

Influência de fases piezolétricas na tenacidade à fratura de alumina

Paula Cruz Mendes Silva e Cecilia Chaves Guedes e Silva
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Uma vez que os materiais cerâmicos possuem uma natureza frágil e, portanto, fraturam com muita facilidade, vários estudos têm sido realizados com o intuito de aumentar a sua dureza e tenacidade à fratura.^[1] Alguns deles já realizados com compósitos de Al_2O_3 contendo 5% em mol de BaTiO_3 atingiram uma tenacidade à fratura de $5,1 \text{ MPa/m}^{1/2}$, frente a um valor de $4 \text{ MPa/m}^{1/2}$ para Al_2O_3 .^[2] Tais melhorias nas propriedades mecânicas se devem a um mecanismo de dissipação de energia devido à presença da fase piezoelétrica, no qual a energia mecânica da trinca é transformada em energia elétrica, conduzindo à resistência à fratura.^[3] Cerâmicas de alumina contendo diferentes teores de $\text{Ba}_{0,1}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3$ foram aqui investigadas, com o intuito de avaliar a influência desse óxido na densificação, microestrutura e propriedades mecânicas do material sinterizado.

OBJETIVO

Esse trabalho visa estudar o efeito de adições de $(\text{Sr},\text{Ba})\text{TiO}_3$ na sinterização, microestrutura, dureza e tenacidade à fratura em cerâmicas com matriz de alumina.

METODOLOGIA

Para a síntese do óxido piezoelétrico $(\text{Sr},\text{Ba})\text{TiO}_3$ pelo método do estado sólido, os reagentes SrCO_3 , BaCO_3 e TiO_2 foram misturados em diferentes concentrações, seguindo a relação $\text{Ba}_{(x-1)}\text{Sr}_{(x)}\text{TiO}_3$, com $x=0,9$ e em seguida, calcinados a 1400°C por 2 horas. Após a calcinação, identificou-se a formação do óxido de $\text{Ba}_{0,1}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3$ (BTS) por difração de raios X (difratômetro de raios X Brucker D8, radiação $\text{CuK}\alpha$). Tal óxido (BTS) foi adicionado à Al_2O_3 nas porcentagens de 1, 3, 5, e 10 %, em massa. As composições foram moídas, secas, desaglomeradas e peneiradas,

sendo compactadas pastilhas por prensagem uniaxial (50 MPa) e isostática a frio (200 MPa). Posteriormente, as amostras foram sinterizadas ao ar, a 1500°C por 2 horas, e caracterizadas quanto à densidade, pelo método de Arquimedes, e quanto à microestrutura por difratometria de raios X e microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados (microscópio Hitachi TM 3000), sendo possível verificar a porosidade, as fases cristalinas ocorrentes e suas distribuições, os tamanhos de grãos e suas formas. A dureza e a tenacidade à fratura foram caracterizadas pelo método da impressão Vickers (Durômetro Buhler VH1150).

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados de densidade e porosidade aparente para as amostras estudadas. Com base nesses dados, é possível observar que a adição do BTS favoreceu a densificação da alumina durante o processo de sinterização a 1500°C por 2 horas, sendo os melhores resultados alcançados pelas composições com menores teores do aditivo.

Tabela 1. Densidade relativa e Porosidade

Densidade (%)	Porosidade (%)
98.05 ± 0.46	0.667 ± 0.30
96.35 ± 0.26	0.898 ± 0.40
95.90 ± 0.33	1.236 ± 0.32
93.90 ± 0.41	2.097 ± 0.48

Os difratogramas de raios X (Figura 1) revelam que as amostras são formadas por matriz de Al_2O_3 contendo $\text{SrO}(\text{AlO}_3)_6$ e Ti_5O_9 como fases cristalinas secundárias, indicando que o aditivo utilizado reagiu com a alumina durante o processo de sinterização. Nota-se, ainda, que tal reação se tornou mais favorável com o aumento do teor de aditivo, considerando que

a fase Ti_5O_9 foi identificada apenas nas composições TA.5 e TA.10.

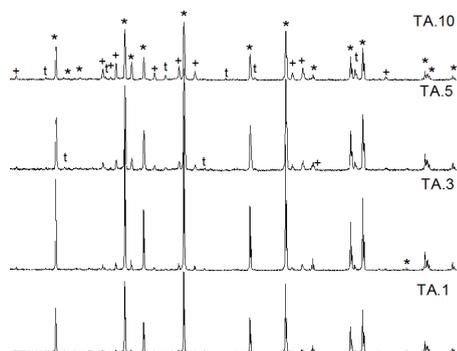


Figura 1. Difratomogramas de raios X das amostras

Estes resultados estão de acordo com as análises por microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados, cujas micrografias (Figura 2) mostram claramente a presença de diferentes fases nas amostras. Os grãos de alumina exibem morfologia alongada em todas as amostras (fase cinza) e as fases secundárias se apresentam em diferentes tons mais claros que os grãos de alumina, sendo sua concentração nitidamente aumentada com o aumento do teor do aditivo.

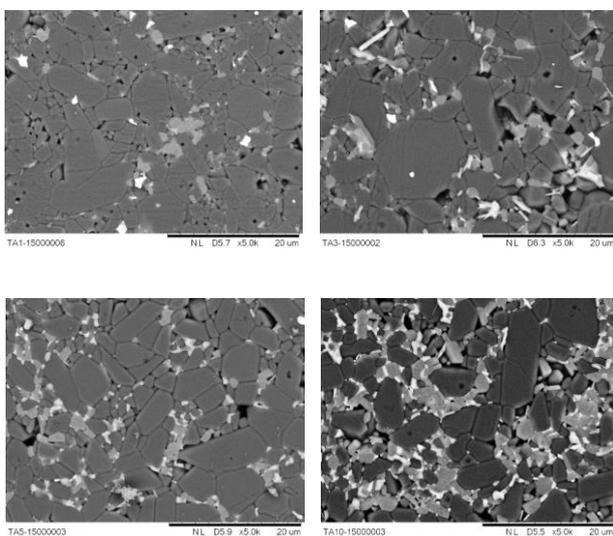


Figura 2. Micrografias eletrônicas de varredura por elétrons retroespalhados.

Os dados da Tabela 2 demonstram que a amostra TA.1, com 1% de BTS, atingiu altos valores de dureza e tenacidade à fratura, evidenciando que a presença desse aditivo favorece o desenvolvimento de cerâmicas de alumina com melhores propriedades mecânicas, desde que quantidades pequenas sejam utilizadas.

Tabela 2. Dureza e Tenacidade à Fratura

Hv (GPa)	K _{IC} (MPa.m ^{1/2})
13,67±2,29	5,30±2,46
12,12±2,57	3,78±1,87
11,36±0,66	3,70±1,20
10,74±0,62	3,93±1,87

CONCLUSÕES

Altos valores de densidade e baixos valores de porosidade aparente puderam ser obtidos para as amostras estudadas, visto melhores resultados para as amostras com 1 e 3% de BST. Os difratogramas de raios X e as análise por microscopia eletrônica de varredura mostraram que houve a formação de duas diferentes fases cristalinas dispersas na matriz de alumina, identificadas como $SrO(AlO_3)_6$ e Ti_5O_9 . Altos valores de dureza e tenacidade à fratura foram observados quando pequenas quantidades do aditivo foram utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]R. Sirirat, M. Yukio, M. Yoshiharu. Effect of polarization on fracture toughness of $BaTiO_3/Al_2O_3$ composites. Journal of the European Ceramic Society 2004, 24: 775–783.
- [2]R. Sirirat, M. Yukio, M. Yoshiharu. Microstructure and fracture toughness of a spark plasma sintered. Al_2O_3 -based composite with $BaTiO_3$ particulates. Journal of the European Ceramic Society, 2003, 23: 1269–1276.
- [3]B. Yang, X.M. Chen. Alumina ceramics toughened by a piezoelectric secondary phase. Journal of the European Ceramic Society, 2000, 20: 168-1690.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO
CNPq