

COMPORTAMENTO DO MECANISMO DE ADERÊNCIA E DESGASTE DA MATRIZ FERRÍTICA COM ADIÇÃO DE DIAMANTES.

S. C. Cabral ¹, stenio@uenf.br,
H. C. P. Oliveira ¹, hellen@uenf.br,
R. S. Guimarães¹, renansg@yahoo.com.br,
M. Filgueira¹, marcello@uenf.br,

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF /
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais –
PPGECM / Av. Alberto Lamago 2000, Parque Califórnia, 28015-620, Campos
dos Goytacazes/RJ.

Resumo: Algumas ferramentas diamantadas utilizam o ferro em seu compósito, e sabe-se que o ferro é um forte catalisador da grafitização de diamantes em material cerâmico. Esta grafitização ocorre principalmente durante o processamento de compósitos - sinterização convencional ou prensagem a quente, e durante as operações de corte. Este trabalho estuda a influência do comportamento do mecanismo de desgaste e aderência das amostras de diamantes sem cobertura em confronto com os diamantes revestidos com material cerâmico – TiC, interação metal-diamante e metal-cerâmico. Foi realizada mistura e, posteriormente, prensagem a quente a 35MPa/900°C/3min. Estas são as condições de prensagem a quente utilizadas na indústria de processamento de ferramentas diamantadas. Foi avaliado o mecanismo de desgaste, bem como o comportamento das amostras durante ensaio de compressão diametral. Pode-se dizer que os diamantes com cobertura cerâmica alcançaram os melhores resultados nos ensaios do mecanismo de desgaste, e as análises de compressão diametral, indicaram propriedades superiores para os diamantes com cobertura cerâmica.

Palavras-chave: *Grafitização, Prensagem a quente, Diamantes.*

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas diamantadas empregadas para o corte de rochas ornamentais são compósitos constituídos de partículas de diamante embebidos numa matriz metálica ligante (1).

As ferramentas diamantadas são produzidas por metalurgia do pó (MP), técnica de processamento que oferece facilidade na mistura de diferentes pós e, conseqüentemente, possibilita criar novos materiais compósitos com propriedades físicas e mecânicas especiais. Essa técnica compreende duas rotas: Metalurgia do pó convencional e Prensagem a quente (1-5).

A eficiência de diamantes em ferramentas cortantes depende da capacidade da matriz segurar os mesmos, pois a união entre matriz e diamante determina as características microestruturais e o rendimento da ferramenta de corte (1-4,6).

O ligante mais utilizado para a adesão de diamantes em ferramentas impregnadas é o cobalto (Co). Face às flutuações do preço deste metal no mercado mundial, alto custo, problemas ambientais no beneficiamento, e ao fato de que poucos países são detentores de reservas e produção deste metal, pesquisadores vem desenvolvendo alguns novos ligantes metálicos, com substancial redução do teor de Co, onde tais produtos se baseiam no sistema ferro (Fe) - cobre (Cu), com adição mínima de Co.(2,8)

O grande problema é que o Fe é um forte agente catalítico da transformação reversa do diamante em grafite – grafitização, e durante a sinterização (convencional ou por prensagem a quente) este fenômeno pode ocorrer de forma que a ferramenta sofra redução em desempenho e tempo de vida útil (1, 2, 5).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados pós de Ferro puro, com tamanho médio de partícula 40µm (dados do fabricante Metalpó LTDA), e os diamantes da element six (E6), com tamanho médio de cristal cubo-octaedral 425µm, com revestimento cerâmico de carbetto de titânio – TiC (MBS 960 Si2). Para efeito comparativo foram utilizados diamantes MBS 960 sem revestimento, onde os dois tipos de

diamantes são completamente iguais, o que os diferencia é somente a cobertura.

2.1 SINTERIZAÇÃO (PRENSAGEM A QUENTE).

Estas sinterizações foram realizadas na prensa a quente industrial Pyramid, utilizando a condição: 35MPa/900°C/3 minutos, uma vez que estes são os parâmetros determinados para uso industrial.

2.2 ENSAIOS DE COMPRESSÃO.

Testes de resistência à compressão foram realizados para determinar quais compósitos são mais resistentes por tipo de diamante, onde foram obtidos os dados de tensão de ruptura, limite de escoamento, e módulo elástico. Foram feitos em máquina universal de ensaios INSTRON, a 1mm /min.

2.3 ENSAIOS DE DESGASTE POR ABRASÃO.

As amostras foram conduzidas a este ensaio para determinar qual compósito é mais resistente ao desgaste, de acordo com o tipo de diamante. Foi utilizado um simulador físico interfaceado com computador – tipo Amsler modificado, fabricado pela Contenco. Neste ensaio a amostra é fixada sob carga constante de 2 Kgf sobre um disco de granito cinza de 70 cm de diâmetro, o qual foi girado a 20 RPM, nos tempos de 2, 6, 12 e 20 minutos – considerando o contato entre a amostra e o disco de granito. As amostras foram pesadas antes e após os ensaios para determinação da perda de massa, $\Delta M = [(massa\ inicial - massa\ final) / massa\ inicial]$, e da resistência à abrasão, $RA = (1/\Delta M) \times 100$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIOS DE COMPRESSÃO DIAMETRAL.

A resistência à compressão é muito importante para elementos cortantes uma vez que seu regime de trabalho é majoritariamente compressivo e que a função de suporte é realizado pela matriz de ferro, com alguma participação das partículas de diamante.

Foram ensaiadas as amostras de ferro sinterizado com diamante, dentre eles os cristais sem revestimento e os com revestimento de TiC. Com os resultados dos ensaios, foram extraídas curvas de tensão x deformação, e calculados os módulos de elasticidade.

As figuras 1 e 2 mostram uma deformação plástica inicial relativa a região I nos graficos tensão X deformação. Ocorre gradativamente, a partir da aplicação do carregamento por ser uma área de contato muito pequena, e não é representativa das amostras como um todo. A região II é a região elástica. A região III, a plástica. O ensaio de compressão diametral é conhecido como sendo um ensaio de tração em compressão (6).

Durante a compressão as partículas são comprimidas e ligações são feitas. Quando ocorre fratura as ligações entre as partículas dos pós são quebradas e as partículas são dilaceradas com o crescimento da trinca (6).

De acordo com os ensaios de tração em compressão, foram apresentados nos graficos das figuras 1 e 2, temos os seguintes resultados apresentados na tabela I. Pode se notar que na matriz ferritica com diamantes com cobertura de TiC ocorreu maior tensão de ruptura e tensão de escoamento, referente a maior aderência dos diamantes com cobertura TiC à matriz, devido a morfologia da cobertura TiC ser mais rugosa, os mesmos se aderem melhor à matriz ferritica, assim também diminuindo seu módulo de elasticidade. Diamantes sem cobertura aderem menos a matriz devido a sua superfície lisa, dotando assim de um modulo elástico maior pois não se aderem tão fortemente à matriz.

Tabela I - Tensão de ruptura (σ_r), tensão de escoamento (σ_e) e módulo elástico (E) para os compósitos diamantados sinterizados.

	σ_r (MPa)	σ_e (MPa)	E (GPa)
Diamante sem cobertura	$366,8 \pm 5,1$	$305,3 \pm 6,8$	$15,6 \pm 0,4$
Diamante com cobertura de TiC	$384,6 \pm 8,3$	$314,6 \pm 6,6$	$14 \pm 0,7$

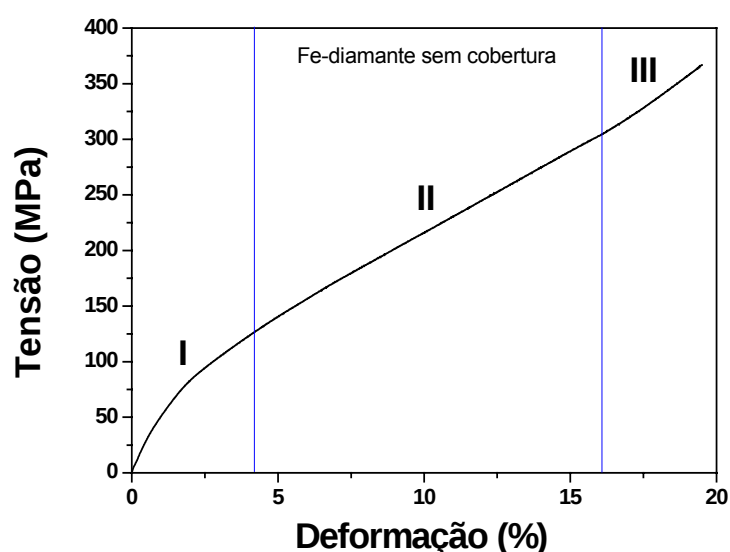


Figura 1 - Curva de tensão x deformação do compósito com diamantes sem revestimento.

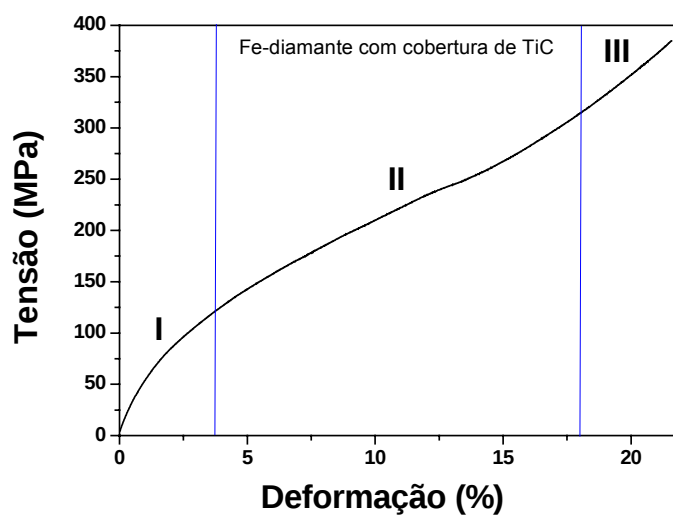


Figura 2 - Curva de tensão x deformação do compósito com diamantes com revestimento de TiC.

3.2 ENSAIOS DE DESGASTE POR ABRASÃO.

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 3).

A figura 3 mostra os resultados de resistência à abrasão em função dos tempos de ensaio de desgaste por abrasão para todas as amostras com seus diferentes tipos de diamante com e sem coberturas como já estudados, obtidos por prensagem a quente a 900°C. Foram utilizados os tempos acumulados de 2, 6, 12 e 20 minutos para obtenção dos resultados.

Analizando o ensaio para o tempo de 2 minutos, observa-se valores mais baixos de resistência a abrasão, o que já era esperado. Para este tempo de ensaio, ocorre basicamente desgaste da matriz ligante para o surgimento dos primeiros diamantes, aos quais correspondem às primeiras faces cortantes para dar início ao processo de corte da pedra. Para 6min. De ensaio, ocorre pouca evolução na resistência à abrasão, face a intensa remoção de Fe, ora citado.

Para o tempo de ensaio 12 min até final 20 min, ocorre o trabalho de corte propriamente dito, ou seja, tem-se uma taxa de corte quase constante, ou seja, todos os diamantes já estão completamente expostos e com uma altura de protusão suficiente e necessária para um bom desempenho e taxa de corte.

Neste intervalo de tempo, a matriz de Fe sofre intenso desgaste erosivo pela abrasão com a pedra, expondo as demais faces dos cristais dos diamantes ainda embebidas, apresentando assim quais amostras tiveram melhor adesão diamante-matriz, o que conseqüentemente leva a perda (pull-out) ou destacamento dos diamantes que tiveram pior aderência na matriz de ferro.

Conforme essas observações, cabe 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, para que não haja protusão dos diamantes antes do término de sua vida útil de corte.

Analisando os resultados em função igual dos diferentes diamantes com e sem cobertura estudados, pode-se notar uma tendência nos valores de resistência a abrasão, das amostras de ferro com diamantes com cobertura TiC e as amostras de ferro com diamantes sem cobertura. Contudo, os melhores valores de resistência a abrasão nos quatro tempos de ensaio para o diamante com revestimento, podendo ser comparado com as referencias (2-4) em análise de pérolas diamantadas com coberturas.

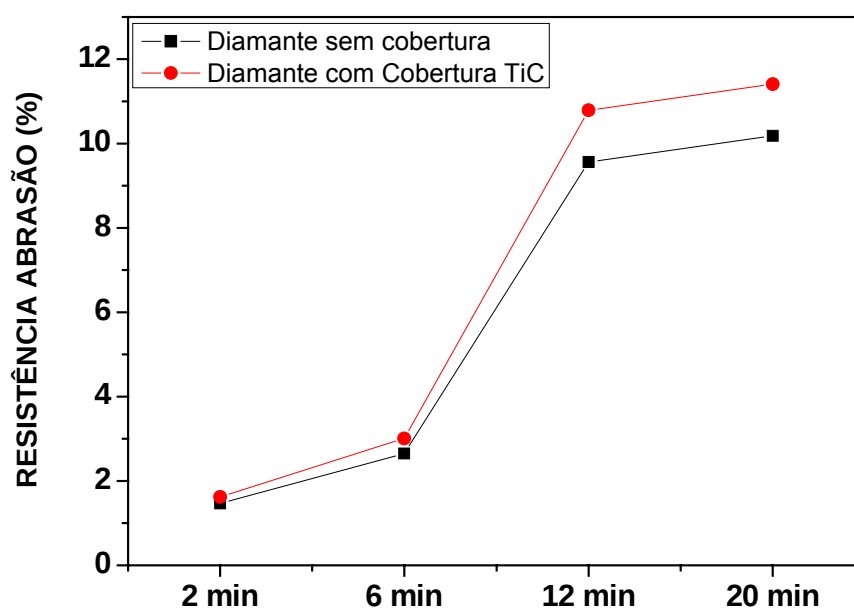


Figura 1 - Comparativo entre resistência à abrasão e tempo de ensaio.

Portanto, o compósito com diamante revestido com TiC teve a melhor performance em todos os tempos de ensaio por resistência a abrasão. De comportamento similar, porém inferior, foi o compósito com diamantes sem cobertura para todos os tempos de ensaio.

4. CONCLUSÕES

As conclusões dos estudos preliminares e da análise dos possíveis processos do mecanismo de aderência e desgaste de compósitos diamantados em matriz ferrítica estão listadas a seguir:

- As condições de adesão entre diamante e matriz são favoráveis à sua aplicação como elemento abrasivo em ferramentas. A utilização de diamantes revestidos com TiC apresenta melhores propriedades que o diamante sem revestimento.

- Nos ensaios de compressão diametral foi possível definir que amostras de ferro com diamantes com cobertura de TiC proporcionam o melhor resultado de resistência a compressão, fato este atribuído à maior aderência metal-diamante, propiciado por esta cobertura;

- Os ensaios de desgaste por abrasão mostram que os melhores resultados foram dos diamantes com cobertura de TiC, apresentando uma melhor interação do TiC com o ferro.

Afirma-se que, para o caso de ligas metálicas onde o ferro é o elemento presente como fase majoritária, é indicado o uso de diamante com cobertura de TiC.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa do CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro concedido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Filgueira, M., Pinatti, D.G. (2002). *Processing of Diamond composites by powder metallurgy and rotaly forging*. Master Science Forum 2003; 416-418:228-34.

(2) Oliveira L.J. et al (2007). *Use of PM Fe-Cu-SiC Composites as Bonding Matrix for Diamond Tools*. Powder Metallurgy, v. 50, p. 148-152.

(3) Oliveira L. J. et al (2007). *Processing and Characterization of Impregnated Diamond Cutting Tools Using a Ferrous Metal Matrix*. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, v. 25, p. 328-335, 2007.

(4) Oliveira L. J. et al (2008) *Pérolas diamantadas obtidas por metalurgia do pó: Nacionalização da tecnologia* Revista Matéria, v. 13, n. 1, pp. 23 – 32, 2008

(5) Barbosa, A.P. (2008) *Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais. 111p

(6) Jonsén P., Haggblad H. A., Sommer K.(2007), *Tensile strength and fracture energy of pressed metal powder by diametral compression test*. Powder technology. 176, 148-155.

(7) Zeren M., Karagöz S. (2006) *Defect characterization in the diamond cutting tools*. Materials Characterization 57 111–114

(8) Weber, G., Weiss, C. (2005). *Diamix – A Family of Bonds Based on Diabase – V21*. Industrial Diamond Review. n.2. p. 28-32.

BEHAVIOR OF THE MECHANISM OF ADHESION AND WEAR OF FERRITIC MATRIX IMPREGNATED DIAMONDS.

S. C. Cabral ¹, stenio@uenf.br,
H. C. P. Oliveira ¹, hellen@uenf.br,
R. S. Guimarães¹, renansg@yahoo.com.br,
M. Filgueira¹, marcello@uenf.br,

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF /
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais –
PPGECM / Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, 28015-620, Campos
dos Goytacazes/RJ.

Abstract: Some diamond tools employ iron in their composite. It is known that iron is a strong catalyst for the graphitization of diamond ceramic material. This graphitization occurs mainly during the processing of composite materials - conventional sintering or hot pressing, and during cutting operations. This work studies the influence of the behavior of the mechanism of wear and adhesion of uncoated diamond – iron composites in comparison with the TiC coated-Fe ones. Mixing, and hot pressing the 35MPa/900°C/3 minutes were performed. These are the hot pressing used in the processing parameters industry of diamond tools. We evaluated the mechanism of wear, and the behavior of the samples during diametral compression test. One could say that coated diamonds revealed best results in tests of the mechanism of wear, and the analysis of diametral compression showed superior properties for the diamond coated ceramic.

Keywords: graphitization, Hot pressing, Diamonds.