

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DIAMANTADOS PARA CORTE DE PEDRA MADEIRA¹

Maria Luiza Pessanha Gomes²
Ana Lucia Diegues Skury³
Renan da Silva Guimarães⁴
Stenio Cavallier⁵

Resumo

Com o crescente uso de rochas ornamentais, principalmente na construção civil, foram identificados vários problemas com relação ao corte das rochas, principalmente em termos de eficiência e custo do processo de corte. Nos últimos anos vários tipos de serras têm sido desenvolvidos para solucionar estes problemas. Entretanto, sendo o Brasil um país tipicamente importador deste tipo de ferramentas, este problema torna-se um fator limitante para o aumento da eficiência das ferramentas diamantadas, em particular das serras de corte. Isto é motivado pelo fato de que todos os testes das citadas ferramentas são realizados nos países que as produzem e, portanto, com formações geológicas diferentes daquelas observadas no Brasil. Além disso, um grande problema que tem sido observado nas serrarias que cortam e beneficiam a pedra Miracema (também conhecida como "pedra madeira") é o elevado consumo de serras diamantadas e conseqüentemente, a baixa efetividade de corte. Nesse contexto, o presente trabalho destina-se para a produção, caracterização e testes de segmentos diamantados produzidos a partir dos estudos realizados pelo GMSD para produção de serras circulares diamantadas destinadas para o corte de pedra madeira da região Norte-Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Compósitos; Diamante; Rochas ornamentais.

SINTERING WBN VIA THE APPLICATION OF THE PARAMETERS OF CYCLIC PRESSURE AND TEMPERATURE

Abstract

With the increasing of the ornamental stones use, mainly in construction, several problems with the cutting of rocks have been identified, especially in terms of efficiency and cost cutting process. In recent years various types of saws have been developed to address these problems. However, as Brazil is a country typically importer of these tools, this problem becomes a limiting factor for the increase of efficiency of the diamond cutting tools, particularly the saws. This is motivated to the fact that all the tests of the aforementioned tools are made in countries that produce and, thus with geological formations different from those observed in Brazil. Additionally, a great problem which has been observed in the sawmill in the cut of the Miracema stone (also known as "stone wood") is the high consumption of diamond saws and hence the low effectiveness of court. In this context, this work is intended for the production, characterization and testing of diamond segments produced from the studies by GMSD for producing diamond saw blades designed for cutting wood stone of the North-Northwest of the State of January.

Key words: Composite; Diamond; Ornamental stones.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Graduando em Eng. Metalúrgica e Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Brasil.*

³ *Física. Dra. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Lamav, CCT, UENF, Brasil.*

⁴ *Técnico em Eletromecânica, Lamav, CCT, UENF, Brasil.*

⁵ *Físico. Doutorando em Eng. Metalúrgica e de Materiais, Lamav, CCT, UENF, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico e industrial as ferramentas diamantadas têm sido cada vez mais utilizadas em uma vasta gama de aplicações. Particularmente, na extração e beneficiamento das rochas ornamentais elas são imprescindíveis.

Todavia, com o crescente uso de rochas ornamentais, principalmente na construção civil, foram identificados vários problemas com relação ao corte das rochas, principalmente em termos de eficiência e custo do processo de corte. Nos últimos anos vários tipos de serras têm sido desenvolvidos para solucionar estes problemas. Entretanto, sendo o Brasil um país tipicamente importador deste tipo de ferramentas, este problema torna-se um fator limitante para o aumento da eficiência das ferramentas diamantadas, em particular das serras de corte. Isto é motivado pelo fato de que todos os testes das citadas ferramentas são realizados nos países que as produzem e, portanto, com formações geológicas diferentes daquelas observadas no Brasil. Além disso, um grande problema que tem sido observado nas serrarias que cortam e beneficiam a pedra Miracema (também conhecida como "pedra madeira") é o elevado consumo de serras diamantadas e conseqüentemente, a baixa efetividade de corte.

De forma geral pode-se dizer que o desempenho de uma serra diamantada depende de três fatores:⁽¹⁻⁴⁾ o tipo e tamanho dos diamantes; a concentração de diamantes e do tipo de matriz ligante. Entretanto, para o desenvolvimento destas ferramentas deve-se também levar em consideração outros fatores, tais como velocidade de corte, modo de serragem e, principalmente, do tipo de rocha que será beneficiado.

Assim, diante do exposto, no presente projeto pretendeu-se desenvolver uma serra diamantada específica para utilização no corte da pedra madeira. Neste contexto os autores contaram com o apoio de diversas serrarias do APL de Sto. Antônio de Pádua, da empresa Abrasdi e do Sindgnaisnes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A mistura para a produção da matriz metálica é baseada no sistema Fe-Sn-Cu-Ni. A composição exata da mistura não será aqui mencionada por tratar-se de *know-how*. A granulometria dos diamantes variou entre 300 µm a 450 µm. Para a determinação da quantidade de diamantes em cada segmento optou-se pela concentração de 0,75 ct/cm³, seja, 0,15 g/cm³. A mistura foi feita em misturador cônico, marca SEW, com tempo de mistura de 5 horas. Após a mistura, o pó resultante foi compactado em matriz de grafite para execução do processo de sinterização. As amostras foram levadas a prensa e sinterizadas com dois patamares de temperatura: inicialmente a 650°C durante 3 minutos e o segundo à temperatura para 750°C por 5 minutos, totalizando 8 minutos de sinterização sob pressão de 35 MPa. Após o processo de sinterização os compósitos foram submetidos à etapa de caracterização e testes.

A densidade dos compactos foi determinada via aplicação do método de Arquimedes. Os testes de compressão diametral foram realizados em máquina Instron EMIC LD 100 KN. Para a análise termogravimétrica foi utilizado o equipamento de análise térmica da BP Engenharia modelo -BP 300. Os ensaios foram feitos com variação da temperatura de 0°C a 1.000°C a uma velocidade de aquecimento de 10°/min. A microestrutura dos compactos foi analisada por difração de raios X e observada em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia ótica. Os testes de abrasão foram feitos em Simulador Físico tipo Amsler modificado - Microprocessador Modelo AB800-E da Contenco (este equipamento possui

interface com um computador, e utiliza o *software* Pavitest Abrasímetro 2.31 para obtenção de dados). O disco abrasivo para o desgaste foi um granito cinza, com estrutura orientada, de granulometria grossa, variando de 4 mm a 20 mm. Petrograficamente classificado como biotita monzogranito, contendo 32% de quartzo, 31% de microlina micropertítico, 24% de plagioclásio, 11% de biotita e 2% de acessórios. Apresenta massa específica de 2,67 g/cm³, absorção de água de 0,35% e porosidade total de 0,93%. A rotação da mesa de granito foi de 30 rpm, com uma força vertical (peso solto) sobre as amostras de 5 kgf, o que representa as melhores condições de ensaios nesta máquina e para estes materiais segundo estudos realizados por Oliveira, Bobrovnitchii e Figueira.⁽⁵⁾ Cabe ressaltar, que nestes ensaios as amostras são submetidas a condições bem mais severas que quando em operação de corte nas lavras de rochas ornamentais, pois há uma carga vertical aplicada e as irregularidades do disco de granito geram grandes impactos na zona de corte.

As amostras foram pesadas antes e após cada ensaio em balança digital Scaltec de precisão 0,001 g, para medir a variação de massa e determinar a resistência a abrasão das amostras. Isso pode ser determinado através das Equações 1 e 2.

$$\Delta M = \frac{m_I - m_F}{m_I} \times 100 \quad (1)$$

$$RA = \frac{1}{\Delta M} \times 100 \quad (2)$$

Onde: ΔM é a perda de massa (%); RA é a resistência à abrasão; m_i é a massa inicial e m_f é a massa final.

3 RESULTADOS

Foram obtidos compósitos com formato cilíndrico com 8 mm de altura e 6 mm de diâmetro. A densidade média dos compósitos foi de 6,78 g/cm³, o que corresponde à 97% da densidade teórica. A composição estrutural dos compósitos após o processo de sinterização está apresentada na Figura 1.

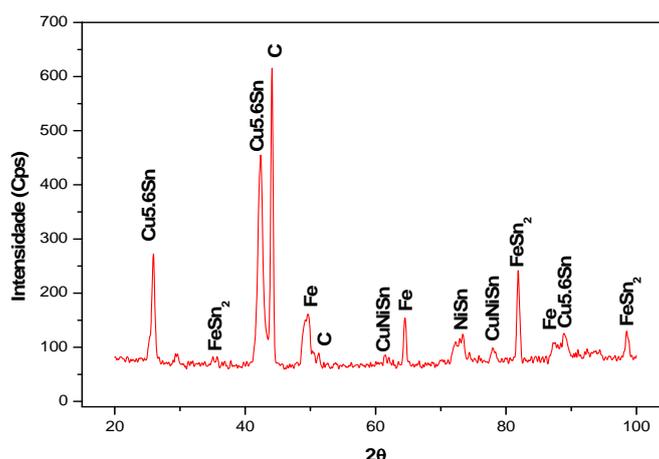


Figura 1. Difratoograma de Raios-x típico para os compósitos diamantados.

Na Figura 2 está apresentado o comportamento térmico exibido pelos compósitos durante o ensaio de TG. Nos testes de compressão axial notou-se que, nas condições utilizadas nos ensaios, os corpos de prova não sofreram fratura. Uma curva típica obtida no ensaio de compressão é mostrada na Figura 3.

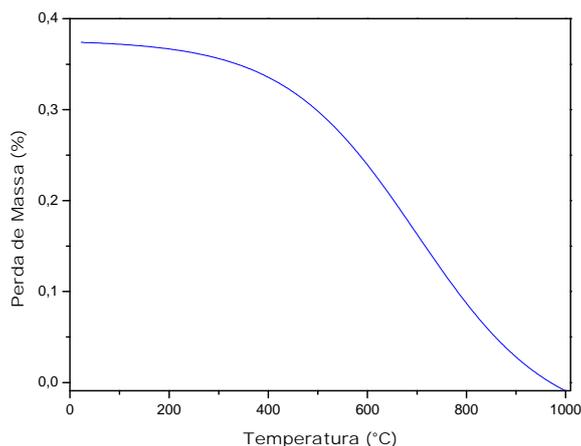


Figura 2. Perda de massa do compósito em função da temperatura.

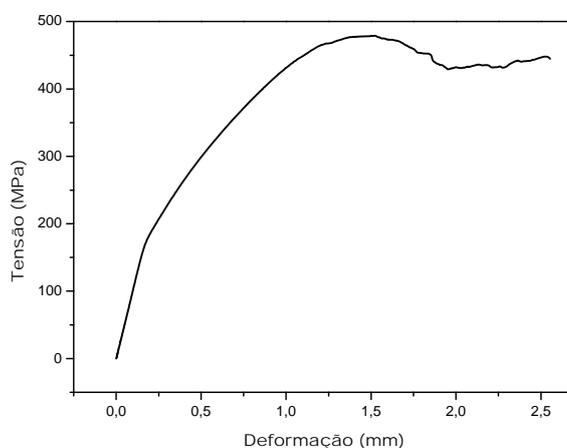


Figura 3. Curva tensão x deformação típica dos compósitos.

Para a análise da microestrutura, alguns compósitos foram diametralmente fraturados. Na Figura 4 estão apresentadas as micrografias obtidas por MEV.

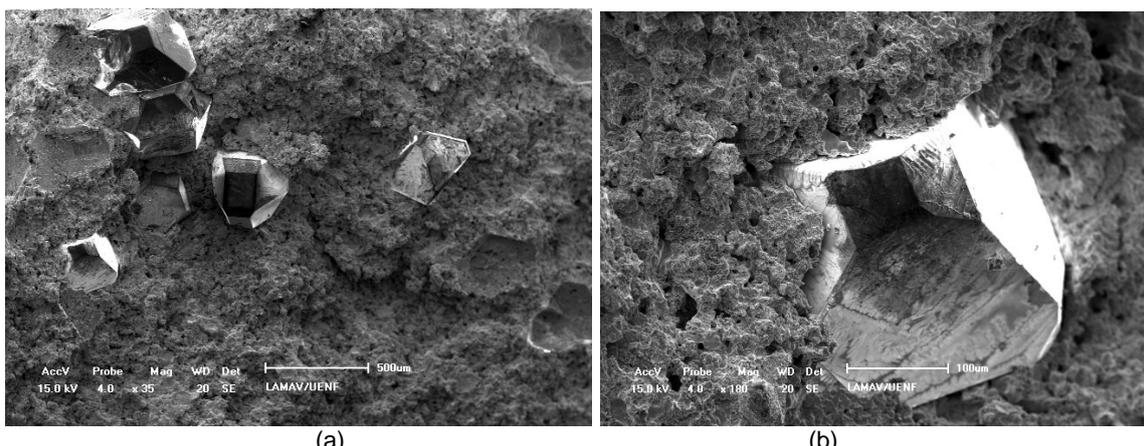


Figura 4. Região de fratura dos compósitos.

Para efeitos de comparação quanto ao desempenho dos compósitos desenvolvidos, foram também realizados testes de abrasão com compósitos produzidos, nas mesmas condições experimentais descritas na metodologia, a partir da utilização da liga comercial Mastertec. O resultado dos testes de abrasão está apresentado na Figura 5.

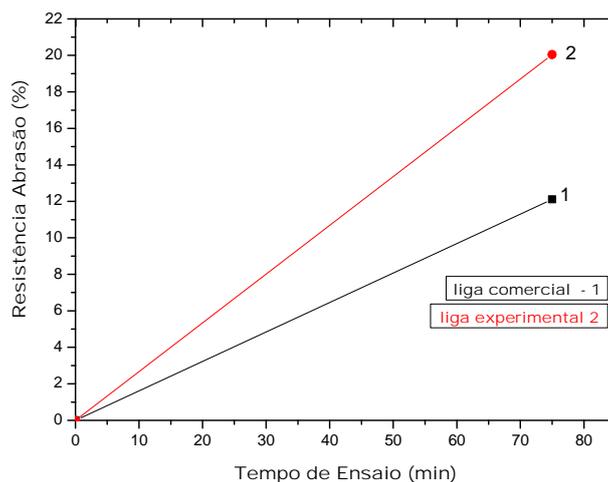


Figura 5. Desempenho em teste de abrasão dos compósitos.

Finalizando este trabalho, foram fabricadas na empresa Abrasdi serras diamantadas a partir da liga desenvolvida, as quais foram enviadas para as serrarias que colaboram com os autores para os testes em condições reais de serviço no corte de pedra madeira (Figura 6).



Figura 6. Serradora com a serra utilizada no corte de pedra madeira.

Segundo informações dos serradores, uma serra comercial corta em média 150 metros a 180 metros lineares de pedra madeira. As serras produzidas a partir dos resultados obtidos no presente estudo cortaram em média 200 metros a 230 metros.

4 DISCUSSÃO

De forma geral os compósitos produzidos apresentaram boas propriedades. Através das micrografias apresentadas na Figura 4, observou-se um forte ancoramento da matriz, o que revela a existência de boa aderência dos diamantes na matriz. Esta é uma característica importantíssima para o bom desempenho das ferramentas de corte. No que tange às propriedades avaliadas, nota-se que os compactos apresentaram boa resistência à compressão. Obteve-se valores médios de 255 MPa para tensão máxima de compressão e 413 GPa para o módulo de elasticidade. O aspecto da região de fratura das amostras (Figura 3), mostra que o compósito exibe certo grau de porosidade.

Outra característica não menos importante é a estabilidade térmica. Conforme pode ser observado na Figura 3, a perda de massa dos compósitos foi mínima. Levando-se em consideração que nas condições reais de serviço o corte das rochas é refrigerado, pode-se inferir que os compactos apresentam elevada estabilidade térmica frente às condições de corte.

Nos testes de desgaste observou-se que o compósito experimental exibiu desempenho superior ao do compósito experimental. Isto foi confirmado pelos testes de campo, onde a serra experimental apresentou um melhor desempenho. Este comportamento é atribuído às excelentes propriedades de adesão dos cristais de diamante na matriz metálica e também à efetividade do processo de sinterização. A observação da Figura 7, onde é mostrada a região de fratura de um segmento, mostra que não há grafitação dos diamantes.

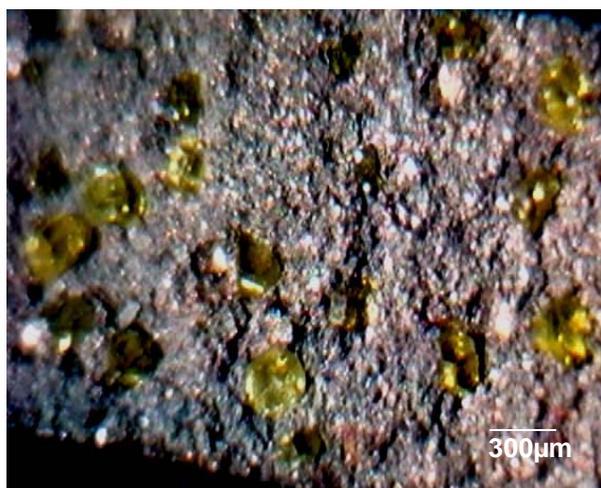


Figura 7. Secção transversal do segmento.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a liga desenvolvida apresenta boas perspectivas para fabricação de serras destinadas para o corte da pedra madeira. Entretanto, tendo-se em vista os valores de densificação, existe a possibilidade de melhoramento das propriedades dos compactos via manipulação dos parâmetros de sinterização

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Faperj pelo suporte financeiro, ao Sindgnaiesses de Pádua e à Abrasdi.

REFERÊNCIAS

- 1 S.Y. Luo, J. Mater. Process. Technol. 70 (1997) 1.
- 2 D.N. Wright, V.B. Cassapi, Ind. Diamond Rev. 45 (2) (1985) 84.
- 3 J. Konstanty, Ind. Diamond Rev. 51 (1) (1991) 27.
- 4 Luciano Jose´ de Oliveira *, Guerold Sergueevitch Bobrovnitchii, Marcello Filgueira. Processing and characterization of impregnated diamond cutting tools using a ferrous metal matrix. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials 25 (2007) 328–335