



## Avaliação da Microdureza Vickers em compósitos de W utilizados para Perfuração em Sondagem Mineral

**Autor (es):** Carlos Roberto Ferreira, João Pedro Vieira de Resende, Pedro Henrique Bethônico Pinto Guimarães

**Palavras-chave:** Tungstênio, coroa de perfuração, sondagem mineral, microdureza.

**Campus:** IFMG Campus Ouro Branco

**Área do Conhecimento (CNPq):** Engenharia de Materiais e Metalúrgica; Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas.

### RESUMO

No presente trabalho, propõe-se, determinar o perfil de microdureza Vickers, em compósitos de matriz metálica a base de W que, tradicionalmente, é o material empregados na fabricação brocas/coroas de perfuração, mineral, para sondagem geológica. As matrizes metálicas são fabricadas via técnicas de metalurgia de pó onde, pós de tungstênio, misturados ou não a outros metais, são moldados, prensados e aquecidos em forno de resistência elétrica, do tipo mufla, a temperaturas da ordem de 1200°C para consolidação da peça. Através de medidas de microdureza Vickers pretende-se determinar um conjunto de características, físicas e mecânicas, adequadas à perfuração de rochas silicatadas. Os resultados indicam que o uso de coroas de matriz metálica constituída de partículas de tungstênio (W) de granulometria média de 3,6µm acrescidas de 10% (% em peso) de tungstênio (W) de granulometria média de 15 µm permite reduzir, em até 15% os valores das medidas, de microdureza Vickers, em compósitos de matriz metálica a base de W



## INTRODUÇÃO

A implantação de uma “mina” e consequente desenvolvimento das atividades de exploração mineral de uma jazida envolve o gasto de enormes quantias de dinheiro sendo a sondagem mineral testemunhada, procedimento que se destina a extrair amostras que possibilitarão identificar e quantificar a substância mineral útil presente no trecho de subsolo, uma importante etapa da prospecção mineral. [1,2,3]

Para a realização desta etapa, empregam-se, normalmente, sondas rotativas que possuem mecanismos de avanço e a essas são acoplados inúmeros acessórios como: conjunto moto-bomba, tripé, hastes e coroas diamantadas ou outros tipos de brocas de perfuração. Essas brocas/coroas são basicamente constituídas de uma matriz metálica com dispersão de pequenos diamantes de forma aleatória e são fabricadas através do processo de sinterização por infiltração. As matrizes metálicas, em geral, formadas por um “esqueleto” de pós de W unidos por uma liga metálica infiltrante, em geral de cobre e, têm por objetivo dar sustentação aos diamantes e ao mesmo tempo ser desgastada, a fim de expor os mesmos durante a utilização da ferramenta. Contudo, este desgaste não pode ser muito elevado, pois os diamantes seriam arrancados facilmente. A constituição em porcentagem do peso aproximada das coroas é 38% de pós metálicos, 60% de liga infiltrante e 2% de diamantes<sup>[2;4]</sup>. Uma composição típica consiste de 320g de infiltrante, 210 de pós e 9g de diamantes. <sup>[5]</sup>

Uma coroa para sondagem geológica é conformada/consolidada durante o período de infiltração, no qual o metal fundido entra em contato com os diamantes envolvidos pelo pó metálico compactado – o esqueleto – e, por tensão superficial, espalha-se sobre todas as faces das partículas e forma um compósito do infiltrante solidificado embebendo partículas de metais duros e diamantes industriais. Antes que ocorra a penetração do metal líquido em direção ao centro do “esqueleto”, ocorrerá o deslocamento dos gases, facilitado pelos diamantes, de granulometria maior que dos pós metálicos, existentes no “esqueleto”. <sup>[5,6,7,8,9]</sup>

Fornos elétricos, tipo mufla, com aquecimento resistivo permitem o processamento de uma maior quantidade de coroas por batelada, porém, o tempo de aquecimento e permanência na temperatura desejada é relativamente longo, usualmente entre 50 e 70 minutos. <sup>[5]</sup>

Para coroas de perfuração e outras ferramentas diamantadas submetidas ao processo de sinterização e infiltração metálica, a adição de metais como o cobalto ou modificações granulométricas, segundo trabalhos publicados, promove endurecimento por solução sólida nas ligas que contem W, melhorando a tenacidade das ferramentas em função dos diferentes coeficientes de dilatação térmica. <sup>[10,11,12]</sup>

Existem diversas formas para se avaliar o desgaste de um material, várias delas padronizadas por norma internacional, no entanto, a maioria delas é difícil e dispendiosa, tornando-se inviável para o dia a dia na indústria de sondagem mineral, portanto faz-se necessário encontrar maneiras mais simples de prever a taxa de desgaste abrasivo.

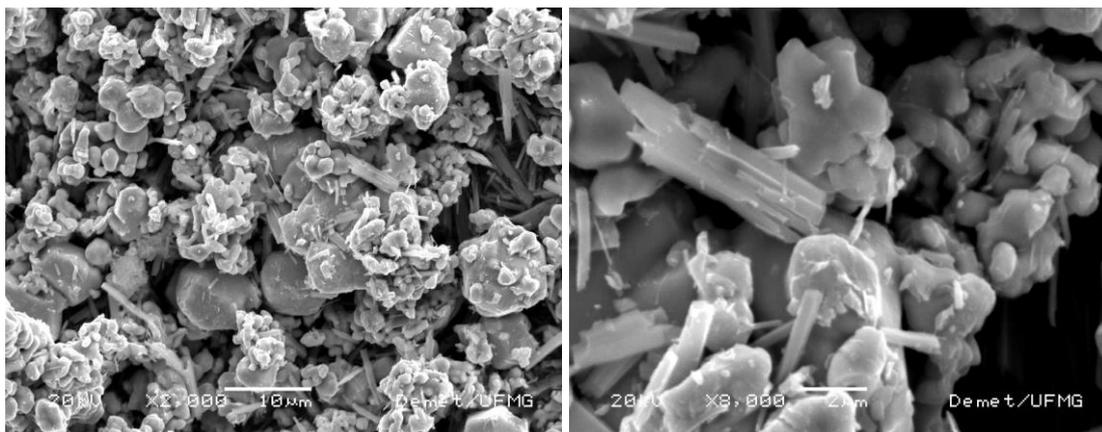
Uma forma utilizada com relativo sucesso para prever as taxas de desgaste abrasivo no caso de coroas para perfuração mineral é a medição de valores de Dureza e Microdureza Vickers. No presente trabalho



foram feitas as medições da microdureza Vickers para corpos de prova formados por compósitos a base de W infiltrados com ligas a base de cobre, no entanto sem diamantes sintéticos.

## METODOLOGIA

O trabalho consistiu no estudo das propriedades físicas, seleção e uso de pós de tungstênio com formas irregulares (figura 1) e da formação de misturas de ambas faixas granulométricas de tungstênio, pulverizados, para a produção de diferentes composições de coroas diamantadas. Foram empregados pós metálicos com os tamanhos médios e composições apresentados na tabela 1 que após homogeneização e moldagem foram submetidos a uma etapa de sinterização e infiltração metálica por fase líquida de uma liga Cu-43Zn-1Sn (% em peso) em um forno tipo mufla, na temperatura de aproximadamente 1170°C, para conformação das coroas com perfil de face sulcado. Foram ainda produzidas réplicas das coroas com as matrizes metálicas, porém sem diamantes, para execução de testes de microdureza segundo a escala Vickers.



(a)

(b)

**Figura 1.** Imagens obtidas por MEV dos pós metálicos, (a) W (3,6µm) <sup>[5]</sup> e (b) W (15,5µm), utilizados na fabricação de coroas diamantadas de perfuração geológica.

**Tabela 1.** Identificação, composição e tamanho médio dos pós metálicos utilizados na confecção de coroas diamantadas.

Amostra	Comp. dos Pós	Comp. do Infiltrante
1A	35 % W (2,8 – 4,4 µm) + 65 % W (14 -17 µm)	Cu-43Zn-1Sn
1B	100 % W (14 -17 µm)	Cu-43Zn-1Sn
1C	100 % W (2,8 – 4,4 µm)	Cu-43Zn-1Sn
1D	90 % W (2,8 – 4,4 µm) + 10 % W (14 -17 µm)	Cu-43Zn-1Sn
1E	90 % W (14 -17 µm)+ 10 % W (2,8 – 4,4 µm)	Cu-43Zn-1Sn



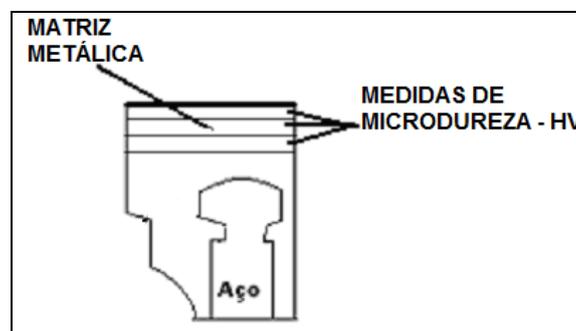
Foram produzidos cinco (5) lotes de matrizes, em tréplicas, para produção de coroas de perfuração para sondagem geológica. Para realizar os ensaios de microdureza Vickers, as amostras tiveram suas superfícies desbastadas por retífica mecânica refrigerada com água e, em seguida, foram submetidas a identificação, ao lixamento, manual, até a lixa de grão 2400 e ao polimento com uso de solução de Alumina (1,0  $\mu\text{m}$ ).

A figura 2 apresenta aspectos superficiais dos corpos de provas preparados para os ensaios de microdureza Vickers.



**Figura 2** – Aspecto superficial de algumas amostras utilizadas no presente estudo

Foram realizados, após a preparação da seção transversal das amostras, os testes de Microdureza no equipamento Microhardness Tester modelo FM - 800, instalado no Laboratório de Ensaios Mecânicos do IFMG Campus Ouro Branco, seguindo a norma ASTM E384 e o uso de uma carga de 10 kgf, por 30s, em vários pontos da superfície, conforme representação esquemática ilustrada na figura 3.



**Figura 3.** Representação esquemática da seção transversal de um corpo de prova usada para medir os valores médios de microdurezas matrizes metálicas obtidas no estudo.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mostrado na figura 4, a matriz metálica identificada como 1C composta de 100 % W (2,8 – 4,4  $\mu\text{m}$ ) apresentou valores de microdureza da ordem de 363 HV<sub>10</sub>. Se comparado a matriz 1C a matriz 1E, produzida com uma mistura de pós de W de tamanhos médios distintos 90% 15,5  $\mu\text{m}$  acrescida de 10% de W de tamanho médio 3,6  $\mu\text{m}$ , apresentou dureza da ordem de 335 HV<sub>10</sub> que corresponde a uma queda de microdureza da ordem de 8%. Tal redução provavelmente está associada à adição das partículas de W de maior tamanho. Ainda, em comparação a matriz 1C, a matriz metálica identificada como 1D, fabricada a partir de pós de W de tamanhos médios distintos (90% 3,6  $\mu\text{m}$  e 10% 15,5  $\mu\text{m}$ ) apresentou dureza da ordem de 307 HV<sub>10</sub> valores que indicam redução, nos valores de microdureza, da ordem 15%. Já a matriz 1A contendo composição, bimodal, 35% de W com tamanho médio de 3,6  $\mu\text{m}$  e 65 % de W com tamanho médio de 15,5  $\mu\text{m}$  apresentou dureza da ordem de 284 HV<sub>10</sub> que indica, se comparada ao resultado obtido na matriz 1C, uma redução de microdureza da ordem de 22%. Também, a matriz um 1B apresentou microdureza da ordem de 274 HV<sub>10</sub> que, se comparado a matriz 1C, apresentou queda de dureza da ordem de 35 %.

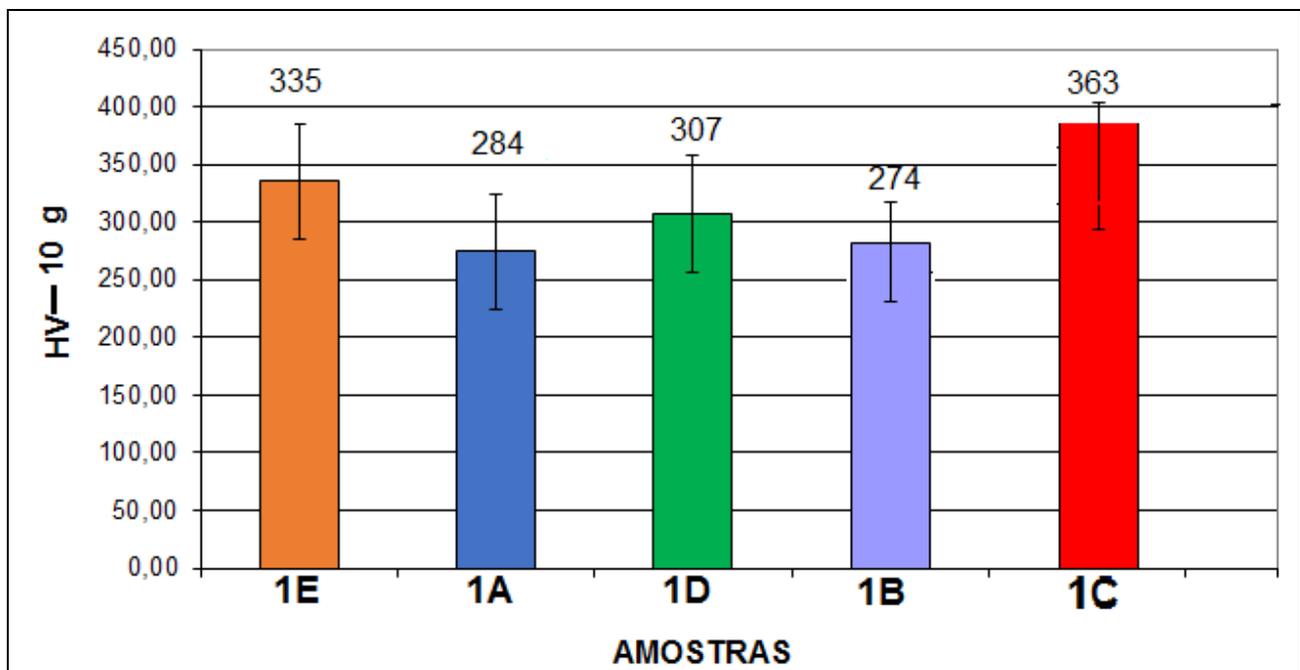


Figura 4 – Valor médio de Microdureza Vickers encontrado nas matrizes metálicas a base de W avaliadas no presente estudo.



## CONCLUSÕES

O uso de misturas de pós de tungstênio (W) com tamanho médio  $6\mu\text{m}$  e  $15\mu\text{m}$  submetidos a uma etapa de sinterização e infiltração de uma liga Cu-43Zn-1Sn, em um forno tipo mufla, permitiu produzir matrizes metálicas para coroas de perfuração para sondagem geológica com dureza da ordem de 321HV.

As matrizes metálicas produzidas por infiltração de uma liga Cu-43Zn-1Sn em um esqueleto composto de W monomodal ( $15,5\mu\text{m}$ ) apresentaram diminuição da dureza função do maior tamanho de grão de W

As matrizes metálicas produzidas por infiltração de uma liga Cu-43Zn-1Sn em um esqueleto composto de W bimodal ( $3,6\mu\text{m}$  e  $15\mu\text{m}$ ) também apresentaram diminuição da dureza função do aumento no tamanho das partículas de W usado, esse último, provocou maior influência sobre as medições de microdureza.

A partir dos dados apresentados é possível, inicialmente, concluir, que mesmo o tungstênio sendo insolúvel em ligas metálicas de cobre, como as utilizadas como infiltrante no presente estudo, estas apresentam alguma influência sobre a microdureza da coroa.

Obtenção de matrizes metálicas contendo faixas granulométricas distintas provavelmente permitirá, em função das proporções adotadas, a adequação do perfil de dureza às características da rocha que se pretendem perfurar

Para trabalhos futuros fica a sugestão para se investigar a relação entre microdureza da matriz metálica em função da liga metálica infiltrante e, também, o desenvolvimento de ensaios de desgaste abrasivo mediante ao uso de soluções, abrasivas, diversas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Dawn, J. D.; Powder Metallurgy, 1988, vol 4, n2, p. 4-86.
2. Dawn, J. D.; Materials Science and Technology, 1988, vol. 14 p. 896-900.
3. Ferreira. C.R. **Tratamento Térmico por Indução Eletromagnética de Hastes de Aço SAE 1045 para Sondagem Geológica**; Dissertação de Mestrado, Redemat, 01/2004, pp. 49-51.
4. LOZZER, A.M.; Tottola. R.M.; Eisele. R.; Mello. J. D. B.; Macedo. M.C.S.; Scandian. C.; **Microabrasão de Compósitos de Matriz Metálica à Base de W Empregados em Coroas de Perfuração Utilizadas em Sondagem Mineral**. Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM. Vitória - ES, Brasil. Julho de 2008.
5. FERREIRA, C.R. et al. **Avaliação do desempenho de compósitos de matriz metálica a base de w empregados em brocas de perfuração para sondagem geológica em quartzito**. Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM. Belo Horizonte - MG, Brasil. Julho de 2009.
6. DWAN, J. D, **Production of Diamond Impregnated Cutting Tools**, Powder Metallurgy vol 41; Nº 2; 1998; pp. 84,86.
7. DWAN, J.D; **Manufacture of Diamond Impregnated Metal Matrixes**, Materials Science And Technology; 09/10 /1998; Vol- 14; pp. 896 - 900.



8. CHIAVERINI, V – **Metalurgia do Pó**, 4ª edição ABM –2001, pp. 3, 5, 6, 7, 73, 112, 136.
9. KIM, H-C., OH, D.-Y., GUOJIAN,J., SHON,I-J. **Synthesis of WC and Dense WC-5% vol. Co Hard Materials by High –Frequency Induction Heated Combustion**; Materials; Science Engineering; A368, 2004; pp. 10-17.
10. HUADONG, D.; YAMEN, L.; HONGQI, H.; ZHIHAO, J. **Decreasing the Sintering temperature of Diamond-bit Matrix Material by the Addition of The Element P**, Journal of Materials Processing Technology, vol. 74, 1998, pp. 52-55.
11. ROMANSKI, A.; LACHOWSKI, J.; E KONSTANTY, J., **Diamond Retention Capacity: Evaluation of stress Field Generated in a Matrix by a Diamond Crystal**, Industrial diamond Review, vol.3, 2006, pp. 43-45.
12. JIANG, G., ZHUANG, H., LI, W; **Synthesis of Tungsten Carbide–Cobalt Composites by the Field-Activated Combustion Synthesis Method**, Journal of Alloys and Compounds, 2004, p. 1-7.