

ESTUDO DA RESISTENCIA À ABRASÃO DAS LIGAS Fe-Cu-Nb E Fe-Cu-Co COM DIAMANTE

Freitas M.S.¹, Oliveira H.C.P.², Cabral S.C.³, Filgueira M.⁴

¹UENF/Laboratório de Materiais Avançados, mari.sf88@yahoo.com.br

²UENF/Laboratório de Materiais Avançados, hcprata@yahoo.com.br

³UENF/Laboratório de Materiais Avançados, stenio.cavalier@hotmail.com

⁴UENF/Laboratório de Materiais Avançados, marcello@uenf.br

Resumo – Este trabalho visa avaliar a influência de adições de nióbio (Nb) no sistema Fe-Cu, para possível uso como matriz ligante para ferramentas diamantadas. Visando assim a substituição do cobalto (Co) pelo Nb nas ligas a base de cobre largamente utilizadas na indústria de ferramentas de corte diamantadas, portanto, a efeito comparativo de desempenho (resistência ao desgaste), os resultados da liga 25%pesoFe-50%pesoCu-25%pesoNb com adição de diamantes foram comparados com a liga consagrada NEXT 100 (25%pesoFe – 50%pesoCu – 25%pesoCo) com adição de diamantes. As ligas foram sinterizadas por prensagem a quente nas mesmas condições: 35 MPa/800°C/3 min. Foram realizados nestes compósitos diamantados ensaios de abrasão para verificar o desgaste, para os tempos acumulados de 2 a 20 minutos. O compósito diamantado produzido à base de Fe-Cu-Nb apresentou resistência ao desgaste e aderência dos diamantes de melhor resultado ao compósito diamantado de Fe-Cu-Co (NEXT 100).

Palavras-chave: Compósitos diamantados, prensagem a quente, resistência a abrasão.

Área do Conhecimento: Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Introdução

Os materiais compósitos diamantados são normalmente produzidos em grande escala pelas técnicas da Metalurgia do Pó e, abrange uma gama de aplicações, como processamento de rochas, engenharia civil, entre outras.

Durante o processamento, as partículas de diamante são ligadas à matriz metálica, por uma combinação de interações químicas e físicas, e se faz necessário um rígido controle dos parâmetros de processamento para evitar ataque, dissolução e/ou grafitização do diamante, o que pode afetar o desempenho final do corte (DEL VILLAR *et al.*, 2001; OLIVEIRA E FILGUEIRA, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

O cobalto funciona como um ligante nas ferramentas diamantadas, pois combina perfeita compatibilidade química com o

diamante nas temperaturas de processamento, uma adequada retenção do diamante e excelente resistência ao desgaste após processamento ou operação de corte, o que explica o fato de que, atualmente, a maior parte das ferramentas de corte diamantada o utiliza como matriz ligante (DEL VILLAR *et al.*, 2001; OLIVEIRA E FILGUEIRA, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2007].

Neste panorama o cobalto (Co) é caro, trás problemas ambientais, e o Brasil não é um país produtor deste metal. Portanto, este trabalho faz parte do esforço de grupo em substituir o Co por nióbio (Nb), sendo este último metade do preço do Co, e o Brasil é o maior produtor mundial deste metal (Nb).

Metodologia

- Prensagem a Quente

As sinterizações foram realizadas na prensa a quente industrial Pyramid, utilizando os parâmetros 35Mpa/800°C/3minutos. Os pós das ligas Next 100 e 25%Fe-50%Cu-25%Nb receberam 4% de diamantes fornecido pela Element six – e6 e então foram misturados e homogeneizados e, prensados a quente em uma matriz de sinterização de eletrografite com 4 cavidades cilíndricas de diâmetro 10 mm, de forma que a altura das amostras foi de aproximadamente 10 mm.

Como as prensagens a quente foram realizadas ao ar, mesmo que sob pressão de 35 MPa, surgiu a preocupação para com a oxidação dos metais da matriz ligante, sobretudo do Nb, o qual é altamente reativo com o oxigênio (FILGUEIRA, 1995). Contudo, estudo realizado por BONNEAU (2006) mostrou que, para similares condições de prensagem a quente, com relação às apresentadas neste trabalho, o molibdênio, tão oxidante quanto o nióbio, não sofreu sensível oxidação.

• Ensaio de Resistência à Abrasão

Os corpos sinterizados foram submetidos a ensaios de resistência a abrasão, realizados num simulador fásico tipo AMSLER, interfaceado com um computador. As amostras foram acopladas verticalmente sobre um disco de granito em um suporte com fixador. A rotação da mesa de granito foi de 20 rpm, com uma força vertical sobre as amostras de 2 kgf, o que representa as melhores condições de ensaios nesta máquina, segundo Oliveira *et al.*, [2007]. Os ensaios foram feitos para tempos acumulados de 2, 6, 12 e 20 minutos. A resistência à abrasão é definida pela seguinte equação:

$$RA = \frac{1}{\Delta M} \times 100$$

Onde:

$$\Delta M = \frac{m_i - m_f}{m_i}$$

Onde m_i e m_f : massa inicial e final, respectivamente, em gramas.

Estes estudos foram acompanhados por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) para definição dos modos de falha, desgaste da matriz e protusão e distribuição dos cristais de diamante.

• Microscopia Eletrônica de Varredura

O MEV é um equipamento amplamente empregado na investigação microestrutural dos materiais, utilizado principalmente para fornecer detalhes da superfície, bem como imagem topográfica da superfície examinada. Diversos acessórios podem ser incorporados ao MEV com o objetivo de ampliar os resultados que podem ser obtidos.

Através da análise do MEV é possível obter imagens da amostra em grandes aumentos, gerados a partir de elétrons secundários ou elétrons retroespalhados. Os elétrons secundários fornecem contraste topográfico da superfície da amostra e são os responsáveis pela obtenção das imagens de alta resolução, enquanto os retroespalhados fornecem imagem característica de contraste de fase, de composição e de número atômico.

A análise da microestrutura das amostras foi realizada no microscópio eletrônico Shimadzu, disponível no LAMAV/CCT/UENF, sendo as imagens geradas a partir de elétrons secundários e elétrons retroespalhados.

Resultados

O ensaio de desgaste por abrasão é de suma importância, pois ele é o que mais se aproxima da realidade da aplicação dos compósitos. Para análise dos resultados obtidos nos ensaios, os dados foram dispostos em um gráfico que mostra a evolução da resistência à abrasão em

relação ao tipo de amostra, considerando a dependência da resistência à abrasão em relação ao tempo.

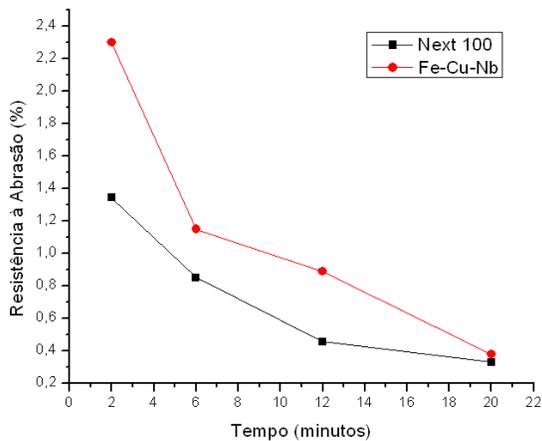


Figura 1- Teste de resistência à abrasão das amostras de NEXT 100 (liga Fe-Cu-Co) – 4% diam e da liga Fe-Cu-25%Nb – 4% diam.

A figura 1, mostra os resultados de RA em função dos tempos de ensaio para as amostras estudadas, obtidas por prensagem a quente a 800°C. Analisando o ensaio para o tempo de 2 minutos, nota-se que obteve-se valores mais altos de resistência a abrasão da liga de Fe-Cu-Nb-diamante comparado com a liga industrial NEXT 100-diamante. Para este tempo de ensaio, ocorre basicamente desgaste da matriz ligante para o surgimento dos primeiros diamantes, com se pode visualizar com o auxílio das setas indicativas, aos quais correspondem às primeiras faces cortantes para dar início ao processo de corte da pedra. Como é constatado na Figura 2.

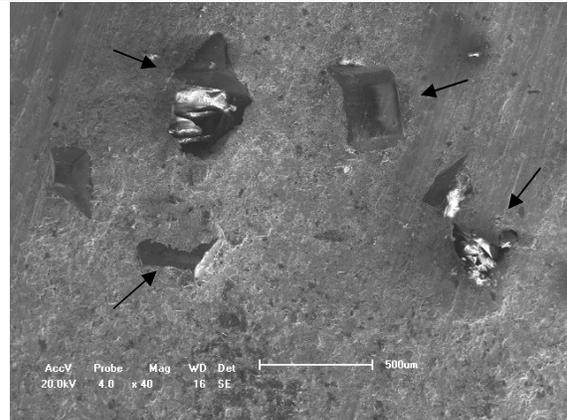


Figura 2- Micrografia após ensaio de RA em 2 minutos, liga Fe-Cu-25%Nb – 4% diam.

Percebe-se que para o ensaio de 6 minutos há uma queda da resistência a abrasão para ambas as ligas. Isso ocorre porque agora nesta região há maior percentual de perda de massa por abrasão, pois os diamantes expostos na superfície da matriz deram continuidade à operação de corte, resultando assim em perda de matriz ligante e diamantes em relação ao ensaio de 2 minutos. Para o ensaio de 12 minutos, já não ocorre uma queda da resistência a abrasão tão acentuada, visto que os diamantes ainda têm bom poder de corte. Para o ensaio de 20 minutos, também não se nota queda significativa em relação ao ensaio de 2 para 6 minutos. Mas deve ser ressaltado, levando em consideração os quatro ensaios, que nesta etapa do processo de corte, verificasse, o menor resultado de resistência a abrasão, o que mais uma vez já era esperado, já que o tempo de vida de uma ferramenta de corte diamantada diminui à medida que o tempo de corte aumenta, pois o desgaste é contínuo. Nessa região da amostra, em virtude da planificação dos grãos abrasivos de diamante, a matriz sofre intensa perda de massa pela abrasão com a pedra, expondo as demais faces dos cristais dos diamantes ainda embebidas na matriz, restando assim pouco ou quase nenhuma aderência matriz-diamante, o que conseqüentemente leva a perda (pull-out) ou

destacamento dos diamantes pela matriz. Como pode ser analisado nas micrografias abaixo, para ensaios de maiores tempo 20 minutos.

Em vista dos resultados apresentados de RA. A liga comercial Next 100 apresentou resultados inferiores à liga Fe-Cu-25%Nb, tendo um decréscimo significativo para os tempos de ensaio de 2 a 12 minutos, e uma leve queda no valor de RA aos 20 minutos de ensaio. Entretanto, os diamantes presentes na liga Next 100 mostrou comportamento similar para os diamantes da liga a base de Nb, conforme veremos nas Figuras 3 e 4.

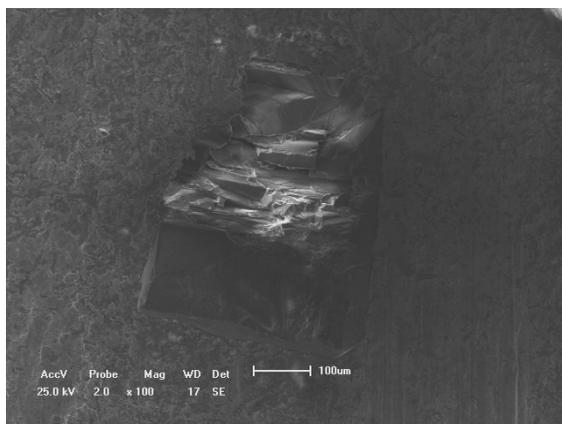


Figura 3- Micrografia após ensaio de RA em 20 minutos, liga Fe-Cu-25%Nb – 4% diam.

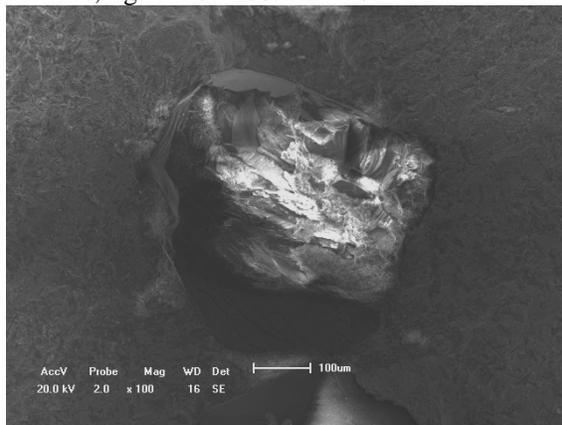


Figura 4- Micrografia após ensaio de RA em de 20 minutos, liga NEXT 100 – 4% diam.

Através das Figuras 3 e 4 confirma a descrição citada anteriormente das características esperadas após os ensaios de 20 minutos, seja em ligas com Cu (NEXT 100), seja em ligas com Nb, ambas com 4% diamante.

Discussão

Como já dito anteriormente, observado na Figura 1, o comportamento das amostras para os ensaios de resistência à abrasão se deram da forma que já era esperada: intenso desgaste da matriz no ensaio de 2 minutos. Da metade do tempo de ensaio para o final, começa a ocorrer o trabalho de corte propriamente dito, ou seja, tem-se uma taxa de corte constante, ou seja, considerável quantia de diamantes que já estão completamente expostos e com uma altura de potusão suficiente e necessária para um bom desempenho e taxa de corte satisfatório – vide Figura 2. Já para tempos finais deste ensaio, os diamantes que trabalharam muito forte na etapa anterior para manter a taxa de corte constante, agora começam a planificar, perdendo parte de seus vértices cortantes – Figuras 3 e 4.

Conforme essas observações cabem mais uma vez ressaltar que o desgaste da ferramenta diamantada impregnada é um processo contínuo, ou seja, a matriz deve ser capaz de reter os diamantes quando estes ainda apresentam capacidade de corte, e ao mesmo tempo eliminá-los ou destacá-los quando estes já não estão mais aptos ao corte, para que assim surjam novas faces cortantes para dar continuidade ao processo. Então, vale reforçar, que embora o “pull-out” seja considerado um modo de falha, ele é fundamental para que a ferramenta se desgaste de forma correta e proporcione trabalho de corte satisfatório. Isto explica o fato da resistência a abrasão ter queda “suave”, de 6 a 12 minutos de ensaio.

A partir dos resultados em função das ligas estudadas, pode-se notar uma tendência nos

valores de resistência a abrasão, com a liga de Fe-Cu-25%Nb-diamante apresentando um melhor valor de resistência a abrasão nos quatro tempos de ensaio.

Conclusão

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que conseguiu-se processar com sucesso, compósitos diamantados por prensagem a quente, a qual é a rota industrial de processamento da metalurgia do pó.

Foram obtidos resultados satisfatórios de RA para a liga Fe-Cu-25%Nb-diamante, com resultados superiores à liga industrial NEXT 100, o qual é um pó pré-ligado do mercado internacional utilizado como matriz ligante para ferramentas diamantadas. Isto é um forte indicativo da viabilidade técnica da substituição do Co pelo Nb em ferramentas diamantadas – relevante avanço tecnológico para a indústria nacional.

O comportamento dos diamantes para ambas as ligas foram os mesmos. Com o início do ensaio houve o surgimento dos cristais do diamante, sofrendo desgaste durante o corte, apresentado faces pontiagudas, irregulares e planificadas e até seu destacamento da matriz ao final do ensaio.

Referências

- BONNEAU, M. Feature of KEEN® Prealloyed Powders. **Proc. Euro Powder Metallurgy - Bond Systems**. v.3. p.3-8, 2006.
- DEL VILLAR, M. Consolidation of diamond tools using Cu-Co-Fe based alloys as metallic binders. **Powder Metallurgy**. n.1. v.44. p.82-90, 2001.
- FILGUEIRA, M. Tese de Mestrado. *Estudo da Sinterização Ativada do Tântalo*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. UFRN. p.109, 1995.
- OLIVEIRA, L.J.; FILGUEIRA, M. Aplicação de ligas de Fe-Cu-SiC como matriz ligante em

ferramentas diamantadas. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**. n.1, v.26. p.15-20, 2007.

OLIVEIRA, L.J.; BOBROVNITCHII, G.S.; FILGUEIRA, M. Processing and Characterization of Impregnated Diamond Cutting Tools Using a Ferrous Metal Matrix. **International Journal Refractory Metals and Hard Materials**. v.25. p.328-335. (2007)