

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE INSERTOS OBTIDOS NO SISTEMA TiB₂-AlN NA USINAGEM DE FERRO FUNDIDO NODULAR*

Stênio Cavalier Cabral¹
Luciana Lezira Pereira de Almeida²
Ana Lucia Diegues Skury³
Sergio Neves Monteiro⁴

Resumo

O diboreto de titânio (TiB₂) é um material cerâmico de alta dureza com uma grande potencialidade de aplicação tecnológica. No entanto, existe uma grande dificuldade de se produzir corpos bem sinterizados desse material, quando são usadas técnicas convencionais de sinterização. Neste trabalho, foi empregada uma técnica de processamento em altas pressões e altas temperaturas para produzir compactos de TiB₂ com AlN. Amostras cilíndricas, com 5 mm de diâmetro e 7 mm de altura, foram processadas durante diferentes intervalos de tempo compreendendo os ciclos de sinterização. O principal objetivo do trabalho foi à realização do ensaio de torneamento para a avaliação de desempenho dos compósitos produzidos e sua relação com a quantidade de ciclos de sinterizações em condições reais de trabalho. Os resultados obtidos apresentam perspectivas interessantes de utilização do processamento em alta pressão e alta temperatura para produção de inseros para aplicação na usinagem do ferro fundido nodular.

Palavras-clave: Usinagem; Diboreto de titânio; Material cerâmico.

NODULAR CAST IRON MACHINING BY USING INSERTS OBTAINED IN TiB₂-AlN SYSTEM

Abstract

The titanium diboride (TiB₂) is a high strength ceramic material with a great potential for technological application. However, there is great difficulty in producing well sintered bodies of this material, using conventional sintering techniques. In this work, we used a processing technique at high pressure and high temperature to produce compact TiB₂ with AlN. Cylindrical samples with diameter of 5 mm and 7 mm in height were processed during different time intervals comprising sintering cycles. The main objective was to achieve the turning test for assessing performance of the produced composites and its relation to the amount of sintering cycles in real working conditions. The results obtained are interesting prospects for use of processing for high pressure and high temperature to produce inseros for application in the machining of nodular cast iron.

Keywords: Machining; Titanium diboride; Ceramic material.

¹ Engenheiro, DSc, professor, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil.

² Eng. Materiais/ DSc., Pós Doutorado, LAMAV/CCT, UENF, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Física, DSc., professora associado, LAMAV/CCT, UENF, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Eng; PhD, Instituto militar de Engenharia Rio de Janeiro, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais visa a melhoria de suas propriedades mecânicas, particularmente pelas indústrias aeroespacial e automobilística, onde estas novas ligas têm propriedades que dificultam sua usinabilidade e trabalhabilidade. Os novos materiais desenvolvidos têm muitas vantagens como, serem mais leves, com melhores propriedades mecânicas, mais resistentes ao calor entre outras propriedades. O problema é que estes materiais, sendo detentores de altas propriedades mecânicas, exibem também dificuldades em sua trabalhabilidade e usinabilidade, ficando estas condições desfavoráveis para as arestas de corte das ferramentas, resultando na redução na sua vida útil, onde também pode ocorrer, à quebra prematura da ferramenta [1].

O compósito cerâmico a base de diboreto de titânio (TiB_2) vem sendo empregado de maneira muito expressiva em várias aplicações tecnológicas [2]. O TiB_2 possui elevado valor da energia das ligações covalente entre o titânio e o boro, sendo um dos fatores de dificuldade de sinterização [3]. Além disso, o coeficiente de difusão é muito baixo. Assim, o transporte de massa para a ocorrência de uma boa densificação é muito restrito [4,5].

O processo de usinagem utiliza-se como ferramenta um material que possua dureza superior à dureza do material da peça. Desde o surgimento das primeiras ferramentas de corte até hoje, os materiais das ferramentas de corte vêm sofrendo inovações tecnológicas que permitem melhorar suas propriedades mecânicas, principalmente dureza e tenacidade. A conciliação destas duas propriedades, que são antagônicas, proporciona aumento de produtividade e diminuição dos custos de produção, uma vez que se consegue diminuir o desgaste das ferramentas de corte. Dentre a enorme gama de materiais utilizados na fabricação de ferramentas de corte com geometria definida para a usinagem de aços destacam-se o metal duro (liga de carboneto de tungstênio-cobalto), a cerâmica e o nitreto cúbico de boro.

Assim sendo, o trabalho estuda o processo de sinterização do TiB_2 utilizando nitreto de alumínio (AlN) como agente de sinterização. Esta escolha foi realizada em função da reatividade deste composto com o diboreto de titânio [3].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução do processo de sinterização foi utilizada uma prensa hidráulica especial de 630ton, onde a mistura dos pós 70% TiB_2 e 30% AlN foi compactada e inserida na capsula de sinterização. Foi realizado um regime de sinterização baseado na aplicação cíclica dos parâmetros de temperatura e pressão. Cada ciclo de sinterização consiste no aumento de pressão a aproximadamente 16 Mpa que equivale a 7 GPa na célula reativa, aquecimento a aproximadamente 1500°C por um tempo de 180 segundos.

O ensaio de torneamento foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho do compósito produzido em cada ciclo de sinterização em condições reais de trabalho. O torno semiautomático modelo ROMI TORMAX 20A, disponível no SMSD/LAMAV, foi utilizado neste trabalho, além disso, foi necessário o uso de um porta ferramenta para fixação dos insertos sinterizados. Os parâmetros empregados no ensaio foram a velocidade de corte de 630 m/min com um

avanço de 0,2 mm/rot e profundidade de corte de 0,5 mm. Após 10 operação de desbaste efetuadas, a amostra foi pesada na balança SCALTEC SBC31 com incerteza de 0,001g.

3 RESULTADOS

A avaliação do desempenho dos compósitos foi realizada por ensaio de torneamento (cilindragem) de um tarugo de ferro fundido nodular. O início da operação pode ser visto na figura 1(a). Os critérios utilizados para a avaliação foram perda de massa dos insertos e acabamento visual do tarugo. As amostras foram limpas em ultrassom para a realização das análises. Ressalta-se aqui que não houve nenhum tipo de preparação das amostras, tais como retífica e afiação.

Os parâmetros utilizados neste trabalho são severos em relação à de velocidade de corte sem refrigeração visando determinar a influência do número de ciclos sobre o desempenho das amostras. A figura 1(b) apresenta a evolução do corte durante o ensaio de torneamento. Observa-se que não foi utilizado o líquido refrigerante, os cavacos saem na forma de fagulhas.

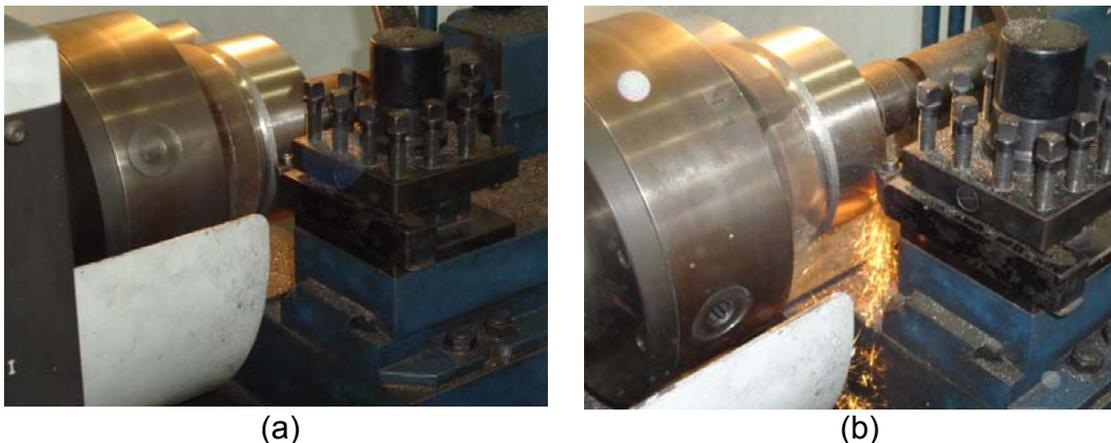


Figura 1 - Imagem do ensaio de torneamento (a) início do processo; (b) durante operação de cilindragem

Na usinagem da amostra de 1 ciclo de sinterização o tarugo de ferro fundido nodular teve um ótimo acabamento visual em todos os passos de trabalho, sendo que a amostra de 1 ciclo de sinterização sofreu um desgaste na aresta de corte e houve desgaste de flanco nessa amostra. Como pode ser visto na amostra após fim do ensaio de torneamento figura 2. Para estas amostras, o principal agente do desgaste de flanco foi à abrasão entre a peça e a superfície de folga da ferramenta de corte. A amostra de 1 ciclo sofreu avaria (lascamento) em sua superfície em virtude da velocidade de corte utilizada, conforme pode ser observado na figura 2 (a) e (b). Este comportamento de usinagem também foi observado por Abrão [6] e Chou e Barsha [7].

Na usinagem da amostra de 2 ciclos de sinterização o tarugo de ferro fundido teve um ótimo acabamento visual em todos os passos de trabalho como na amostra de 1 ciclo, sendo que a amostra de 2 ciclos de sinterização sofreu um desgaste na aresta de corte e também houve desgaste de flanco na amostra. Todavia, o desgaste foi menor do que aquele detectado nas amostras de 1 ciclo de sinterização, não tendo sido observado nenhum tipo de avaria (lascamento) em sua superfície. O aspecto da ferramenta está apresentado na

figura 3. Para as amostras de 2 ciclos o principal agente do desgaste de flanco também foi à abrasão entre a peça e a superfície de folga da ferramenta de corte, como pode ser melhor observado na figura 4 (a) e (b). Este mesmo comportamento foi observado em ensaio de usinagem de ferro fundido realizado por Gruss [8], Chou e Barsha [7] e Boehs [9].

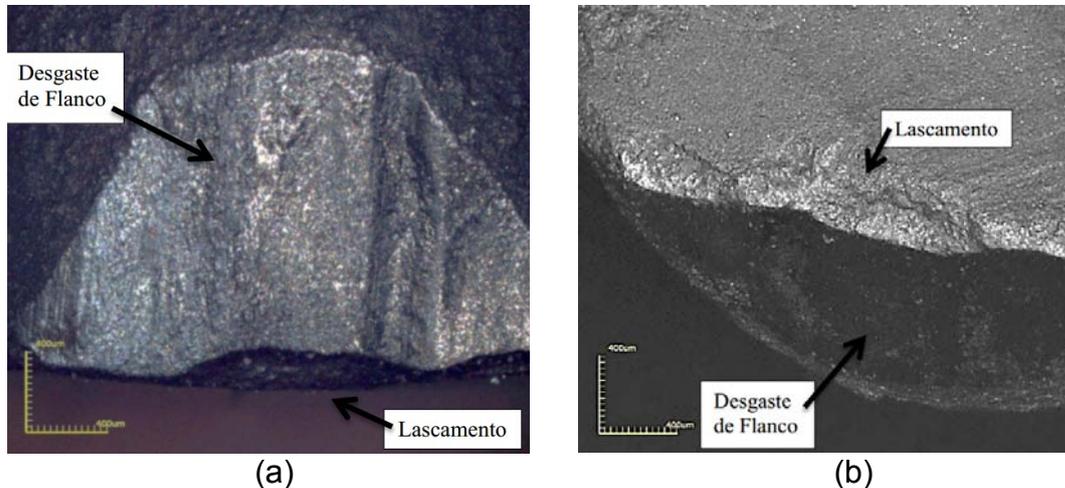


Figura 3 - Aresta de corte após ensaio de usinagem amostra de 1 ciclo (a) aresta desgastada após ensaio e (b) detalhe da vista de topo da amostra exibindo excessivo desgaste

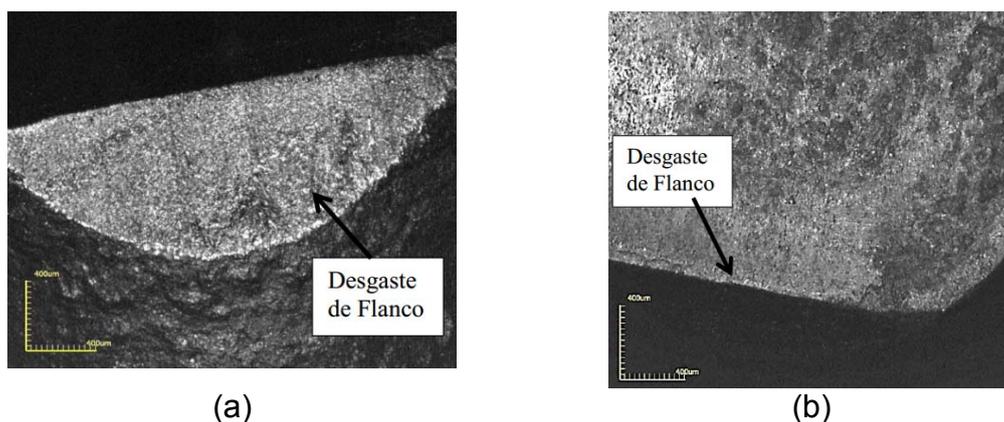


Figura 4 - Aresta de corte após ensaio de usinagem amostra de 2 ciclos (a) aresta desgastada após ensaio e (b) detalhe da vista de topo da amostra exibindo excessivo desgaste

A amostra de 3 ciclos de sinterização observou-se que, apresentou uma qualidade da superfície usinada e pode ser classificada como satisfatória. O aspecto macroscópico da amostra após o ensaio pode ser visto na figura 5. Após o ensaio observou-se, em termos macroscópicos, somente um pequeno rebaixamento na aresta de corte, mais muito inferior ao das amostras de 1 e 2 ciclos de sinterização, onde também não foi detectado nenhum tipo de avaria (lascamento). Este aspecto pode ser melhor visualizado na figura 5(a) onde o rebaixamento está destacado pelo círculo. Cabe mencionar que este rebaixamento não comprometeu o desempenho da amostra em todo o ciclo do ensaio, haja visto a qualidade superficial do tarugo. Na figura 5(b) pode-se ver em maior detalhe o estado superficial da região de desgaste da amostra.

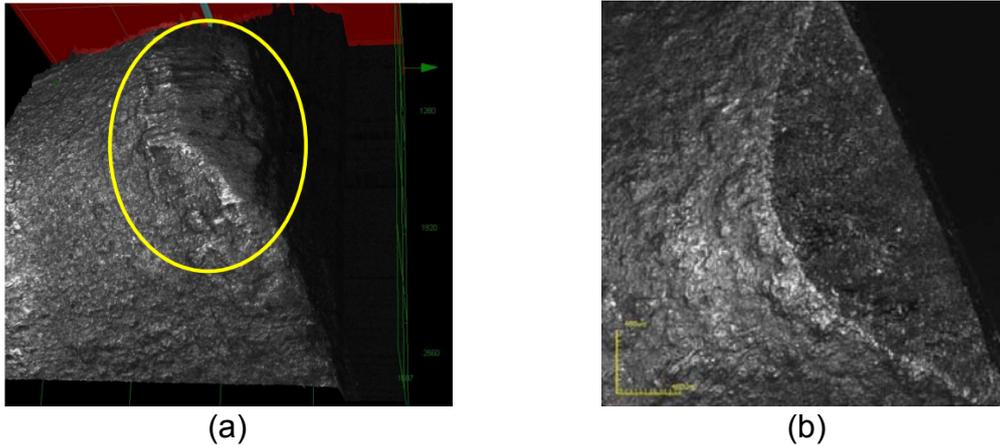


Figura 5 - Aspecto da área de desgaste da amostra sinterizada com 3 ciclos após término do ensaio. (a) Micrografia óptica em 3D mostrando detalhe do desgaste e (b) Micrografia Confocal

Já as amostras sinterizadas com 4 e 5 ciclos apresentaram um comportamento que não era o esperado. Todas as amostras sofreram fratura catastrófica logo nos primeiros passes de usinagem. As amostras apresentaram lascamento completo da aresta de corte e em outras até mesmo a quebra total da amostra. A figura 6(a) apresenta além da trincas e fratura na região de corte, o compósito exibe ainda trincas que se origina na superfície e caminha para o interior do compósito. Na figura 6(b) o detalhe do compósito sinterizado com 5 ciclos pode ser visto. Observa-se o lascamento quase total de sua aresta de corte.

Neste contexto pode-se concluir que as amostras sinterizadas com 4 e 5 ciclos, não são adequadas para usinagem em ferro fundido em condições tão severas como também afirma Jack [10], Boehs [9] e Costa [11].

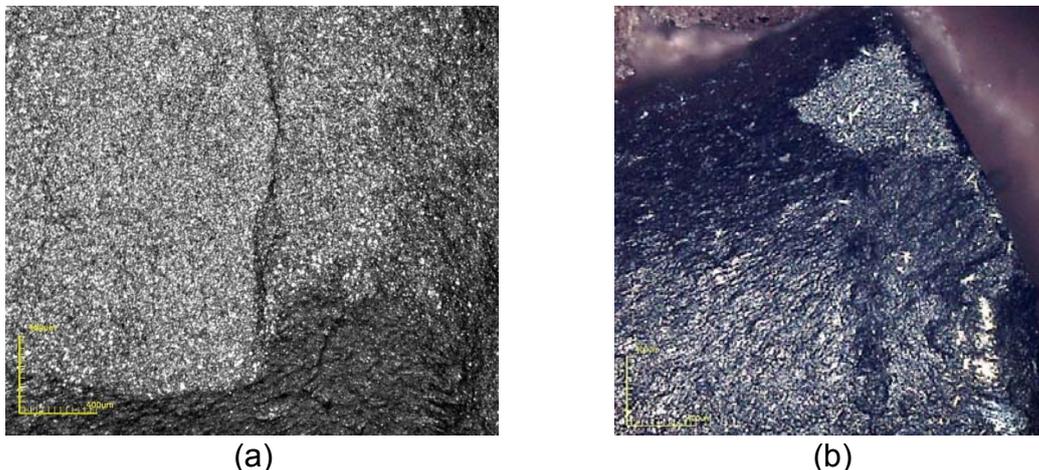


Figura 6 - Região de Fratura das amostras (a) 4 ciclos e (b) 5 ciclos.

Dentre todas as amostras testadas, aquela sinterizada com 3 ciclos foi a que apresentou melhor desempenho no ensaio de torneamento. E também a amostra que teve o melhor desempenho em termos de desgaste, ou seja, perda de massa, conforme pode ser visto na tabela 1, foi a amostra sinterizada com 3 ciclos tendo melhor performance e menor perda de massa.

Tabela 1 - Perda de massa das amostras em função do número de ciclos

Numero de Ciclos	Perda de Massa(%)
1	2,58
2	1,74
3	047
4	Quebrou
5	Quebrou

3 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nas análises de usinagem podemos concluir que a amostra que apresentou melhor desempenho foi a de 3 ciclos de sinterização. As propriedades térmicas, principalmente, a condutividade térmica deve também ser levada em consideração. Uma vez que como reportado na literatura este tipo de material tem uma baixa usinabilidade devido a sua elevada dureza e morfologia, ainda mais em critérios tão severos de trabalho como o utilizado no presente trabalho. Após os testes de usinagem com as amostras sinterizadas, pode-se concluir que as amostras com 3 ciclos exibiram uma boa performance. Os resultados apresentados são promissores e indicam que o método de aplicação cíclica dos parâmetros de sinterização são efetivos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos à Faperj, CNPq pelo suporte financeiro concedido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Skury A.L.D., et al. (2012) Superhard composite containing boron nitride and silicon nitride
- 2 Sulima L., Figiel P., Suoeniak M., (2008) Sintering of TiB₂ -Al composites using HP-HT method. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. International Scientific Journal. V.33, p 117-120
- 3 Harris, S.J., (1988) Cast metal matrix composites. Materials Science and Technology, v. 4, p. 231 -239.
- 4 Zhang, X.Y., Ma, Wang, H., Le, Y., Li X., (2007) Damping capacity of in situ TiB₂ particulates reinforced aluminium composites with Ti addition, Materials and Design 28 628-632
- 5 Wang, Ch.M., Wang, B., Yu, Chena, P., (2007) The grain refinement behavior of TiB₂ particles prepared with in situ technology, Materials Science and Engineering v 459 238-243.
- 6 Abrão, A.M.; Aspinwall, D.K.; Wise, M.L.H., (1995) Tool wear, cutting forces and temperature evaluation when turning hardened bearing steel using PCBN and ceramic materials. Proceeding of the thirty-first International Matador Conference, Manchester, p. 209-16.
- 7 Chou, Y.S. Barash, M. M., (1995) Review on hard turning and CBN cutting tool. Proceedings of the 1st International Machining and Grinding Conference, p. 951-62. (paper MR95-214).
- 8 Gruss, W.W., (1988) Ceramic tools improve cutting performance. American Ceramic Society Bulletin, v. 67-6, p. 993-6.



- 9 Boehs, L., 1987. Resultados atraentes com ferramentas cerâmicas. Máquinas e Metais, p. 24-7, Maio-1987.
- 10 Jack, D.H., (1986) Ceramic cutting tool materials. Materials & Design, v. 7, nº 5, p. 267-73
- 11 Costa, D.D., (1993) Análise dos parâmetros de torneamento de aços endurecidos, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 110 p., Dissertação de mestrado.