

# PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO ALUMINA-ZIRCÔNIA

<sup>1</sup>Hirschmann, A.C.O    <sup>2</sup>Assis, J.M.K.    <sup>3</sup>Carvalho, J. A. D.    <sup>4</sup>Garcia, M.V.R.  
ETEP Faculdades    DCTA    ETEP Faculdades    ETEP Faculdades

<sup>1</sup>anacoh@terra.com.br

<sup>2</sup>marcoskruszy@yahoo.com.br

<sup>3</sup>jose.carvalho@etep.edu.br

<sup>4</sup>marcus.valerio@etep.edu.br

## Resumo

*A zircônia é um óxido que nos últimos anos vem despontando como um material com grandes aplicações tanto na área científica quanto na tecnológica, devido principalmente as suas excelentes propriedades elétricas e estruturais, que permitem seu uso tanto em ferramentas de corte quanto em sensores de oxigênio. O objetivo deste trabalho é estudar os efeitos da adição de partículas de Zirconia na estrutura de uma composição de Alumina, e sua respectiva influência nas propriedades mecânicas do material, para que este possa ser utilizado em aplicações estruturais. Foi utilizado a Zircônia Tetragonal Policristalina (TZP) nanométrica e estabilizada com Ítria e a alumina OP 1000. Foram feitas análises de distribuição e tamanho de partículas e microscopia eletrônica de varredura das misturas dos pós. As cerâmicas sinterizadas foram caracterizadas quanto à massa específica, difração de raios X para determinação das fases cristalinas presentes, microscopia eletrônica de varredura para estudo da morfologia das superfícies, tenacidade à fratura, ensaios de flexão em quatro pontos e análise estatística de Weibull. As cerâmicas sinterizadas em 1550°C para os compósitos de alumina - zircônia mostram um aumento máximo da tensão de ruptura da matriz quando as adições de zircônia situam-se em torno de 18 % em peso.*

Palavras-chave: Alumina, Zirconia, Flexão em 4 pontos

## 1 - Introdução

A alumina é um material cerâmico muito utilizado em engenharia, devido as suas excelentes propriedades térmicas, químicas, mecânicas e elétricas. No entanto, o seu uso como cerâmica estrutural é limitada pela sua tenacidade à fratura pequena (2 a 4 MPa). Uma das soluções utilizadas para o aumento de sua tenacidade é a incorporação de uma segunda fase dispersa na matriz da alumina, formando um compósito cerâmico. Nas cerâmicas tenazes de alumina - zirconia (*Zirconia toughened alumina* – ZTA), a tenacidade do compósito é aumentada pela adição de zircônia tetragonal policristalina à  $\alpha$ -alumina, formando um compósito do tipo cerâmica-cerâmica. No sistema alumina-zircônia, a alumina é a matriz e a zircônia é a fase precipitada responsável pelo aumento da resistência à fratura, da tenacidade à fratura e da dureza da cerâmica. Estes compósitos apresentam resistência à corrosão, resistência à ruptura e tenacidade à fratura alta (JIA/2004 e RING/1996).

Os componentes fabricados com compósitos cerâmicos do tipo ZTA têm apresentado melhorias consideráveis nos valores de tensão de ruptura, de dureza e de tenacidade à fratura em relação às cerâmicas de alumina. Isto é atribuído ao mecanismo de tenacificação por transformação  $t \rightarrow m$  induzida por tensão externa aplicada, que é promovido pela adição de quantidades pré-determinadas de partículas de zircônia tetragonal dispersadas na matriz de alumina (adições geralmente entre 10 % e 20 %, em peso, para a cerâmica de alumina com

zirconia tetragonal policristalina estabilizada com ítria - Y-TZP). Com a propagação de trincas no corpo cerâmico, a estrutura cristalina das partículas de zircônia na região próxima da ponta de trinca transforma a fase tetragonal metaestável para fase monoclinica estável. Esta transformação aumenta o volume das partículas por aproximadamente 3 a 5 % e produz as tensões de compressão na matriz de alumina. Estas tensões funcionam como uma barreira energética para um posterior crescimento de trinca. No caso dos compósitos cerâmicos Y-TZP - alumina, a adição de zircônia na matriz de alumina aumenta o valor da tenacidade à fratura por duas vezes e pode ser melhorado para até quatro vezes (PIAO/2005 e PIORINO/1990). Os compósitos de ZTA são mais caros do que as cerâmicas de alumina, porém a vida útil e desempenho mecânico dos componentes justificam este aumento de custo. O objetivo deste estudo foi produzir compósito cerâmica Alumina-zircônia com diferentes composições de de zirconia dopada com 3% mol de Ytria.

## 2 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a produção da matriz do compósito cerâmico foi utilizado o pó de  $Al_2O_3$  OP 1000, produzido pela Alcan - Alumínio do Brasil Ltda. O pó nanoparticulado de zircônia dopada com 3 % (em mol) de ítria (3Y-TZP) foi produzido pela Shandong Zhongshun Sci & Tech. Dev. Co. Ltd, China

Foram produzidas amostras de alumina pura e de alumina com 12 e 18 % em massa de  $ZrO_2$  estabilizada com 3 % em mol de ítria (3Y - TZP). Estes pós foram misturados em um moinho de bolas, com álcool isopropílico contendo 50 % (em peso) de pó, durante 5 horas. Depois o pó foi seco em uma estufa na temperatura de  $80^\circ C$  por 12 horas. A sinterização foi de  $1550^\circ C$ . A Figura 1, mostra o fluxograma representando a etapa da produção dos compósitos da alumina com a variação da zircônia.

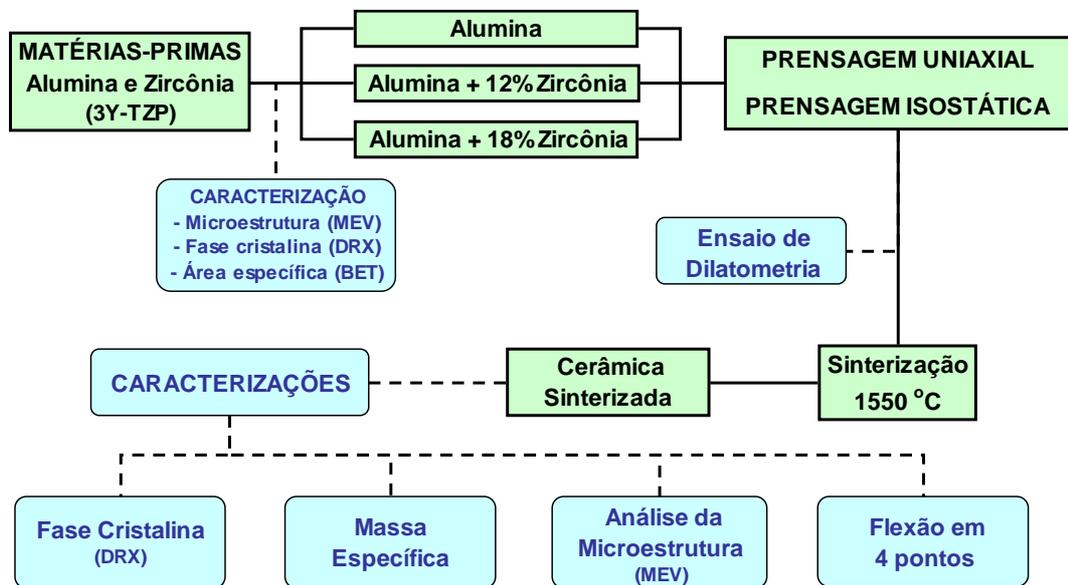


Figura 1. Fluxograma da produção da cerâmica alumina-zircônia

## 3 – RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores de massa específica teórica, real e da porosidade para as amostras de  $Al_2O_3$  e os compósitos  $Al_2O_3 - ZrO_2$  que foram sinterizadas em  $1550^\circ C$  por 2

horas. Os valores de densidade teórica dos compósitos de alumina - zircônia foram calculados pela regra da mistura.

Os valores da massa específica da cerâmica de alumina pura estão próximos da real, já a alumina contendo zircônia não.

Os valores de porosidade em relação à adição da zircônia não mostraram um aumento significativo.

Tabela 1 – massa específica e porosidade das amostras sinterizadas na temperatura de 1550°C

Amostras	$\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_R$ (%)	Pa (%)
Alumina (pura)	3,96	3,08	77,78	20,67
12% zirconia	4,13	3,22	77,96	20,72
18% zirconia	4,23	3,25	76,83	21,51

$\rho_t$  – massa específica teórica;  $\rho$  - massa específica real;  $\rho_r$  – massa específica relativa; Pa – porosidade.

Podem-se observar na Tabela 2 os valores de tensão de ruptura da alumina e dos compósitos cerâmicos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub>. O aumento da resistência mecânica foi possibilitado provavelmente devido à adição da zircônia tetragonal.

Observa-se também que o módulo de Weibull (m) que representa o espalhamento dos valores da tensão de fratura obtidas nos ensaios de flexão em 4 pontos das cerâmicas estudadas neste trabalho. Pode-se observar o aumento do módulo de Weibull (diminuição do espalhamento das tensões) quando se compara a cerâmica de alumina e com 12 % de zircônia, demonstrando serem materiais mais confiáveis para aplicações estruturais.

Os valores obtidos para os compósitos de alumina - zircônia mostram um aumento máximo da tensão de ruptura da matriz quando as adições de zircônia situam-se em torno de 18 % em peso.

Tabela 2 – Propriedades mecânica da alumina e do composito alumina-zircônia

Amostras	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_{50\%}$ (MPa)	m
Alumina (pura)	105	102	2,85
12% zirconia	85	80	3,92
18% zirconia	117	115	4,29

( $\sigma$ ) tensão de ruptura, ( $\sigma_{50\%}$ ) tensão de ruptura 50% e (m) módulos de Weibull's.

As superfícies de fratura dos compósitos cerâmicos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> são mostradas na Figura 2. A temperatura de sinterização utilizada foi selecionada de acordo com estudos anteriores (Piorino/1999), considerando a temperatura na qual a retração máxima termina em 1550°C. As superfícies de fratura mostram regiões com vários graus de densificação, que podem estar relacionadas com o empacotamento não homogêneo de partículas durante a etapa de conformação.

Foram destacadas regiões compostas por agregados de nanopartículas de ZrO<sub>2</sub>. Os aspectos das superfícies de alumina e dos compósitos de alumina - zircônia obtiveram um grau baixo de densificação e uma porosidade alta. Pode ser observado que com a adição da zircônia não mudou o aspecto da estrutura, devido à quantidade pequena de zircônia adicionada.

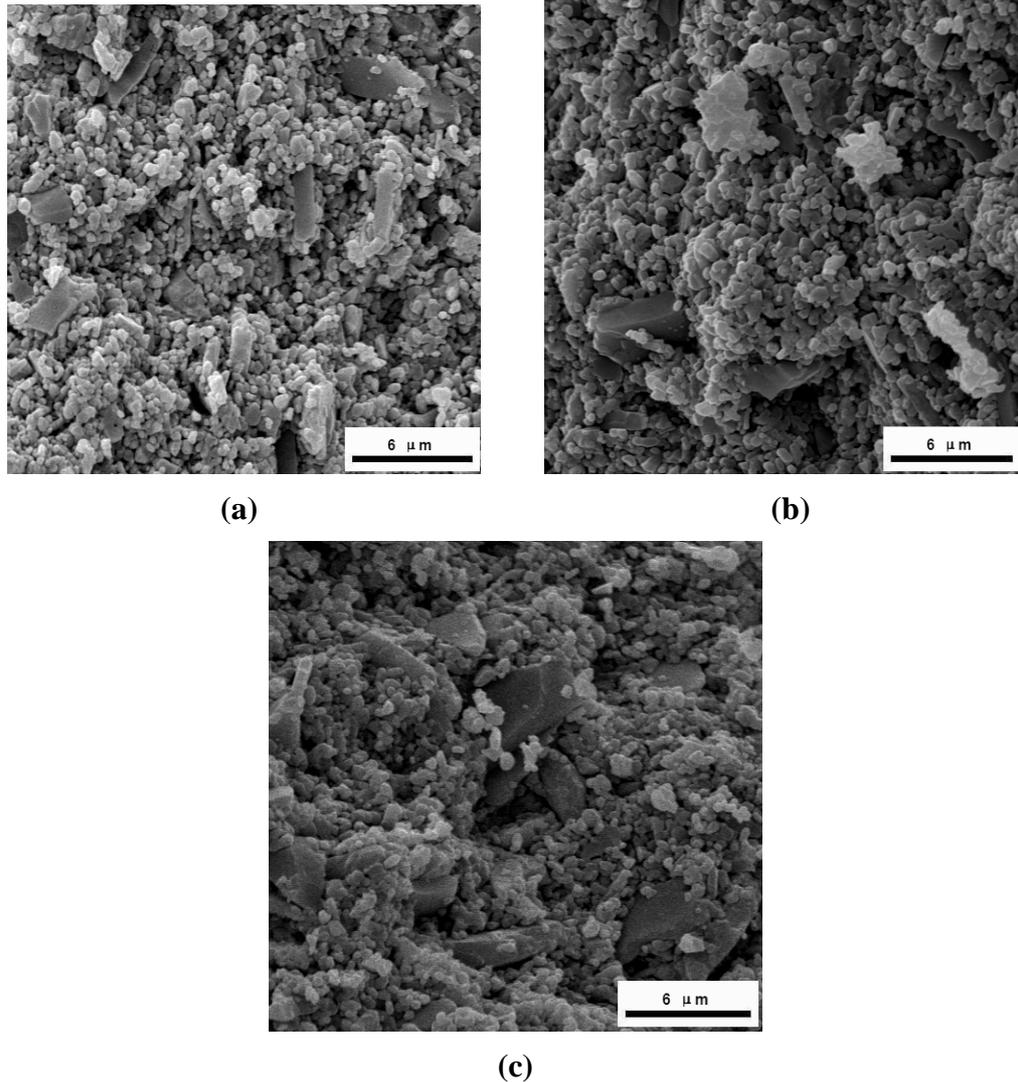


Figura 2. Imagens obtidas por MEV das superfícies de fratura das cerâmicas de alumina e dos compósito cerâmicos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{ZrO}_2$  sinterizados em 1550 °C: (a)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (b) 12 % de  $\text{ZrO}_2$  (0,88  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 0,12  $\text{ZrO}_2$ ), (c) 18 % de  $\text{ZrO}_2$ (0,82  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 0,18  $\text{ZrO}_2$ ).

#### 4 - Conclusão

O compósito cerâmico de alumina com 18% de zirconia apresentou valores de dureza e módulo de Weibull superiores aos valores da cerâmica de alumina com 12% de zirconia. As superfícies de fratura mostram regiões com vários graus de densificação, que podem estar relacionadas com o empacotamento não homogêneo de partículas durante a etapa de conformação.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

JIA, Y.; DURAN, C.; HOTTA, Y.; SATO, K.; WATARI, K. Macroporous ZrO<sub>2</sub> ceramic prepared from colloiddally stable nanoparticles building blocas and organic templates. *Colloid and Interface Science* 2004. Artigo *In press*, disponível *on line* em <http://www.sciencedirect.com>.

RING, T. A. Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA, 1996.

PIAO Y.; LIM, H.; CHANG, Y.J.; LEE,W.Y.; KIM, H. Nanostructured materials prepared by use of ordered porous alumina membranes. *Electrochimica Acta*, v.50, p. 2997-3013, 2005.

WERTH, J.H.; LINSENBUHLER M.; DAMMER, S.M.; FARKAS, Z. Agglomeration of charged nanopowders in suspensions. *Power technology*, v.133, 106-112, 2003

WANG J., GAO L. Surface and electrokinetic properties of Y-TZP suspensions stabilized by polyelectrolytes. *Ceramics International* v.26, p.187-191, 2000.

MINEIRO, S.L.; NONO, M.C.A.; KURANAGA, C.; FREITAS, D. Compactation study yttria and rare earth oxides doped zirconia synthesized by coprecipitation method. *Key Engineering Materials*, v. 189-191, p. 54-59, 2001.

PIORINO, F.N. Sobre as variáveis que afetam a avaliação do módulo de ruptura em ensaios de flexão. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, 1990.