

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

EDERSON BITENCOURT DAS NEVES¹; **ALICE GONÇALVES OSORIO²**,
MARGARETE R. F. GONÇALVES³

¹*Universidade Federal de Pelotas – edersonbn@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com*

³*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) (THÜMMLER 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
316 L	0,03	2,00	0,045	0,030	0,75	10-14	16-18	2-3

Fonte: (Höganas, 2004)

O pó de aço inoxidável será misturado ao pó de B₄C, adquirido junto a H.C. Starck. A Tabela 2 apresenta suas características, conforme informado pelo fornecedor.

Tabela 2- Pó de B₄C

Tipo	Descrição	Tamanho médio de partícula	Área superficial específica (BET) m ² /g
		Difração a laser (d ₅₀ µm)	
Grade HS	Pó para sinterização	0,8	15-20

Fonte: H.C. Starck

O pó de aço 316L será misturado ao B₄C, conforme variação de tempo e tipo de moagem pré-estabelecidos. A mistura será composta por 1,5g de B₄C (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 carbeto de boro. Aumentos em função das barras de escalas nas imagens.

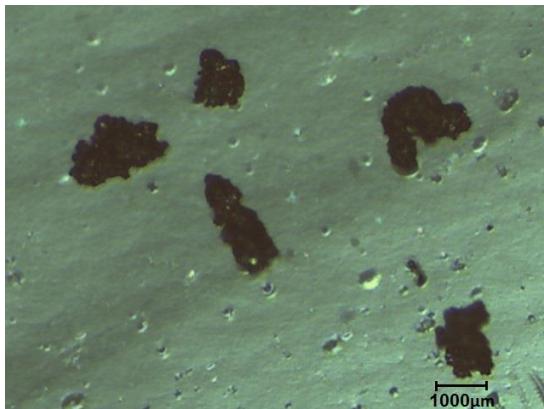


Figura 1: Pó de aço inoxidável 316L

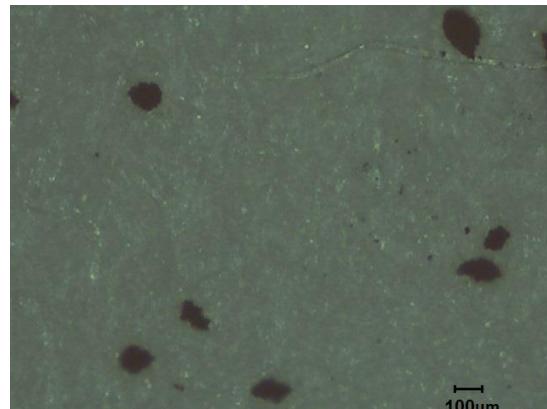


Figura 2: Pó de carbeto de boro

A partir das Figuras 1 e 2 pode-se visualizar que o pó de aço 316L apresenta morfologia bastante irregular. Já o pó de B₄C 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 ± 316 μm e 109 ± 42 μm, 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 B₄C 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 B₄C 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 B₄C. 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.

FURUKAWA, 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 γ -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.