

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS SINTERIZADOS DE AÇO FERRÍTICO REFORÇADO COM 3% DE WT DE TaC.

Resumo: *O presente trabalho visa o desenvolvimento de novos materiais compósitos de matriz metálica (CMM), através da metalurgia do pó, variando o tempo de mistura e moagem de alta energia e sinterização de ligas metálica om adição, distribuição e dispersão de carbeto em duas diferentes temperaturas. As amostras foram sinterizadas no forno à vácuo numa temperatura de 1250 e 1290°C, taxa de 20°C/min por 60 minutos. Os pós de partida foram caracterizados por difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura, e os sinterizados por microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e analisadas por ensaios de micro-dureza. As propriedades mecânicas dos CMM apresentaram um melhor resultado em relação ao aço ferrítico puro.*

Palavras Chaves: *CMM, nanométrico e dispersão.*

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Norte é um grande produtor de minérios de metais refratários como a Schelita, a Tantalita e a Columbita que juntamente com a extração de outros minerais, como o minério de ferro, o coloca entre os cinco maiores produtores de minerais no país. Com isto, nos últimos anos, aumentou o interesse da comunidade científica internacional para o estudo de cerâmicas refratárias como os carbeto de transição metálica (TaC), devido as propriedades apresentadas por este tipo de material como o alto ponto de fusão, elevada dureza e boa resistência ao desgaste.

Por outro lado, dados estatísticos mostram uma produção nos Estados Unidos de 473.804 toneladas de ferro e aço pela metalurgia do pó no ano de 2004 (Daver et Trombino, 2006). Estima-se que, devido ao custo, a produtividade e as propriedades requeridas que mais de 70% dos produtos são sinterizados por fase líquida para promover a densificação em baixas temperaturas (Asm Handbook, 1998). Contudo o uso da fase líquida nem sempre traz um efeito positivo. A sua presença nas interfaces e contornos de grão melhora a densificação, mas também tem uma forte influência no mecanismo de deformação. Quando a sua qualidade aumenta, verifica-se a degradação de propriedades do material, como a dureza.

A metalurgia do pó é uma tecnologia economicamente viável, para processamento de peças metálicas complexas com alta qualidade e tolerância (Bollina, 2005). Comparada com as técnicas convencionais, o aço produzido pela sinterização (metalurgia do pó) apresenta vantagens como: relativa baixa temperatura de processamento, formato e dimensões próximas do projeto final, maior utilização de material e microestruturas mais refinadas (German, 1998). No entanto, o aço produzido via sinterização sólida em temperatura relativamente baixa apresenta porosidade residual restringindo a sua aplicação. Em altas temperaturas, o crescimento de grão torna-se excessivo deteriorando as suas propriedades mecânicas.

A prensagem a frio é o método mais empregado na metalurgia do pó. Uma massa do pó contendo ou não pequenas quantidades de lubrificantes ou aglutinantes é colocado em uma matriz, e prensado axialmente ou isostaticamente. Além destas, outras técnicas podem ser empregadas na prensagem do pó, como, compactação dinâmica e moldagem por injeção, além das técnicas que não aplicam cargas sobre o pós como é o caso da colagem, gravimetria e vibratório (Gomes,1995).

Um artifício utilizado para aumentar a densidade e a dureza dos materiais sinterizados pela fase sólida é o de adicionar partículas oxidas e ou carbeto como reforço, tornando-o um compósito.

Muitos materiais compósitos são constituídos por apenas duas fases; uma chamada de matriz que é contínua e envolve a outra fase, chamada freqüentemente de fase dispersa. Os compósitos reforçados por partículas podem ser classificados como compósitos com partículas grandes e os compósitos reforçados por dispersão. A distinção entre elas está baseada no mecanismo do reforço ou aumento da resistência. O termo “grande” é usado para indicar que as interações partícula, matriz não podem ser tratadas no nível ou ponto de vista atômico ou molecular; e é empregada a mecânica do contínuo para o seu estudo. Para a maioria desses compósitos, a fase particulada é mais dura e mais rígida

do que a matriz. Essas partículas de reforço tendem a restringir o movimento da fase matriz da vizinhança de cada partícula. (Callister, 2002).

Os compósitos de matriz metálica podem ser obtidos com reforços de fibras contínuas e pela utilização de reforços particulados. Entretanto, os reforços particulados apresentam significativas vantagens, pelo fato de que o custo de manufatura desse tipo de compósito é reduzido e podem ser utilizados os processos metalúrgicos convencionais como fundição e metalurgia do pó, seguidos pelos processos de pós-processamento como laminação, forjamento e extrusão.

(Levy, Pardini, 2006). Os reforços podem estar na forma de partículas, fios, fibras curtas ou fibras contínuas (Cahan, 1994).

O principal objetivo deste projeto de pesquisa é o de aprofundar os estudos sobre desenvolvidos de novos CMM's a base de aço sinterizado do tipo ferrítico reforçado com partículas nanométricas dispersas de carbeto de tântalo, visando sua aplicação em tecnologia avançadas. Além disso, um outro objetivo é o desenvolvimento de um novo material compósito que incorpore as propriedades do reforço às propriedades da matriz metálica.

Os resultados, apresentados na tese recentemente defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais-UFRN (Furukava, 2007) mostraram que a distribuição dos carbeto influenciou no comportamento da sinterização, na densidade e na microdureza desta classe de compósitos.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta seção, são apresentados os métodos empregados no desenvolvimento experimental para obtenção dos compósitos de matriz metálica, aço ferrítico adicionado de 3% de TaC, bem como a descrição de toda a composição, condições de moagem, compactação e sinterização, além de suas caracterização correspondente.

O aço ferrítico utilizado na forma de barra, inicialmente, passou pelo processo de usinagem, foi retirado o cavaco deste processo. Em seguida foi realizada a redução desse cavaco através de uma moagem de alta energia num moinho planetário por 10 minutos. A este aço misturou-se 3% em peso de carbeto, moendo-se posteriormente, seguindo duas rotas diferentes 10 e 24 horas de moagem no moinho planetário. Por fim a mistura foi caracterizada por Difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura. Os compósitos particulados forma compactados em matriz metálica cilíndrica com $\phi = 5$ mm e pressão uniaxial de 700 MPa. As amostras compactadas foram sinterizadas em forno sob vácuo 2×10^{-4} Torr, taxa de aquecimento $20^\circ\text{C}/\text{min}$ e isotermas de 1250°C e 1290°C durante 60 minutos. A microestrutura dos produtos sinterizados foi caracterizada por Microscopia Óptica e medidas de dureza.

3. RESULTADOS

O difratograma de raios x do aço apresentou picos característicos de aço ferrítico, na figura (1).

Observa-se na figura (2) que o tamanho e a forma de partida do aço puro apresentado foi bastante heterogêneo.

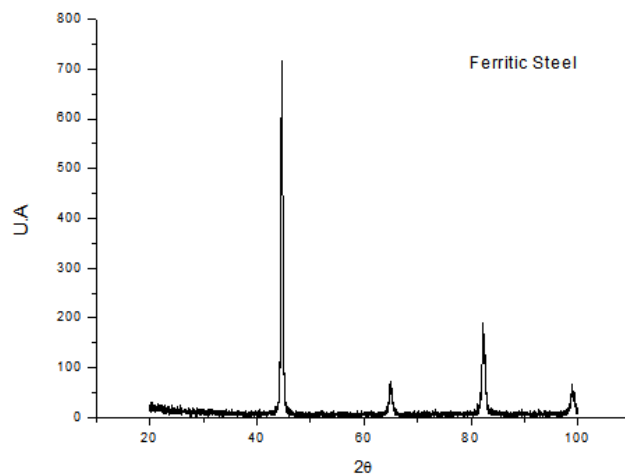


Figure 1. DRX do pó de aço puro reduzido.

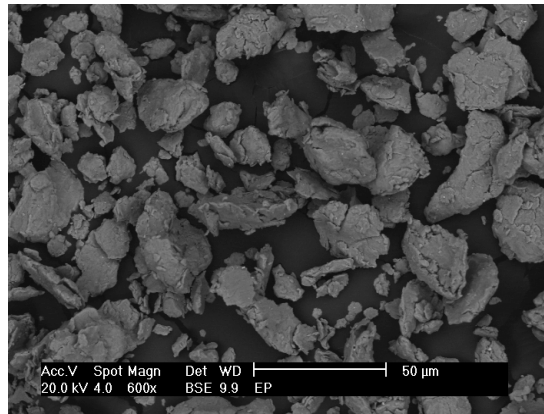


Figura 2. Micrografias (MEV 600X) do aço puro, (a) e aço com TaC comercial, (b).

Na figura (3) são apresentadas as micrografias dos dois diferentes processos de moagem. Fig. (3a) 10 horas de moagem observa-se que a morfologia e tamanho do aço continuam heterogêneos, mas com a presença de partículas mais claras dispersas sobre a matriz metálica, mais escura e na Fig. 3b 24 horas de moagem as forma e tamanho estão mais uniformes.

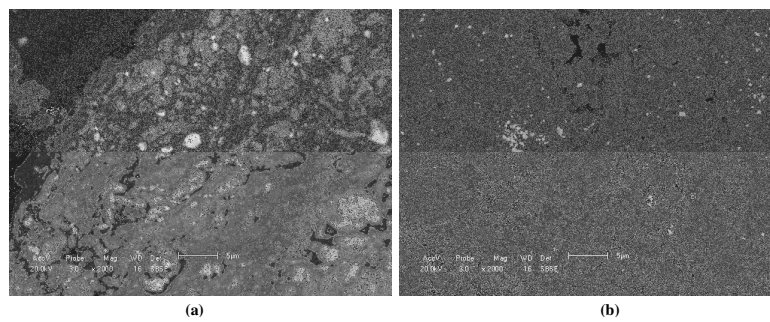


Figura 3. Micrografias (MEV 2000x), dos compósitos particulados, (a) 10 horas de moagem e (b) 24 horas.

Nas figuras (4 e 5) são apresentadas micrografias (MO) das microestruturas das amostras atacadas que foram moídas por 10 horas Fig (4) e por 24 horas Fig.(5). No primeiro caso tem-se que o processo de moagem não foi coerente nas duas diferentes temperaturas, pois se observa um melhor tamanho de partículas na Fig. (4a) temperatura de 1250°C, do que na Fig. (4b) temperatura de 1290°C. Com a moagem de 24 horas figura (5) observa-se partículas com tamanho e formas mais uniformes para as duas temperaturas diferentes Fig (5a) 1250°C e Fig. (5b) 1290°C, pode-se observar os contornos de grão nas partículas arredondas e tem-se uma sinterização num estado mais avançado do que as da figura (4).

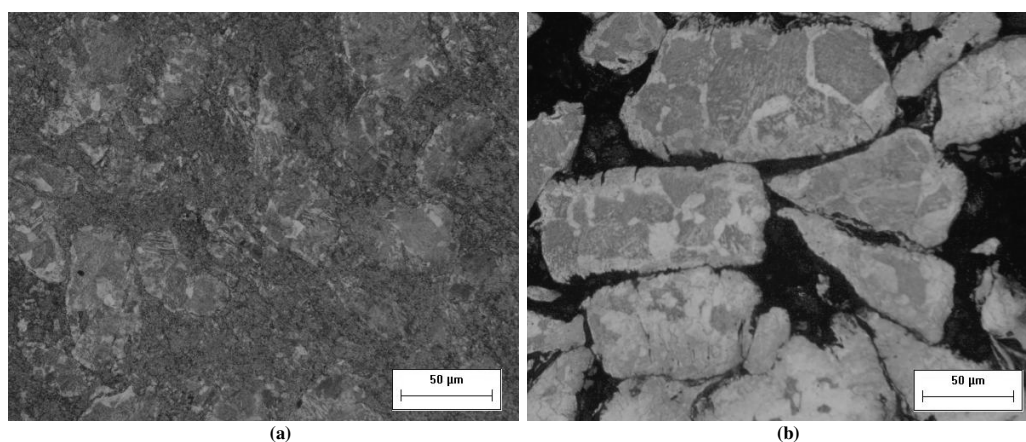


Figura 4. Micrografias (MO 100x), dos compósitos moídos por 10 horas e sinterizados por 60 minutos, (a) 1250°C e (b) 1290°C.

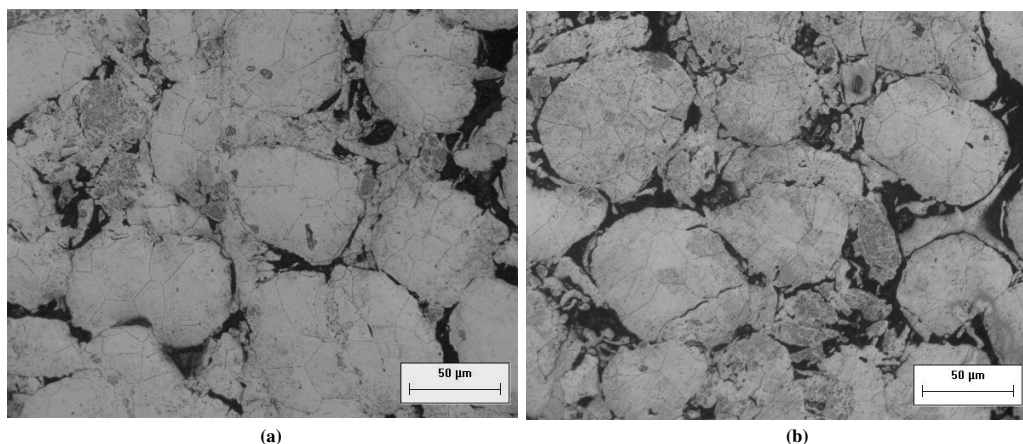


Figura 5. Micrografias (MO 100x), dos compósitos moídos por 24horas e sinterizados por 60minutos, (a) 1250°C e (b) 1290°C.

Na tabela 1 são apresentados os resultados de micro-dureza obtidos para amostras moídas por 10 e 24 horas e sinterizadas nas temperaturas de 1250°C e 1290°C e tempo de 60 min. Os resultados das micro-durezas foram coerentes com as micrografias apresentadas nas figuras (4 e 5), pois tem-se uma diferença considerável nas amostras moídas por 10 horas figura (4) nas diferentes temperaturas de 1250°C e 1290°C, enquanto que com a moagem de 24horas os resultados de dureza não mais próximas, de acordo com as micrografias uniformes da figura (5).

Tabela 1. Valores de microdureza das amostras sinterizadas.

Amostras	Microdureza (HV)
Aço Ferrítico Puro	123
Aço Ferrítico + TaC 10h_1250°C	282,5
Aço Ferrítico + TaC 10h 1290°C	128
Aço Ferrítico + TaC 24h 1250°C	147,2
Aço Ferrítico + TAC 24h 1290°C	146,4

4. CONCLUSÃO

O carbeto de tântalo - TaC com cristaltos de tamanho nanométrico, fortemente aglomerados, constituindo partículas menores que as partículas de aço inox 316, foram dispersas pela moagem, permanecendo na compactação, entre as partículas que constituem a matriz metálica.

Os resultados mostram significativa diferença entre os tamanhos e formas das partículas, assim como o estágio de sinterização em função dos tempos de moagem e das temperaturas, sendo que o maior valor da micro-dureza foi para amostra com 10 horas de moagem na temperatura de 1250°C. Todos os resultados preliminares de micro-dureza dos sinterizados reforçados foram maiores que a amostra de aço puro, com isso conclui-se que está havendo um melhoramento nas propriedades mecânicas dos CMM.

5. AGRADECIMENTOS

CAPES - CNPQ - Programa de Pós-Graduação da UFRN (PPGCEM).

6. REFERÊNCIAS

- Bollina, R., 2005, "In Situ Evaluation of Supersolidus Liquid Phase Sintering Phenomena of Stainless Steel 316L: Densification and Distortion", These (Doctor of Philosophy), The Pennsylvania State University - The Graduate School.
- Cahn, R. W., Haansen, P., Kramer, E. J., 1994, "Materials Science and Technology, New York", VCH Publishers, Inc., 11, Structure and Properties of Ceramics.

- Callister Jr., W. D., 2002, “Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução”, traduzido por S. M. S. Soares, Revisado por P. E. V. de Miranda; 5ª Edição, Rio de Janeiro: LTC Editora, Traduzido de Materials Science and Engineering: an Introduction.
- Daver, E. M., Trombino, C.J., 2006, “State of the PM Industry in North America”, Powder Met.
- Furukava, M., 2007, “Sinterização de Aço Inoxidável Reforçado com Partículas Nanométricas Dispersas de Carbetto de Nióbio – NbC”, Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – , Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- German, R. M., 1994, “Powder Metallurgy Science”, New Jersey, Metal Powder Industries Federation.
- Gomes, U. U., 1995, “Tecnologia dos Pós – Fundamentos e Aplicações”, Natal. UFRN Editora Universitária.
- Levyn. F., Pardini, L. C., 2006, “Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia”, 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher.

5. 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 MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL SINTERED REINFORCED WITH 3% WT OF TaC.

Código: CON10- 1974

Leiliane Alves de Oliveira; leilianealves@yahoo.com.br
Uílame Umbelino Gomes; uilame.umbelino@pq.cnpq.br
Carlson Pereira de Souza; carlson@ufrnet.com
Marciano Furikava; furukava@ct.ufrn.br
Yuri Torres de Oliveira; Yuri_materiais@yahoo.com.br
Alessandra Agna Araújo dos Santos; alessandraagna@yahoo.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais.
Campos Universitário, 59072-940, Natal-RN Brasil.

Abstrac: *This study aims to develop new materials for metal matrix composites (MMCs) by powder metallurgy, by varying the mixing time and high-energy milling and sintering of metallic alloys with addition, distribution and dispersion of carbides in two different temperatures. The samples were sintered in vacuum oven at a temperature of 1250 ° C and 1290 ° C rate of 20 ° C / min for 60 minutes. The starting powders were characterized by X-ray diffraction and scanning electron microscopy, and sintered by optical microscopy, scanning electron microscopy and analyzed by test of micro-hardness. The mechanical properties of CMM showed better results compared to pure ferritic steel.*

Keywords: *MMC, nanosize and dispersed.*