

ESTUDO DA CRISTALIZAÇÃO EM VIDROS DE ISOLADORES ELÉTRICOS HVDC DOPADOS

Tiago Sartor (PIBIC/UNIOESTE/PRPPG), Maycon Aurélio Maran, Juliana Fenner Ruas Lucas, Nora Díaz Mora (Orientadora), e-mail: noradiazmora@hotmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/ Centro de Engenharias e Ciências Exatas

Palavras-chave: Vidro, Cristalização, microdureza

Resumo:

Com o intuito de se obter uma melhoria nas propriedades mecânicas dos vidros de isoladores elétricos HVDC com composição: 63% SiO₂ - 6% CaO - 8% Na₂O - 12% K₂O - 4% Al₂O₃ - 4% BaO - 2,5% MgO, os mesmos foram dopados com óxidos de CeO₂, TiO₂ e ZrO₂ para induzir cristalização. As amostras foram tratadas termicamente e posteriormente caracterizadas por microscopia ótica, MEV e EDX. Ensaio de microdureza indicaram que as composições dopadas com TiO₂ apresentam os maiores valores de dureza Vickers. Três diferentes fases cristalinas foram observadas nas amostras cristalizadas, dentre as quais pode identificar-se a Cristobalita e β-wollastonita. Uma comparação da densidade superficial de cristais apontou o ZrO₂ como sendo o melhor agente nucleante.

Introdução

Falhas de isoladores elétricos em linhas de alta tensão acarretam grandes prejuízos devido à interrupção no fornecimento de energia elétrica. A quebra desses componentes se deve, principalmente, a avalanches térmicas, degradação por descargas superficiais, migração iônica e ao vandalismo (Crussius et al 1988). Desta forma, é necessário desenvolver isoladores mais resistentes elétrica e mecanicamente. A cristalização superficial controlada é apontada como uma possível rota para a obtenção de isoladores elétricos HVDC com resistência mecânica aumentada (Castilha et al, 2003).

Para induzir a cristalização superficial nos vidros de isoladores elétricos utilizou-se como agentes nucleantes os óxidos de CeO₂, TiO₂ e ZrO₂ na proporção de 3% (Bossa et al, 2007). Neste trabalho, para essas composições modificadas, foi realizada a caracterização das morfologias precipitadas, a determinação da densidade superficial de cristais Ns, e medidas de microdureza.

Materiais e Métodos

Fusão do vidro, preparação de amostras e tratamento térmico.

A partir da composição vítrea de isoladores comerciais (63% SiO₂ - 6% CaO - 8% Na₂O - 12% K₂O - 4% Al₂O₃ - 4% BaO - 2,5% MgO) foram fundidas em

cadinho de Pt 3 composições, com adições de 3% em massa dos óxidos TiO₂, CeO₂ e ZrO₂ a uma temperatura de 1550°C, por 2h.

As amostras foram cortadas em cortadeira Struers Miniton, com 2 mm de espessura, desbastadas com lixas de carbetto de silício, SiC, e posteriormente polidas com CeO₂ (1μ) visando a eliminação de riscos e imperfeições nas faces estudadas.

O tratamento térmico das mesmas foi realizado em fornos tubulares á 600°C ± 2°C por 48h no Laboratório de Materiais (LaMat/UNIOESTE).

Energia dispersiva de raios-X (EDX), Micrografia eletrônica de varredura (MEV) e Dureza Vickers das amostras tratadas.

A identificação das morfologias e a determinação da densidade de cristais (Ns) foi realizada em microscópio OLYMPUS CX41. A caracterização das fases cristalinas foi realizada por EDX e MEV (SSX 550), no CIPP-LIMAC/UEPG.

Para as medidas de dureza Vickers (1,96N/10s) das fases cristalinas e da matriz vítrea utilizou-se um Durômetro Vicker Shimadzu da UEPG.

Resultados e Discussão

As três composições dopadas com TiO₂, CeO₂ e ZrO₂ apresentaram morfologias cristalinas na forma de rosáceas, hexágonos e bastões (Sartor et al, 2008). Considerando o sistema vítreo estudado pode-se esperar a precipitação de cristais do tipo Cristobalita, devitrita, tridimita e β-wollastonita (Fernández-Navarro, 1985; Zanotto, 1991; Valadão et al, 1988).

De uma comparação entre as amostras tratadas termicamente (tabela 1), aquelas dopadas com ZrO₂ apresentaram a maior densidade superficial de cristais (Ns). Fazendo uma análise dos valores de Ns, sem levar em consideração o erro calculado, todas as amostras apontaram os bastões como morfologia predominante. A diferença entre o somatório das densidades das fases e a densidade total se deve a existência de pequenos cristais, com formas não totalmente definidas, de difícil identificação.

Tabela 1 – Densidades de cristais de uma mesma morfologia para cada composição.

Dopante	Ns-total	Ns-Rosáceas	Ns-Hexágonos	Ns-Bastões
CeO ₂	605 ± 70	101 ± 44	131 ± 42	168 ± 52
TiO ₂	834 ± 94	74 ± 17	136 ± 38	192 ± 56
ZrO ₂	1043 ± 88	133 ± 37	114 ± 41	262 ± 57

Quantidade de cristais por milímetro quadrado

Os testes de dureza não mostraram significativas diferenças entre a dureza da fase cristalina e a massa vítrea (tabela 2) uma vez que as indentações abrangem regiões superiores às dimensões dos cristais. Entretanto, o vidro parcialmente cristalizado e dopado com TiO₂, mostrou

ser mais duro em relação aos demais. Para as amostras dopadas com ZrO_2 , os valores de dureza dos hexágonos não foram obtidos devido as suas pequenas dimensões.

Tabela 2 – Dureza Vickers das amostras dopadas e tratadas termicamente.

Dopante	Local			
	Massa vítrea	Rosáceas	Bastões	Hexágonos
TiO_2	738 ± 26	763 ± 29	736 ± 24	728 ± 28
CeO_2	540 ± 21	569 ± 11	589 ± 19	614 ± 28
ZrO_2	490 ± 19	496 ± 36	481 ± 35	

Análises de EDX realizadas da matriz vítrea e das fases cristalinas precipitadas nas diferentes composições indicaram uma maior concentração de Bário (Ba) nos bastões e nas rosáceas (figura 1) em relação á matriz .

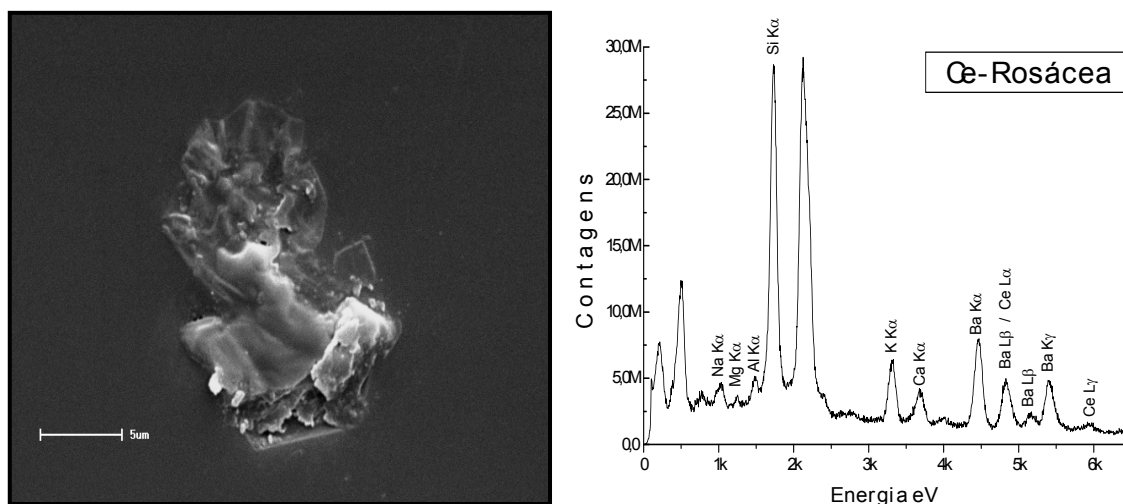


Figura 01 – MEV (aumento de 3kx) e EDX pontual sobre uma rosácea em vidro dopado com TiO_2 .

Conclusões

O óxido ZrO_2 mostrou-se como o agente nucleante mais eficaz, pois a densidade, N_s , de cristais nesses vidros foi ligeiramente maior. O sistema vítreo estudado apresentou um maior numero de bastões superficialmente distribuídos em relação às demais fases cristalinas. Baseado em estudos já realizados, comparando morfologias e composições é possível considerar que rosáceas sejam cristobalita e bastões β -wollastonita.

A dureza Vickers das amostras dopadas com TiO_2 é 37 % maior daquelas dopadas com CeO_2 e 51% maior daquelas dopadas com ZrO_2 .

Agradecimentos

A Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) pelas medidas de dureza, MEV e EDX.

Ao PIBIC/Unioeste pelo financiamento deste projeto de iniciação.

Referências

1. R. L. Crusius.; L. A. R. Assunção.; A. I. Nigri. (Desempenho de isoladores na linha de Transmissão de Corrente contínua 600KV) In anais do IX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Belo Horizonte, 1987.
2. DÍAZ MORA, N. (Cristalização Superficial em Vidros de Cordierita: Morfologia e Cinética) Tese Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, 1994.
3. T. S. Bossa.; S. Araújo.; N. Díaz Mora.; P. C. Soares Jr.; C. M. Lepiensi. (Influência do polimento na cristalização superficial de vidros isoladores elétricos) In anais do I Congresso da Academia Tri Nacional de Ciências (I C3N), Foz do Iguaçu, 2006.
4. T. S. Bossa.; N. Díaz Mora.; S. Buchner.; M. C. Crovace.; P. C. Soares Jr.; C. M. Lepiensi. (Estudo da condutividade elétrica de vidros de isoladores de linhas de transmissão HVDC dopados) In anais do II C3N, Foz do Iguaçu, 2007.
5. Fernández-Navarro, J. M. *El vidrio: constitución, fabricación, propiedades*. Madrid: Instituto de Cerámica y Vidrio, 1985.
6. A. C. Valadão.; W. K. Schwabe.; E. D. Zanotto. (Cristalização Superficial em vidros do sistema $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$) In anais do 8º CBECMAT, Campinas, 1988, 144.
7. R. Castilha.; A. S. Faesarella.; N. Díaz Mora. (Estudo preliminar do aumento da resistência mecânica de isoladores de vidro via cristalização superficial) Puerto Yguazú, 2003, 2, 18.
8. T. Sartor.; M. A. Maran.; N. Díaz Mora. (Morfologias cristalinas em superfícies de vidros de isoladores HVDC dopados) In anais do XVII EAIC, Foz do Iguaçu, 2008.