

# RECOBRIMENTO DE FIOS DE TUNGSTENIO COM DIAMANTE USANDO GRAFITE COMO FONTE DE CARBONO EM REATOR HFCVD.

L. L. de Melo<sup>1\*</sup>; R. M. Castro<sup>2</sup>; J. R. Moro<sup>3</sup>; E. J. Corat<sup>1</sup>; J. J. Trava-Airoldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

<sup>2</sup> Clorovale Diamantes LTDA

<sup>3</sup> Universidade São Francisco

## 1. Introdução

O diamante é um material de grande interesse por suas propriedades físicas e químicas, como alta dureza, baixo coeficiente de atrito, alta condutividade térmica, inércia química, etc [1], e isto o torna muito atraente para aplicações em diversos setores. Em particular, fios de tungstênio recobertos com diamante possuem grande potencial para aplicações como abrasivo em ferramentas de perfuração de rochas, em compósitos reforçados, ou ainda na forma de tubos ou pinos de diamante [2,3].

Muitos trabalhos publicados descrevem o crescimento de diamante sobre fios metálicos, especialmente molibdênio e tungstênio, usando a técnica de deposição química a vapor ativada por filamento aquecido (HFCVD - Hot Filament Chemical Vapour Deposition). Normalmente, a fonte de carbono é um gás hidrocarbono, especialmente o metano, diluído em gás hidrogênio. Todavia, poucos trabalhos descrevem a produção em larga escala para novas aplicações. Recentemente, alguns estudos têm mostrado o crescimento de diamante por meio da corrosão da grafite pelo hidrogênio atômico [4]. Neste caso, o diamante é formado pela deposição do radical metil, principal produto da erosão da grafite pelo hidrogênio atômico [5,6]. Neste trabalho estamos propondo um método que permite o recobrimento de fios em grandes quantidades, usando grafite como fonte de carbono em um reator HFCVD. Comparamos os resultados com os obtidos com crescimento de filmes usando gás metano. As amostras foram analisadas por espectroscopia Raman e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## 2. Parte Experimental

Fios de tungstênio de 40mm de comprimento e vários diâmetros foram recobertos com diamante em um reator HFCVD. Em cada deposição foram produzidas 20 amostras, que cresceram separados por uma distância de 2mm um do outro. Como filamentos quentes, foram usados seis fios de tungstênio de 85 µm de diâmetro, colocados 1,5 mm acima das amostras. Para verificar as melhores condições de crescimento no reator, variamos a pressão e a concentração dos gases. Estes experimentos foram divididos em duas séries.

Na primeira série, os fios foram recobertos com diamante usando metano diluído em hidrogênio como fonte de carbono, como ilustra a Fig. 1. Fios de tungstênio de 85, 150, 250, 300, 400 e 500 µm de diâmetro foram usados como substrato e cresceram com pressões de 30, 50, 100 e 200 torr. As concentrações de metano em hidrogênio foram fixadas em 1,5%, 2%, 2,5% e 3,0%, sempre com fluxo de gás em 100 sccm. Estes são valores típicos usados em reatores de filamento quente e com eles foi possível analisar a influência de cada um destes parâmetros no crescimento de diamante sobre fios.

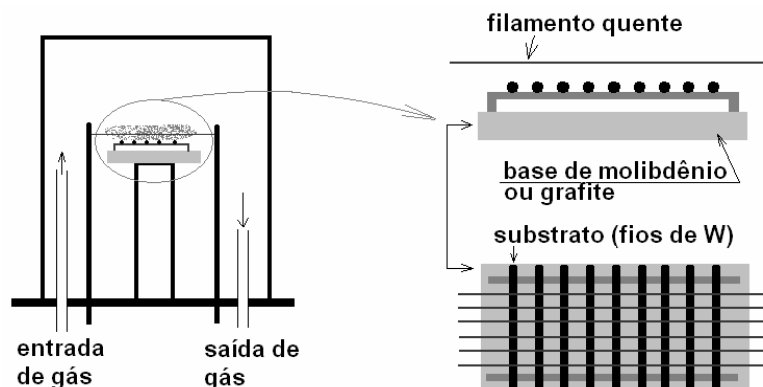


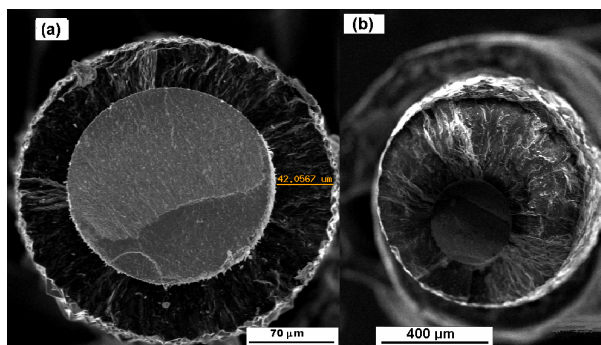
Fig. 1: Diagrama do reator, mostrando a geometria de crescimento.

\* leonidas@las.inpe.br

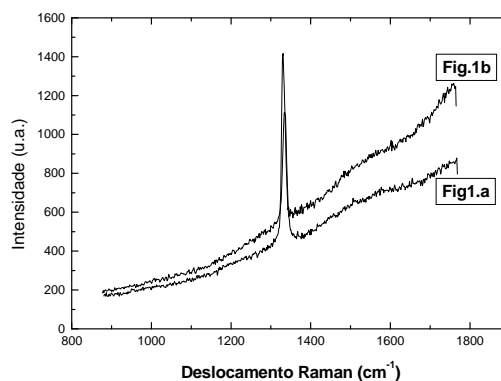
Na segunda série estudamos o crescimento do diamante sobre os fios de tungstênio, usando hidrogênio e a grafite. A placa de grafite foi colocada 2mm abaixo dos fios de tungstênio, como ilustra a Fig. 1. Usamos fios com diâmetros de 28, 50, 85, 150, 300, 400 e 500  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Para verificar a influencia da área de crescimento foram produzidas amostras de com fios de 50 e 85  $\mu\text{m}$  de diâmetro e 120 mm de comprimento, em um reator de grande área com pressão de 20 Torr e fluxo de 100 sccm de  $\text{H}_2$ . A temperatura da grafite foi monitorada por termopar e mantida em torno de 650  $^\circ\text{C}$ .

### 3. Resultados e Discussões

Os resultados mostram que o crescimento sobre os fios é mais uniforme quando usamos a grafite como fonte de carbono, como mostra a Fig. 1. Em (a) vemos a seção transversal de um filme produzido via corrosão da grafite e em (b) um fio produzido usando gás metano. Os espectros Raman indicam o crescimento de filmes de boa qualidade, como mostra a Fig. 2. Todavia, filmes de excelente qualidade, boa uniformidade e com taxas de crescimento razoáveis foram obtidas apenas em condições muito específicas. A uniformidade dos filmes é dependente também do diâmetro, principalmente na deposição com metano como fonte de carbono.



**Fig. 1:** Seção transversal de dois fios revestidos com diamante. Em (a) foi usado grafite como fonte de carbono. Em (b) crescimento usando metano.



**Fig. 2:** Espectros Raman das amostras referentes da Fig.1. (a) Fig. 1(b).

### 4. Referências

- [1] R. F. Davis, Diamonds films and coatings, Noyes Publications (1992).
- [2] V. J. Trava-Airoldi, J. R. Moro E. J. Corat, N. F. Leite, D. Vaniman, 51<sup>st</sup> International Astronautical Congress, Rio de Janeiro, Brasil, 2000. p 2-6.
- [3] . J. Trava-Airoldi, J. R. Moro E. J. Corat, E. C. Goulart, A. P. Silva, N. F. Leite, Surf. Coat. Tech. , **108**(1998) 437-441.
- [4] Seung-Doh Shin, Nong M. Hwang , Doh-Yeon Kim, Diam. Relat. Mater. **11** (2002) 1337–1343.
- [5] S. Shin, N. M. Hwang, D. Kim, Diam Relat. Mater. **11**(2002) 1337-1343.
- [6] E. J. Corat, Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 1991.

### Agradecimentos

Os Autores agradecem a Fapesp e ao CNPq pelo apoio financeiro.