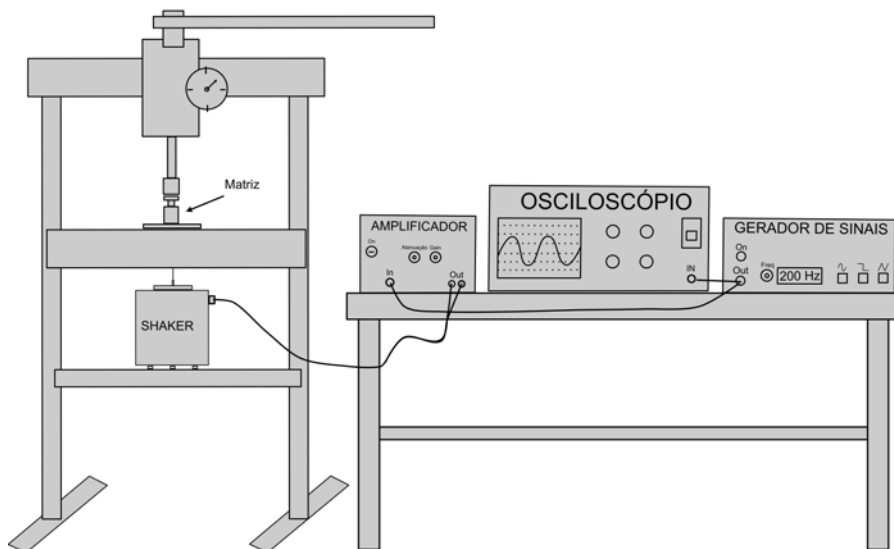


Figura 1. Configuração de montagem dos equipamentos para compactação sob efeito de vibração.

As partidas de pó foram colocadas na matriz cilíndrica de diâmetro 8 mm contendo inicialmente 5 g cada. Após a colocação do pó, para a primeira rota, a matriz foi submetida a uma excitação na sua parte inferior. A aplicação da vibração tinha por objetivo acomodar de forma homogênea as partículas de pó antes deste ser compactado. Para a excitação da matriz de compactação foi gerado um tom puro (seno) na frequência de 200 Hz, durante 10 minutos e logo em seguida foi realizada a compactação, Fig.(2) .

É importante destacar que a maioria dos pesquisas desenvolvidas, utilizam excitações ultra-sônicas, como podemos observar em: Kikuchi (2008), Hashimasa (1997). Estas excitações ocorrem em frequências altíssimas, superior a 20K Hz e não são audíveis pelo ser humano.

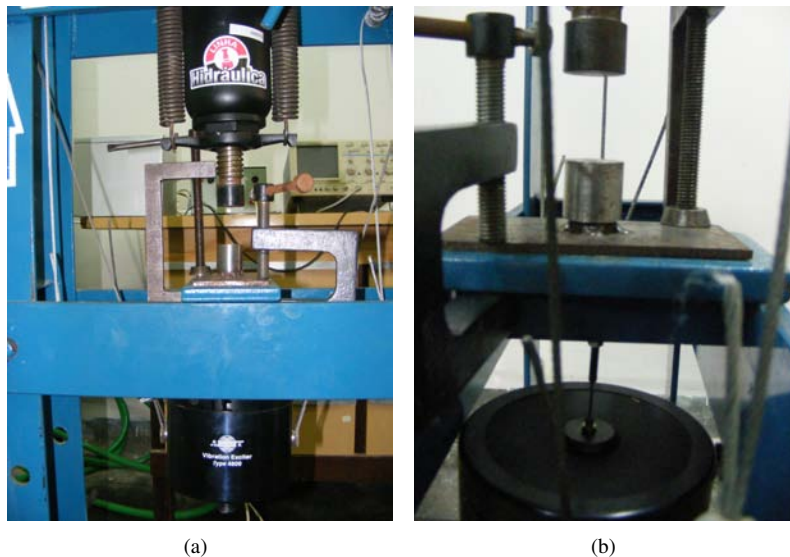


Figura 2. Detalhes da Montagem (a) Imagem Geral; (b) Detalhe posicionamento *Shaker*.

Entretanto em ambientes industriais o acesso a excitadores ultra-sônicos não é tão fácil. Desta forma, como o objetivo deste artigo é estudar o efeito da vibração na compactação do pó, com foco na aplicação industrial, foi gerada uma vibração em baixa frequência que estivesse próxima à frequência de ressonância do conjunto prensa, matriz e excitador. Esta frequência, de 200 Hz, foi determinada a partir do nível de amplitude do sinal sobre a matriz de compactação, com a variação da frequência. Com uma frequência de excitação próxima a frequência de ressonância da estrutura é possível se esperar uma melhor acomodação das partículas de pó no interior da matriz.

Na realização da segunda rota de compactação a matriz novamente foi excitada por um tom puro com frequência de 200 Hz. Comcomitante com a vibração foi aplicada uma carga a uma taxa de 20% a cada 2 minutos.

Por fim, foi realizada a compactação sem a aplicação de vibração. Nesta rota, a amostra foi compactada sob uma carga de 5 ton, mantida por 1 minuto, sendo imediatamente sacada da matriz cilíndrica de 8 mm de diâmetro. Após desmolde os corpos de prova ficaram soltos por 48 horas, tendo suas dimensões mensuradas para o cálculo da densidade do verde.

2.3 Sinterização

As amostras foram sinterizadas em forno a vácuo. A temperatura de sinterização foi de 1300 °C, por 120 minutos, com taxa média de aquecimento de 20 °C/min e resfriamento com taxa média de 25 °C/min.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Densidade

Os valores de densidades das amostras compactadas (verde) e dos sinterizados estão apresentados na Tab. (1), observando-se o maior ganho do valor proporcional da densidade, com a sinterização, da amostra A1 (com vibração), que antes apresentou o menor valor ($4,37\text{g/cm}^3$), mas que após a sinterização alcançou valor semelhante aos demais sinterizados ($5,11\text{g/cm}^3$). Observa-se também que a amostra A3 pressionada (5ton) sem vibração apresentou, antes da sinterização, valor de densidade ($5,22\text{g/cm}^3$) maior que da amostra A1 sinterizado ($5,11\text{g/cm}^3$), e os valores das densidades das três amostras sinterizadas são próximas. Ou seja, o uso da vibração (da forma aplicada) não foi determinante para obter a densificação.

Tabela 1. Valores de densidade (g/cm^3). A1 - com vibração e posterior aplicação da carga, A2 - vibração e aplicação concomitante da carga e A3 - aplicação da carga sem vibração

Amostras	Densidade Verde	Densidade de Sinterização
A1	4,37	5,11
A2	4,61	5,39
A3	5,22	5,38

3.2 Dureza

Para o ensaio de microdureza foi utilizado o equipamento Shimadzu modelo HVM, com carga de 100g, e tempo de 15 segundos. Os valores da dureza estão relacionados na Tab. (2), observando o maior valor médio de dureza para a amostra A1 (compactada com a aplicação da vibração e posterior aplicação da carga de 5ton). Observa-se o grande desvio padrão para a amostra A3 (sem vibração) que correlacionado com o valor da densidade indica que sem a aplicação da vibração, as amostras se densificam, mas não de maneira homogênea. Assim, a vibração que, na forma aplicada, não foi determinante para a densificação, para a homogeneização da microestrutura foi fundamental.

Tabela 2. Resultados experimentais - dureza (HV) dos sinterizados. (carga de 100g/15 s)

Amostras	Dureza (HV) Valor médio	Desvio Padrão (HV)
A1	378,66	10,96
A2	355,00	37,60
A3	367,83	45,44

3.3 Micrografia

As micrografias óticas mostram compatibilidade com os resultados de densidade e dureza apresentados. A Fig.(3) apresenta a micrografia da amostra sinterizada A1 (com vibração e posterior aplicação de carga), no centro com aumento de 200x (a) no centro com aumento de 500x (b). Os grãos são menores, apresentando mais poros. A Fig.(4) apresenta a micrografia da amostra sinterizada A2 (vibração e aplicação concomitante da carga), no centro com aumento de 200x (a) no centro com aumento de 500x (b). Os grãos são maiores e os poros são lamelares. A Fig.(5 apresenta a micrografia da amostra sinterizada A3 (aplicação da carga sem vibração), no centro com aumento de 200x (a) no centro com aumento de 500x (b). Apresentam grandes poros com bordas retas.

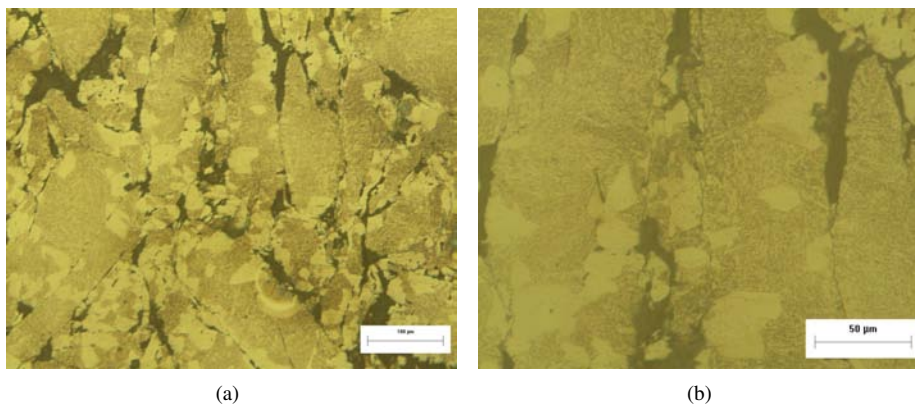


Figura 3. Micrografia (MO) do Corpo de Prova de sinterizado compactado com vibração na fase pré-compactação. (a) No centro com aumento de 200x; no centro com aumento de 500x (b).

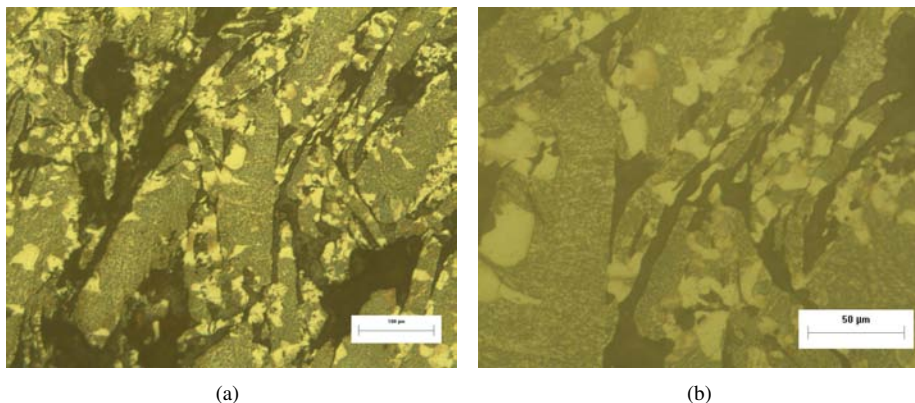


Figura 4. Micrografia (MO) do Corpo de Prova de sinterizado compactado concomitante a vibração. a) No centro com aumento de 200x; no centro com aumento de 500x (b).

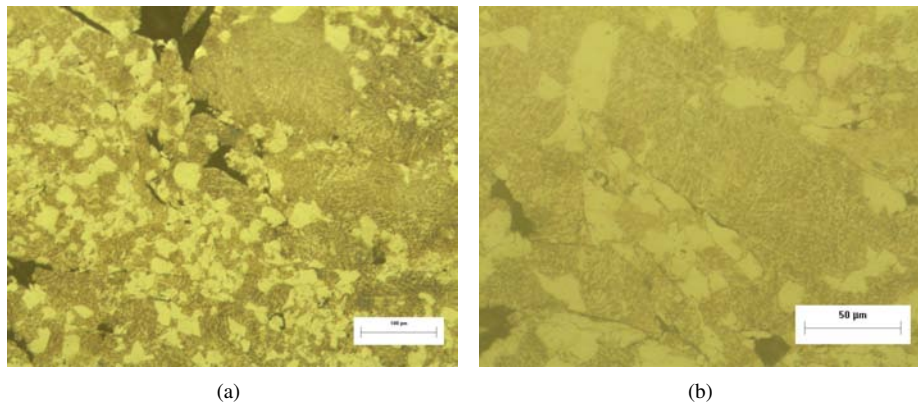


Figura 5. Micrografia (MO) do Corpo de Prova de sinterizado compactado sem vibração. a) No centro com aumento de 200x; no centro com aumento de 500x (b).

4. CONCLUSÃO

A aplicação da vibração não foi determinante para a densificação. No entanto, da forma como aplicada, foi fundamental para a homogeneização da microestrutura, mostrando o potencial desta técnica.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao CNPQ pelo suporte financeiro. Como também às instituições UFSC e UFRN.

6. REFERÊNCIAS

- Avetisyan, A. O., Goryachev, Y.M., e Yarmola, T.M., 1978. "Application of Vibration During The Sintering of Parts from The Higher Manganese Silicide", Institute of Materials Science, Vol. 10(190), pp. 38-40.
- Bollina, R., 2005, "In Situ Evaluation of Supersolidus Liquid Phase Sintering Phenomena of Stainless Steel 316L: Densification and Distortion", Ph d. Thesis, The Pennsylvania State University - The Graduate School.
- Coimbra, A.L., 1984, Lessons of Continuum Mechanics. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil.
- Costa, F. A., 2004, "Síntese e Sinterização de Pós Compósitos do Sistema W-Cu", Tese Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- Cyunczyk, A., 1979, "Anisotropy of Shrinkage During Sintering of Iron Powder Compacts Pressed Under Static or Vibrating Load", PMI. Powder Metallurgy International, Vol. 11, n 4, pp. 162-164.
- Daver, E. M., Trombino, C. J., 2006, "State of the PM Industry in North America", Powder Met.
- Ferguson, B. L. and Krauss, T. M., 1990, "Modeling Ejection of Die Pressed Parts", Advances in Powder Metallurgy, pp. 147-164.
- German, R. M., 1984, "Powder Metallurgy Science", New Jersey: Metal Powder Industries Federation.
- Gomes, U. U., 1995, "Tecnologia dos Pós - Fundamentos e Aplicações", UFRN, Natal, Brasil.
- Hashimasa, Y., Okita, M., Mino, S., Ishigaki, N., 1997, "Fundamental Characteristics of Forming Bonded Magnet Powder Using Ultrasonic Vibration", Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Vol. 44, n 9, pp. 807-811.
- Jonsén, P., Häggblad, H.-A, Troive, L., Furuberg, J., Allroth, S., Skoglund, P., 2007, "Green Body Behaviour of High Velocity Pressed Metal Powder", Materials Science Forum, Vol. 534-536, Part 1, pp 289-292.
- Kikuchi, S., Koyama, D., Nakamura, K., 2008, "A Design of Ultrasonic Compaction Tools for Metal Powder Magnetic Core of Motors", Proceedings - IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS, pp. 2142-2145.
- Kostin, L.G., Buchek, L.T., Shkil, V.M., Sumaneev, N.N., Grenader, M.E., Starkov, V.A., 1975, "Effects of Ultrasonic Vibrations on The Porosity and Hardness of Compacts in The Pressing of Hard-Alloy Powder Mixtures", English translation of Poroshkovaya Metallurgiya, Vol. 14, n 9, pp. 717-720.

- Kromp, W., Trimmel, P., Prinz, F.B., Williams, J.C., 1985, "Vibratory Compaction of Metal Powders", *Modern Developments in Powder Metallurgy*, Vol. 15, pp. 131-141.
- Lee, Y.B., 2003, "Studies on The Growth of The Frost Layer Based on Heat and Mass Transfer Through Porous Media", Ph.D.Thesis, Seoul National University, Seoul.
- Linemann, R., Runge, J., Sommerfeld, M., Weißgüttel, U., 2003, "Compaction of Powders due to Vibration and Shocks", *Part. Part. Syst. Charact.*, Vol. 21, pp 261-267.
- Lin, C.-Y., Bathias, C., McShane, H.B., Rawlings, R.D., 1999, "Production of Silicon Carbide Al 2124 Alloy Functionally Graded Materials by Mechanical Powder Metallurgy Technique", *Powder Metallurgy*, Vol. 42, n 1, pp. 29-33.
- MLA, 2004, "How Do I Document Sources From The Web in My Works-Cited List?", Modern Language Association, 22 Feb. 2007 <<http://www.mla.org>>.
- Poturaev, V.N., Mironyuk, A.F., Pendrakovskii, N.L., 1975, "Some Results of an Investigation into The Vibratory Densification of Metal Powders in a Vibratory Press", English translation of *Poroshkovaya Metallurgiya*, Vol. 14, n 12, pp. 972-975.
- Souza, J. C. M. Nascimento, R.M. and Martinelli, A.E., 2007, "Efeito da Condensação e Queima na Formação de Defeitos Microestruturais em Cerâmicas Feldspáticas Dentárias", *Cerâmica*, Vol. 53, pp. 288-294.
- Soviero, P.A.O. and Lavagna, L.G.M., 1997, "A Numerical Model for Thin Airfoils in Unsteady Motion", *RBCM - J. Of The Brazilian Soc. Mechanical Sciences*, Vol. 19, No. 3, pp. 332-340.
- Sparrow, E.M., 1980. "Forced Convection Heat Transfer In A Duct Having Spanwise-Periodic Rectangular Protuberances", *Numerical Heat Transfer*, Vol. 3, pp. 149-167.
- Tamura, S., Aizawa, T., Kihara, J., 1994, "Three-Dimensional Granular Modeling for Metallic Powder Compaction and Flow Analysis", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 42, n 2, pp. 197-207.
- Voloshin C. E. K., 1995, "Novel Highly Efficient Technologies of Vibration Compaction Particulate Materials", *Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials*, Vol. 1, pp. 2/31-2/40.
- Wakai, F., Aldinger, F., 2003, "Sintering Through Surface Motion by the Difference in Mean Curvature", *Acta Materialia*, Vol. 51, pp. 4013-4024.
- Wakai, F. and Aldinger, F., 2004, "Sintering Forces in Equilibrium and Non-Equilibrium States During Sintering of Two Particles", *Science and Technology of Advanced Materials*, Vol. 5, pp. 521-525.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

STUDY OF VIBRATION IN POWDER METALLURGY FOR HOMOGENEOUS SINTERED STEEL DENSITY DISTRIBUTION

CON10-2029

Márcio Furukava, furukava.m@gmail.com¹

Roberto Jordan, jordan@emc.ufsc.br¹

Marciano Furukava, furukava@ct.ufrn.br²

Roberto Cavalcante de Menezes, robertomenezes@digizap.com.br²

João Bosco da Silva, bosco@ufrnet.br³

¹Laboratório de Vibrações e Acústica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

²Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

³Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

Abstract. *The acquisition of components by powder metallurgy has been widely used in the automotive industry as a solution to large scale production of parts with low cost and dimensional accuracy. In sintering, the intensity and speed of compaction pressure application, the characteristics of the powder as morphology, average size, distribution of particle size and design of the matrix contribute to the density and distribution in the green compact and therefore the mechanical properties of sintered . The density distribution has a critical influence on the sintering of large pieces, cracks and fractures, particularly on compression and extrusion stages. Thus, this article aims to evaluate the influence of vibration, introduced in the pre-compaction phase on the densification of the sintered steel sample.*

Keywords: *Sintering, Fracture, Vibration*