

AVALIAÇÃO DO DESGASTE ABRASIVO EM MATRIZ A BASE DE TUNGSTÊNIO USADA PARA PRODUÇÃO DE COROAS EMPREGADAS PERFURAÇÃO MINERAL

P. H. B. P. Guimarães¹; C. R. Ferreira¹; C.E.R. Carvalho¹; A. A. Miranda¹; P. H. G. Dornelas¹;

pedrobethonico@yahoo.com.br, carlos.ferreira@ifmg.edu.br

¹Departamento de Metalurgia – Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ouro Branco

Resumo

No presente trabalho foi avaliado o desgaste abrasivo em compósitos formados por 65% W (14 – 17 μm) e 35 % W (2,8 – 4,4 μm) infiltrados com ligas Cu-43Zn-1Sn e Cu-39Ag-1Ni. Estes compósitos são utilizados para a fabricação de coroas diamantadas usadas para perfuração mineral. Nos ensaios de desgaste, por esfera livre, usou-se como abrasivo uma lama de SiO₂. Constatou-se que o compósito infiltrado com a liga Cu-43Zn-1Sn em relação àqueles infiltrados Cu-39Ag-1Ni apresenta maior valor de micro dureza e, para o tribosistema com a lama abrasiva de SiO₂ o compósito infiltrado com Cu-39Ag-1Ni tem coeficiente de desgaste superior ao do compósito infiltrado Cu-43Zn-1Sn. Tal fato, pode estar relacionado à camada formada em conjunto com o ligante Cu-39Ag-1Ni que promoveu, na base da ranhura provocada pela ação do abrasivo, uma certa retenção dos grãos de W e, assim, aumentou a dificuldade em remover as partículas duras contidas nas matrizes metálicas desenvolvidas.

Palavras-chave: Compósito, tungstênio, desgaste abrasivo, perfuração mineral.

INTRODUÇÃO

A atividade mineral apresenta-se como importante fonte de recursos em nossa sociedade, sendo, portanto, de grande importância para a economia. Apesar dos benefícios, a implantação de uma “mina” e o desenvolvimento de atividades de exploração mineral envolve grandes quantias monetárias, de tal forma que, tornou-se prática geral a exploração em estágios que permitam reduzir o risco de perda de

investimentos. Para tal, é comum realizar a sondagem mineral testemunhada visando a obtenção de amostras do solo perfurado e quantificar a substância mineral útil naquele trecho.

No procedimento de sondagem mineral são utilizadas sondas rotativas com mecanismos de avanço. Nas sondas são acoplados, além da coroa diamantada para perfuração mineral, uma série de outros acessórios como; hastes, barriletes conjunto moto bomba. As coroas diamantadas são susceptíveis ao desgaste devido ao seu contato direto com o solo.

Coroas para perfuração são obtidas por técnicas de metalurgia do pó, onde pós metálicos, por exemplo W, acrescidas de diamantes, são misturados em turbula. Após homogeneização, a mistura é, então, compactada em moldes de grafite, dando origem ao compactado, verde, com baixa resistência mecânica. O compactado verde é então levado a um processo de sinterização onde uma liga, em geral de cobre, fundida irá infiltrar através dos poros do conjunto moldado, conformando/consolidando a coroa. O processo de sinterização é, comumente, realizado em forno resistivo. [1,2,4]

Durante as operações de perfuração, a coroa deverá se desgastar, expondo, ao corte, os diamantes. O desgaste da matriz metálica das coroas não deverá ser muito rápido pois ocorrerá a perda, prematura, dos diamantes nem muito lento, pois haverá exposição dos diamantes para efetuar o corte da rocha a ser sondada. [4]

Uma composição típica das coroas de perfuração seria 38% de pós metálicos, 60% de liga infiltrante e 2% de diamantes. [3,4]

Existem diversas formas de se avaliar o desgaste de um material, boa parte delas padronizadas por normas internacionais, como é o caso da norma ASTM G65, que utiliza a roda de borracha. Para o presente trabalho foi usado o ensaio de Microabrasão por esfera livre, tradicionalmente utilizado para medição do desgaste em metal duro e, a escolha ensaio foi motivada pela presença do fenômeno de abrasão, em escala micrométrica, no processo de desgaste real das coroas. Foi considerado também para a escolha do ensaio a reprodutividade e rapidez na obtenção dos resultados. O desgaste é calculado a partir da impressão causada pela esfera, deslizante no material através da equação de Archard. [5, 6]

MATERIAIS E METODOS

O trabalho consistiu na seleção de pós de tungstênio com diferentes granulometrias. Os pós metálicos apresentam tamanho médio e composições de acordo com Tabela 1, e estes, após a homogeneização e moldagem passaram pelo processo de sinterização e infiltração em fase líquida das ligas de Cu-43Zn-1Sn e Cu-39Ag-1Ni (% em peso) em forno do tipo mufla na temperatura média de 1170°C. Na tabela, com o intuito de facilitar a análise dos dados as amostras infiltradas com a liga Cu-39Ag-1Ni foram representadas pela letra A enquanto que as amostras infiltradas com Cu-43Zn-1Sn foram representadas pela letra B. As amostras foram produzidas em tréplicas, sem diamantes, com o objetivo de se realizar os ensaios de desgaste. A figura 1 ilustra aspectos geométricos e morfológicos dos pós de W usados para produção dos corpos de prova avaliados.

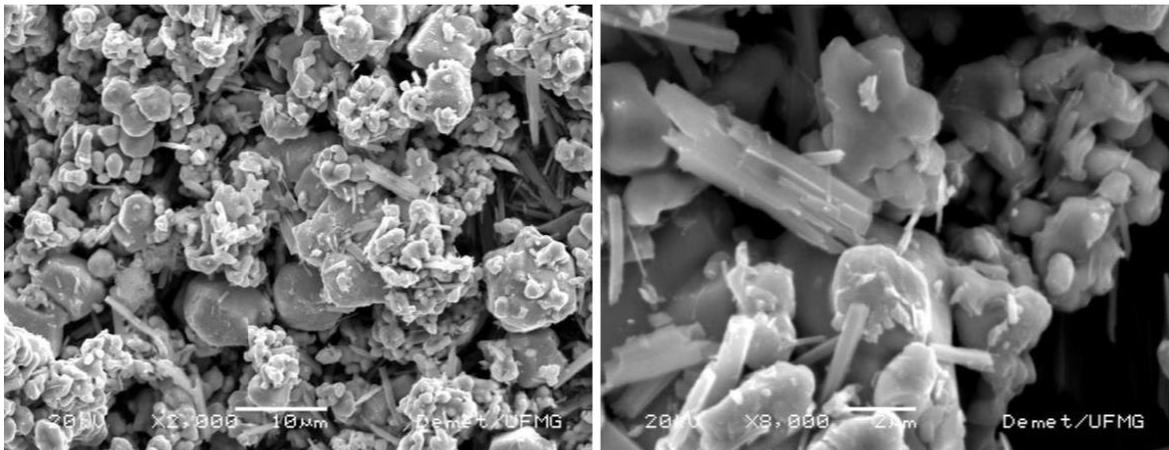


Figura 1 - Imagens obtidas via Microscopia Eletrônica de Varredura dos pós de Tungstênio com 3,6 µm (direita) e 15,5 µm (esquerda) [4].

Tabela 1 - Composição granulométrica dos pós e composição da liga metálica infiltrante.

Amostra	Composição dos pós	Liga infiltrante
A	35 % W (2,8 – 4,4 µm) + 65 % W (14 -17 µm)	Cu-39Ag-1Ni
B	35% W (2,8 - 4,4 µm) + 65%W (14 -17 µm)	Cu-43Zn-1Sn

A realização dos ensaios de desgaste foi feita em uma máquina de Ensaio de desgaste microabrasivo por esfera livre construída para este trabalho. Para ensaio foi usado uma lama abrasiva de 8 g de sílica (SiO₂) suspensa em 8,0 ml de água

destilada mantida sob agitação de forma a evitar precipitação. A lama abrasiva foi gotejada sob a esfera a uma taxa de aproximadamente 1 gota/3s. A máquina de ensaio de desgaste e o esquema do ensaio estão representados na Figura 2. A esfera usada para a avaliação do desgaste tem diâmetro de 26,4 mm. Neste ensaio a força normal é definida pelo próprio peso da esfera e pela inclinação do corpo de prova em relação ao eixo. O eixo foi girado através de uma ligação com um motor adaptado proveniente de um ventilador e manteve rotação constante. Os parâmetros gerais do ensaio estão descritos na Tabela 2.



Figura 2 - Máquina de Ensaio de Desgaste por Esfera Livre (esquerda) e Esquema de funcionamento do Ensaio (direita)

Tabela 2 – Parâmetros Gerais do Ensaio de Microabrasão.

Força Normal/Carga	0,22 ± 0,01 [N]
Abrasivo	SiO ₂ (0,5 a 10 µm) com 80 % entre 1 a 5 µm
Concentração	0,8 g/ml
Taxa de gotejamento	1 gota a cada 3s
Contra corpo	Esfera de Aço AISI 52100 (temperado e revenido)
	Dureza média de 1050 HV
	Rugosidade superficial média (Ra) de 0,08µm
Diâmetro da Esfera	26,4 mm
Ângulo do suporte	70 °
Distância deslizada	105 m

Para o cálculo do desgaste é utilizada a calota gerada pela rotação da esfera, e, admitisse que esta calota tenha o mesmo perfil geométrico do corpo responsável por sua impressão. De tal maneira é possível calcular o volume do material desgastado (V) a partir do diâmetro da esfera (D) e o do diâmetro da calota (d) através da equação (A) para $d \ll D$. [5]

$$V = \frac{\pi \times d}{32 \times D} \quad (A)$$

O modelo de desgaste abrasivo das equações é equivalente a equação de Archard para desgaste sobre deslizamento [5]:

$$Q = \frac{V}{S} = \frac{k \times N}{H} \quad (B)$$

Nesta equação, considerando a relação K / H igual ao coeficiente de desgaste (k), e reorganizando os elementos da equação tem-se a equação (C), onde k representa o coeficiente de desgaste dimensional [$\text{m}^3 \cdot (\text{N}\cdot\text{m})^{-1}$], V representa o volume desgastado, N a força normal sobre o contato e S a distância deslizada [5]:

$$k = \frac{V}{S \times N} \quad (C)$$

Substituindo a equação (A) em (C) tem-se a equação (D), que permite calcular o coeficiente de desgaste em função do diâmetro da esfera, o diâmetro da calota desgastada, a distância deslizada e a força normal da esfera.

$$k = \frac{\pi \times d}{32 \times D \times S \times N} \quad (D)$$

Os ensaios, para avaliar o desgaste abrasivo foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos do IFMG Campus Ouro Branco. Após cada ensaio os corpos de prova foram então fotografados e o diâmetro da calota gerada foi medida com auxílio do software ImageTool. Em seguida foram calculados os coeficientes de desgaste de acordo com a equação (C).

Para efeito de comparação as amostras também foram desbastadas por retificação mecânica refrigerada em água até a lixa de grão 1200 e, em seguida foram levadas ao polimento com solução de Alumina ($1,0 \mu\text{m}$). Foram então realizados testes de Microdureza Vickers em um equipamento Microhardness Tester modelo FM – 800 seguindo a norma ASTM E384 e o uso de uma carga de 10 gf, por 30s em vários pontos da superfície. É importante destacar que o compósito utilizado neste trabalho apresenta estrutura bifásica, sendo a região formada pelos pós de

Tungstênio consideravelmente mais dura que a fase formada pelo metal infiltrante, por isso a escolha do teste de microdureza.

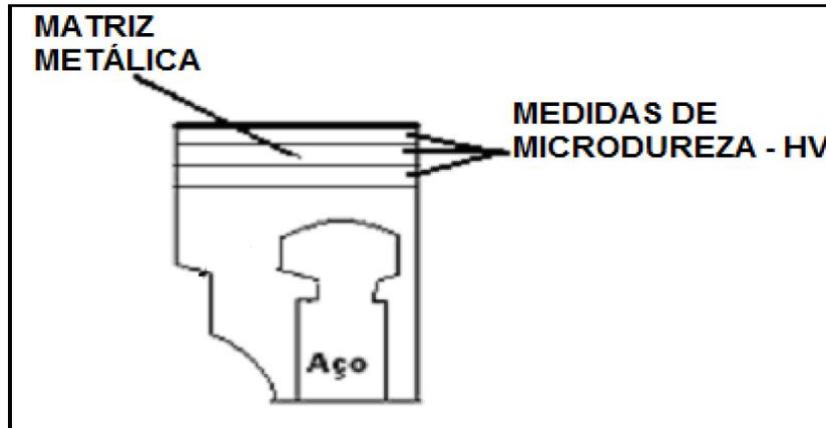


Figura 3 - Representação esquemática da seção transversal de um corpo de prova usada para medir os valores médios de microdureza das matrizes metálicas obtidas [4].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 3, partir da análise dos resultados da microdureza do material, foi possível notar que os compósitos infiltrados com liga Cu-43Zn-1Sn apresentam perfil de dureza superior da ordem de 7,22 % aos compósitos infiltrados com Cu-39Ag-1Ni.

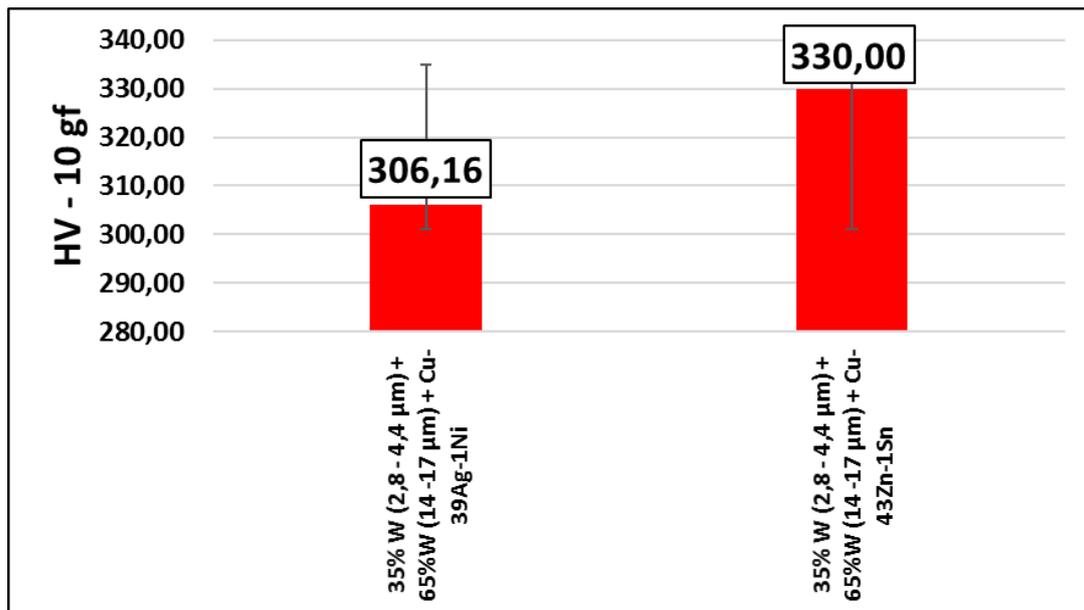


Figura 4 - Valor Médio da Microdureza Vickers encontrado nas matrizes metálicas a base de Tungstênio avaliadas no estudo.

A partir dos dados da força normal exercida pela esfera sobre os corpos de prova, da distância deslizada e do volume da cratera gerada em função do desgaste ocorrido, calculou-se o coeficiente de desgaste - k para os compósitos de matriz metálica. A Figura 4 ilustra os valores medidos para os coeficientes de desgaste utilizando, como abrasivo, uma lama de SiO_2 em função da distância percorrida pela esfera. O regime permanente de desgaste foi considerado no ponto no qual as amostras apresentam variação inferior a 7 % para o coeficiente de desgaste. Observa-se que os compósitos infiltrados com Cu-39Ag-1Ni tem coeficiente de desgaste superior aos compósitos infiltrados Cu-43Zn-1Sn. Tal fato, pode estar relacionado à camada formada em conjunto com o metal ligante Cu-39Ag-1Ni o que promoveu na base da ranhura provocada pela ação do abrasivo durante o processo de desgaste, uma certa retenção dos grãos de W e, assim, aumentou a dificuldade em remover as partículas duras contidas nas matrizes metálicas das coroas de perfuração desenvolvidas neste trabalho.

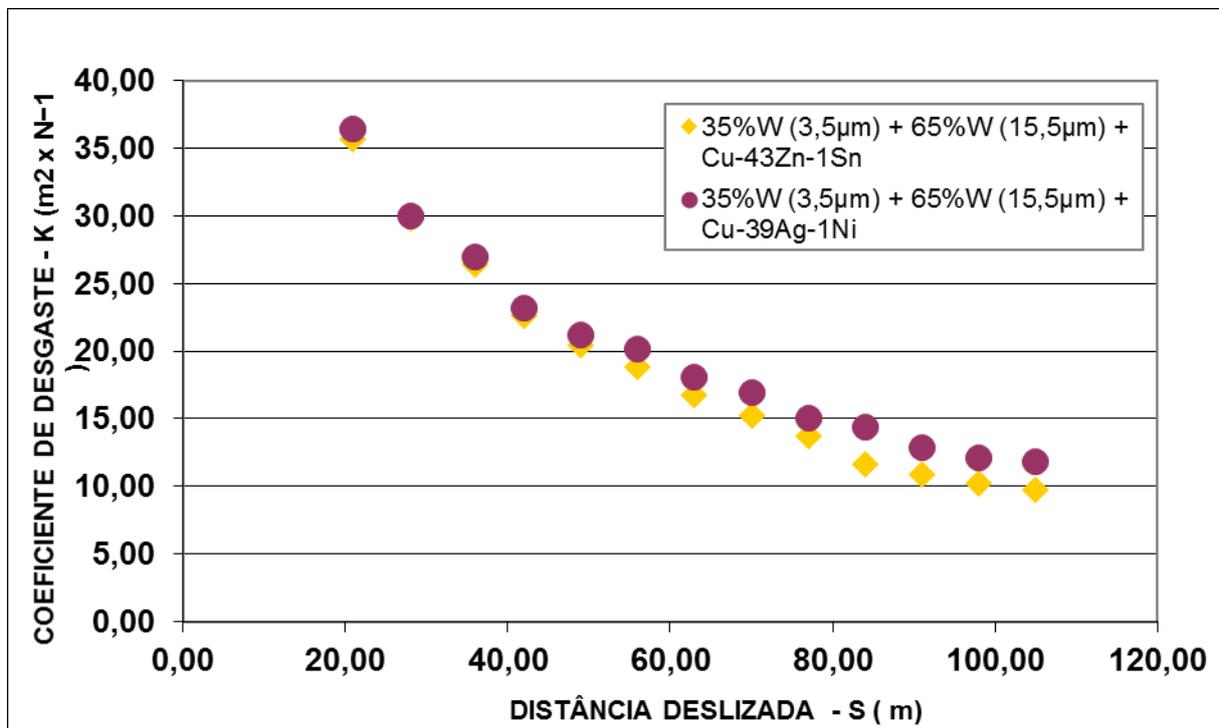


Figura 5 - Coeficiente de Desgaste em função da distância deslizada pela esfera.

CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados neste trabalho pode-se concluir que para coroas de perfuração com matriz de tungstênio fabricadas no processo de metalurgia do pó por infiltração metálica a composição química do infiltrante tem influência nas propriedades de dureza do material e de resistência ao desgaste abrasivo. Conclui-se que matrizes infiltradas por Cu-43Zn-1Sn tem melhor resistência ao desgaste que as matrizes infiltradas por Cu-39Ag-1Ni, principalmente no regime permanente de desgaste.

REFERÊNCIAS

- [1] DWAN, J.D. Manufacture of Diamond Impregnated Metal Matrixes, *Materials Science and Technology*, v.33, p.896–900, 1998.
- [2] DWAN, J. D, Production of Diamond Impregnated Cutting Tools, *Powder Metallurgy* v.41, n.2, p.84-86, 1998.
- [3] FERREIRA, C.R. Avaliação do desempenho de compósitos de matriz metálica a base de w empregados em brocas de perfuração para sondagem geológica em quartzito. In: 64º Congresso Anual da ABM, Belo Horizonte, MG, 2009.
- [4] FERREIRA, C. R. Desenvolvimento da Produção de Coroas por Indução Eletromagnética para Sondagem Geológica. 2010, 153p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP/MG, Ouro Preto.
- [5] RUTHERFORD, K. L., HUTCHINGS. I. M. Theory and application of a microscale abrasive wear test. *Journal of Testing and Evaluation*. JTEVA. v. 25, n 2, p. 250-260, 1997.
- [6] TREZONA, R. I., ALLSOPP, D. N., HUTCHINGS, I M. Transitions between twobody and three-body abrasive wear: influence of test conditions in the microscale abrasive wear test. *Wear*, v. 225, p. 205-214, 1999.

ABRASIVE WEAR IN TUNGSTEN MATRIX USED TO MANUFACTURE DIAMOND BITS USED FOR MINERAL DRILLING

Abstract

In the present study we have evaluated the abrasive wear composite formed by 65% W (14-17 μm) and 35% W (2.8 to 4.4 μm) infiltrated with Cu-43Zn-1Sn and Cu-39Ag-1Ni alloys. These composites are used to manufacture diamond bits used for mineral drilling. In wear tests, for free sphere was used as abrasive the SiO_2 mud. It was found that the composite infiltrated with Cu-43Zn-1Sn compared to those infiltrated Cu-39Ag-1Ni has highest micro hardness and, for tribosystem with the SiO_2 slurry abrasive the infiltrated composite of Cu-39Ag-1Ni has wear coefficient higher than the infiltrated composite Cu-43Zn-1Sn. This fact may relate to the layer formed together with the Cu-39Ag-1Ni binder promoted at the base of the groove caused by the action of the abrasive, a certain retention of W grains and it increased difficulty in removing the hard particles contained in advanced metal matrix.

Key-words: composite, tungsten, abrasive wear, geological drilling.