

DETERMINAÇÃO DA DUREZA VICKERS DE UM COMPÓSITO METÁLICO W – Nb USADO PARA CORTE DE ROCHAS

Pedro Henrique Bethônico e Pinto¹ Guimarães e Carlos Roberto Ferreira²

1 Pedro Henrique Bethônico Pinto Guimarães, Bolsista IFMG, Engenharia Metalúrgica, IFMG Campus Ouro Branco, Ouro Branco- MG;
2 Carlos Roberto Ferreira, Pesquisador do IFMG, Campus Ouro Branco; carlos.ferreira@ifmg.edu.br

RESUMO

No presente trabalho foi avaliada a dureza superficial, segundo o método Vickers- HV 30, dos compósitos formados por W (6,0 a 15 μm) e por W (6,0 a 15 μm) acrescidos de 1 % e 8% em Nb (14 a 17 μm) ambos infiltrados com uma liga Cu-43Zn-1Sn. Esses compósitos poderão ser utilizados para a fabricação de ferramentas empregadas para o corte e para a perfuração de rochas. As amostras e respectivos corpos de prova foram, em trélicas, processados por meio de técnicas de metalurgia do pó e o aquecimento, para sinterização e infiltração da liga metálica, foi realizado, em forno mufla, em temperatura da ordem de 1150 oC. Após preparação das superfícies, por meio de lixamento e polimento, foram realizados ensaios de dureza superficial segundo a escala Vickers. Os resultados obtidos nos ensaios de dureza, realizados mediante aplicação, de uma carga de 30 kgf durante 10 segundos – HV 30, permitiu constatar que a adição de 1 %, em peso, de Nb em matrizes de W (6 – 15 μm) não altera, significativamente, a dureza do compósito. Também, foi possível constatar que o acréscimo de 8 %, em peso, de Nb (14 - 17 μm) na matriz W (6 – 15 μm) infiltrada com a liga Cu-43Zn-1Sn produziu compósitos com dureza em média, se comparado ao valor médio de dureza Vickers – HV 30 do compósito composto de 100% de W (6,0 a 15 μm), da ordem de 406 HV valor, esse, supera em 20,83% o valor, médio, de dureza Vickers – HV 30 medido nas amostras do compósito W (6,0 a 15 μm). O efeito, constatado, relativo ao aumento de dureza pode estar associado ao fato das adições de nióbio promoverem, nas ligas que contêm W, um endurecimento por solução sólida. Sendo assim o compósito de matrizes W (6 – 15 μm) acrescido de 8 %, em peso, de Nb (14 - 17 μm) se apresenta adequado ao uso para a produção de ferramentas para corte e para perfuração de rochas nas atividades, diversas, relacionadas às atividades de extração mineral..

Palavras-chave: Produção, Compósito metálico, Perfuração Mineral, Dureza.

INTRODUÇÃO:

Os compósitos formados por tungstênio e Nióbio W- Nb ou por carboneto de tungstênio (WC - Nb) combinam a elevada dureza conferida pelo W com a resistência do Nb produzindo materiais com elevada dureza e resistência ao desgaste 1, 2. Esses materiais, comumente chamados de metal duro, quando acrescidos de diamantes, são extensivamente usadas nas atividades de exploração mineral, em particular, nas operações de perfuração e corte de rochas 3.

O método mais comum para fabricação desses compósitos emprega técnicas de metalurgia do pó onde uma mistura de pós metálicos (W, WC, Fe-W e outros) contendo ou não de diamantes, aleatoriamente distribuídos, é colocada na cavidade interna, de um molde, com a configuração em negativo do corpo que se pretende reproduzir. A mistura de pós metálicos, após compactação, é então, para conformação, infiltrada, com uma liga metálica, em geral de cobre, num forno sujeito à temperatura na faixa de 900 a 1250 o C 4.

Imediatamente após ao término do aquecimento, o conjunto moldado, é submetido, simultaneamente, fora do forno, a uma etapa de resfriamento e prensagem uniaxial visando garantir o máximo de infiltração e consolidação da peça, com conseqüente porosidade mínima 4, 5.

A condução dessas operações, a contento, levava à obtenção de propriedades, físicas e mecânicas, que permitiram alcançar benefícios relativos a eficiência de corte e a durabilidade da ferramenta.

Nos compósitos metálicos a base de W, adições de nióbio permite melhorar a tenacidade das peças, abaixo a temperatura durante prensagem a quente e promove endurecimento, da liga, devido a formação de uma solução sólida 6. Tal efeito, segundo literatura, também foi observado em ligas a base de Co, Cr e Mo. Nas ligas de níquel, adições entre 10 e 15% de cobalto promovem tal efeito, porém reduzem a solubilidade do alumínio e do titânio caso estejam, elementos, presentes na composição da liga metálica 7.

Diferentes interpretações podem ser atribuídas ao significado de dureza de um material. A princípio pode-se dizer que a dureza é a resistência à deformação permanente. A resistência ao risco relaciona a

capacidade dos materiais de serem riscados; um conceito importante para os mineralogistas. A resistência à penetração, de interesse crescente para a engenharia, inclui a deformação elástica além da deformação permanente ou plástica 8.

O ensaio de dureza Vickers foi introduzido em 1925 por Smith e Sandland e mede a deformação permanente. O nome deriva da Companhia Vickers-Armstrong Ltda, a fabricante das máquinas. Essa técnica é empregada amplamente em trabalhos de pesquisas porque fornece uma escala contínua de dureza para uma determinada carga, podendo determinar a dureza de diversos materiais, desde muito macios, com dureza Vickers correspondente a 5 HV, até materiais extremamente duros com dureza Vickers superiores a 2000 HV. O penetrador é uma pirâmide de diamante de base quadrada, com o ângulo de vértice de 136°. A razão geométrica entre a profundidade de penetração e a diagonal da indentação é cerca de 1/7 9, 10. As cargas aplicadas podem variar de 1 a 120 kgf.

O presente trabalho tem por objetivo adequar uma técnica para preparação de amostras do compósito W- Nb para ensaio de dureza Vickers – HV e caracterização das propriedades físicas, relativas a dureza – Vickers – HV, dos compósitos W- Nb processados via infiltração metálica de uma liga Cu- 43Zn - 1 Sn.

METODOLOGIA:

No presente trabalho propõe-se, através do método experimental Caracterização das propriedades físicas, relativas a dureza, dos compósito W- Nb processado via infiltração metálica de uma liga Cu- 43Zn- 1 Sn.

A metodologia do trabalho consistiu na seleção, preparo e do uso de uma mistura, conforme ilustrado na tabela 1, de tungstênio – W acrescidas, ou não, de Nióbio – Nb.

AMOSTRAS	COMPOSIÇÃO DO MISTURA	LIGA INFILTRANTE
1 A	W (6,0 a 15 µm)	Cu- 43 Zn – 1 Sn
1 B	W (6,0 a 15µm) + 1 % de Nb (14 -17 µm)	Cu- 43 Zn – 1 Sn
1C	W (6,0 a 15µm) + 8 % de Nb (14 -17 µm)	Cu- 43 Zn – 1 Sn

A mistura de metais, pulverizados, foi homogeneizada em túrbula durante 15 minutos sob velocidade de 80 rpm, moldada em moldes de grafite e submetida a uma etapa de sinterização e infiltração metálica por fase líquida de uma liga metálica, sob a forma de arames de 4 mm em diâmetro cortados em pedaços de 5,0 cm de comprimento, de composição Cu-43Zn-1Sn (% em peso), de ponto de fusão 870 °C,

Após moldagem procedeu-se, para consolidação das matrizes, sem diamantes, os ciclos de aquecimento em forno, mufla, a 1150 °C durante 65 minutos. Para melhorar a fluidez da liga infiltrante, através do esqueleto poroso, fez-se, em cada porção moldada, a adição de 7,0 g de um pó fluxante (bórax - anidro).

Encerrado os ciclos de aquecimentos procedeu-se a compactação e densificação das matrizes. As peças sofreram, simultaneamente, fora do forno; prensagem uniaxial sob pressão da ordem de 800 Psi e resfriamento, com água em circulação no interior das bandejas de apoio instaladas nas prensas.

Após consolidação e desmoldagem os corpos de prova, em réplicas, foram sob refrigeração, seccionados e em seguida as superfícies foram planificadas e preparadas, através de técnicas de lixamento manual até a lixa grão 2400 e polimento mediante uso de uma suspensão de alumina de 1,0 micrometro (µm), obtendo a planicidade adequada para os ensaios de dureza segundo o método Vickers – Hv 30 (carga aplicada de 30 Kgf), por 10 segundos e avaliação do perfil, de dureza, medido.

A figura 1 apresenta aspectos superficiais dos corpos de provas preparados para os ensaios de dureza Vickers – HV 30.



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

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A evolução do desgaste de uma ferramenta diamantada, durante seu uso em serviço, tem forte relação com parâmetros, tais como força e potência, empregados sobre a ferramenta para cortar um mineral, bem como com o formato das partículas do resíduo gerado. (Ferreira 2010). Assim sendo, estimar o desgaste, o desempenho e a durabilidade de uma ferramenta de corte, associando-os aos parâmetros operacionais torna-se importante para prever os custos de uma operação para corte de uma rocha.

As propriedades mecânicas de uma ferramenta de corte são comumente avaliadas por testes de operacionais e, esses testes, envolvem tempos longos e custos elevados assim, torna-se necessário a proposição de alternativas, que permitirão caracterizar e avaliar as condições de uso dessas ferramentas.

Os resultados do trabalho, apresentados na figura 2, referem-se à análise da tendência dos valores, médios, de dureza Vickers – HV das matrizes cuja composição foram, aqui, proposta para fabricação de ferramentas para corte e perfuração de rochas.

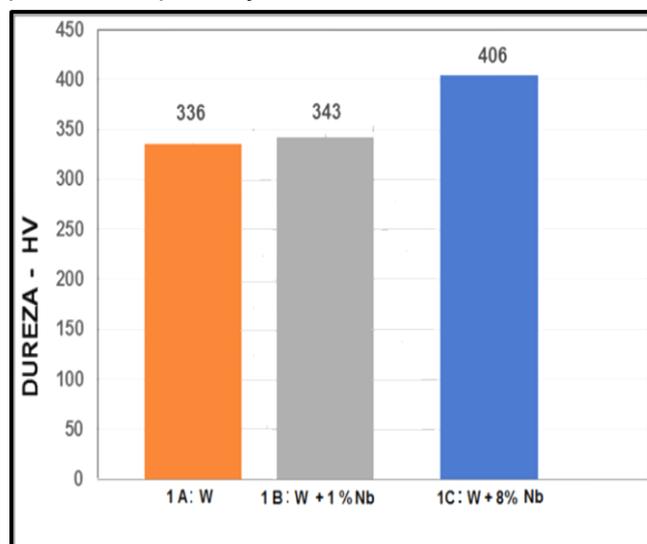


Figura 2 – Valores médios de dureza Vickers - HV 20, medidos na seção transversal dos corpos de prova das matrizes a base de W e de W - Nb, infiltradas com a liga Cu-43Zn-1Sn, proposta produção de ferramentas para corte e perfuração de rochas

No processo de sinterização agregados de pós compactados são transformados em um corpo sólido mediante ação de mecanismos de transporte atômico, difusionais, em temperaturas abaixo do ponto de fusão do constituinte principal. Assim sendo, o cobre presente em produtos sinterizados e cuja temperatura de fusão é da ordem de 1083 °C sofrerá redução da energia livre e se infiltrará, rapidamente, pelas redes de poros difundindo-se rapidamente por entre as partículas do pó metálico, “esqueleto”, compactado. Esse fenômeno pode estar associado ao fato de que mesmo acrescida em 1% de Nb, elemento que fomenta o endurecimento de ligas metálicas por solução sólida, a dureza - HV média das

amostras 1B foi da ordem de 343 HV, cerca de 2,08% maior que a dureza, média, apresentada pelas amostras 1 A.

Ainda, sob as condições testadas no presente trabalho constatou-se que as amostras, cuja matriz foi constituída de misturas de W (6 – 15 μm) acrescida de 8 % Nb (14 - 17 μm) e infiltradas com a liga Cu-43Zn-1Sn apresentaram em média, se comparado ao valor médio de dureza Vickers – HV 30 das amostras 1 A composta de 100% de W, dureza da ordem de 406 HV. Tal valor supera em 20,83% o valor de dureza, média da matriz 1 A e, o efeito, constatado pode estar associado ao fato das adições de nióbio promoverem, nas ligas que contêm W, endurecimento por solução sólida.

CONCLUSÕES:

As amostras de composto metálico apresentaram as propriedades desejadas para a atividade de corte de rocha, principalmente no que diz respeito à dureza da superfície.

A partir dos ensaios de dureza Vickers – HV 30, pode-se concluir que a adição de 1 %, em peso, de Nb em matrizes de W (6 – 15 μm) não altera, significativamente, a dureza de corpos infiltradas com ligas Cu-43Zn-1Sn e a adição de 8 %, em peso de Nb (14 -17 μm), em matrizes de W (6 – 15 μm) aumenta em 20,83 %, se comparado a dureza média do compósito cuja matriz é composta de 100% de W (6 – 15 μm), o valor médio da dureza Vickers – HV 30 dos compósitos infiltradas com ligas Cu-43Zn-1Sn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Citar as obras que foram efetivamente citadas ao longo do texto, seguindo a Norma NBR 6023/2002 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

- 1 WOYDT, M.; MOHRBACHER, H. The use of niobium carbide (NbC) as cutting tools and for wear resistant tribosystems. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, vol. 49, 2015, p. 212–218.
- 2 MOHRBACHER, H, Zhai Q. Niobium alloying in grey cast iron for vehicle brake discs. *Proceeding of Materials Science & Technology Conference*, October 16–20, 2011. Columbus, Ohio: ASM Int.; 2011. p. 434–45.
- 3 GAO, Y.; YAN, M.Y.; LUO, B. H.; OUYANG, S.; CHEN, W.; BAI, Z. H.; JING, H.; ZHANG, W.W. Effects of NbC additions on the microstructure and properties of nonuniform structure WC-Co cemented carbides, *Materials Science & Engineering A*, vol. 687. 2017. p 259–268.
- 4 Ferreira 2010.
- 5 TAN, S.; FANG, X.; Kaihua YANG, K.; DUAN, L. A new composite impregnated diamond bit for extra-hard, compact, and nonabrasive rock formation. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, vol. 43, 2014, p. 186–192.
- 6 PETERSSON, A.; ÅGREN, J. Sintering shrinkage of WC–Co materials with bimodal grain size distributions, *Acta Materials*, vol. 53, 2005, p. 1665–1671.
- 7 GENGA, R.M.; AKDOGANB, G.; WESTRAADT, J. E.; CORNISH, L.A. Microstructure and material properties of PECS manufactured WC-NbC-CO and WC-TiC-Ni cemented carbides. *Journal. Refractories Materials. Hard Materials*, vol. 49, 2015, p 240–248.
- 8 CHIAVERINI, V. *Tecnologia Mecânica, Estrutura e Propriedades das Ligas Metálicas*. Ed. McGraw-Hill, vol. 3, 1986, p 134-151.
- 9 SOUZA, S. A. *Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos*, cap. 2, Edgard Blücher Ltda São Paulo, S.P., 1982.,33
- 10 ASM HANDBOOK COMMITTEE, BLAU, P. *Microindentation Hardness Testing*. Oak Ridge National Laboratory, Metals Handbook, v. 18, p. 414-418, 433, 1994.