

A FERRAMENTA PARA USINAGEM APETRECHADA COM INSERTO FEITO À BASE DE MATERIAIS SUPERDUROS

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. Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ

Resumo. Para usinagem de metais e ligas com dureza acima de 45 HRC, ferro fundido, ligas de alta resistência térmica à base de Ni, revestimentos fundidos, metais duros, etc. são utilizadas ferramentas com insertos feitos de materiais superduros policristalinos à base de diamante e nitreto cúbico de boro. Essas ferramentas com fixação mecânica dos insertos de corte têm ampla aplicação. Na UENF foram desenvolvidos métodos de obtenção de insertos em forma de discos e cilindros com 4mm diâmetro e de 3,8 a 4,0 mm de altura, feitos de diamante e nitreto cúbico de boro sinterizados. Para testá-los, foi desenvolvida uma ferramenta que permitiu fixá-los mecanicamente em um suporte de aço. A principal particularidade desta construção é baseada na instalação do inserto dentro de um assento, e fixação pelo prendedor com ajuda de um parafuso. A segurança do funcionamento da ferramenta é garantida pela instalação de um disco de metal duro (WC+25%Co) com diâmetro menor que o diâmetro do inserto, e altura $2 \pm 0,1$ mm, entre o inserto e o suporte. O inserto é soldado com o suporte usando liga à base de prata. Esta solução permitiu aumentar a vida útil do inserto diamantado em 1,35 vezes, e do inserto à base de nitreto cúbico de boro em 1,25 vezes, durante a usinagem da liga de Al-SiC e do aço 4140 com dureza 56-58 HRC.

Palavras-chave: Ferramenta, Usinagem, Diamante, Nitreto cúbico de boro, Alta pressão.

1. INTRODUÇÃO

No atual momento, para a usinagem eficiente de peças fabricadas com utilização de materiais de difícil tratamento - polímeros compósitos com aditivos abrasivos, ligas à base de Al-Si, aços temperados até dureza 64HRC, ferros fundidos especiais, ligas termo-resistentes à base de Ni, revestimentos cobertos de pó e feitos pela soldagem superficial, etc - aplicam-se ferramentas equipadas com materiais superduros policristalinos (MSDP) à base de diamante sintético e nitreto cúbico de boro (Lestshiner (1). Novikov (2)). Utilização maior ainda receberam as ferramentas com fixação mecânica das pastilhas de corte com formato poliédrico.

Durante a usinagem dos materiais acima citados, a pastilha de MSDP da ferramenta sofre carregamento forçado e complexo, além de térmico, que acarreta na necessidade de execução de algumas exigências à sua construção. Algumas delas são apresentadas a seguir: têmpera do suporte até

a dureza 35-45 HRC; instalação do substrato de metal duro embaixo do inserto; utilização do fixador elástico; utilização do abafador; escolha de parâmetros geométricos otimizados de ferramentas (Lestshiner (1). Novikov (2). Borovsky (3)).

Na Figura 1 é apresentada a construção básica da ferramenta com inserto de MSDP para torneamento. O elemento 1 de corte (inserto) de MSDP fica no assento do suporte 3 e é fixado com o apertador 5 pelo parafuso 4. A solidez da ferramenta está garantida pela introdução na construção da pastilha do substrato 3 feito de metal duro, que pode ser fixado mecanicamente ou brasado ao suporte. A instalação do inserto diretamente no suporte não garante o funcionamento seguro da ferramenta durante o torneamento de aços de alta dureza. Nos casos de tempo de trabalho prolongado, devido ao aquecimento da superfície de apoio, ocorre localmente a depreciação das características mecânicas do suporte, que em condições de carregamentos dinâmicos pode fazer com que o mesmo ceda, ocorra a sua deformação, ou a quebra do inserto.

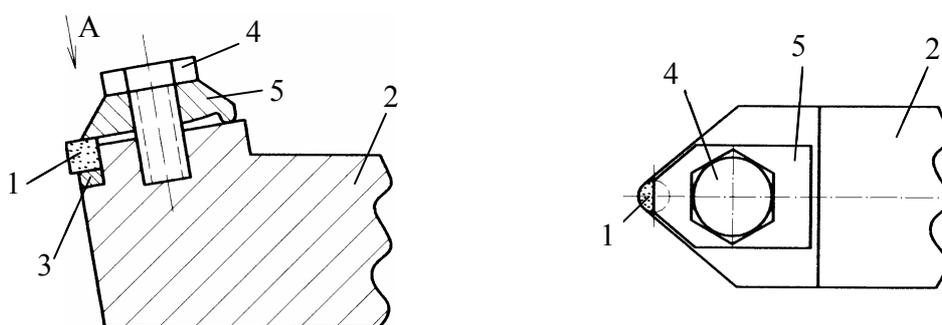


Figura 1. A construção básica da ferramenta para torneamento: 1 – inserto; 2 – suporte; 3 – disco (substrato) de metal duro; 4 – parafuso; 5 – apertador.

Durante a usinagem de alguns metais, a parte fixadora do apertador é desgastada rapidamente pelo cavaco formado. O que enfraquece o sistema de fixação forçada e leva à fratura do inserto. Por isso essa parte do apertador é temperada.

A instalação do inserto na ferramenta não pode ser feita com tal precisão que garanta o contato da parte lateral do inserto com suporte, por isso, esse tipo de fixação do inserto não é ideal. No presente trabalho, pretende-se estudar o comportamento de duas construções de ferramentas - comum e desenvolvida pelos autores, usando insertos de "Diamante-SiC" e nitreto cúbico de boro (cBN) feitos na UENF.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudo de condições de fixação dos insertos nas ferramentas para usinagem foram produzidos os policristais à base de "Diamante-SiC" e cBN nas condições de altas pressões (até 8,0 GPa) e altas temperaturas (até 2000° C). Os tamanhos das amostras de insertos foram: 4,0 mm de diâmetro e 4,0 mm de altura. Para cada tipo de inserto, foi utilizada a própria tecnologia de fabricação. A forma das amostras de policristais obtidas depois da sinterização sob altas pressões não foi cilíndrica, e para aplicações nas ferramentas, as superfícies dos insertos foram retificadas usando discos diamantados.

Para estudo, foram construídos e fabricados dois tipos de ferramentas: uma em conformidade com a Figura 1 e outra em conformidade com a Figura 2 (inovação proposta).

A diferença entre as construções é a instalação, atrás do inserto de MSDP, de um arco 6 (Figura 2) feito de liga Fe-Cu que pode ser fixado por dois pinos ou através da brasagem. No presente trabalho, foi utilizada a construção com o arco brasado pela liga Cu-Ag.

Ambas as ferramentas foram testadas durante a usinagem de materiais adequados sem a utilização de refrigeração. Para ferramentas com inserto de diamante, o torneamento foi feito utilizando uma barra de liga de Al-Si e para inserto de cBN - barra de aço 4140 temperado até 56-58 HRC, ambas com diâmetro de 80 mm. A usinagem foi realizada no torno Romi TORMAX 20A. Para avaliar a capacidade de cada construção da ferramenta, foi decidido torner as barras até o aparecimento na face traseira, de um desgaste (admissível) de 0,3 mm (VB). A influência das condições térmicas foi determinada pela medição da temperatura na parte da ferramenta que fica atrás do inserto. A junta quente do termopar cromel-alumel tipo K foi fixada no ponto C que fica fora da linha de contato entre o inserto e o suporte, ou entre o arco e o suporte (Ueda (4)). Tal ponto fica a mesma distância do centro do inserto para ambas as construções. Como esta posição não permite que as medições sejam feitas na zona de formação do cavaco, os valores de temperatura obtidos são relativos. A aquisição dos dados foi feita através do sistema computadorizado SCADA, utilizado para geração e registro no formato ASCII.

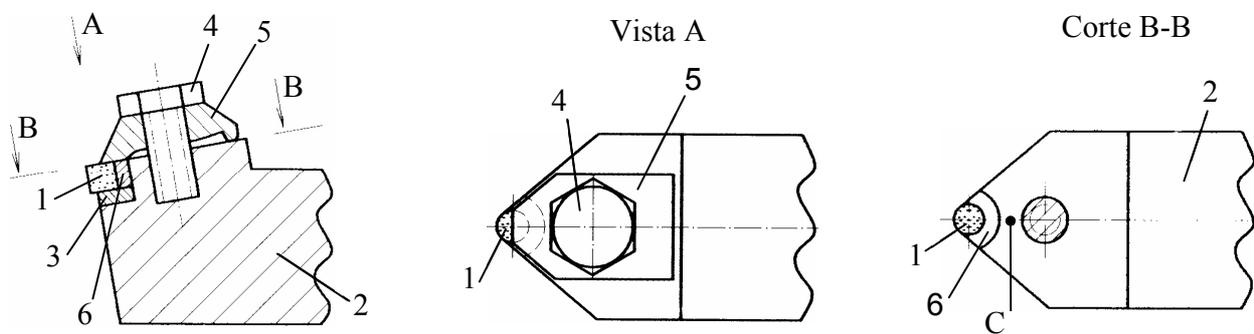


Figura 2. Construção da ferramenta proposta: 1 – inserto; 2 – suporte; 3 – disco de metal duro WC+25%Co; 4 – parafuso; 5 – apertador; 6 – arco intermediário; C – ponto de fixação do termopar.

Os parâmetros de usinagem foram constantes para todos os experimentos e escolhidos em conformidade com recomendações de trabalho (Klimenko (5)). A barra de liga de Al-Si foi usinada com velocidade de 15 m/s, avanço de 0,2 mm/rot e profundidade de 2,0 mm. A barra de aço 4140 teve os regimes de torneamento: velocidade de corte: 2,0 m/s; avanço: 0,1 mm/rot; e profundidade: 0,5 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As propriedades dos insertos fabricados para avaliação do comportamento das duas construções de ferramentas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físico-mecânicas dos MSDP usados no trabalho.		
Índices	Diamante-SiC	cBN
-Densidade, g/cm ³	3,43÷3,46	3,2÷3,34
-Dureza Knoop, GPa	51÷54	35÷45
-Resistência à compressão, GPa	2,3÷3,2	2,6÷3,0
-Módulo de resistência à fratura V 10N, MPa·m ^{1/2}	11÷13	13,5
-Módulo de Young, GPa	970±9	850÷910
-Estabilidade térmica, K	1043÷1073	1373

A usinagem da barra de liga de Al-Si não possibilitou obter o desgaste admissível de 0,3 mm devido a diminuição do diâmetro da barra tratada durante os testes. Por este motivo a usinagem foi interrompida após 80 min de trabalho (Figura 3).

Nota-se que a ferramenta comum perde a competição com a ferramenta elaborada. A diferença no tempo de desgaste até $VB=0,2$ mm é, aproximadamente, 18 min. O caráter do comportamento das curvas no decorrer do tempo é similar. Até 10 min, o desgaste do inserto de “D-SiC” é quase igual para ambas as ferramentas. Depois do tempo citado, provavelmente as condições de aquecimento do inserto começam a diferir. Observa-se que para ambas as ferramentas, no intervalo de 20 a 50 min, a mudança da velocidade de desgaste é lenta, ou seja, que as condições de usinagem neste intervalo são favoráveis ($VB=0,13\div 0,15$ mm).

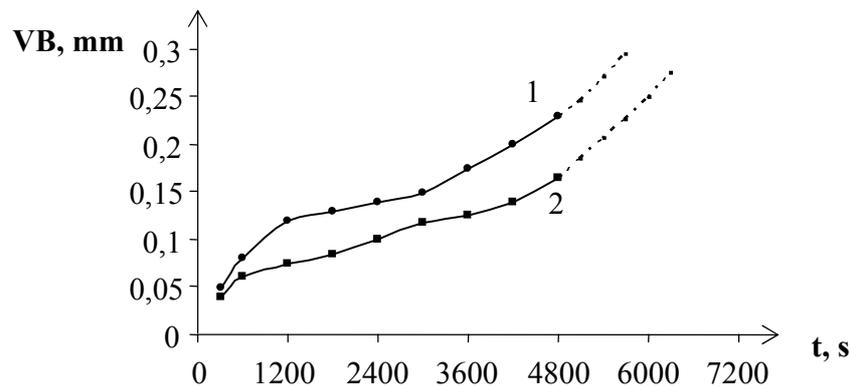


Figura 3. Influência do tempo de usinagem da liga de Al-Si e construção da ferramenta sobre o desgaste do inserto de “Diamante-SiC”: 1 – ferramenta comum; 2 – ferramenta elaborada.

A Figura 4 apresenta a influência do tempo de usinagem e do tipo da ferramenta sobre o valor de desgaste do inserto de cBN durante a usinagem do aço temperado 4140. Nota-se que a mudança de comportamento das curvas $VB=f(t)$ começa depois de 5 min de trabalho. A diferença entre os desgastes depois de 10 min de corte é significativa. A ferramenta comum, depois de 10 min de corte, apresenta velocidade de desgaste quase linear. O comportamento do desgaste para a ferramenta elaborada é outro: a velocidade de desgaste depois de 10 min é lenta e acelera lentamente até atingir o valor de $VB=0,3$ mm. Isto se justifica pelo fato de que a influência positiva do elemento de Fe-Cu, que facilita a passagem do calor para fora do inserto, começa a diminuir com o tempo (Spur (5)).

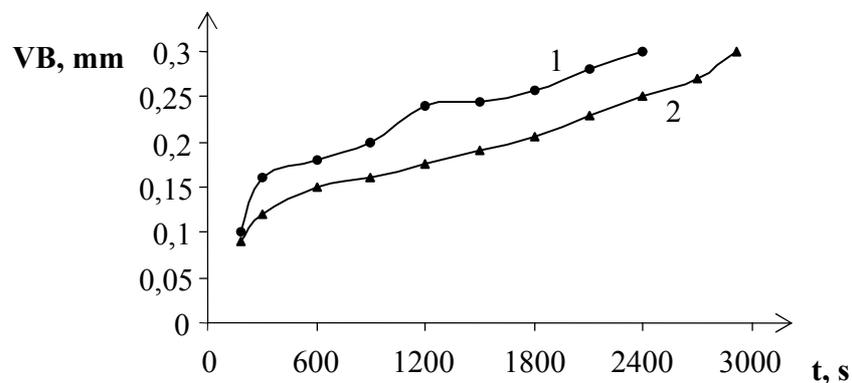


Figura 4. Influência, do tempo de usinagem do aço 4140 temperado e da construção da ferramenta, sobre o desgaste do inserto de cBN: 1 – ferramenta comum; 2 – ferramenta elaborada.

A mudança da temperatura no ponto medido do suporte também representa uma influência positiva do elemento de Fe-Cu introduzido na ferramenta elaborada.

A Figura 5 apresenta o comportamento de curvas de temperatura durante a usinagem da liga de Al-Si, e a Figura 6 do aço 4140 temperado. É necessário levar em conta que durante a construção das curvas não foi levado em consideração o tempo de retorno da ferramenta à posição inicial, tomando que a perda de calor durante o tempo de retorno de $0,8 \div 1,05$ s é desprezível.

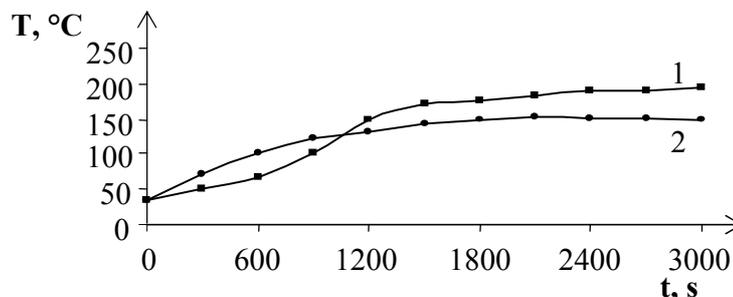


Figura 5. Dependência entre tempo de usinagem da liga de Al-Si e temperatura do suporte para insertos de “D-SiC”: 1 – ferramenta comum; 2 – ferramenta elaborada.

Pode ser visto que, para o inserto de “D-SiC”, a estabilidade da temperatura começa depois de 20min de usinagem para ambos os tipos de ferramenta. A curva 1 (Figura 5) justifica que as condições no contato do metal com o inserto não dá a possibilidade de transferir o calor gerado no inserto diretamente para suporte durante 20 min de funcionamento (o aumento de temperatura do suporte é atrasada). O inserto da ferramenta elaborada não sofre este choque térmico.

Para os insertos de cBN, o comportamento das curvas de temperatura também é diferente para ambas as ferramentas. A ferramenta comum atrasa com relação ao aumento da temperatura durante $10 \div 15$ min, e não apresenta estabilidade depois de 25 min de usinagem. A diferença de temperatura para ambas ferramentas chega até 75°C (50 min de usinagem).

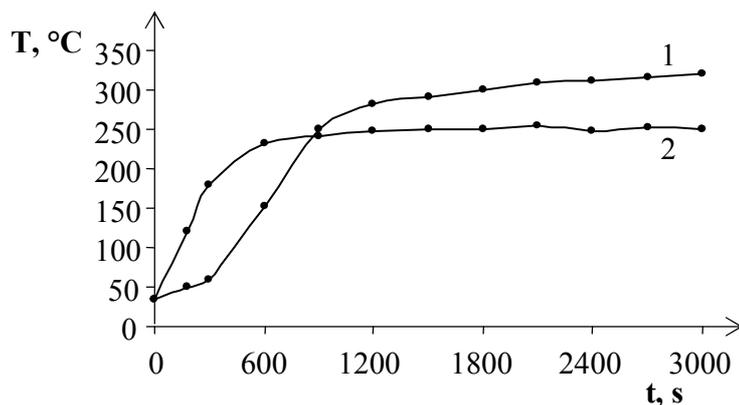


Figura 6. Mudança da temperatura do suporte no decorrer do tempo da usinagem do aço 4140 temperado para insertos de cBN: 1 – ferramenta comum; 2 – ferramenta elaborada.

Estas soluções permitem aumentar a vida útil do inserto diamantado em aproximadamente 1,35 vezes, e a do inserto de cBN em 1,25 vezes, para alguns materiais.

Ao fim dos experimentos, foi observado que o elemento mais fraco da construção proposta foi o apertador, que depois de $23 \div 25$ min de usinagem com inserto de cBN apresentou um grande desgaste

da parte que fica em contato com o cBN. Por este motivo, os experimentos foram interrompidos para a troca rápida do apertador.

4. CONCLUSÕES

Tomando como base o que foi recebido durante a execução do trabalho, é possível tirar algumas conclusões:

- A construção da ferramenta influencia significativamente a capacidade, vida útil e estado calorífico durante o processo da usinagem tanto para “D-SiC” quanto para cBN;
- A construção da ferramenta proposta dá a possibilidade de aumentar o tempo de usinagem até obter o desgaste admissível da face traseira de 0,3mm. Este aumento varia de 25 a 35%, dependendo do inserto utilizado.
- As condições caloríficas do funcionamento da ferramenta elaborada são melhores para os tipos de insertos utilizados;
- Existe a necessidade de mudar o material e o formato do apertador com o objetivo de aumentar a sua resistência ao desgaste local.

5. REFERÊNCIAS

1. LESTSHINER, Ya, A.; SVIRINSKY, R. M.; IHLIN, V. V. **Ferramentas de Corte de Materiais Superduros**. Editora Técnica, Kiev, p. 181, 1981 (em russo).
2. NOVIKOV, N. V. **As Ferramentas com Insertos de Materiais Superduros**. Editora Técnica, Kiev, p. 294, 1988.
3. BOROVSKEY, G. V.; BELIAEV, S. K.; KLIMOV, A. N. **Ferramenta de corte**. Patente da USSR nº 1278121, ICI B23 C 5/22. Bul. 47, pub. 23.12.86.
4. UEDA, T.; HUDA, M. A.; YAMADA, K.; NAKAYAMA, K. **Temperature Measurement of cNB Tool in Turning of High Hardness Steel**. In: Annals of the CIRP, 48 (1), p. 63-66.
5. SPUR, G.; SCHÖNBECK, J. **Funkenerosives Trenner Polycrystalliner Diamantwerkzeuge**. Industrial Diamanten Rdsch, v. 25, nº 3, p. 174-185, 1991.
6. KLIMENKO, S. A. **Cutting Tools of Superhard Materials, Advanced Ceramics Tools for Machining Application** – 2 ed. By LOW, I. M.; Li, X. S., Switzerland: Trans. Tech. Publ., p. 1-66, 1966.

TOOL FOR MACHINING WITH SUPERHARD MATERIAL INSERT APPARATUS

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

***Abstract.** The machining process of metals and alloys with hardness over 45 HRC, casting iron, high thermal resistance Ni alloys, covers, hard metals, etc, needs to make use of inserts made of polycrystalline superhard material, such as diamond and cubic boron nitride. Tools with mechanical holding of the cutting inserts are widely used. In UENF, the attainment methods of disc shape inserts and cylinders made of sintered cubic boron nitride and diamond had been developed. For testing the samples, it was developed the construction of a tool with a mechanical holding for the insert in a steel support. The main particularity of this construction lies on the installation of the insert inside of a seat and fixation by a holder with a screw. The security of the tool functioning is guaranteed by the installation of the hard metal disc (WC+25%Co) with a diameter smaller than the insert's and $2\pm 0,1$ mm height, between the insert and the support. The insert welds the support with silver. This solution allowed to increase the useful life of a diamond insert in 1,35 times, and a cubic boron nitride insert in 1,25 times, during the machining process of the steel 4140 with 56-58 HRC hardness.*

***Key words:** Tool, Machining, Diamond, Cubic boron nitride, High pressure.*