

# **DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CARBETO DE BORO EM MATRIZ DE AÇO INOXIDÁVEL MISTURADOS POR DIFERENTES ROTAS DE MOAGEM**

**EDERSON BITENCOURT DAS NEVES<sup>1</sup>; ALICE GONÇALVES OSORIO<sup>2</sup>;**  
**MARGARETE R. F. GONÇALVES<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – edersonbn@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – margareterfg@gmail.com

## **1. INTRODUÇÃO**

A Metalurgia do Pó é um processo metalúrgico que abrange uma sequência de operações e processos a partir de pós-metálicos e não metálicos como matérias-primas, e incide em compactar e/ou modelar a “mistura” no formato desejado e aquecê-la (etapa chamada de sinterização) (THÜMLER e OBERACKER, 1993). Seu objetivo é melhorar a coesão da estrutura interna, com a característica específica de que a temperatura permaneça abaixo da temperatura de fusão do elemento constituinte principal. Apresenta algumas vantagens como, por exemplo: controle rigoroso da composição química; perda mínima de matéria-prima; bom acabamento superficial; uso mais eficiente de energia; processo de fácil automação com boa tolerância dimensional dispensando operações posteriores de usinagem (CHIAVERINI, 1992; GERMAN, 1994).

Nas últimas décadas a utilização do aço 316L ganhou grande espaço no mercado devido a sua excelente propriedade de resistência à corrosão, acabamento superficial, e capacidade de conformação. Na indústria o mesmo está presente em variadas aplicações, como tubos, tanques, reatores, colunas de destilação, trocadores de calor e condensadores. No entanto, sua aplicação é restringida pela baixa resistência ao desgaste devido sua baixa dureza e o mesmo não pode ser endurecido por métodos tradicionais de tratamentos térmicos, devido a sua estrutura austenítica estabilizada, principalmente, pela presença do níquel (FURUKAVA, 2007).

Conforme TURATTI (2009) o carbeto de boro ( $B_4C$ ) é um cerâmico que desperta grande interesse, devido as suas propriedades de alta dureza, alta resistência ao desgaste, alto ponto de fusão, alto módulo de Young e boa condutividade térmica. É um dos materiais mais duro conhecido, atrás apenas do diamante e do nitreto de boro cúbico. Ele é recomendado também para blindagem de veículos, aeronaves e coletes a prova de balas.

Este trabalho tem como objetivo buscar subsídios na literatura que fundamente a fabricação de um componente de aço inoxidável austenítico 316L reforçado com  $B_4C$ . Mais especificamente, visa avaliar diferentes rotas de moagem a fim de obter a rota mais eficiente para a dispersão de partículas de  $B_4C$  em matriz do aço em questão.

## **2. METODOLOGIA**

Será utilizado pó de aço inoxidável 316L atomizado em água. O pó de aço 316L foi adquirido da empresa Brats. A Tabela 1 apresenta sua composição química.

Tabela 1- Composição química 316 L

ABNT/SAE/AISI	C máx.	Mn máx	P máx.	S máx.	Si máx.	Ni	Cr	Mo
<b>316 L</b>	0,03	2,00	0,045	0,030	0,75	10-14	16-18	2-3

Fonte: (Högnas, 2004)

O pó de aço inoxidável será misturado ao pó de  $B_4C$ , adquirido junto a H.C. Starck. A Tabela 2 apresenta suas características, conforme informado pelo fornecedor.

Tabela 2- Pó de  $B_4C$

Tipo	Descrição	Tamanho médio de partícula Difração a laser ( $d_{50} \mu m$ )	Área superficial específica (BET) $m^2/g$
Grade HS	Pó para sinterização	0,8	15-20

Fonte: H.C. Starck

O pó de aço 316L será misturado ao  $B_4C$ , conforme variação de tempo e tipo de moagem pré-estabelecidos. A mistura será composta por 1,5g de  $B_4C$  (3% em peso) em 48,5g de aço inoxidável 316L e para efeito de moagens preliminares, a razão bola-pó e tempos serão adotados conforme apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros de moagem

Tipo	RBP (razão bola-pó)	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3
Moinho Atritor (Netzsch)	4:1	0,5h	1,0h	1,5h
Moinho de Bolas	20:1	0,5h	1,5h	2,5h
Moinho periquito	20:1	0,5h	1,5h	2,5h

Para SURYANARAYANA (1995) a razão bola-pó (RBP) afeta diretamente o tempo para diminuir o tamanho das partículas do pó, e quanto maior a RBP, menor é o tempo requerido. Ainda segundo o autor, a rotação e tempo de moagem buscam o equilíbrio entre a fratura e a soldagem a frio das partículas de pó e depende principalmente do material a ser moído e tipo de moinho. Deve-se destacar que tempos de moagem maiores que o necessário aumentam a contaminação e a formação de algumas fases indesejáveis (contaminantes).

O moinho Atritor é um moinho de alta energia que trabalha em rotações mais altas, diminuindo o tempo necessário de moagem, além de cominuir o material sob moagem. Acredita-se que não será necessário tempos maiores de 1,5h para a moagem dos pós, quando o moinho atritor for utilizado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de caracterizar os pós obtidos, estes foram avaliados em microscopia óptica, para avaliar sua morfologia e dimensão. As Figuras 1 e 2 apresentam imagens captadas no microscópio óptico dos pós de aço inoxidável 316L e pó de carbetto de boro. Aumentos em função das barras de escalas nas imagens.

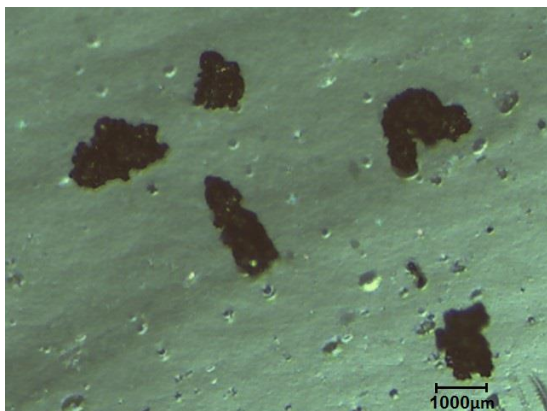


Figura 1: Pó de aço inoxidável 316L

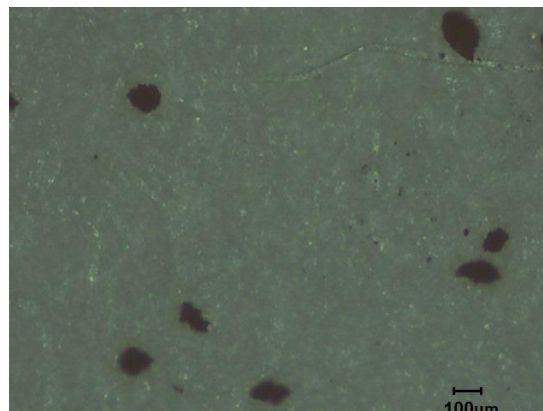


Figura 2: Pó de carbeto de boro

A partir das Figuras 1 e 2 pode-se visualizar que o pó de aço 316L apresenta morfologia bastante irregular. Já o pó de  $B_4C$  apresentou uma morfologia bem mais uniforme se assemelhando a uma esfera; sua distribuição de tamanho, entretanto, também não apresentou grande dispersão. Para a avaliação da distribuição de tamanho de partícula, inúmeras imagens foram obtidas de diferentes regiões dos pós fornecidos, a título de amostragem, e estas foram medidas. Os valores médios obtidos para as partículas de aço e de carbeto são  $903 \pm 316 \mu m$  e  $109 \pm 42 \mu m$ , respectivamente. O objetivo desta caracterização inicial foi de orientar o processo de sinterização.

A evolução microestrutural durante o processo de moagem será analisada por Difratometria de Raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), e também por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) acoplada ao mesmo equipamento. A utilização do MEV será necessária, pois se acredita que as partículas de  $B_4C$  assumam tamanho submicrométrico, o que está além da sensibilidade do granulômetro.

A eficiência na rota de moagem será caracterizada pela distribuição de partículas em função do tempo e equipamento de moagem, uma dispersão homogênea indica melhores propriedades mecânicas ao compósito. Ainda, será avaliada a possível cominuição das partículas de  $B_4C$  em função do tipo e tempo de moagem. O controle do tamanho da partícula tem implicação sobre as propriedades mecânicas do componente, como dureza, resistência mecânica e densidade do produto final, partículas menores proporcionariam um ganho em resistência mecânica, além de uma diminuição da quantidade de partículas de carbeto a serem adicionadas ao componente e, também, facilitariam o processo de sinterização (FURUKAVA, 2007).

Como resultados deste trabalho, espera-se obter qual tipo de moinho e tempo de moagem é mais eficiente para homogeneização dos pós, bem como para a cominuição das partículas de  $B_4C$ . Assim justifica-se futuramente a aplicação prática deste trabalho com uso de diferentes equipamentos e tempos de moagem.

#### 4. CONCLUSÕES

Essa pesquisa teórica foi delimitada ao estudo de dispersão de partículas de carbeto de boro na matriz de aço inoxidável 316L pela adoção de diferentes rotas e tempos de moagem.

Apesar deste trabalho estar em fase inicial, o mesmo representa o escopo inicial do trabalho prático composto pelas etapas de cominuição das partícula de carbeto de boro; sua mistura com aço 316L; sua compactação e por fim a sinterização.

A definição dos parâmetros de mistura e compactação de pós é de extrema importância na fabricação de componentes sinterizados, o que justifica a atenção dada neste trabalho a esta primeira etapa de fabricação. A execução prática dos parâmetros apontados nesse trabalho irá indicar uma rota de moagem mais eficiente dentro do escopo apresentado.

Após a produção dos sinterizados serão avaliadas as suas propriedades mecânicas e de resistência ao desgaste.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIAVERINI, V. **Metalurgia do Pó-Técnicas e produtos**. 3º Edição. São Paulo. 1992.

FURUKAVA, M. **Sinterização de aço inoxidável reforçado com partículas nanométricas dispersas de carbeto de nióbio – NbC**. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. RN. 2007.163p.

GERMAN, R. M. **Powder Metallurgy Science**. 2nd. ed. Princeton, New Jersey: Metal Powder Industries Federation, 1994. 472 p.

HÖGANAS. **Manual de pós de ferro e aço para componentes sinterizados**. Höganäs, 2004.393p. SURYANARAYANA, C. **Does a disordered  $\gamma$ -TiAl phase exist in mechanically alloyed Ti-Al powders intermetallics**, v.3, p.153-160, 1995

THÜMMLER, F. and OBERACKER, R., **Introduction to Powder Metallurgy**. Ed. University Press, Cambridge, London, 1993.

TURATTI, A. M. **Sinterização de carbeto de boro com alta resistência ao desgaste**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais. Dissertação de mestrado. 2009.