

Brocas anelares de diamante CVD – aplicação para perfuração de vidro borossilicato

*Marcelo Gozeloto
Vladimir J. Trava-Airoldi
Evaldo J. Corat
João Roberto Moro*

Resumo

A tecnologia de crescimento de filmes de diamante CVD tem sido usada para a fabricação de ferramentas de corte especiais, aplicadas para usinagem de materiais difíceis, como o vidro borossilicato. A broca anelar de diamante CVD é um exemplo desse tipo de ferramenta. Essa ferramenta é composta por um anel de molibdênio recoberto com diamante CVD, crescido através da técnica, assistido por filamento quente. Experimentos mostraram que as brocas anelares de diamante CVD possuem melhores resultados técnicos de operação, quando comparadas com as brocas anelares comerciais, fabricadas com o diamante HPHT, como menor ruído operacional e furos obtidos sem defeitos em suas bordas.

Palavras-Chave: Diamante CVD; Ferramentas de corte; Usinagem de vidro; Brocas anelares.

CVD-diamond ring core bit – Application for holing boron-silicate glass

Abstract

The technology for growing CVD-diamond layers has been used for fabrication of special cutting tools, applied for machining difficult materials, as boron-silicate-glass. The CVD-diamond ring core bit is an example. This tool is composed for a molybdenum ring, covered with CVD-diamond, growth through hot filament assistance technique. Experiments show that the CVD ring core bit possess better technique results, when compared with the commercial HPHT diamond ring core bit, as a minor operational noise and holes machined without defects around its edges.

Keywords: CVD-diamond; Cutting tools; Glass machining; Ring core bit.

Introdução

A tecnologia de crescimento de diamante CVD, como uma tecnologia emergente, possui um rol de propriedades superiores, o que possibilita um amplo campo de aplicações, tais como a preparação de superfícies resistentes à abrasão, dispositivos térmicos e ópticos e ainda a aplicação para a fabricação de ferramentas de corte (Trava-Airoldi et al., 2000).

Pelo fato de o diamante CVD possuir a propriedade de ser crescido como um filme sobre superfícies de diferentes materiais, com formas geométricas diversas, torna-se possível a fabricação de ferramentas de cortes especiais, como as brocas anelares de diamante CVD, utilizadas para a usinagem de vidro borossilicato.

As brocas anelares de diamante CVD demonstraram, durante a realização de experimentos, bons resultados operacionais, como um tempo menor para a realização da operação de usinagem (perfuração) de placas de vidro borossilicato, menor ruído operacional, e a obtenção de furos sem defeitos de

usinagem, tais como trincas e fragmentação da borda, conhecido como “efeito borboleta”. Os resultados obtidos para as brocas anelares de diamante CVD, utilizadas para fazer furos sobre a superfície de placas de vidro borossilicato com espessura de 10 mm, foram comparados, qualitativa e quantitativamente, com os resultados conhecidos de aplicações de brocas anelares comerciais, fabricadas com o diamante HPHT, (high pressure, high temperature) (Gozeloto et al., 2001).

A Broca Anelar de Diamante CVD

Os primeiros estudos no Brasil para a construção de brocas anelares de diamante CVD ocorreram nos anos 90, e foram orientados para a fabricação de ferramentas aplicadas para a odontologia (Trava-Airoldi et al., 1995, 1996a, 1998). Depois, alguns estudos foram realizados para se fabricar uma ferramenta capaz de usinar (perfurar) placas de vidro borossilicato com resultados técnicos satisfatórios (Gozeloto, 2001).

A típica broca anelar de diamante CVD é o

resultado da junção de duas partes: A) a primeira e mais importante, que é o anel fabricado em molibdênio, recoberto com diamante CVD em torno de sua periferia e topo e B) o corpo ou suporte metálico, sobre o qual é fixado o anel de molibdênio. A junção das duas partes é feita pela aplicação de adesivo, resistente a esforços mecânicos e agentes químicos.

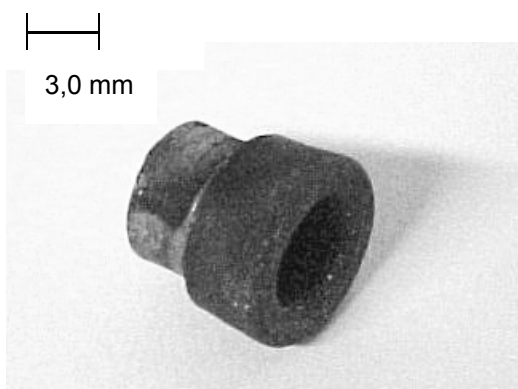


Figura 1 – O anel de molibdênio

A fotografia da Figura 1 mostra o anel de molibdênio recoberto com diamante CVD.

O suporte metálico, usado para a fixação do anel de molibdênio, é fabricado com aço ABNT 1020. A fotografia da Figura 2 mostra o suporte metálico já usinado e pronto para utilização.



Figura 2 – Suporte metálico

A fotografia da Figura 3 mostra uma típica broca anelar de diamante CVD, acabada e pronta para

realizar a operação de perfuração de placas de vidro borossilicato.

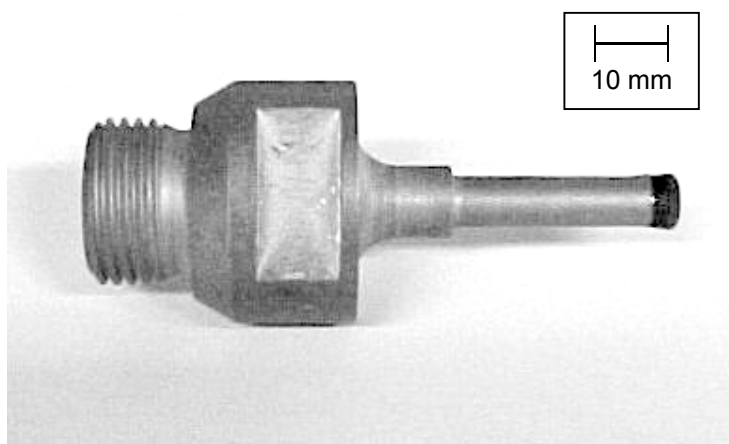


Figura 3 – Típica broca anelar de diamante CVD pronta para uso

As características dimensionais das brocas anelares de diamante CVD apresentadas neste artigo são como segue:

- | | |
|------------------------------|---------|
| a) Diâmetro externo do anel: | 7,0 mm |
| b) Diâmetro interno do anel: | 4,0 mm |
| c) Altura do anel: | 5,0 mm |
| d) Comprimento total: | 50,0 mm |

Os filmes de diamante crescidos sobre as superfícies dos anéis de molibdênio têm espessuras entre 75 μm a 45 μm . A maior concentração ocorreu sobre o topo do anel e imediatamente após essa região, até aproximadamente 2,0 mm de distância do topo, ao redor dos diâmetros externos desses anéis. Os filmes de diamante foram obtidos pelo emprego da técnica de crescimento HFCVD – “hot filament chemical vapor

deposition”. Os parâmetros utilizados para a realização dos crescimentos dos filmes de diamante basearam-se em experiências anteriores, realizadas pelos pesquisadores do laboratório de diamante e materiais relacionados do campus de Itatiba da Universidade São Francisco, e Laboratório Associado de Sensores e Materiais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos (Fuji, 2001, Gozeloto, 2001; Trava-Airoldi et al., 1996b).

Experimental

Realizamos uma simulação industrial, onde as

brocas anelares de diamante CVD foram aplicadas segundo condições reais a que são submetidas as brocas anelares comerciais, modelo TY-Expert®, fabricadas com o diamante HPHT. Utilizamos o equipamento modelo DADO® 1078, fabricado pela empresa italiana FORVET®, que já é empregado para a realização de operações de perfurações em placas e objetos de vidro com brocas anelares de diamante HPHT.

A Tabela 1 mostra os valores empregados para a realização dos ensaios com as brocas anelares comerciais e as brocas anelares de diamante CVD.

Tabela 1 – Definição de parâmetros de corte

Parâmetro	Valor
1. Pressão de corte	15,5 kgf/cm ²
2. Rotação da ferramenta	200 revoluções/minuto
3. Vazão de refrigerante	1 litro/min

A fotografia da Figura 4 mostra a perfuração de uma placa de vidro com uma broca anelar de diamante

CVD onde não se observa a formação do “efeito borboleta”.

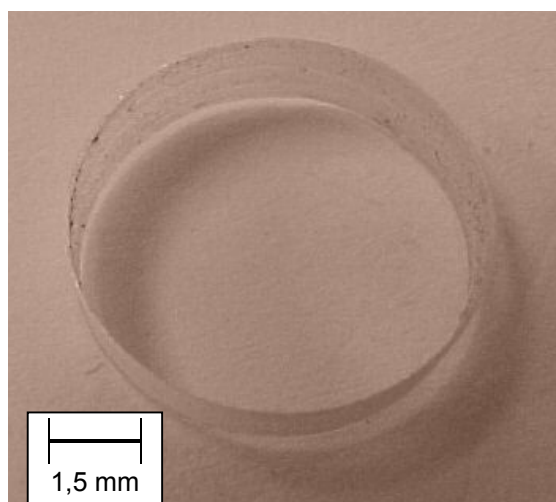


Figura 4 – Fotografia de um furo em vidro borossilicato com broca anelar de diamante CVD. Notamos claramente que não houve o “efeito borboleta”

A fotografia da Figura 5 mostra a perfuração de uma placa de vidro borossilicato onde ocorreu o “efeito borboleta”. Esta perfuração foi realizada utilizando-se

uma broca anelar de diamante HPHT, modelo TY-Expert®.

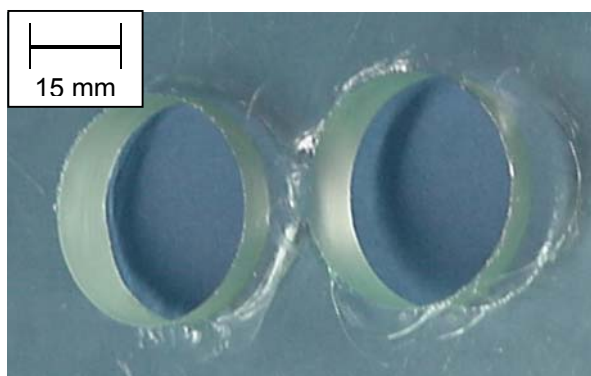


Figura 5 – Fotografia de dois furos realizados com broca anelar de diamante HPHT. Observamos nitidamente o “efeito borboleta”.

As brocas anelares de diamante CVD apresentaram dimensionais, resultantes da operação de perfuração, coerentes com a aplicação desse tipo de ferramenta. Esses dimensionais foram comparados com os dimensionais obtidos quando são utilizadas brocas anelares de diamante HPHT. Aqui classificamos essas brocas por

letras que indicam a composição química da liga metálica que compõe, juntamente com o diamante HPHT, o elemento de abrasão desses modelos de brocas anelares.

O gráfico da Figura 6 compara os resultados dimensionais conhecidos, obtidos pelo emprego das brocas anelares de diamante HPHT.

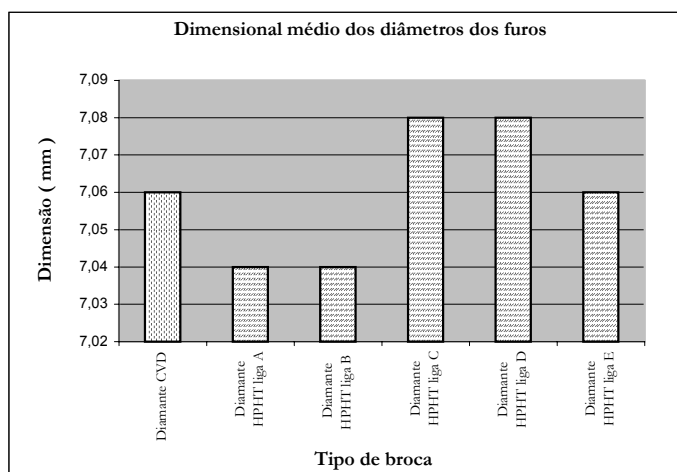


Figura 6 – Gráfico de comparação do dimensional do furo

Os níveis de ruído que uma ferramenta de corte produz quando em operação são significativos e são considerados na escolha de uma ferramenta de corte.

Atualmente a legislação trabalhista mundial toma em consideração aspectos que envolvam a saúde e segurança humana, o que, portanto, influencia a escolha de

uma ferramenta a ser utilizada em processos industriais.

A Tabela 2 compara os valores obtidos em decibéis com o emprego da broca anelar de diamante CVD e de diversas brocas anelares de diamante HPHT, obtidos durante a realização da operação de perfuração da placa de vidro borossilicato.

Tabela 2 – Níveis de ruído

Broca anelar	Menor valor	Valor médio	Maior valor
CVD	74	75	77
HPHT liga A	80	82	83
HPHT liga B	80	81	82
HPHT liga C	82	83	85
HPHT liga D	82	82	84
HPHT liga E	80	83	84

As brocas anelares de diamante CVD que foram usadas neste trabalho apresentaram a quantidade média de 40 furos realizados, o que significa em torno de dez por cento dos furos que uma broca similar, fabricada com o diamante HPHT, disponível no mercado, pode realizar.

O desempenho das brocas anelares de diamante CVD pode aumentar drasticamente em função da melhoria da aderência do filme de diamante CVD sobre

a superfície do anel de molibdênio.

O tempo necessário para que as brocas anelares de diamante CVD perfurem uma placa de vidro borossilicato de espessura de 10 mm com diâmetro de 7,0 mm está em concordância com os tempos que são obtidos quando são empregadas brocas anelares de diamante HPHT.

A Tabela 3 quantifica e compara esses tempos de processo.

Tabela 3 – Tempo para perfuração da placa de vidro de 10 mm de espessura

Tipo de broca anelar	Quantidade de furos
CVD	1min05s
HPHT liga A	1min00s
HPHT liga B	2min10s
HPHT liga C	1min50s
HPHT liga D	1min30s
HPHT liga E	1min50s

Observamos que, com a utilização das brocas anelares de diamante CVD, o tempo para a perfuração da placa de vidro borossilicato foi um dos menores, ressaltando que para todas as brocas avaliadas e contidas na Tabela 3 foram utilizadas as mesmas condições de processo, conforme Tabela 1.

Conclusão

Os experimentos realizados que envolveram brocas anelares de diamante CVD nos mostraram que, com esse tipo de ferramenta, é possível obterem-se furos realizados em superfícies de placas de vidro borossilicato, com qualidade superior aos furos obtidos pelo emprego de brocas anelares de diamante HPHT. A ausência do “efeito borboleta” sobre as bordas dos furos executados é muito interessante sob o ponto de vista técnico e inclusive econômico, pois o dano causado na borda do furo, quando não inviabiliza a utilização do artefato de vidro perfurado, faz com que seja necessária a aplicação de outras operações, aumentando os custos de fabricação, a fim de minimizar esse indesejável efeito, sobre as bordas dos furos realizados.

A exatidão dimensional e tempo para a realização da operação de perfuração mostraram-se satisfatórios.

O nível de ruído, durante a realização da operação de perfuração, mostrou-se muito favorável ao emprego das brocas anelares de diamante CVD, onde a cada dia são tomadas maiores considerações sobre o ambiente de trabalho e segurança operacional.

Entretanto, apesar de os resultados técnicos serem satisfatórios, a grande desvantagem das brocas anelares de diamante CVD é a sua vida útil.

Estudos referentes aos mecanismos de cresci-

mento e aderência do filme de diamante CVD sobre a superfície de materiais, tais como o molibdênio, continuam a ser realizados, e destes são esperados resultados favoráveis que convirjam para o desenvolvimento e aprimoramento das brocas anelares de diamante CVD.

Referências

- FUJI, O. K. *Crescimento de diamante CVD em substrato de molibdênio*. Itatiba-SP: Universidade São Francisco, 2001.
- GOZELOTO, M. *Brocas anelares de diamante CVD*. Dissertação (Mestrado) – Itatiba(SP), Universidade São Francisco, 2001.
- GOZELOTO, M.; TRAVA-AIROLDI, V. J.; CORAT, E. J.; MORO, J. R. “CVD-Diamond drill for machining glass with fabrication process of low environmental impact”. *CEBRAVIC*, 22., Guaratinguetá-SP Brasil. *Livro de resumos...* Guaratinguetá, 2001. p. 73.
- MORO, J. R.; CORAT, E. J.; TRAVA-AIROLDI, V. J. “Estudos de crescimento de filmes finos e auto sustentados de diamante CVD em reator de grande porte”. *Projeções*, v. 17 p. 117-120, 1999.
- TRAVA-AIROLDI, V. J.; CORAT, E. J.; BOSCO, E.; Leite, N. F. Hot filament scaling-up for CVD diamond burr manufacturing. *Surface & coating technology*, p. 76-77. 1995.
- TRAVA-AIROLDI, V. J.; CORAT, E. J.; LEITE, N. F.; NONO, M. C.; FERREIRA, N. G.; BARANAUSKAS, V. CVD-diamond burrs – development and application. *Diamond and related materials*, p. 857-860, 1996a.
- TRAVA-AIROLDI, V. J.; DA SILVA, A P.; MORO, J.

R.; CORAT, E. J. “Filmes finos de diamante CVD crescidos por deposição química da fase vapor” In: ENCONTRO DE PESQUISADORES DA UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO-USF, 4., 1996, Bragança Paulista. *Livro de resumos...* Bragança Paulista: Editora Universitária São Francisco, 1996b. v. 1.

TRAVA-AIROLDI, V. J.; MORO, J. R.; CORAT, E. J.; GOULART, E. C.; SILVA, A. P.; LEITE, N. F. Cylindrical CVD diamond as a high-performance small abrading device. *Surface & coatings technology*, p. 108-109, 1998.

TRAVA-AIROLDI, V. J.; CORAT, E. V.; MORO, J. R.; LEITE, N. F.; VANIMAN, D. CVD Diamond as a new material and its space application. *International astronomical federation*, p. 1-9, 2000.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, à Tyrolit do Brasil e ao técnico José Antônio Baptista Formenti.

Sobre os autores:

Marcelo Gozeloto é engenheiro industrial mecânico, mestrando em Engenharia e Ciência dos Materiais – USF / Itatiba-SP.

Vladimir J. Trava-Airoldi é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – São José dos Campos-SP.

Evaldo J. Corat é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – São José dos Campos-SP.

João Roberto Moro é professor doutor do Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais – USF / Itatiba-SP.