

NOVOS MATERIAIS

Diamante eclético

Produto sintético é usado em brocas para perfurar o fundo do mar e na proteção de peças de aço

MARCOS DE OLIVEIRA

Ainda sem a transparência dos naturais, os diamantes sintéticos, de cor escura e sem brilho, não são obviamente produzidos para compor joias, mas para trazer benefícios a vários setores industriais.

Mesmo sem a beleza dos originais, os sintéticos têm propriedades físicas e químicas equivalentes, como resistência à corrosão, dureza e condutividade térmica. Essas qualidades ajustadas ao desenvolvimento tecnológico de produção levaram a empresa Clorovale Diamantes, de São José dos Campos, no interior paulista, a conceber dois novos projetos com esse material: uma broca para prospecção em poços de petróleo e coberturas protetoras de superfícies de aço de produtos ou peças que sofrem corrosão química e desgaste por atrito.

“Duas brocas nós vamos entregar para a Petrobras ainda neste ano. A empresa deverá testar as peças no fundo do mar, mas não ainda no pré-sal, embora elas possam ser candidatas a essa função”, diz Vladimir Jesus Trava Airoidi, um dos sócios da empresa e pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), onde os estudos iniciais foram desenvolvidos em um Projeto Temático financiado pela FAPESP, entre 2002 e 2007. Na área espacial a importância dos diamantes sintéticos está principalmente na forma de filmes finos para uso na superfície de peças de satélites, inclusive em painéis solares, para dissipar o calor dos raios do Sol e proteger o

equipamento do bombardeio de partículas cósmicas e ainda funcionar como um lubrificante sólido.

A tecnologia transferida e posteriormente desenvolvida pela empresa recebe financiamento do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP. “Esses dois projetos foram gerados no Projeto Temático e se transformaram em dois projetos do Pipe depois de realizarmos estudos de mercado para os dois produtos”, diz Airoidi. Os coordenadores de cada projeto Pipe, que tiveram início em 2007, são Alessandra Venâncio Diniz e Leônidas Lopes de Melo, pós-doutorandos no Projeto Temático coordenado por Airoidi no Inpe. A empresa também recebeu financiamento, em 2006, por meio de um projeto de Subvenção Econômica à Inovação aprovado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

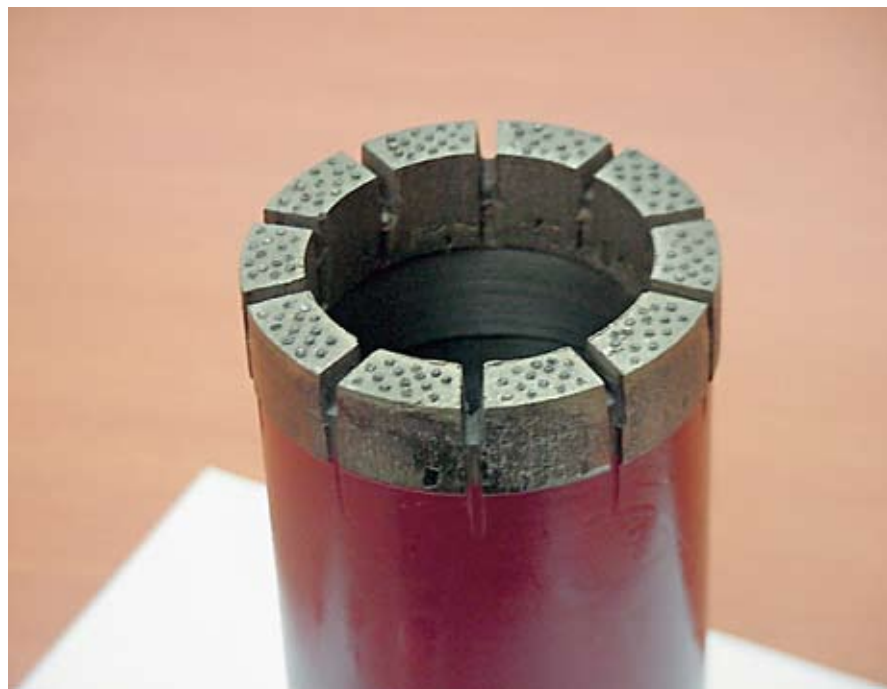
A empresa foi criada em 1998 como forma de absorver a tecnologia de diamante sintético desenvolvida no Inpe que não encontrava interessados no mercado. A Clorovale Diamantes nasceu com financiamento de outro projeto Pipe e lançou, em 2003, o primeiro produto, um conjunto de pontas de diamante sintético para brocas odontológicas (ver Pesquisa FAPESP nº 78) que recebeu a marca de CVDentus. Elas funcionam acopladas a um aparelho de ultrassom e vibram em vez de trabalharem por meio de rotação, o que resulta em um tratamento menos agressivo e bem menos baru-

lhento. Outras vantagens são a melhor precisão e maior durabilidade. “Cerca de 4 mil dentistas no Brasil já possuem essas brocas. Exportamos para países da América Latina, como México e Costa Rica, além de Israel. Estamos agora começando a negociar com a Europa. Duas empresas se mostraram interessadas em revender o material para mais 49 países”, conta Airoidi. Mas a empresa aposta ainda no mercado nacional composto por 140 mil dentistas na ativa, portanto um mercado ainda a ser conquistado. O mercado externo de pontas de alta rotação odontológica é calculado em US\$ 500 milhões por ano e o mercado brasileiro em US\$ 12 milhões por ano.

Sócio e contatos - A empresa se prepara para receber até o final do ano um aporte financeiro do Fundo de Capital Semente (Criatec), via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e

Social (BNDES) e Banco do Nordeste do Brasil (BNB), numa operação de *venture capital*, ou capital de risco em que a instituição entra como sócio na empresa. No caso, o nono sócio que irá compor com os outros oito, constituídos principalmente por pesquisadores do Inpe. Apenas dois sócios trabalham diretamente com pesquisa e desenvolvimento na empresa, e não no instituto, e um na administração. “O Criatec vai nos ajudar a identificar e explorar mais o processo de *marketing* e vendas no sentido de acelerar a produção e desenvolver o mercado, inclusive no exterior. Eles vão trazer novos contatos para demonstrarmos a nossa tecnologia”, explica Airoidi. “Não basta ter um produto excelente, é preciso saber informar a novidade aos clientes.” A empresa já havia profissionalizado as áreas de venda e parte da área administrativa e financeira e conta atualmente com 17 funcionários.

Coroa com
pinos de diamante
CVD instalada na
ponta da broca
para perfuração
de solo e
sondagem mineral



FOTOS CLOROVALE



Dentro do reator, faca passa por processo a plasma de deposição de filme de diamante

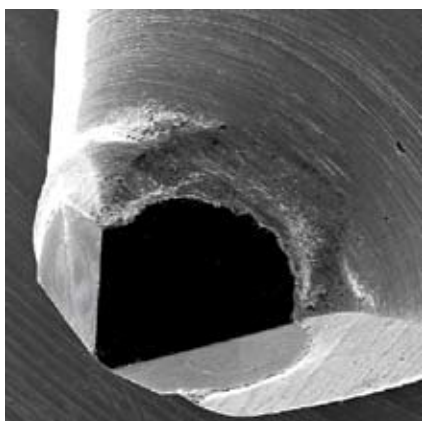
A Clorovale Diamantes se utiliza de um processo químico para produzir os diamantes sintéticos já utilizados em alguns setores industriais e as coberturas protetoras de DLC, ou Diamond-Like Carbon, que é o Chemical Vapor Deposition (CVD), ou deposição química na fase vapor. É uma tecnologia conhecida em vários países, principalmente para novos usos e conceitos, como é o caso da broca odontológica no Brasil. A base de produção desses dois tipos de diamante está em gases como hidrogênio, metano e nos halogênios, como o tetrafluoreto de carbono. A produção

dos diamantes acontece em reatores que funcionam a altas temperaturas, mais de 2.300°C, e na presença de plasma, um gás com perda de elétrons e modificações moleculares. O plasma é a fonte de energia necessária para causar a nucleação e o crescimento da cobertura de diamante. Uma série de outros materiais, como silício, quartzo e metais como molibdênio e nióbio também fazem parte dos ingredientes na produção dos diamantes.

A tecnologia CVD tanto está na ponta das brocas odontológicas como nas brocas para perfuração do fundo

do mar na busca por petróleo. “Nos protótipos das brocas que serão entregues à Petrobras, apenas as partes que servirão para desgastar a rocha é que levam tarugos de diamantes CVD, por meio de soldas especiais, na haste de metal”, diz Airoidi. A broca tem cerca de 50 centímetros (cm) de altura e a parte diamantada possui quase 20 cm. O diâmetro varia de 10 cm a 40 cm. A peça completa está sendo montada por uma empresa que já presta serviços nessa área para a Petrobras. Uma versão menor foi desenvolvida pela Clorovale e está em testes também para servir a áreas ligadas à geologia. “Ela é dotada de uma coroa anelar que perfura solos e rochas e colhe amostras para análise posterior.” O mesmo diamante CVD também está indicado para compor cortadores de granitos e cerâmicas, substituindo o diamante natural, além de afiadores de instrumentos industriais.

O campo das aplicações do DLC é amplo, com possibilidades de uso nas indústrias automobilística, têxtil, espacial, de válvulas e tubulações e na medicina. “O DLC é considerado um diamante pobre porque não é tão duro quanto o natural, mas as suas características permitem o uso em revestimentos que aderem em superfícies de aço”, diz Airoidi. Essa capacidade presente nos filmes feitos com esse material abre caminho para a proteção do aço em situações de corrosão química e desgaste de material, em peças que trabalham em contato constante com outras superfícies. Vários tipos de engrenagens e discos industriais, além de implantes dentários e facas, podem receber o revestimento de filmes DLC para se manterem eficientes, com menor desgaste, ao longo do tempo. O material funciona também como um lubrificante sólido. Estudos em muitos países apontam o uso de filmes DLC em peças de motores automotivos. Dois



componentes que sofrem muito desgaste são o pino de pistão e o êmbolo da válvula de escape que fazem parte do motor. “É possível, nos reatores que possuímos na empresa, depositar de dois a cinco micrômetros de espessura de DLC nessas peças”, diz Airoidi. No Japão, anualmente mais de 2 milhões de peças automotivas de apenas uma das indústrias de automóveis já recebem essa proteção. “Aqui nós já temos um projeto em andamento com uma empresa de autopeças”, diz o pesquisador sem revelar o nome da indústria.

Aço bactericida - Outras possibilidades do uso do DLC estão na deposição desse material no interior de tubulações para transporte de petróleo, gases, celulose, minério, álcool ou outra substância agressiva ao aço. “É possível fazer uma cobertura interna uniforme com DLC, permitindo uma sobrevivência elevada dessas tubulações”, diz Airoidi. Uma inovação nesse sentido, na qual a empresa aposta, é um filme DLC bactericida, capaz de tornar a superfície de aço mais rica, sendo útil para a fabricação de instrumentos cirúrgicos na medicina e na odontologia e no revestimento de peças ortopédicas. “Isso é possível ao agregar nanopartículas cerâmicas ou de prata e elevar o nível bactericida do DLC que já é de 30% para cerca de 70%.” A empresa já requereu uma patente sobre esse processo, tem produtos em fase de protótipo e procura outras empresas para formar parcerias que possam colocar a inovação no mercado.

Mesmo com muitas áreas de atuação e outras a prospectar, a Clorovale Diamantes não se afasta do produto

mais relacionado aos diamantes, que são as joias. O diamante CVD é policristalino, composto com mais de um tipo de cristal, que o torna um diamante negro, de difícil e caro processo para torná-lo monocristalino e transparente. “Estamos estudando essa possibilidade para o futuro”, diz Airoidi. Todas essas soluções em diamante sintético ganharam de alguma forma contribuições do Projeto Temático finalizado por Airoidi no Inpe. No total esse projeto resultou em 13 doutores, 7 mestres e 11 projetos de iniciação científica. Participaram alunos da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade do Vale do Paraíba (Univap) e das universidades federais da Amazônia, Pará, Rio de Janeiro e São Carlos, em São Paulo. O projeto contou também com pesquisadores da Universidade São Francisco (USF), de Bragança Paulista, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Guaratinguetá. ■

Acima, ponta de diamante sintético para afiadores de ferramentas. Ao lado, tubo revestido com filmes resistentes ao desgaste mecânico



> OS PROJETOS

1. *Novos materiais, estudos e aplicações inovadoras em diamante-CVD e Diamond-Like Carbon (DLC)*
2. *Pesquisa, desenvolvimento e industrialização de produtos nanoestruturados (Diamante-CVD e DLC)*
3. *Diamante-CVD para um novo conceito de ferramentas de alto desempenho para perfuração e corte*
4. *Filmes de DLC para aplicações em superfícies antibacterianas, antiatrito, espaciais, industriais e para tubos de perfuração de poços de petróleo*

MODALIDADES

1. Projeto Temático
2. Programa Subvenção Econômica à Inovação
- 3 e 4. Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe)

COORDENADORES

- 1 e 2. VLADIMIR JESUS TRAVA AIROLDI - Inpe/Clorovale
3. LEÔNIDAS LOPES DE MELO - Clorovale
4. ALESSANDRA VENÂNCIO DINIZ - Clorovale

INVESTIMENTO

1. R\$ 585.337,11 e US\$ 24.638,00 (FAPESP)
2. R\$ 906.000,00 (Finep)
3. R\$ 488.601,34 e US\$ 52.182,73 (FAPESP)
4. R\$ 415.876,72 e US\$ 65.852,00 (FAPESP)