

# DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE COMPÓSITO CERÂMICO $Al_2O_3$ - $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ PARA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO INERTE AO PETRÓLEO CRU POR TÉCNICA DE REVESTIMENTOS DEPOSITADOS POR ASPERSÃO TÉRMICO HIPERSÔNICO (HIGH VELOCITY OXYGEN FUEL, HVOF, THERMAL SPRAY COATING)

Júlia Oliveira Pontual<sup>1</sup>; Yogendra Prasad Yadava<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso Engenharia Mecânica- CTG – UFPE; E-mail: juliaopontual@hotmail.com,

<sup>2</sup>Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Mecânica – CTG – UFPE. E-mail: yadava@ufpe.br.

**Sumário:** O petróleo cru é um material muito agressivo, fato que dificulta seu armazenamento e transporte. Uma solução seria a utilização de um revestimento inerte à corrosão provocada por este petróleo. Neste trabalho, foi estudada a estabilidade de compósitos cerâmicos  $Al_2O_3$ - $ZrO_2$ - $Y_2O_3$  com 5 – 20% de  $ZrO_2$  e 2% de Ítria através de processos termomecânicos. Estes compósitos ficaram submersos no petróleo cru de terra e de mar da região Sergipana do Brasil durante 60 dias e foram submetidos às análises estruturais, microestruturais e propriedades mecânicas através do DRX, microscopia óptica, MEV e microdureza Vickers. Os resultados dos ensaios mostraram que o compósito não sofreu alteração na estrutura nem na microestrutura. O ensaio de microdureza Vickers mostrou poucas alterações, sendo essas dentro do esperado por impregnação do petróleo cru. Desta forma, é possível concluirmos que este compósito é de grande potencial para revestimento inerte ao petróleo cru.

**Palavras-chave:** Alumina-Zircônia; compósito cerâmico; petróleo cru; revestimento inerte;

## INTRODUÇÃO

A resistência à corrosão e ao ataque químico faz com que a procura de novos materiais cerâmicos seja de imensa importância para o revestimento de tubulações de petróleo. Estudos mostram que cerâmicas com base de alumina são utilizadas onde há demanda por alta resistência mecânica e alta tenacidade à fratura. No entanto, a fragilidade da cerâmica é um grande problema para sua utilização em estruturas mecânicas, para melhorar esse fator, são acrescentados aditivos cerâmicos, como  $ZrO_2$ , entre outros.

Ainda assim, há outro problema, a nucleação e propagação de fissuras, e para isto são acrescentadas pequenas percentagens de óxidos de terra rara, capazes de aumentar a tenacidade do material (1-7) A partir destas características, foi desenvolvido o compósito cerâmico  $Al_2O_3$ -  $ZrO_2$ , acrescentado com  $Y_2O_3$ , para revestimento inerte de tubulações de petróleo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizada a produção do composto alumina-zircônia-ítria. Para isso cada um dos compostos foi pesado em balança analítica, de forma que fossem garantidas as proporções indicadas na tabela abaixo.



Composição	Mistura 5%	Mistura 10%	Mistura 15%	Mistura 20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	93	88	83	78
ZrO <sub>2</sub>	5	10	15	20
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	2	2	2

Esses óxidos foram então misturados em um moinho feito de aço inox, revestido de borracha, contendo 31 bolas de alumina. O material foi então moído, por 24 horas, até apresentar um caráter homogêneo. Em seguida, foi separado parte do material e pesado em balança analítica, para obtenção de pastilhas com 8g das quatro porcentagens. Cada pastilha foi compactada através de uma prensa uniaxial, (SCHIWING SIWA, modelo ART6500089) cuja matriz cilíndrica tem 3 cm de diâmetro, foram submetidas a uma pressão de 12 ton/cm<sup>2</sup> durante um período de 5 minutos. Foi utilizado etilenoglicol para facilitar a desmoldagem, pois, auxilia no trabalho e não modifica os resultados, por ser de fácil evaporação. Após a prensagem, as pastilhas foram sinterizadas, a fim de obter o composto cerâmico. Esta etapa foi realizada em um forno do tipo mufla, por 24 horas, a uma temperatura de 1380°. Após a sinterização, as pastilhas foram lixadas com lixas entre 320 e 1500 grãos e em seguida foram submetidas a análises de Raios-X, microscopia óptica, microdureza Vickers e microscopia eletrônica de varredura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Difração de Raios-X

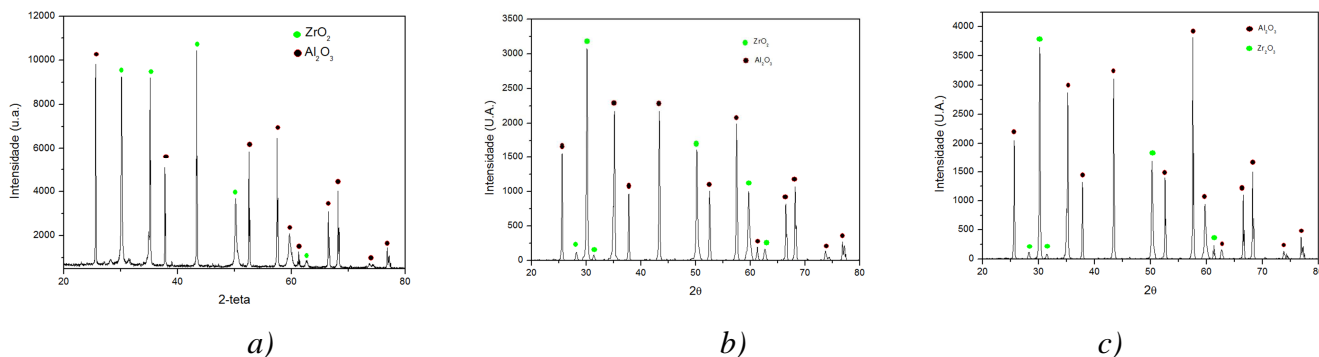


Fig1. DRX de composto Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20% ZrO<sub>2</sub> com reforço de 2% de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a) antes da imersão; b) após imersão em petróleo de mar e c) após imersão em petróleo de terra

Os compósitos cerâmicos não apresentaram fase adicional, apenas as fases constituintes, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub> e Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A presença da fase de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é pouco observada nos padrões de DRX, devido à sua pequena quantidade percentual no compósito.

### Microscopia eletrônica de varredura

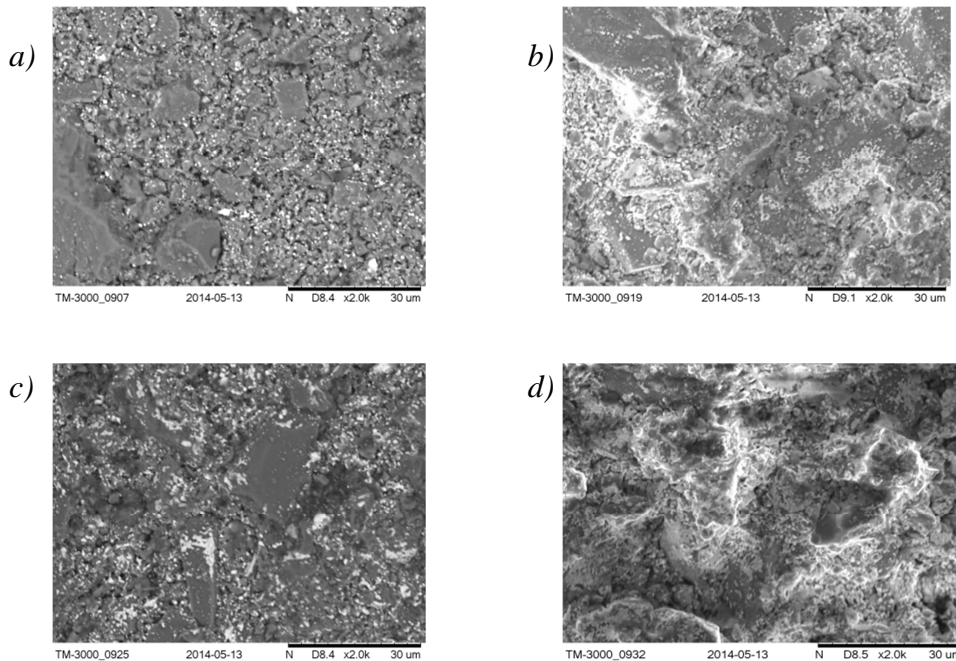


Fig.2 MEV de compósito Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ZrO<sub>2</sub> com reforço de 2% de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A) 5% de ZrO<sub>2</sub>, B) 10% DE ZrO<sub>2</sub>, c) 15% de ZrO<sub>2</sub> e d) 20% de ZrO<sub>2</sub>.

O resultado apresenta boa homogeneidade e distribuição do tamanho de partículas.

### Microdureza Vickers (MHV)

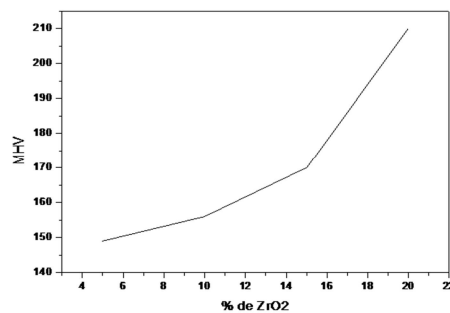


Fig.3 Dureza Vickers de compósitos Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ZrO<sub>2</sub> reforçado com 2% de Ítria

Resultados de MEV e dureza Vickers mostram que compósito com 20% de zircônia e 2% de Ítria apresentou melhor desempenho em termo de microestrutura e microdureza vickers.

## **CONCLUSÕES**

Observou-se através dos resultados da análise de difração de raios-x após a sinterização que nenhuma nova fase foi formada, além das características dos óxidos precursores, indicando a formação do compósito. Porém houve variação na concentração delas.

Os resultados obtidos através da microscopia eletrônica de varredura mostraram-se satisfatório no que diz respeito à boa distribuição e homogeneidade de tamanho de partículas dos compósitos sinterizados a 1300°C por 24 horas. A amostra com 20% de zircônia e 2% de Ítrea apresentou melhor desempenho em termo de microestrutura e microdureza vickers. Atualmente, estas pastilhas estão submersas em petróleo cru e após 30-60 dias serão retiradas e submetidas a Ensaio de Estabilidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao CNPq pelo auxílio financeiro e bolsa de IC

## **REFERÊNCIAS**

- [1] A.G. Evans, Perspective on the development of high toughness ceramics, *J. Am. Ceram. Soc.* 73 (2) (1990) 187–192.
- [2] X. Ai, Z.Q. Li, J.X. Deng, Development and perspective of advanced ceramic cutting tool material., *Key Eng. Mater.* 108–110 (1) (1995) 98–112.
- [3] P.F. Becher, Microstructural design of toughened ceramics, *J. Am. Ceram. Soc.* 74 (2) (1991) 255–264.
- [4] Y. Fu, Y.W. Gu, H. Du, SiC whisker toughened Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–(Ti W)C matrix composites, *Scripta Mater.* 44 (1) (2001) 111–116.
- [5] J. Gong, H. Miao, Z. Zhao, The influence of TiC-particle-size on the fracture toughness of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–30 wt. TiC composites, *J. Eur. Ceram. Soc.* 21 (13) (2001) 2377–2381.
- [6] W. Acchar, P. Greil, A.E. Martinelli, Effect of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> addition on the densification and mechanical properties of alumina-niobium carbide composites, *Ceram. Int.* 27 (2) (2001) 225–230.