

EFEITO DA APLICAÇÃO CÍCLICA DOS PARÂMETROS DE SINTERIZAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS NANOESTRUTURADOS DE WBN¹

Joana Feydit Cardoso²
Ana Lúcia Diegues Skury³
Guerold Serguevitc Bobrovnitchi⁴
Sérgio Neves Monteiro⁵
Renan da Silva Guimarães⁶

Resumo

Atualmente, alternativas para a maximização de lucros e a consequente minimização dos custos levam à engenharia o desafio de se desenvolverem tecnologias para o aumento de vida útil de ferramentas de conformação para os processos de transformação mecânica. As tecnologias relacionadas com o uso de compósitos produzidos a partir do nitreto de boro vêm sendo empregadas de maneira muito expressiva em ferramentas de conformação para a redução de desgaste, logo, aumento de vida útil das mesmas. Para a produção dos compósitos será utilizado nanopó de wBN obtido em moinho tipo atritor. Para não ferir os direitos de patente a composição dos ligantes e aditivos não serão aqui citados. A sinterização será realizada na prensa com 630 toneladas de força, modelo DO138B (Ryazantyazhpressmash, Rússia). Os parâmetros da sinterização aplicados foram pressão de 7,7 GPa, temperatura de 1.800°C, e tempo de 30 s. Os inserts produzidos foram testados na usinagem de aço 4140. Foi verificado que a adição de terras raras afetam de forma marcante a performance dos inserts..

Palavras-chave: Sinterização; Metal mecânica; Propriedades; Nitreto de boro.

EFFECT OF SINTERING PARAMETER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WBN NANOSTRUCTURED COMPOSITE

Abstract

Currently, alternatives to maximizing gains and minimizing the resulting costs, put the challenge to the engineering to develop technologies to increase service life of cutting tools and machining. Technologies relating to the use of composites made from boron nitride have been employed in a very significant in forming tools to reduce wear, so shelf life thereof. For the production of composite is used nanopó WBN obtained in the type attritor mill. Not to injure the rights of patent composition of binders and additives are not mentioned here. The sintering is carried out in the press with 630 tons of force model DO138B (Ryazantyazhpressmash, Russia). The parameters used were sintering pressure of 7.7 GPa and a temperature of 1,800°C and a time of 30 seconds. The produced inserts were tested in machining of the 4140 steel. It was found that the rare earth additions markedly affect the performance of the inserts.

Key words: Inserts; Superhard materials; High pressure.

¹ Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Graduando em Eng. Metalúrgica e Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Brasil.

³ DSc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

⁴ PhD. Engenharia Mecânica, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

⁵ PhD. Engenharia Metalúrgica, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

⁶ Técnico, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Trabalhos relativos à produção de compósitos de cBN são amplamente relatados na literatura,⁽¹⁻⁷⁾ enquanto compósitos com wurtzita (wBN) têm recebido muito menos atenção. No entanto, tendo em vista as demandas por ferramentas mais eficientes e velocidades de corte cada vez mais elevadas, o wBN torna-se um excelente candidato, devido às suas elevadas propriedades mecânicas e térmicas.⁽¹⁻⁴⁾ Durante a sinterização em condições de alta pressão e alta temperatura de (APAT), uma fração de volume da fase wBN transforma-se na fase cBN resultando num compósito com estrutura wBN-cBN.⁽⁶⁾ Além disso, ferramentas a base de wBN-cBN oferecem muitas vantagens sobre ferramentas de cBN para certas operações de usinagem. Em vista destes fatos, uma tentativa foi feita para desenvolver um novo material para ferramentas de corte em altas velocidades. Os efeitos de materiais de partida e os parâmetros de processo de sinterização sobre as propriedades mecânicas do produto final foram investigados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção da mistura de partida, os pós de wBN, Al_2O_3 , Si_3N_4 e TiB_2 , bem como adições de La_3O_2 foram submetidos à moagem de alta energia em moinho de bolas, Spex 8000 mixer, por um período efetivo (excetuando tempo de descanso) de moagem foi de 2 h. Após o processo de mistura, procedeu-se ao processo de preparação da célula de reação, a qual é composta por uma cápsula de calcita, bucha de grafite e mistura reativa. Para execução do processo de sinterização em altas pressões e altas temperaturas (APAT) foi utilizada a prensa de 630 toneladas. A calibração da pressão e temperatura foi realizada por procedimentos previamente descritos na literatura.⁽¹⁻³⁾ Para a produção dos compósitos foi utilizado o sistema cíclico de aplicação dos parâmetros do processo de sinterização.⁽²⁾ Para cada sinterização foram utilizados 1, 2 e 3 ciclos, sendo todos os processos monitorados via software específico.⁽¹⁾ Após o processo de sinterização as amostras foram retiradas da célula de reação, limpas e preparadas para a caracterização. A densidade dos compactos foi determinada via aplicação do método de Arquimedes. Os testes de microdureza foram realizados em Microdurometro da Shimadzu, Modelo MHV-2 ver.2.04, aplicando carga de 2 kgf e tempo de indentação 10 segundos. A microestrutura dos compactos foi observada em microscopia confocal a laser.

Algumas das amostras foram utilizadas na usinagem de um disco de aço AISI 4140 com diâmetro de 60mm e dureza 52 HRC-54 HRC. Os parâmetros de usinagem foram velocidade de corte de 60mm/s, avanço de 0,5mm/rev e profundidade de corte de 0,5 mm. Após o ensaio, o disco foi observado por microscopia confocal e a rugosidade final foi determinada.

3 RESULTADOS

Conforme mencionado, todos os processos de sinterização foram monitorados via *software*. A partir dos dados armazenados é possível a construção das curvas de sinterização, as quais permitem a análise qualitativa do processo. Na Figura 1 está apresentado um gráfico com o comportamento típico observado durante a sinterização das amostras utilizando 3 ciclos de sinterização.

A densidade teórica, obtida a partir da regra das misturas, foi de 3,12 g/cm³. O nível de densificação das amostras em função do número de ciclos está apresentada na Tabela 1. Também são apresentados na Tabela 1, os resultados referentes à microdureza das amostras.

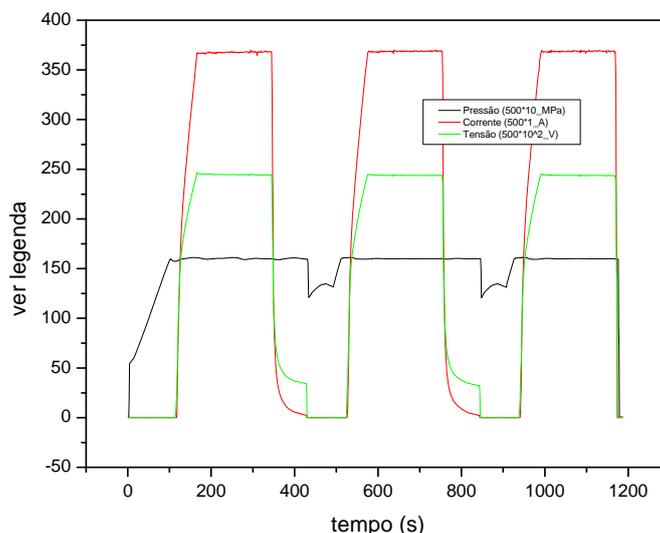


Figura 1. Comportamento dos parâmetros durante o processo de sinterização.

Tabela 1. Densidade e microdureza das amostras

Número de ciclos	Densificação (%)	Microdureza (GPa)
1	93.5	12.15 ± 0.32
2	93.9	10.85 ± 0.28
3	96.6	12.32 ± 0.36

Para o teste de usinagem foram utilizadas as pastilhas produzidas a partir de 3 ciclos. Esta escolha deveu-se ao fato de que estas amostras foram as que apresentaram as melhores propriedades. Na Figura 2 estão apresentados os resultados da performance das amostras. No gráfico da Figura 2 estão colocados também o resultado obtido para a amborite (PcBN) e a vídea (8%Co-WC), as quais são ferramentas comerciais.

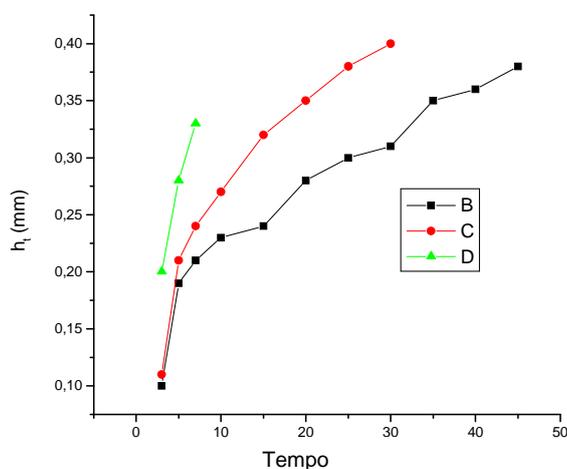
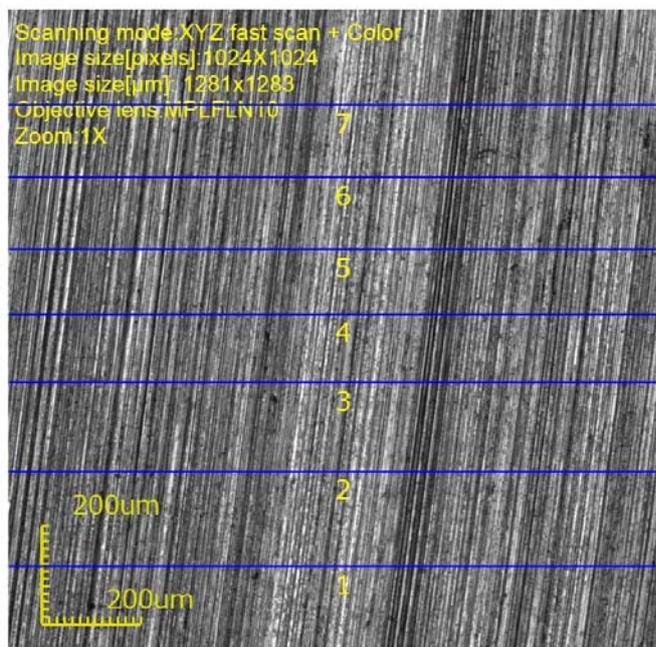


Figura 2. Comportamento das ferramentas em usinagem: B- compósito de wBN C-“Amborite”, D-“Widia”.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados obtidos via microscopia confocal da superfície do disco usinado com o compósito experimental.



No.	Result	Rq[µm]	Rv[µm]	Rz[µm]	Rc[µm]	Rt[µm]	Ra[µm]	Rq[µm]	Rsk	Rku	Rsm[µm]	RZn[*]	RZc[µm]	Rm[%]	Rzqs[µm]	Ac[µm]	As[µm]
✓	1	1.852	1.921	3.772	2.445	6.485	0.682	0.858	-0.063	3.064	16.463	24.237	1.407	100.000	3.995	80.000	2.500
✓	2	1.873	1.876	3.749	2.286	6.348	0.667	0.833	-0.017	2.991	15.930	22.318	1.413	100.000	4.231	80.000	2.500
✓	3	1.897	2.056	3.953	2.319	5.890	0.678	0.858	-0.194	3.211	16.846	23.090	1.394	100.000	4.535	80.000	2.500
✓	4	1.851	2.125	3.977	2.082	5.927	0.673	0.867	-0.190	3.504	15.930	22.221	1.332	100.000	4.139	80.000	2.500
✓	5	1.804	2.068	3.872	2.161	6.599	0.665	0.843	-0.138	3.173	15.729	22.609	1.342	100.000	3.571	80.000	2.500
✓	6	1.828	1.661	3.490	2.020	5.360	0.626	0.767	0.108	3.146	14.615	22.106	1.267	100.000	3.903	80.000	2.500
✓	7	1.756	1.812	3.568	2.036	6.001	0.624	0.784	0.008	3.013	15.369	21.374	1.292	100.000	3.991	80.000	2.500
Count		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Average		1.837	1.931	3.769	2.193	6.087	0.659	0.833	-0.069	3.157	15.840	22.565	1.350	100.000	4.052		
Min.		1.756	1.661	3.490	2.020	5.360	0.624	0.784	-0.194	2.991	14.615	21.374	1.267	100.000	3.571		
Max.		1.897	2.125	3.977	2.445	6.599	0.682	0.867	0.108	3.504	16.846	24.237	1.413	100.000	4.535		
Range		0.141	0.464	0.487	0.425	1.239	0.058	0.083	0.302	0.513	2.231	2.863	0.146	0.000	0.964		
σ		0.047	0.164	0.185	0.161	0.426	0.024	0.034	0.112	0.174	0.725	0.902	0.057	0.000	0.298		
3σ		0.140	0.493	0.556	0.484	1.278	0.072	0.103	0.335	0.521	2.174	2.706	0.172	0.000	0.895		
Tolerance		Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off							
Upper tolerance		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Standard		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lower tolerance		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

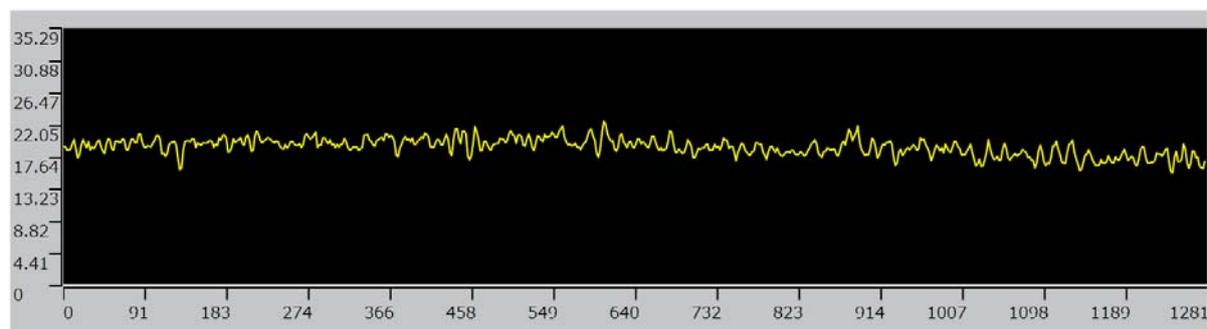


Figura 3. Resultado da análise da superfície do disco de aço após usinagem.

4 DISCUSSÃO

Todos os processos de sinterização foram executados sob potência elétrica constante. Entretanto, no decorrer do processo de sinterização, a formação de

novas fases ou alterações estruturais nos componentes que compõem a mistura de partida são esperadas. Isto implica na variação da resistência elétrica da mistura e na pressão no interior da câmara de alta pressão, as quais por sua vez irão provocar alterações tanto na corrente elétrica quanto na voltagem. Observando-se o gráfico da Figura 1 constata-se que estas mudanças são mais significativas no primeiro ciclo. A partir do segundo ciclo as variações continuam ocorrendo, porém em menor escala. Isto sugere que a formação de novas fases, oriundas da interação entre o wBN e os ligantes, ocorre de forma mais intensa logo no início do processo. Tendo-se em vista os valores de densificação encontrados, pode-se inferir que o processo de sinterização não foi efetivo, uma vez que foi encontrada uma densificação em torno de 96,9.

Segundo dados da literatura,⁽¹⁻³⁾ a temperatura da zona de reação tende a diminuir a partir do centro para a extremidade da amostra. Isto ocorre em função dos gradientes de temperatura característicos do tipo de dispositivo de alta pressão⁽¹⁻³⁾ utilizado neste trabalho. Conseqüentemente, durante a aplicação cíclica dos parâmetros, o material formado é repetidamente exposto às condições ideais de APAT e, desta forma, sujeito ao fenômeno de "oversintering".⁽⁸⁾ Assim sendo, a distribuição heterogênea da temperatura no compósito pode afetar o desempenho tecnológico dos compósitos como ferramentas de usinagem. Entretanto, quando se avalia o comportamento dos insertos experimentais em testes de usinagem, em confronto com insertos comerciais, pode-se inferir que foram obtidos excelentes resultados. Conforme pode ser observado na Figura 1, para a mesma quantidade de desgaste, 0,33 mm, que foi a máxima atingida pela "Widia", o wBN removeu quase 5 vezes mais do que o "Widia" e 2 vezes mais do que a "Amorite". Na prática, isso representaria uma economia considerável em termos de ferramenta para usinagem de aços temperados.

Com relação à qualidade da usinagem, tendo-se como parâmetro a ABNT, tabela ISSO 1302, o acabamento superficial obtido obteve a classificação N5 e N6, o que corresponde à acabamento fino. Deve ser ressaltado aqui que para os testes de usinagem os insertos foram acoplados à ferramenta sem nenhum tipo de retificação ou afiação. Isto demonstra que a performance dos insertos desenvolvidos no presente estudo ainda pode ser melhorada.

5 CONCLUSÃO

Como conclusão deste estudo preliminar sobre as propriedades de compósitos de wBN nanoestruturado, pode-se dizer que o processo de sinterização via aplicação cíclica dos parâmetros é eficiente. A princípio foram obtidos compactos com boas propriedades. Entretanto, considerando-se os resultados apresentados, são necessários estudos mais aprofundados. Porém, em vista dos resultados obtidos pode-se dizer que a composição da mistura aplicada é. Isto demonstra a necessidade de continuidade dos estudos relacionados com a produção de insertos superabrasivos a partir do wBN.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Faperj pelo suporte financeiro e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- 1 BOBROVNITCHII, G. S.; RAMALHO, A. M.; MONTEIRO, S. N.; SKURY, A. L. D. EFFECT OF CYCLING THE HIGH PRESSURE AND THE HIGH TEMPERATURE ON THE QUALITY OF CUBIC BORON NITRIDE COMPOSITES. In: Conference proceedings of the International Technical Conference on Diamond, Cubic Boron Nitride and their Applications (InterTech 2008). Orlando, Florida, Estados Unidos da América, v.1, p.1 – 10. 2008.
- 2 BOBROVNITCHII, G. S.; SKURY, A. L. D.; MONTEIRO, S. N. Effect of Cycling the High Pressure and the Temperature on the Quality of Cubic Boron Nitride Composites. Revista *Finer Points*, v.2, p.23 - 30, 2009.
- 3 SKURY, A. L. D.; SIDERIS Jr, A. J.; BASTOS, M. G. A. Investigation of Fractures, Wear and Density of Sintered Nanostructured Compacts. Proceedings Material Symposium 2010. Rio de Janeiro, v.1, p. 115 – 115. 2010.
- 4 Sistema FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Decisão Rio 2010-2012. Rio de Janeiro, p. 13 – 65. 2009.
- 5 SCHUITEK, A.; SEVERIANO, A.; BELLOS, N. Otimização de Processo de Retificação Utilizando Rebolos de CBN. In: I Congresso Brasileiro de Engenharia Fabricação, ABCM. Curitiba, 2001.
- 6 VALPASSOS, J.M.; RAMALHO, A. M.; BOBROVNITCHII, G. S.; MONTEIRO, S.N. Sintering of Cubic Boron nitride using Titanium-based binders. Brazilian MRS Meeting 2005, Recife, 16-19 de Outubro. 2005.
- 7 DIVAKAR, C.; BHAUMIK, S.K.; SINGH, A.K. High pressure-High temperature processing and performance of wBN-cBN composite tools. Anais da Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia de Alta Pressão. Bangalore, Índia. 10-11 de outubro de 1994.
- 8 SHAOJE, L.; YI W. et al. The investigation of ultrahigh pressure sintering of cubic boron nitride with binding agent of Si₃N₄. *Advanced Materials Research*. v. 150, p. 1191. 2011.