

DRESSADOR À BASE DE COMPÓSITO DIAMANTADO

G. S. Bobrovnitchii (guerold@uenf.br)

A. M. Ramalho (alan_ramalho@hotmail.com)

M. Filgueira (marcello@uenf.br)

R. C. Tardim (rtardim@terra.com.br)

Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)

Av. Alberto Lamego, 2000, CCT, Pq. Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ

Resumo. Para correção linear ou de perfil dos rebolos diamantados e outros discos à base de materiais superduros, utilizam-se ferramentas especiais, algumas vezes chamadas de lápis ou dressadores diamantados. A ferramenta de correção, via de regra, consiste em um elemento de corte de material superduro (inserto), matrizes (ligante) e suporte. Uma zona que é especial neste elemento e merece maior destaque é a fronteira da divisão de fases (região de interação do material superduro com o ligante) que desempenha um papel importante no processo de fabricação e de trabalho desta ferramenta. Por isso, os insertos de material superduro devem possuir alta termo-resistência. Neste trabalho, os insertos foram feitos a partir de pó de diamante com granulometria na faixa 48/40 μm e pó de silício, usando o método de infiltração sob condições de altas pressões (7,0 até 9,0 GPa) e altas temperaturas (1500-2000° C). No fim da sinterização, formam-se dois esqueletos penetrantes de diamante e SiC, aumentando assim as propriedades físico-mecânicas, principalmente o desgaste específico, que diminuiu 2 vezes em comparação com o dressador feito de diamante natural, numa análise feita durante a correção linear de um rebolo de carborundum com diâmetro de 500 mm tipo 1A1.

Palavras-chave: Dressador, Compósito diamantado, Diamante, Matriz.

1. INTRODUÇÃO

A indústria metal-mecânica, nos processos de afiação e conexão dos perfis dos rebolos abrasivos de retífica, utiliza ferramentas chamadas dressadores que são produzidas por várias empresas (Pricken (1). Winter (2). Riegger (3)).

O material ideal usado como elemento de trabalho dos dressadores é o monocristal de diamante natural que possui um conjunto de propriedades marcantes (Novikov (4)). A única desvantagem que pode ser apontada no monocristal é a sua fixação no suporte, devido ao fato de ele se soltar durante o processo quando o desgaste chega à metade da sua dimensão. Além disso, o elevado custo dos diamantes naturais aumenta o custo final de produção. Através de muitas pesquisas nos processos de retífica de metais variados e ligas, foi estabelecido que a qualidade da superfície, a precisão das peças, e também a viabilidade deste processo, em medidas significativas, dependem da escolha certa da ferramenta, sua qualidade, regimes de afiação de rebolos, tipo e método de refrigeração.

Os discos (rebolos) abrasivos de materiais diferentes, com granulometria e dureza variáveis, são consumidos não diretamente pelo processo de retífica onde o desgaste é pequeno, mas principalmente no processo de afiação (correção, direção). Por exemplo, em operações de retífica plana ou circular, 40-

80% do volume do disco é gasto no processo de correção. Além disso, o processo de correção diminui a produtividade da retífica.

Para contribuir com o desenvolvimento dos processos de retífica, é necessário elaborar novas ferramentas de correção (dressadores) à base de diamante com alta viabilidade econômica. Via de regra, na fabricação destas ferramentas, em geral, são utilizados diamantes naturais, pois alguns tipos de abrasivos e diamantes sintéticos empregados nestas ferramentas têm propriedades inferiores aos naturais.

Entretanto, com o aparecimento de policristais resistentes à base de materiais superduros, surgiu a possibilidade da substituição dos diamantes naturais nas operações de retífica mais caras.

O problema foi resolvido pelas empresas fabricantes das ferramentas através da aplicação de policristais de diamante sintético como elementos principais dos dressadores (Kulakisvsky (5)). A construção dos dressadores é variável, dependendo dos métodos de obtenção, regimes e materiais tratados (Osipov (6)).

A UENF, possuindo os principais equipamentos de geração de alta pressão e alta temperatura, desenvolveu uma nova metodologia de produção de compósitos de “Diamante – Carbetto de Silício”. Estes compósitos têm o diâmetro máximo de 4,0 mm e altura de 5,0 mm, podendo ser empregados como elemento de trabalho para dressadores (Osipov (6)).

2. CONSTRUÇÃO EM GERAL DO DRESSADOR COM ELEMENTOS DE MATERIAIS SUPERDUROS

Em geral, a construção do dressador é parecida com a de um lápis, e é composto por um elemento de materiais superduros (inserto), matriz e suporte (fixador) (Winter (2). Riegger (3)). A parte mais importante da ferramenta é a fronteira de fases (zona de interação entre o compósito de material superduro e a matriz) que desempenha um papel muito importante no processo de produção e funcionamento da ferramenta de afiação (Figura 1).

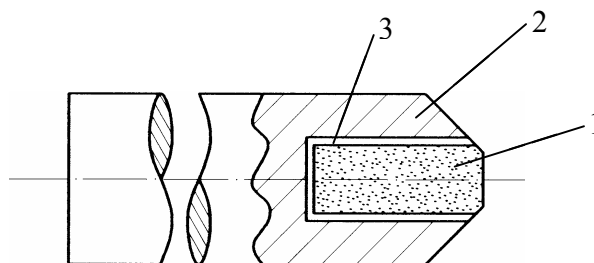


Figura 1. Dressador composto: 1 – inserto; 2 – suporte; 3 – matriz.

A dressagem de rebolos é acompanhada por um grande gradiente de temperatura e por cargas relativamente grandes (cargas dinâmicas de alta frequência) que se concentram em um pequeno volume do dressador. Por isso, na zona de contato, ocorre um grande desprendimento de calor (temperatura em torno de 1000 K), necessitando refrigeração. Por este motivo, os elementos de corte do dressador além de alta resistência, dureza e resistência à fratura, devem possuir alta condutividade térmica, capacidade calorífica e resistência térmica (Pricken (1)).

As tensões residuais, que aparecem devido aos diferentes coeficientes de expansão térmica dos materiais que são utilizados nesta construção composta, diminuem a capacidade do dressador que é feito através de métodos de metalurgia de pó sob altas temperaturas.

A análise do funcionamento dos dressadores com elementos de corte feitos de diamantes certifica que apenas a simples troca do diamante natural pelo policristal de diamante sintético não permite solucionar este problema técnico. Essa impossibilidade está ligada com o fato de que o policristal diamantado, com altas propriedades mecânicas e termo-resistência, tem índices de condutividade térmica e capacidade calorífica menores do que os do diamante natural (Bobrovnitchii (7)).

A experiência confirma que o problema da substituição de diamantes naturais pelos sintéticos em ferramentas de afiação pode ser resolvido considerando somente as condições de funcionamento da ferramenta, que é composta por elementos de função variável (ou o conjunto inteiro) e não apenas pelo elemento de corte isolado. Ou seja, usando a solução complexa que propõe:

- Elaboração do material sintético superduro para o elemento de corte cujas propriedades permitam substituir os diamantes naturais;
- A perfeição na construção da ferramenta de afiação (dressador);
- Desenvolvimento da tecnologia de fabricação que garanta índices técnico-econômicos correspondentes favoráveis, tanto na produção quanto no funcionamento.

Na UENF, foi desenvolvido um material compósito termo-resistente à base de diamante e SiC, que garante baixa tenacidade residual devido à igualdade da expansão térmica tanto para o diamante quanto para o SiC, e por este motivo, foi proposta a utilização deste material em dressadores (Osipov (6)).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O material compósito citado foi obtido pelo método da infiltração de carbeto de silício dentro de micro pó de diamante compactado sob a condição de altas pressões (7,0-9,0 GPa) e altas temperaturas (1500-2000° C). Tais condições permitem obter um material praticamente sem porosidade, com a estrutura de carcaças (esqueletos) mutuamente penetrantes. As condições citadas foram realizadas com o auxílio de dispositivos tipo bigorna com concavidades centrais de 13,5 mm de diâmetro, e toroidais na periferia (TOR-DAP), usando como meio comprimível, calcita em forma de cápsula deformável (Verestshagin (8)).

Nesta cápsula deformável de calcita que tem o orifício central de 7,0 mm de diâmetro e 8,0 mm de altura é montado um forno de grafite em forma de bucha, uma tampa de calcita, pós de diamante, disco de mistura de grafite e Si, e tampa isolante. O forno de grafite eletrodo foi fabricado por meio da usinagem, enquanto as tampas e disco de “grafite + Si” foram comprimidas. O diamante utilizado tem granulometria 40/28 μm e foi fabricado na UENF.

Os parâmetros da sinterização foram: pressão de 7,7 GPa, temperatura de 1800° C e tempo de 30 s. Depois da sinterização, as amostras com diâmetro variando de 3,9 até 4,1 mm e alturas entre 3,5 a 4,5 mm foram limpas do grafite e retificadas em seguida.

A seleção das amostras foi feita através dos diâmetros, tendo como tolerância a diferença mínima de 0,06-0,08 mm.

As propriedades dos elementos de corte (policristais diamantados) desenvolvidos foram obtidas com a medição da densidade através de métodos hidrostáticos, da dureza Knoop, sob carga de 4,9 N, no indentador de diamante, da resistência à fratura pelo método de indentação, da condutividade térmica pelo método laser, e desgaste relativo durante aplicação do rebolo.

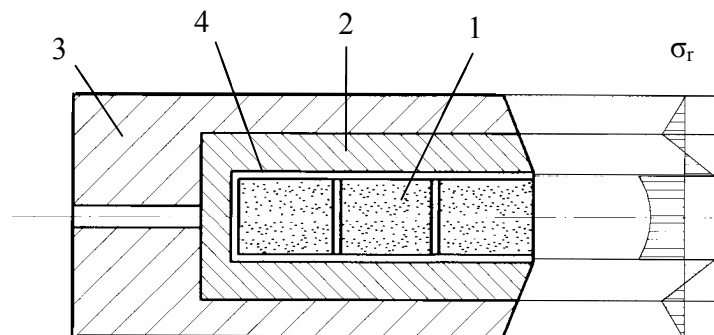


Figura 2. Esquema do dressador elaborado: 1 - insertos; 2 - matriz; 3 - suporte; 4 - interface inserto-matriz.

A construção da ferramenta elaborada é apresentada na Figura 2. Sua composição consiste de três elementos de material compósito instalados no dressador sequencialmente um atrás do outro. A superfície externa dos elementos é coberta por um revestimento de cobre puro. Esse conjunto é encaixado dentro da matriz composta de pó de Fe + 30%Cu + 2%Sn. O conjunto de elementos de corte e matriz, por sua vez, foi instalado dentro do suporte feito do aço AISI-SAE H13, e durante a sinterização sob temperatura 800° C, foi compactado (Figura 3). Ao fim da refrigeração, a matriz cria tensão de compressão nos elementos de corte, e tensões de tração σ_{θ} e σ_r de compressão no seu corpo. Tais tensões geradas podem ser calculadas, usando as fórmulas de Lamé (Timoshenko (9)).

O dressador elaborado foi testado em relação ao desgaste durante afiação de um rebolo de carborundum tipo 1A1, com diâmetro de 500 mm, usando 35 m/s com velocidade de dressagem, avanço 0,5 mm/rot e profundidade 0,3 mm.

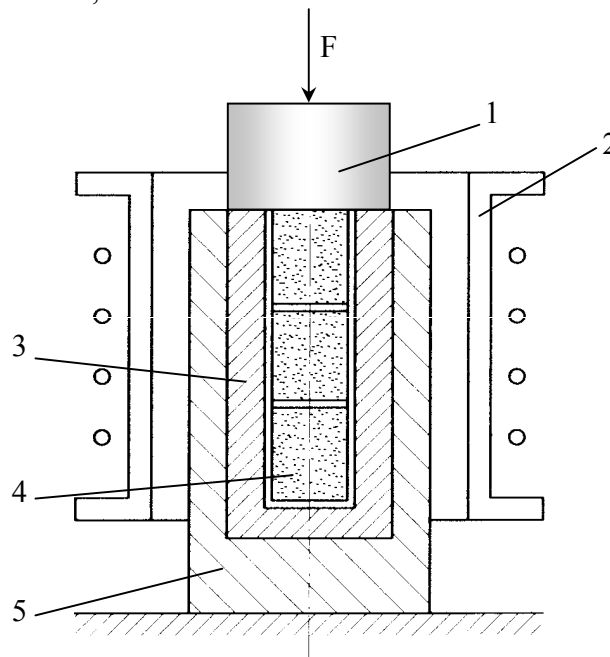


Figura 3. Esquema da sinterização da matriz: 1 – pistão; 2 – aquecedor indutivo; 3 – matriz; 4 – insertos; 5 – suporte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram obtidas 19 amostras de elementos de corte com diâmetro de 4,0 mm e altura até 4,0 mm. As propriedades físico-mecânicas do material policristalino obtido (por infiltração) no presente trabalho, compósitos de “Diamante-SiC” por sinterização comum (Osipov (6)) e policristal de diamante (Novikov (4)), são apresentados na Tabela 1. Todos eles tiveram os mesmos p, T – parâmetros de sinterização.

A análise dos dados da Tabela 1 testemunha que o material policristalino obtido pela infiltração de SiC em diamante difere do seu protótipo pelas propriedades físico-mecânicas. Principalmente a do desgaste, que pode ser justificada pelo fato de possuir uma carcaça de diamante mais desenvolvida, formada no processo de pré-compactação e sinterização sob alta pressão e carga formada pelo SiC homogeneamente distribuído entre as partículas de diamante.

Os estudos das propriedades dos insertos obtidos sob a ação de temperaturas diferentes em meio inerte mostraram que as propriedades deste compósito permanecem praticamente invariáveis depois do aquecimento até 1200° C. Essa alta termo-resistência do compósito obtido pode ser explicada pelos seguintes fatores:

- Alta compatibilidade térmica das fases de diamante e ligante (SiC) que é condicionada pela aproximação dos seus coeficientes de expansão térmica;
- Ausência de transformações de fase no processo de aquecimento;
- Dificuldades para a grafitização do diamante;
- Ausência, no compósito, de metais capazes de dissolver o carbono.

Tabela 1. Propriedades físico-mecânicas dos insertos estudados.

Índice da propriedade	Compósito (infiltração)	Compósito (Osipov (6))	Policristal (Novikov (4))
Densidade, g/cm ³	3,48±0,01	3,31±0,01	3,42±0,03
Dureza Knoop, GPa	55±3	52±3	42±4
Módulo de Young, GPa	972±6	969±8	875±33
Resistência à fratura, MPa·m ^{1/2}	11±1	10±1	9±3
Coefficiente de condutividade térmica, W/m·K	290±15	260±20	-
Desgaste relativo durante a afiação do rebolo tipo 1A1, mg/kg	2,7±0,5	4,5±0,8	16±5

Entretanto, mesmo tendo altos índices nas propriedades mecânicas e na termo-resistência, o compósito obtido não supera algumas propriedades do diamante natural tais como condutividade térmica e capacidade térmica. Por isso, os dressadores com elementos de corte à base de policristais devem ser utilizados enquanto for garantida a exaustão eficiente de calor dos elementos de corte.

Garantir esta condição exigiu uma mudança na construção e no método de fabricação desta ferramenta (Figura 2). Na superfície externa dos elementos de corte de material diamantado é aplicado um revestimento de cobre que além do aumento da adesão, garante também a eliminação mais eficiente do calor da superfície dos elementos de corte.



Figura 4. Variações dos dressadores construídos na UENF.

A eliminação do calor é intensificada também devido ao aumento do teor de cobre na matriz-ligante da ferramenta. Paralelamente, são aumentadas as tensões prévias de compressão ao redor do elemento de corte.

A altura mínima do elemento de corte é determinada pela garantia das condições de fixação segura no material da matriz durante o funcionamento. Já a altura máxima, fica restrita pela capacidade da tecnologia de sinterização de policristais diamantados.

As variações de construção dos dressadores elaborados na UENF são apresentadas na Figura 4.

5. CONCLUSÕES

- Foi desenvolvido o método de sinterização sob altas pressões do material policristalino de “Diamante-SiC”, usando a infiltração do SiC dentro da carcaça de partículas de diamante com diâmetro de 4,0 mm e altura 4,0 mm. As propriedades deste material são melhores do que aqueles obtidos pela sinterização comum sob altas pressões;

- As amostras do compósito obtido foram utilizadas como elementos de corte em ferramentas de afiação de rebolos. Os dressadores obtidos têm uma construção própria que garante a presença de tensões prévias de compressão;

- Os resultados obtidos dão a esperança de substituir a utilização de diamantes naturais pelos diamantes policristais.

6. REFERÊNCIAS

1. PRICKEN, W. **Dressing of vitrified bond wheels with CVD dress and monodress**. IDR, 1999, n° 3, p. 226-231.
2. Catálogo da firma “**Winter**” (Alemanha), 2000.
3. Catálogo da firma “**Riegger**” (Alemanha), 2000.
4. NOVIKOV, N. V., FEDOSEEV, D. V., et al. **Síntese de diamante**: Ed. Naukova Dumka, Kiev, p. 160, 1987 (em russo).
5. KULAKIVSKY, V. M.; VORONIN, G. A., et al. **Dressador e método da sua obtenção**. Patente da Ucrânia n° 10029 ICI B24D 17/00. Bul. n° 3, pub. 30.09.96.
6. OSIPOV, O.; BOBROVNITCHII, G.; FILGUEIRA, M. **Uma contribuição ao estudo da sinterização de estado sólido do diamante**. Cerâmica, n° 49, p. 151-157, 2003.
7. BOBROVNITCHII, G., FILGUEIRA, M., MONTEIRO, A., NUNES, E. **Os materiais superduros policristalinos para ferramentas de corte: uma análise do desenvolvimento de produção**. In: 60 Congresso Anual da ABM, 2005, v.1, p. 1630-1639.
8. VERESTSHAGIN, L. F., KHVOSTANTSEV, L. G., US Patent n° 3854854 – **High Pressure Apparatus**. 1974.
9. TIMOSHENKO, S., **Strength of Materials. Part II**. Van Nostrand, Princeton, N.J. 1930.

DIAMOND COMPOSITE DRESSER

G. S. Bobrovnitchii (guerold@uenf.br)

A. M. Ramalho (alan_ramalho@hotmail.com)

M. Filgueira (marcello@uenf.br)

R. C. Tardim (rtardim@terra.com.br)

Universidade Estadual do Norte Fluminense (UNEF)

Av. Alberto Lamego, 2000, CCT, Pq. Calif6rnia, Campos dos Goytacazes, RJ

***Abstract.** For linear correction, or in diamond wheels profile, and other superhard materials cutting discs, special tools are used. Sometimes they are called pencil or diamond dresses. The correction tool, usually, consists of a cutting element composed by a superhard material (insert), a binder and a support. The special zone of this element is distinguished as the division border of phases (region of interaction of the superhard material and binder) that plays an important role in the manufacturing and in the working process of this tool. Therefore the superhard material inserts must possess the high termo-resistance. In this work, the inserts were made of diamond dust (48/40 μm diameter) and silicon dust, by using the infiltration method under high pressure (7,0 until 9,0 GPa) and high temperature (1500-2000° C) conditions. In the end of the sintering two penetrating diamond and SiC skeletons are formed, thus increasing the physical-mechanical properties, mainly specific wearing, that decreased 2 times in comparison with the natural diamond dress, during a linear correction of a diamond wheel of carborundum with 500 mm diameter, 1A1 type.*

***Key words:** Dress, Diamond composite, Diamond, Matrix.*