

COMPÓSITO DE “METAL DURO – NITRETO CÚBICO DE BORO”¹

Guerold Sergueevitch Bobrovnitchii²

Marcello Filgueira³

Uilame Umbelino Gomes⁴

Rômulo Crespo Tardim⁵

Resumo

Os materiais compósitos à base de metal duro (matriz) e nitreto cúbico de boro (cBN) ainda são raramente utilizados em aplicações de tecnologias industriais. Apesar de possuir propriedades físicas similares as do diamante, o cBN possui a característica inconveniente de reagir com o material da matriz durante seu processo de obtenção, feita através da sinterização. Uma maneira de eliminar este efeito negativo é aplicar altas pressões (até 9,0 GPa) durante o processo de sinterização. Em experimentos realizados, misturas de pó de metal duro (WC15%Co) e cBN (16% do volume) foram submetidas a altas pressões, entre 6,0 e 7,0 GPa, e a altas temperaturas, entre 1200 e 1400° C, durante 40 s. Depois de realizada a sinterização, a amostra que apresentou melhores resultados possuía densidade de 14,81 g/cm³, dureza Knoop média de 20,8 GPa, limite de compressão médio de 5,2 GPa, e desgaste na razão de 0,21 g a cada 5 min.

Palavras-chave: Metal duro; cBN; Alta pressão; Sinterização.

“HARD METAL – CUBIC BORON NITRIDE” COMPOSITE

Abstract

The "hard metal - cubic boron nitride (cBN)" composite materials are still rarely used in applications of industrial technology. Although it shows physical properties similar to diamond, cBN has the inconvenience of reacting with hard metal during the sintering process. A way to eliminate this negative effect is to apply high pressures (up to 9,0 GPa) during the sintering process. In the experiments, hard metal (WC+15%Co) and cBN (16% of the volume) powder mixtures had been submitted to high pressures about 6,0 and 7,0 GPa, and temperatures from 1200 to 1400° C, for 40 seconds. After the sintering processes, the sample that showed the best results had density of 14,81 g/cm³, Knoop hardness of 20,8 GPa, compression limit of 5,2 GPa, and a wear of 0,21 g per each 5 min of use.

Key words: Hard metal; cBN; High pressure; Sintering.

¹ *Contribuição técnica ao 62° Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Professor Emérito do SMSD/LAMAV - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil. CEP 28013-600*

³ *Professor Associado do SMSD/LAMAV - UENF.*

⁴ *Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.*

⁵ *Graduando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - UENF*

1 INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos diamantados com matriz de metal duro tiveram o início do seu desenvolvimento na década de 70, do século XX. Após obter grande sucesso na indústria de materiais compósitos,⁽¹⁾ o próximo avanço tecnológico foi dado com o intuito de se obter um compósito que consiste em uma matriz de metal duro com partículas de nitreto cúbico de boro (cBN) bem distribuídas.⁽²⁾ As matrizes preferidas para essa aplicação apresentavam as composições WC10%Co e WC15%Co.

A obtenção de materiais compósitos com partículas de cBN é uma tarefa bastante complicada. Foram registrados alguns empecilhos que não dependem dos métodos de sinterização deste material, sendo que o principal deles é a interação do cBN com os componentes do metal duro, WC e Co, sob temperaturas de aquecimento acima de 1200° C. Alguns dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Compressibilidade química do cBN com componentes da mistura de pó de WC e Co.^(1, 2)

Materiais (reagentes)	Temperatura da interação, T° C	Produto básico condensado
cBN+WC	1350	W ₂ B
cBN+W ₂ C	1200 ⁽¹⁾	W ₂ B
cBN+Co	1200 ⁽²⁾	Co ₂ B

Como pode ser observado, os produtos básicos são os boretos dos metais, e inclusive, é constatado o aparecimento do gás nitrogênio. É muito importante notar que a interação do cBN com W₂C e Co começa a uma temperatura abaixo da que há formação de metal duro, entre 1300-1350° C. Os boretos formados não possuem alta molhabilidade em relação às partículas de cBN. Em decorrência desse fato, depois do resfriamento do compósito, os grãos de cBN não mostram boa adesão com a matriz. Além disso, o nitrogênio formado no processo de interação das substâncias dificulta a formação de uma estrutura sem porosidade (principalmente na fronteira dos grãos de cBN). Deste modo, ambos os fatores levam à diminuição da resistência mecânica do compósito.

Tomando como base essas informações, é possível concluir que existe a possibilidade de melhorar as propriedades físico-mecânicas do compósito, e ela está ligada com a diminuição da interação de cBN com Co e, possivelmente, com W₂C (se houver formação através da descarbonização do WC).

A diminuição ou eliminação total do grau de interação entre as fases é possível através da aplicação de duas metodologias: utilização de alta pressão ou revestimento das partículas com finas camadas de material protetor.

Neste trabalho, para obter compósitos de metal duro e cBN com características melhoradas, foi utilizada a técnica de alta pressão.

2 METODOLOGIA

No processo de sinterização da mistura (WC15%Co+cBN com granulometria até 40 µm) foi utilizado o dispositivo de alta pressão tipo bigorna toroidal com diâmetro da concavidade de 13,5 mm.⁽³⁾ A célula reativa utilizada consiste em um forno aquecedor de grafite, duas tampas isolantes de calcita e a mistura de pó de metal duro com cBN, e depois de pronta é montada dentro do orifício de 7 mm de uma cápsula deformável feita

de calcita. O conjunto cápsula montada e dispositivo de alta pressão foi calibrado em função da pressão e temperatura, utilizando métodos que já se mostraram eficientes,⁽⁴⁾ em uma prensa especial de 630 toneladas de força.

O processo de sinterização foi realizado sob pressões de 6,0 e 7,0 GPa e temperaturas de 1250 e 1450° C, durante 40 s.

Depois da sinterização, as amostras foram limpas superficialmente por uma retífica e submetidas ao teste de dureza, limite de compressão axial, densidade e desgaste abrasivo, entre outros.

Para estes ensaios foram utilizadas as máquinas Instron, para ensaio de dureza Knoop, e retífica de corpos cilíndricos, equipada com disco de carborundum.

Na retífica, por exemplo, foi feito o estudo comparativo do desgaste entre as pastilhas comerciais de WC15%Co e as amostras produzidas no laboratório, ambas com a aplicação de uma carga de 20 kg.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à escassez de informações sobre o material estudado, serviram como critério para julgar a otimização da sinterização a densidade e a resistência à compressão. As grandezas das propriedades medidas das pastilhas, com e sem cBN na composição, são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Propriedades dos compósitos com matriz de WC15%Co+cBN.

nº	Amostras	Microdureza Knoop, GPa	Limite de resistência à compressão, GPa	Densidade, g/cm ³	Desgaste durante 5 min, g
1	WC15%Co com 16% cBN (pressão 6,0 GPa, temperatura 1250° C, tempo 40 s)	14,8-15,1	3,8-4,1	13,6	0,45
2	WC15%Co com 16% cBN (pressão 7,0 GPa, temperatura 1400° C, tempo 40 s)	20,4-21,1	4,8-5,6	14,4	0,21
3	WC15%Co, Durit	13,9	3,5 (médio)	14,81	0,3

O estudo da microestrutura da matriz de metal duro mostra que para todas as amostras elaboradas do compósito, o processo de formação praticamente termina depois de decorrido o tempo de 40 s. Por isto, os valores da densidade são, relativamente, próximos ao do aditivo. O mesmo não acontece com os valores da propriedade mecânica (resistência à compressão), que são diferentes e se aumentam com aumento da pressão da sinterização. A influência positiva da alta pressão também é determinada pelo aumento da microdureza e diminuição do desgaste notado. A refrigeração rápida da amostra sob alta pressão provoca a diminuição do tamanho dos grãos na cristalização do material da matriz. O resultado deste efeito é que o grão de cBN apresenta melhor adesão com o material da matriz, o que leva ao aumento da microdureza e, conseqüentemente, diminuição do desgaste.

A diferença entre as três amostras em relação à adesão revela-se também durante a retífica das amostras. A amostra obtida com baixos p, T – parâmetros apresentou um número de maior de pequenas covas da superfície retificada.

Os efeitos negativos da interação do cBN com o WC e o Co, muito provavelmente foram reprimidos pela alta pressão.

4 CONCLUSÕES

- Como foi esperado, a presença do cBN na matriz de metal duro (WC15%Co) muda a sua estrutura e algumas propriedades. A alta pressão e a alta temperatura contribuem para o aumento da dureza, e a diminuição do desgaste do material compósito;
- O método de sinterização sob alta pressão e alta temperatura é um meio efetivo de regular o grau de interação entre as fases durante a obtenção do compósito com cBN na matriz de metal duro. Os p, T – parâmetros da sinterização são relativamente altos ($p=7,0$ GPa e $T=1400^\circ$ C) e devem ser otimizados no sentido de diminuir seus valores em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- 1 ANDREEV, V. D.; BONDARENKO, V. P.; BARANOVSKY, A. M., **Estudo dos materiais compósitos à base de metal duro com nitreto cúbico de boro obtidos pelos métodos variáveis**. J. Powder Metallurgy. 1983, nº 3, p. 43-45.]
- 2 BONDARENKO, V. P.; BARANOVSKY, A. M.; PUGATCH, E. A. Estudo da interação do cobalto com o nitreto cúbico de boro. In: Coletânea de obras “**Altas pressões e propriedades dos materiais**”. Ed. Naukova Dumka, p. 100-105, 1980, (em russo).
- 3 VERESTSHAGIN, L. F.; KHVOSTANTSEV, L. G. US Patent nº 3854854. **High pressure producing apparatus**. 1974.
- 4 BOBROVNITCHII, G. S.; VIANNA, W. S. Metodologia para a medição da temperatura no dispositivo de alta pressão com grande volume usado na síntese de diamantes. In: 60º Congresso da ABM, Belo Horizonte. **Anais**. v. 1, p. 3078-3087, 2005.