

A FORMAÇÃO DA ESTRUTURA DO METAL DURO (WC/6%Co) EM CONDIÇÕES DE ALTAS PRESSÕES E ALTAS TEMPERATURAS¹

*Cristiane Maria Fernandes Gomes*²

*Guerold Sergueevitch Brobovitchii*³

*Marcello Filgueira*⁴

*José Nilson França de Holanda*⁵

Resumo

A indústria mundial de ferramentas de corte está a cada dia buscando métodos de melhoria das propriedades de metal duro para satisfazer a crescente demanda dos consumidores. Um dos métodos visados é a aplicação de alta pressão (acima de 3,0 GPa) na sinterização de compactos de metal duro. No presente trabalho foi feito um estudo preliminar da possibilidade de formação de pastilhas de metal duro com composição WC/6%Co em condições de altas pressões (3,0 a 7,0 GPa) e temperaturas de 1200, 1300 e 1400°C. Os resultados mais efetivos foram obtidos sob a temperatura de 1200°C. Além disso, os resultados mostraram que as amostras submetidas a altas pressões apresentaram estrutura fina, dureza e microdureza aumentadas e grau de desgaste mais alto comparados com àquelas obtidas pelo método convencional.

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

THE FORMATION OF HARD METAL (WC/6%Co) STRUCTURE AT HIGH PRESSURE AND HIGH TEMPERATURE CONDITIONS

Abstract

The world industry of cutting tools is each day finding improvement methods of hard metal properties to satisfy the increasing demand of the consumers. One of sighted methods is the application of high pressure (up 3,0 GPa) on sintering of hard metal compacts. In the present work, it was done a preliminary study of the possibility of formation of hard metal pastilles with WC/6%Co composition at high pressure (3,0 up to 7,0 GPa) and temperatures of 1200, 1300 e 1400°C conditions. The results more effective were obtained under temperature of 1200°C. In addition, the results showed that the submitted to high pressures samples presented fine structure, increased hardness and microhardness and more high degree of wear compared with that obtained by convencional methods.

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

¹ *Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ*

² *MSc. em Engenharia e Ciência dos Materiais, Doutoranda do PPGECEM-UENF.*

³ *Dr. em Ciência e Engenharia dos Materiais, Professor Titular da UENF.*

⁴ *Dr. em Ciência e Engenharia dos Materiais, Professor Associado da UENF.*

⁵ *Dr. em Ciência e Engenharia dos Materiais, Professor Associado da UENF.*

INTRODUÇÃO

As características mecânicas, caloríficas e físicas de metais duros (WC/Co) tais como resistência ao desgaste, condutividade térmica e dureza sob altas temperaturas, condicionaram a sua ampla aplicação na área de ferramentas da indústria moderna.⁽¹⁻²⁾ Está sendo crescente a utilização de metal duro na área de perfuração de poços de petróleo.⁽³⁾ Por esta razão, a busca de novos métodos para melhoria das propriedades de metal duro vem despertando maior interesse.

Nos últimos anos a rota da metalurgia do pó tem utilizado a técnica de alta pressão para obtenção de compactos de alta densidade e alta resistência, não somente para pós metálicos mas também para pós de nitretos, carbetos, boretos e óxidos.⁽⁴⁻⁸⁾ A aplicação de altas pressões hidrostáticas durante a preparação das misturas de metal duro permite aumentar a qualidade das peças sinterizadas.⁽⁷⁾ A aplicação do método HIP vem tornando-se comum na indústria.⁽⁸⁾ Um valor mais alto de pressão na sinterização das amostras de metal duro possibilita uma melhoria nas propriedades do produto a ser obtido.

Neste contexto, no presente trabalho foi feito um estudo sobre a influência de altas pressões (3,0 a 7,0 GPa) e altas temperaturas (1200 a 1400°C) sobre as propriedades físico-mecânicas de metal duro WC/6%Co.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foi utilizado dispositivo de alta pressão tipo bigorna toroidal com concavidade de diâmetro 13,5 mm para célula reativa com diâmetro de 7 mm e altura de 9 mm.⁽⁹⁾ Para geração da força de compressão foi utilizada uma prensa de 630 Ton, modelo D0138B da RYAZANTYASHPRESSMACH, Rússia instalada na UENF.

Para o processamento do metal duro foram utilizados pós de WC e Co fornecidos pela Empresa "Durit" com granulometria de $\cong 2-5 \mu\text{m}$. Amostras com diâmetro de 8 mm e altura de 5 mm foram adquiridas da mesma empresa para efeito de comparação das propriedades das amostras WC/6%Co sinterizadas convencionalmente e sob altas pressões e altas temperaturas.

A mistura do pó WC + 6% em peso de Co foi realizada em um misturador tipo "Y", posteriormente foi pesada em quantidade de $2,78 \pm 0,02\text{g}$ sendo em seguida pré-compactada sob pressão de 500 MPa.

A montagem da cápsula deformável inclui a instalação em seu orifício do pré-compacto com duas tampas de pós de grafite e Al_2O_3 com proporção 1:1 nos topos deste pré-compacto. Após montada, a cápsula é instalada na concavidade do dispositivo de alta pressão. Em seguida, o conjunto é transferido para o interior da prensa.

Os parâmetros de sinterização foram:

- pressão na câmara de compressão na faixa de 3,0 a 7,0 GPa;
- temperatura de sinterização de 1200 a 1400°C;
- tempo de manutenção dos parâmetros de 1 a 5 min.

O limite superior da temperatura foi escolhido em conformidade com a temperatura de prensagem a quente da liga WC/6%Co em condições comuns. Já o limite inferior foi escolhido para verificar dados apresentados na literatura sobre a diminuição em 100-200°C na temperatura de prensagem a quente sob altas pressões.⁽⁸⁾

O tempo da manutenção isotérmica na temperatura máxima também foi escolhido em conformidade com a temperatura de prensagem a quente comum. Os intervalos de pressão e temperatura foram escolhidos para estudo da influência da formação da estrutura do metal duro sobre as suas propriedades.

Para a determinação das propriedades foram utilizados:

- Durômetro marca Pantec, modelo RBS para medir a dureza e microdureza.
- Microscópio ótico marca Zeiss, modelo Neophot 32 para medir o tamanho dos grãos de WC;
- Difrátômetro de raio-X marca SEIFERT, modelo URD 65 para determinar a composição final das amostras;
- Abrasimetro “AB800-E” da empresa “Contenco”, com mesa redonda de granito para avaliar o desgaste; Durante o corte foi aplicada uma força vertical em peso de 15kg. O teste foi feito por meio de corte de granito, sem refrigeração sob rotação e número de ciclos constantes, medindo perda de massa do compacto depois do corte.
- Máquina de ensaios universal, marca INSTRON, modelo 5582, para avaliação da resistência à compressão nos sentidos axiais e radiais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversas amostras foram obtidas, sendo 38 inteiriças e 7 fragmentadas. O tempo geral de operação para obtenção de uma amostra varia de 2 a 6 min.

Os resultados da medição da dureza e microdureza estão apresentados na Tabela 1. Pode ser observado que a dureza das ligas obtidas em condições de altas pressões e altas temperaturas é na maioria dos casos maior em 2 a 4 unidades comparados àquelas obtidas pelo método convencional. Já a microdureza destas ligas é superior em 400 a 500 Kgf/mm² à microdureza das ligas obtidas pelo método convencional. Porém, devido as dimensões pequenas das amostras, não foi possível revelar as dependências existentes entre a dureza/microdureza e os regimes tecnológicos de sua obtenção em condições de altas pressões e altas temperaturas.

Tabela 1. Dureza e microdureza das amostras da liga WC/6Co obtidas em condições de altas pressões e altas temperaturas.

Temperatura, °C	Tempo de manutenção, min	Pressão, GPa			Pressão, GPa		
		3	5	7	3	5	7
		Dureza, HRA			Microdureza, Kgf/mm ²		
1200	1	93	94	93	2310	2310	1840
	2	93	93	92	2380	1720	2310
	5	94	94	93	1980	2680	2160
1300	1	94	94	94	2170	2010	1920
	2	92	92	90	1750	2210	2220
	5	94	94	94	1950	2240	2210
1400	1	94	94	92	2130	2130	2010
	2	92	91	---	2120	2350	1430
	5	94	94	94	1980	1950	2130

Obs: A dureza das amostras fornecidas pela empresa “Durit” foi 90 HRA e a microdureza 1695kgf/mm².

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos estudos metalográficos da composição de grãos das amostras do metal duro obtidos pelos métodos convencional e de altas pressões e altas temperaturas.

Tabela 2. Grãos do metal duro WC/6%Co obtidos pelos métodos convencional e de altas pressões e altas temperaturas.

Tamanho de grão, μm	Método de obtenção	
	sinterização convencional	sinterização sob alta pressão
	Quantidade de grãos, % em média	
0,5	---	94-96
1,0	18	4-6
1,5	---	Encontram-se raramente
2,0	3,0	Casos únicos
2,5	20	----
3,0	15	----
3,5	17	----
10,0	---	----

Foi observado que os grãos do metal duro WC/6%Co obtido nas condições de altas pressões apresentam a forma mais isométrica. Raramente foram encontrados grãos acutângulos. Isto ocorre devido a ação intensa das altas pressões no processo de sinterização. Foi também observado que nos pontos isolados destes metais duros, a microdureza atingiu o valor de 2980 Kgf/mm².

As diferenças na estrutura foram reveladas com o auxílio da difração de raios-X. Nota-se que as linhas nas imagens das amostras obtidas pelo método convencional são pontuais. Isto significa que o tamanho de grão é maior do que 1 μm . Nas imagens das amostras obtidas em condições de altas pressões, todas as linhas de WC são ininterruptas. Além disso, nota-se mais de duas linhas complementares ($d = 3,302$; $d = 2,254$). Com o aumento das pressões aumentou-se também a intensidade destas linhas.

A linha $d = 3,302$ pode ser identificada como linha de grafite e a linha $d = 2,254$ se aproxima à linha de W_2C ($d = 2,266$), ou seja, é possível que a ação de altas pressões leve à decomposição de certa quantidade de WC. Não foi possível com outros métodos identificar a presença de W_2C .

A microporosidade na liga WC/6%Co aumentou para temperaturas de sinterização acima de 1200°C. Observa-se uma tendência ao crescimento dos grãos de WC (até 3,5 μm) onde podem ser vistas as linhas de cisalhamento. Observa-se também uma distribuição mais irregular do cobalto e o surgimento de certa quantidade de óxidos de W e Co.

Verificou-se que a resistência ao desgaste do metal duro WC/6%Co obtido em condições de altas pressões e em conformidade com parâmetros de pressão (6,0 GPa), temperatura ($\cong 1200^\circ\text{C}$) e tempo (1 min) é significativamente mais alta do que a do metal duro WC/6%Co obtido em condições comuns. Ressalta-se que este aumento da resistência ao desgaste pode atingir o dobro.

É importante salientar que a alta resistência ao desgaste conserva-se depois do aquecimento durante 15min sob temperatura de 900°C em condições de pressão atmosférica.

Provavelmente, uma das causas do aumento da resistência ao desgaste é a estrutura extremamente fina do metal duro WC/6%Co obtido pela sinterização a altas pressões. A fase carbeto destas ligas possuem tamanho de grão menor ou próximo a 0,5 μm .

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo pode ser concluído que:

- Os metais duros WC/6%Co obtidos em condições de altas pressões e altas temperaturas apresentaram menor temperatura de sinterização do que os obtidos pelo método convencional;

- Os metais duros WC/6%Co obtidos pelas altas pressões possuem dureza e microdureza levemente superiores àqueles de mesma composição obtidos pelo método convencional. A razão para isto pode estar relacionada a estrutura altamente fina e ao aumento da densidade de discordâncias da fase carbeta do metal duro estudado.

- O aumento da resistência ao desgaste da ordem de 50-100% leva a crer que com o aumento do tamanho da pastilha este incremento nesta propriedade será mantido.

- Os resultados obtidos revelam que torna-se necessário uma pesquisa mais profunda do método empregado neste estudo, por este permitir maior produtividade de obtenção de pastilhas por tempo do que o método convencional.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio dado a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Jonsson, M. Wear of Cemented Carbide Bits During Percussive Drilling in Maguelite-Rich Ore. **Planseeberichte for Pulver Metal**, nº 2, p. 108-134, 1981.
- 2 Lisovsky, A.F.; Tkachenko N.V. Composition and Structure of Cemented Carbides Produced by MMT-Process. **Powder Metallurgy Intern.** 1991, v. 23, nº 3, p. 157-161.
- 3 Linenko-Melhnikov Yu.P. A Exploração Efetiva de Brocas de Perfuração feitas de Metal Duro. **J. Superhard Materials**, nº 4, p. 61-66, 1999.
- 4 Raisson, G. The Improvement of Damage Tolerance in Sintering Components and Casting due to the Elimination of Internal Defect by Hot Isostatic Pressing. **Mater. of Tech.**, nº 11-12, p. 339-341, 1983.
- 5 Engel, U.; Humber, H. Strength Improvement of Cemented Carbides by Hot Isostatic Pressing. **J. of Materials Science**, v. 3, nº 9, p. 2003-2009, 1978.
- 6 Kolacka, Y.; Dreyer, K; Schaaf, G. Use of the Combined Sintering HIP Process in the Production of Hardmetals and Ceramics. **Powder Metallurgy Intern.**, nº 1, p. 22-28, 1989.
- 7 Brobovnitchii, G.S; Ramalho, A.M. The Influence of the HIP Processing on Anvil's Properties made the Hard Metal Used High Pressure. **Key Engineering Materials**, 189-191, p. 431-436, 2001.
- 8 North, B., Pfons, W.R., Greenfield, M.S. **Metal Powder Report**. PM Special Feature, p. 40-45, 1991.
- 9 Koltchin, A.V. et. al. Dispositif Pour Produire une haute Pression. **Patent n 2122722**, bul, nº 10, French, 1972.