

# DISSIPADORES DE CALOR COM DIAMANTE CVD

## **Teófilo Miguel de Souza**

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos com Diamante CVD e Novos Materiais da UNESP - Campus Guaratinguetá - SP  
E-mail: teofilo@feg.unesp.br

## **Wellington Pascoal de Santana**

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos com Diamante CVD e Novos Materiais da UNESP - Campus Guaratinguetá - SP  
E-mail: wellpas@hotmail.com

**Resumo.** Considerando o alto coeficiente de condutividade térmica do diamante, sua utilização na forma de filmes finos torna-se extremamente viável para aplicação como dissipadores de calor. Neste trabalho foram feitos estudos sobre aplicação de filmes finos de diamante CVD (do inglês "Chemical Vapor Deposition") sobre a liga  $Ti_6Al_2Sn_4Zr_2Mo$  para utilização como dissipadores de calor para placas eletrônicas. Amostras da liga  $Ti_6Al_2Sn_4Zr_2Mo$  com dimensões 20mm x 20mm x 1mm tiveram suas superfícies preparadas com polimento e ácido oxálico para retirada de óxidos e incrustações formados sobre a amostra, através de lixas d'água 400, 600, 1200 para que não houvesse comprometimento na etapa de formação do filme. Foram feitas também limpeza da superfície com ultra-som, pesagem e determinação da morfologia do corpo de prova através de observações em microscópio eletrônico de varredura e óptico. A superfície do substrato preparado teve sua composição analisada através de EDX. O filme de diamante CVD foi depositado, sobre o substrato preparado, utilizando reator de filamento quente e fazendo uso de uma mistura gasosa convencional de hidrogênio e metano com uma pequena porcentagem de oxigênio. A morfologia da superfície do diamante teve aspecto semelhante aos de outras ligas de titânio. Análises preliminares demonstraram que a resistência térmica do diamante CVD é menor que a do cobre e a do alumínio.

**Palavras-chave:** diamante CVD, dissipadores de calor, ligas de titânio, titânio, filme.

## **1. INTRODUÇÃO**

Através do processo de deposição química na fase vapor (Chemical Vapor Deposition—CVD) é possível formar sobre a superfície de um substrato filmes de materiais diversos, entre os quais estão o diamante.

O filme então formado conserva as propriedades do material utilizado como substrato.

O diamante por apresentar características bastante peculiares, tais como sua alta dureza (é o material mais duro que se conhece), alta condutividade térmica, baixo coeficiente de dilatação térmica, excelente acabamento superficial, o que lhe confere um dos mais baixos coeficientes de atrito, apresenta-se, então, como um material com uma gama de aplicações em várias áreas da engenharia (Davis, 1993).

A liga de titânio  $Ti_6Al_2Sn_4Zr_2Mo$  foi empregada como substrato para deposição do filme de diamante CVD para construção de dissipadores de calor para placas eletrônicas. Sabendo-se da

alta condutividade térmica do diamante e do aumento de contato devido ao crescimento do cristal sobre tais dissipadores pode-se obter uma maior dissipação térmica (Kraus, 1999).

Este trabalho de pesquisa visou, portanto, ao estudo da viabilidade da aplicação do filme de diamante CVD sobre a liga  $\text{Ti6Al2Sn4Zr2Mo}$  para utilização como dissipadores térmicos de placas eletrônicas com intuito de otimizar a dissipação de energia térmica nessas placas.

## **2. METODOLOGIA**

As amostras da liga  $\text{Ti6Al2Sn4Zr2Mo}$  foram cortadas, com dimensões 20mmx20mm, e numeradas para preparação superficial. Essas tiveram suas superfícies preparadas com polimento e ácido oxálico para retirada de óxidos e incrustações formados sobre a amostra, através de lixas d'água 350, 580, 1200 para que não houvesse comprometimento na etapa de formação do filme. O filme de diamante CVD foi depositado, sobre o substrato preparado, utilizando reator de filamento quente, fazendo uso de uma mistura gasosa convencional supersaturada de hidrogênio com metano e uma pequena porcentagem de oxigênio.

O objetivo da utilização do oxigênio foi obter um diamante mais puro. Finalmente foram feitas análises nas amostras através de EDX onde foram verificados aspectos da deposição e pureza do diamante depositado sobre a liga.

### **2.1. Procedimentos Experimentais**

Os filmes de diamante CVD foram depositados em um reator de filamento quente com as seguintes condições:

- . Pressão - 50 Torr (50mmHg = 66,5 mbar)
- . Fluxo de gases-120sccm (1,5% em volume de  $\text{CH}_4$ , 0,2% em volume de  $\text{O}_2$  e o restante de  $\text{H}_2$ )
- . Quantidade de filamentos - 2
- . Diâmetro do filamento - 0,2mm
- . Tensão Elétrica - 17,0 V
- . Corrente Elétrica - 13,3 A
- . Potência no reator - 226,1W
- . Densidade de corrente - 211,68 A/mm<sup>2</sup>
- . Fluxo de Água - 54 litros/h
- . Temperatura - 600 °C
- . Tempo de deposição do diamante - 4:00 h

## **3. RESULTADOS OBTIDOS**

A análise por EDX realizada com uma amostra pura (sem diamante) e com uma amostra submetida à deposição, evidencia a presença do diamante sobre o substrato, como mostram as Figs. (1) e (2). Observa-se a presença do pico do carbono com grande intensidade após a deposição do filme do diamante CVD. De acordo com a Fig. (3), a morfologia da superfície do diamante sobre a liga empregada para a deposição do filme teve aspecto semelhante a de outras ligas de titânio, ou seja, com os grãos dos cristais mais uniformes com tamanhos próximo dos 2 $\mu\text{m}$ .

Foram feitas também análises preliminares da dissipação térmica do diamante utilizando um circuito elétrico através de termopar, e para efeito de comparação foram analisadas as temperaturas em outros materiais como o cobre, o alumínio e o latão, além da próprio liga sem o diamante, como mostra a Tab. (1) (Lee, 1997 and Ho, 2000).

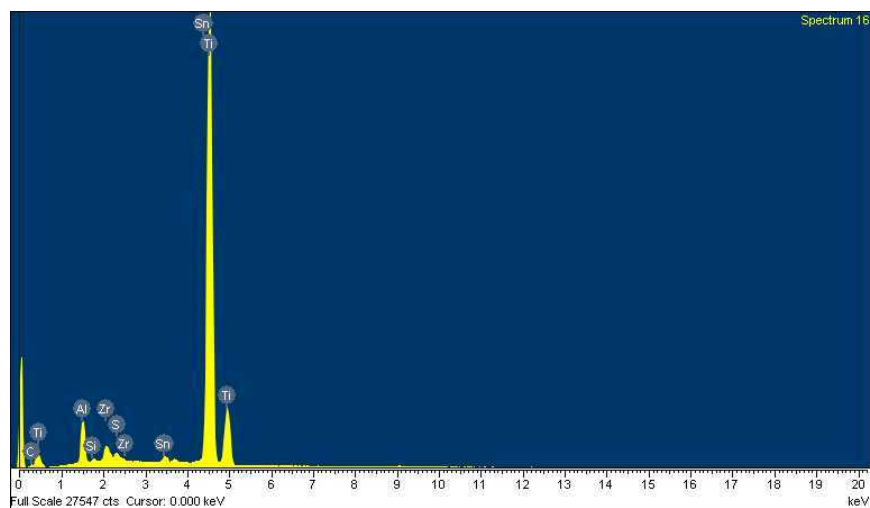


Figura 1. Análise EDX de amostra antes da deposição do filme de diamante CVD.

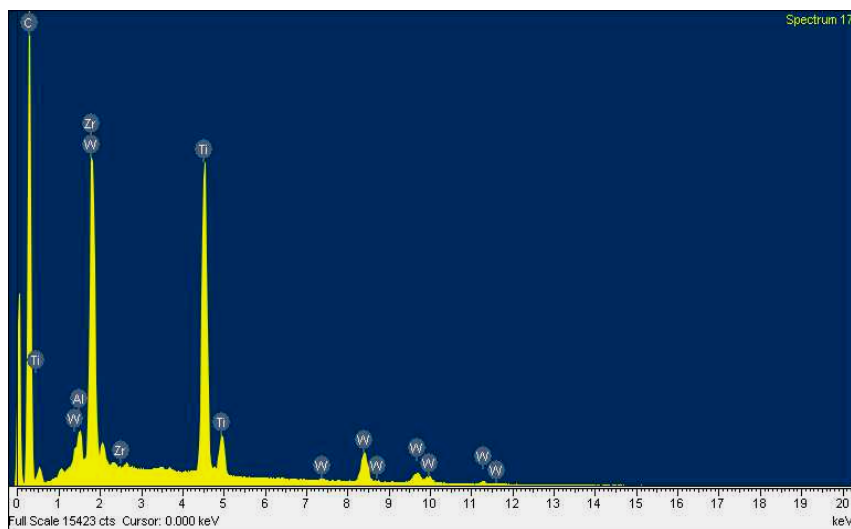


Figura 2 . Análise EDX com amostra submetida à deposição do filme de diamante CVD.

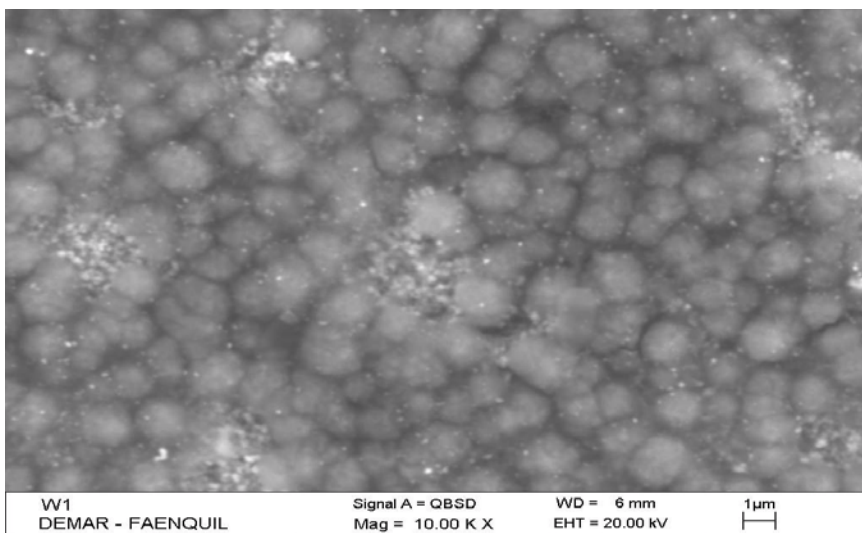


Figura 3. Morfologia do filme através de Microscopia Eletrônica de Varredura

Tabela 1. Valores de Temperatura para Cobre, Latão, Alumínio, Ti6Al2Sn4Zr2Mo e Diamante CVD, para tensões elétricas de 6 e 12V DC.

	Cobre (°C)	Alumínio (°C)	Latão (°C)	Ti6Al2Sn4Zr2Mo(°C)	Diamante CVD (°C)
<b>6,0 (v)</b>	35,4	36,3	38,9	32,8	32,3
<b>12,0 (v)</b>	62,9	63,4	64,9	49,9	49,5

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se observar pela análise dos resultados a eficiência do dissipador de calor com filme de diamante CVD. A liga Ti6Al2Sn4Zr2Mo no seu estado “puro” se mostra como um material com menor resistência térmica que o cobre, alumínio e o latão, e tem sua dissipação aumentada com o filme de diamante CVD. A proximidade na dissipação térmica, vista através da Tab. (1), pode ser entendida pelo fato do diamante estar depositado somente em um dos lados da superfície. Espera-se obter um ganho maior com um recobrimento total da liga.

Entre os materiais tradicionais utilizados em dissipadores de calor, o cobre é o que tem melhor dissipação térmica, seguido do alumínio e latão. O alumínio é o mais empregado devido principalmente ao seu baixo custo.

Devido a melhora de dissipação térmica visto neste trabalho conclui-se que o material obtido da deposição, ou seja o diamante CVD sobre a liga Ti6Al2Sn4Zr2Mo, pode ser aplicado como dissipador de calor para placas eletrônicas ou circuitos semicondutores, com um melhor taxa de dissipação térmica.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio das seguintes entidades: FUNDUNESP, PROPP, FAPESP, CNPq, DEMAR-FAENQUIL.

#### 6. REFERÊNCIAS

- DAVIS, Robert F. 1993. “Diamond Films and Coatings – Development, Properties and Applications” – Noyes Publications – Edited North Carolina State University Department of Materials Science and Engineering Raleigh, North Carolina .
- Ho, H.P.; Lo, K.C.; Tjong, S.C.; Lee, S.T., 2000. “Measurement of thermal conductivity in diamond films using a simple scanning thermocouple technique” (Diamond and Related Materials, Volume: 9, Issue: 7, July 3, pp. 1312-1319 )
- Kraus, A. D., Bar-Cohen, A.1999. “Design and Analysis of Heat Sinks”, John Wiley & Sons.
- Lee, Seri, 1997, “Optimum design and selection of heat sinks”. (Microelectronics and Reliability, Volume: 37, Issue 4, April, p. 699 )

### CVD DIAMOND HEAT SINKS

#### Teófilo Miguel de Souza

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos com Diamante CVD e Novos Materiais da UNESP - Campus Guaratinguetá - SP

E-mail: teofilo@feg.unesp.br

#### Wellington Pascoal de Santana

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos com Diamante CVD e Novos Materiais da UNESP - Campus Guaratinguetá - SP

E-mail: wellpas@hotmail.com

**Abstract.** Due the high coefficient of thermal conductivity of the diamond, its utilization in the thin film form becomes-itself extremely viable for application as heat sinks. In this work they went deeds studies about thin application of film of CVD(Chemical Vapor Deposition) diamond on Ti6Al2Sn4Zr2Mo alloy for utilization as heat sinks for electronic plates. Samples from the Ti6Al2Sn4Zr2Mo alloy with dimensions 20mm x 20mm x 1mm had its surfaces prepared with scouring and oxalic acid for retreat of oxides and incrustations formed on the sample, with sandpapers numbers 400, 600, 1200 for no trouble in the film deposition. A cleanliness on surface with ultra-sound, weighing and determination from the morphology of the bulk tes with observations by scanning electronic microcospe and optic. Bulk surface prepared had sweats composition analyzed by EDX. CVD diamond film was deposited, on substrate prepared, utilizing hot filament reactor doing use of a gaseous mixture of hydrogen and methane with a small percentage of oxygen. Surface morphology diamond film had aspect to the of other titanium alloys. Preliminary analyses showed that the CVD diamond film thermal resistance is more less than to of copper and of the aluminum.

**Keywords:** CVD diamond,heat sinks, titanium alloys, Ti, film