

EFEITO DO PROCESSO DE MISTURA UTILIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DIAMANTADOS PARA APLICAÇÃO EM DISCOS DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS*

Luciana Lezira Pereira de Almeida¹

Ana Lucia Diegues Skury²

Sergio Neves Monteiro³

Resumo

De forma geral, as ferramentas diamantadas empregadas no corte de rochas ornamentais são compósitos constituídos de partículas de diamante embebidas em uma matriz metálica. Neste trabalho, para a preparação da mistura das pós, foram utilizados dois processos distintos: o processo convencional utilizando um misturador do tipo cônico e um processo alternativo utilizando um moinho do tipo Attritor. Ambos os processos tiveram a duração de uma hora. Após o processo de mistura, os pós foram sinterizados sob as mesmas condições, pressão de 35MPa e Temperatura de 750°C por um período de 6 min. Foram produzidos corpos de prova com e sem diamantes. Para a caracterização dos compósitos foi utilizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difração de Raios X (DRX), Porosimetria e ensaio de desgaste. Após as caracterizações e testes ficou evidente que os compósitos obtidos a partir da mistura utilizando o moinho Attritor exibiram melhores propriedades, inclusive em relação à compósitos industriais.

Palavras-chave: Ferramentas diamantadas; Metalurgia do pó; Rochas ornamentais.

THE EFFECT OF THE MIXTURE PROCESS USED FOR COMPOSITE DIAMOND DEVELOPMENT FOR ORNAMENTAL ROCK TOOL CUTTING

Abstract

In general, the diamond tools used in the cutting of ornamental rocks are composites made up of diamond particles embedded in a metal matrix. In this work, for the preparation of the powders mixture, two different processes were used: conventional process using a conical type mixer, and an alternative method using an Attritor mill type. Both processes lasted one hour. After mixing, the powders were sintered under the same conditions 35MPa pressure and temperatures 750°C for a time of 6 min. Samples with and without diamonds were produced. For the characterization of the composites was used Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), porosimetry and wear test. After the characterization and testing became clear that the composite obtained from the mixture using Attritor mill exhibited better properties, including in relation to industrial compounds.

Keywords: Diamond tools; Powder metallurgy; Ornamental rocks.

¹ Engenharia e Ciências dos Materiais, DSc, Pós Doutorado, LAMAV/CCT, UENF, Rio de Janeiro, Brasil.

² Engenharia e Ciências dos Materiais, DSc, LAMAV/CCT, UENF, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Engenheiro, PhD, Professor, Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Materiais compósitos metálicos (MCM) estão sendo utilizados em várias áreas e aplicações nas indústrias, sendo os mesmos produzidos a partir da rota convencional de processamento de metais [1].

O grande potencial apresentado pelos MCM está relacionado com uma estrutura rígida embebida com grãos de diamante. As propriedades dos compósitos diamantados estão intrinsecamente relacionadas com o grau de interligação entre os diamantes e a matriz, bem como a sua localização. O processo de formação da estrutura de um compósito metálico diamantado abre possibilidade para o desenvolvimento de materiais que possuam melhor combinação de propriedades como: dureza, condutividade térmica, resistência mecânica, resistência elétrica, etc. Estas propriedades são talhadas em função do tipo de aplicação da ferramenta. Por exemplo, para corte de rochas duras é necessário que a matriz seja mais macia. Por outro lado, para o corte de rochas mais macias e mandataria a utilização de ligas mais duras e com maior resistência ao desgaste.

As ferramentas de corte circulares possuem segmentos que são constituídos de MCM, onde os diamantes são incorporados em uma matriz metálica e são sinterizados para garantir a forte combinação dos grãos de diamantes na matriz no decorrer do corte. Segundo Villar et al [2] o cobalto é um componente que possui uma compatibilidade com o diamante e possui boa molhabilidade da liga metálica no diamante [3,4].

Segundo Zaitsev et al [5] a liga Cu-Ni-Fe-Sn utilizada como base para a matriz metálica nas ferramentas de corte promovem uma forte ligação entre as partículas metálicas e têm um efeito significativo sobre a cinética de sinterização.

Existem vários trabalhos que estão sendo dedicados ao desenvolvimento novos tipos de liga metálica que podem ser alternativamente utilizadas visando a minimização ou, como neste trabalho, eliminar o teor (%) do Co para a fabricação da ferramenta de corte [6,4].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foi utilizada a composição de pós com os seguintes elementos Fe-Cu-Ni-Sn-WC-Co para atuar como matriz metálica e diamantes com granulometria variando entre 30/40 e 50/60 mesh. O processo de fabricação dos segmentos foi conduzido de acordo com as seguintes etapas:

a) Mistura em misturador industrial tipo cônico (compósito M1) com uma hora de duração e mistura em moinho/misturador do tipo Attritor (compósito M2) dos pós, sendo que a mistura foi realizada por um período de 1 hora a uma rotação de 480 rpm;

b) Após a mistura dos pós, os diamantes foram manualmente adicionados. O teor de diamantes corresponde a 1,3 ct/cm³, referente à concentração utilizada na indústria.

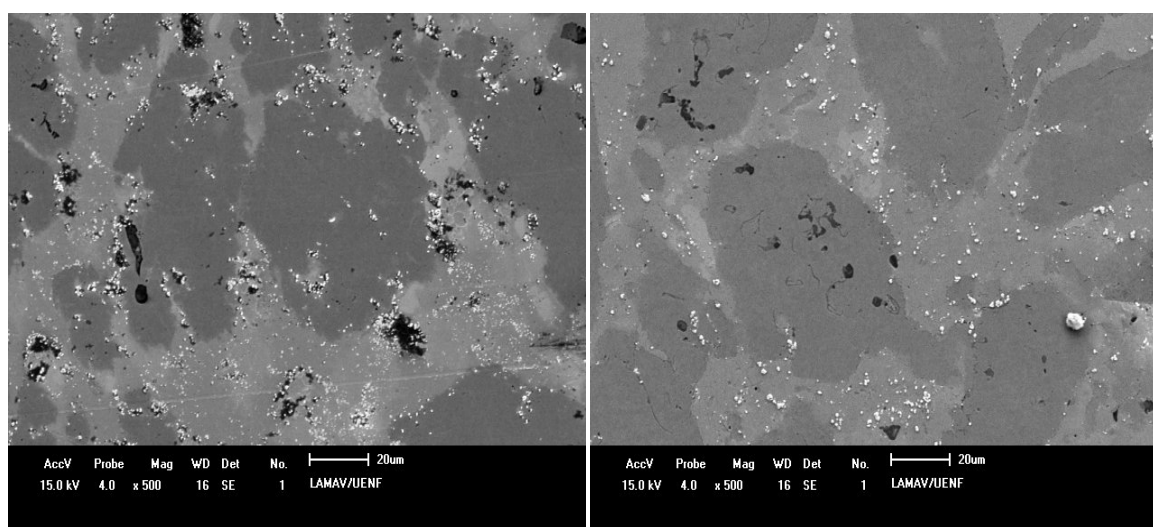
c) Durante esta etapa ocorreu a pesagem da mistura (metais mais diamantes), montagem do molde contendo os separadores e o preenchimento do molde com a mistura. É importante mencionar que todo o processo de confecção, tanto dos segmentos quanto da serra diamantada, foi realizado de forma industrial.

d) Sinterização dos segmentos seguindo os parâmetros de temperatura máxima de 750°C a uma pressão de 35MPa, por um período total de 10 minutos, esta etapa foi realizada nas dependências empresa ABRASDI.

Após o processo de sinterização as amostras dos compósitos foram levados para o LAMAV/UENF/CCT para a realização de testes de caracterização, sendo estes: Microscopia eletrônica de Varredura, Difração de Raios X, porosidade por imersão de mercúrio e ensaio de Abrasão.

3 RESULTADOS

A figura 1 apresenta a microestrutura da amostra que foi misturada (a) e a que passou pelo processo de moagem (b). O aspecto microestrutural da amostra M2 (processo de trituração através do attritor) foi bem próximo ao da amostra que apenas sofreu a mistura dos metais em pó (M1). A fase de Cu apresenta pequenas manchas em sua estrutura, que pode ser a presença de cristais de Fe nesta matriz [7]. Enquanto que nas partículas de Fe há possibilidades de se ter soluções sólidas de Co. O efeito da moagem na microestrutura da amostra M2 em relação à amostra M1 consiste na melhor interação entre os elementos, resultando na formação de um maior número de fases. Um outro efeito observado é referente à menor porosidade das amostras e, conseqüentemente, maior nível de densificação.



(a) (b)
Figura 1. Microestrutura da matriz para ambas misturas (a) M1 e (b) M2

A figura 2 apresenta os difratogramas das amostras para duas diferentes condições: a) Pó das amostras após a mistura e moagem/mistura e b) após o processo de sinterização. Observa-se a presença dominante de Fe e de Cu. Observa-se que as amostras apresentam os resultados semelhantes para as amostras M1 e M2, pois possuem a mesma composição, sendo que a M1 foi misturada e a M2 moída, isto mostra que não houve formação de compostos a partir do processo de moagem, e sim apenas uma trituração dos pós. Através dos difratogramas nota-se a dominante presença de Fe e Cu, pois possuem maior porcentagem em massa nas amostras.

De acordo com o processo de sinterização, a temperatura de 750°C é um dos fatores correspondentes para a solubilidade e formação de novos compostos

químicos no sistema estudado. Observa-se que as fases formadas foram: CuSn, FeNi, CuNi₂Sn, CuFe e Ni₄Sn. Segundo Li et al [4] o pico de Cu é reduzido quando a temperatura de sinterização aumenta, pois há formação de quantidades mais elevadas de soluções sólidas de Cu-Sn.

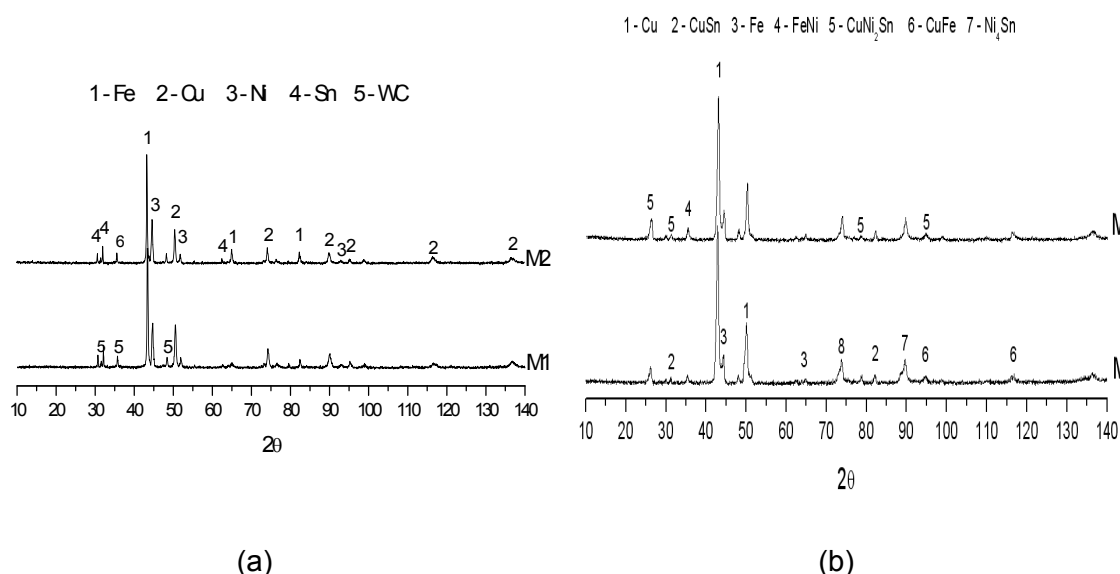


Figura 2. Difratogramas das amostras M1 e M2 (a) em pó após processo de mistura e moagem e (b) após a sinterização

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos de Porosidade e Densidade das amostras M1 e M2 através porosimetria de mercúrio. Foi realizado ensaio na matriz metálica sem e com a adição de diamantes e em uma amostra comercial com a finalidade de comparação com os compósitos diamantados produzidos. O resultado de porosidade das amostras comprova o que foi analisado na microestrutura das amostras. A amostra M2 possui maior densidade em relação à amostra M1. O mesmo efeito ocorreu analisando a porosidade, mas a amostra M2 com a adição de diamantes apresentou um resultado melhor que a amostra comercial. Pode-se concluir que o processo de moagem contribuiu para a melhoria dos resultados quanto à porosidade e densidade do compósito [8].

Tabela 1 - Resultados de porosidade e Densidade

		Porosidade (%)	Densidade Aparente (g/ml)
Amostra Comercial		2,91	7,92
M1	Sem diamantes	10,99	6,61
M2		5,73	5,14
M1	Com diamantes	5,18	8,18
M2		2,28	7,92

O ensaio de abrasão é o que mais se aproxima da realidade da aplicação dos compósitos diamantados. As matrizes metálicas com ou sem a utilização de diamantes foram ensaiadas a fim de verificar o desgaste por um período de 30 minutos. Neste ensaio as amostras foram fixadas de tal forma que a base da amostra ficou em contato com a superfície do disco de granito fixado no abrasímetro. A partir dos ensaios de desgaste foi determinada a Resistência a

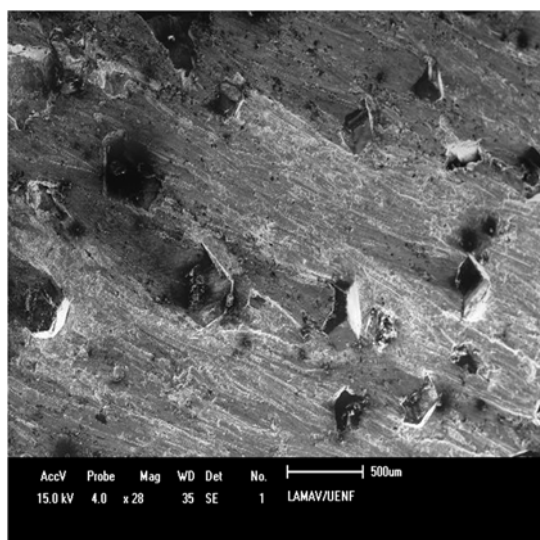
Abrasão (RA), a qual é inversamente proporcional à perda de massa da amostra. Para análise dos resultados obtidos nos ensaios, os dados foram colocados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de Perda de Massa e Resistência ao Desgaste após teste de abrasão

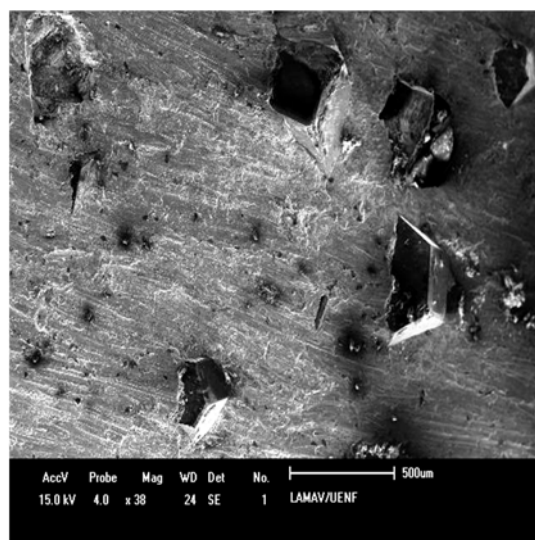
		Perda de Massa (%)	Resistência a Abrasão
Amostra Comercial		0,15	6,67
M1	Sem diamantes	6,36	0,16
M2		5,91	0,17
M1	Com diamantes	0,77	1,30
M2		0,39	2,56

Os resultados da perda de massa das amostras com ou sem a adição de diamantes foram significativos, quando comparados com a amostra comercial. A amostra M1 apresentou a maior perda de massa e a menor resistência a Abrasão em relação a amostras M2 que foi passada pelo processo de moagem.

A figura 3 apresenta a microestrutura das amostras após ensaio de abrasão, observa-se que a amostra M1 possui o chamado efeito “cometa”. O nome deste efeito é devido à observação da configuração de um núcleo e uma cauda (semelhante a um cometa) que reflete uma saliência da liga metálica não desgastada. Esse efeito é esperado para que os novos diamantes situados ao longo de toda altura do segmento venham emergir, porém a presença de um rastro pronunciado deixado na amostra não é desejado, pois além de poder provocar quebra das partículas de diamantes, pode aumentar a frequência de arrancamento dos diamantes, reduzindo assim a vida útil da ferramenta.



(a)



(b)

Figura 3. Micrografias das amostras (a) M1 e (b) M2 após ensaio de abrasão

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados experimentais deste trabalho, podem ser pontuadas as seguintes conclusões:

- A partir das micrografias apresentadas pode ser evidenciada a efetividade do processo de sinterização. Nota-se a solução sólida de Co na

fase de Fe puro. Pode ser observado também o nível de densificação das amostras, uma vez que, nos aumentos apresentados, há poucos poros presentes na matriz metálica;

- Através dos difratogramas pode-se constatar que não houve nenhum composto formado após o processo de moagem dos pós da amostra M2 em relação à amostra M1. Já após a sinterização ocorreu a formação de vários compostos metálicos, além da presença de Fe e Cu puros.

- De acordo com os resultados de porosidade e densidade, fica evidente que a amostra M2 possui melhor desempenho em relação à amostra comercial.

- Os resultados de perda de massa e resistência ao desgaste foram expressivos em relação à amostra comercial. A amostra M2 apresentou valores compatíveis para o ensaio de abrasão.

- Conclui-se que a amostra M2 pode ser utilizada como matriz metálica para a fabricação de segmentos para ferramentas de corte circulares.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos à Faperj, CNPq pelo suporte financeiro concedido para o desenvolvimento deste trabalho e à empresa ABRASDI pelo suporte na preparação dos compósitos.

REFERÊNCIAS

- 1 Kainer, K.U., 2006. "Metal Matrix Composites. Custom-made Materials for Automotive and Aerospace Engineering". WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- 2 Villar, M., Muro, P., Sanchez, J.M., Iturriza, I., Castro, F. 2001. "Consolidation of diamond tools using Cu-Co-Fe based alloys as metallic binders". Powder Metallurgy, 44 : 82-90
- 3 Oglezneva, S. A. (2003). "Diamond tool with iron-nickel system matrice". Russian, Journal of Non-Ferrous Metals, 44 : 33-37
- 4 Li, W.S., Li, G.Q., Lu, Y., Yuan, K.X. (2010) " Interfacial bonding of diamond and matrix in Cu-Fe powder sintered composite. Development and Application of Materials, 25: 23-25
- 5 Zaitsev, A. A., Sidorenko, D. A., Levashov, E. A., Kurbatkina, V. V., Rupasov, S. I., Andreev, V. A. and Sevast'yanov, P. V., 2012. "Development and Application of the Cu-Ni-Fe-Sn_Based Dispersion_Hardened Bond for Cutting Tools of Superhard Materials". Journal of Superhard Materials, Vol. 34, No. 4, pp. 270-280.
- 6 Park, J.S., Kim, J. M., (2010) "Interface reactions and synthetic reaction of composite systems". Material, 3: 264-295
- 7 Ren, H., Wang, H., Liu, Z., An, Z. (2007) Nanometer Stripe Microstructure of Supersaturated Solid Solution in Fe-Cu Alloy. Journal of Iron and Steel Research, Intercational. 14(1). P.64 – 68
- 8 Almeida, L.L.P., 2012, "Desenvolvimento de matrizes metálicas no sistema Ni-Fe-Cu-Sn com aditivos para aplicação em serras de corte de rochas ornamentais", Tese de doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 151p.