
CONFORMAÇÃO DE FITAS A PARTIR DE SUSPENSÕES COLOIDAIS DE CROMITO DE LANTÂNIO

Luiz F. G. Setz*
Sonia R. H. Mello-Castanho*

Resumo

O cromito de lantânio (LaCrO_3) é o material mais estudado para a produção de interconectores para células a combustível de óxido sólido (Sofc). Devido às várias configurações possíveis para esse tipo de célula e à complexidade de formas, as técnicas de conformação envolvendo suspensões cerâmicas concentradas são adequadas, pois auxiliam na obtenção de peças homogêneas e íntegras de maneira reprodutiva. Dessa forma, o comportamento reológico de suspensões concentradas de cromito de lantânio dopado com Sr e Co, obtido por reação de combustão, foi estudado, e verificaram-se as influências da concentração de dispersante e de sólidos, distintas relações ligante:plastificante no comportamento de fluxo e distintas condições de conformação. Como resultado, filmes conformados pela técnica de *tape casting* com espessura de aproximadamente 200 μm foram obtidos e, após sinterização, apresentaram-se adequados à aplicação como interconectores em Sofc.

Palavras-chave: Cromito de lantânio, Sofc, interconector.

* Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen). Os autores agradecem ao MCT/Finep/CNPq, à Capes e à Fapesp as bolsas de doutorado, doutorado-sanduiche e pós-doutorado concedidas a Luiz F. G. Setz.

1 INTRODUÇÃO

O cromito de lantânio (LaCrO_3) é um material cerâmico sintético que apresenta como principais características: boa condutividade elétrica (tipo-p) em altas temperaturas ($> 800^\circ\text{C}$), estabilidade química e física em atmosferas oxidantes e redutoras, e significativa atividade catalítica, quando na forma de pó. Por isso, é adequado para aplicações como interconector em células a combustível de óxido sólido (*solid oxide fuel cells* – Sofc) (JIANG; ZHANG; ZHEN, 2005; BADWAL, 2001), geradores magnetos hidrodinâmicos (MHD) (MEADOWCROFT, 1968, 1969), catalisadores para queima de combustíveis (RUSSO et al., 2005; IFRAH et al., 2007; FINO et al., 2003), sensores de NO_x (WEST; MONTGOMERY; ARMSTRONG, 2005) e resistências para fornos (SUVOROV; SHEVCHIK, 2004; ANDRIANOV; BALKEVICH; SOTNIKOV, 1980). Na geração de energia, pode também ser utilizado como ânodo para células de óxido sólido de temperatura intermediária – Itsofc (SARACCO et al., 1996; SAUVET et al., 2002).

O interconector nas Sofc é utilizado para promover a conexão elétrica entre o ânodo de uma célula unitária e o cátodo da célula adjacente. Atua também como uma barreira física para os gases envolvidos, evitando, dessa forma, a mistura do combustível (hidrogênio) do ânodo com o ar (oxigênio) do cátodo. Portanto, esse interconector deve ser denso. Nas células a combustível (CaC) de geometria plana, o interconector à base de LaCrO_3 se apresenta na forma de placas, com pequenos canais condutores de combustível, de um lado, e condutores de oxigênio, de outro. Sendo assim, o processamento desses componentes requer, além da precisão dimensional, um estreito controle sobre a retração, aliando alta densidade, expansão térmica compatível e condutividade elétrica. Em vista da complexidade das muitas variáveis envolvidas na obtenção desse componente, os estudos de processos que viabilizem a obtenção de placas à base de cromito de lantânio, com as características já citadas, contribuem para o estabelecimento de rotas viáveis para a fabricação de células do tipo Sofc.

A técnica de colagem por *tape casting* ou conformação de fitas é utilizada em larga escala na fabricação de substratos cerâmicos e estruturas multicamadas para várias aplicações (BOSCHINI et al., 2006; MISTLER; TWINAME, 2000), além de ser bastante indicada na produção de produtos cerâmicos que necessitem de grandes áreas planas e com pequena espessura. Destaca-se de outros métodos de conformação (*slip casting*, *gel casting* etc.) por permitir a confecção de placas cerâmicas com espessuras que variam de 25 a 1.200 micrômetros, dimensões bem interessantes para os componentes das Sofc (HOTZA; GREIL, 1995; SCHÄFER et al., 1996).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os precursores utilizados para a síntese de cromito lantânio dopado com estrôncio e cobalto foram os seguintes: nitrato de lantânio hexa-hidratado P. A. ($\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), marca Aldrich (99% de pureza); nitrato de cromo (III) nona-hidratado P. A. ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), marca Aldrich (99% de pureza); nitrato de estrôncio P. A. ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, marca Casa Americana (99% de pureza); e nitrato de cobalto (II) hexa-hidratado P. A. ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), marca Vetec (98% de pureza). Utilizou-se como combustível ureia P. A. ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), marca Nuclear. Os precursores foram misturados estequiometricamente em água deionizada e aquecidos até a obtenção do $\text{La}_{0,80}\text{Sr}_{0,20}\text{Cr}_{0,92}\text{Co}_{0,08}\text{O}_3$ (SETZ et al., 2007).

Os pós sintetizados foram desagregados em moinho atritor em etanol (etanol absoluto, Casa Americana) durante duas horas, usando bolas de nitreto de silício. Em seguida, os pós foram secos em estufa a 60°C . A área de superfície específica dos pós, após moagem, foi de $10,2 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. A distribuição do tamanho das partículas, medido por difração *laser* (Mastersizer S, Malvern, Reino Unido), é mostrada no Gráfico 1, apresentando um diâmetro médio (D_{50}) de $2 \mu\text{m}$, embora uma pequena fração de partículas não desaglomeradas ainda se mantenha. Os detalhes da síntese pelo método de combustão, da caracterização físico-química dos pós sintetizados e sua análise cristalográfica foram relatados em trabalho anterior (SETZ et al., 2009).

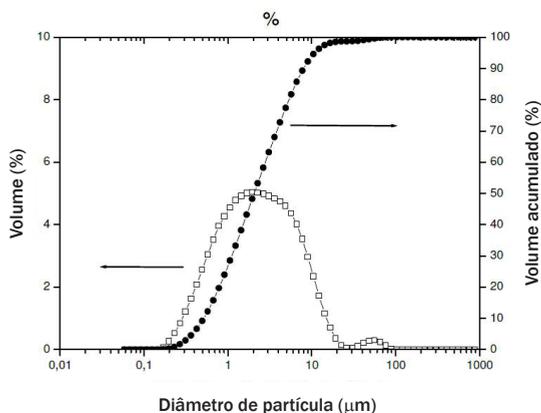


Gráfico 1 Distribuição do tamanho de partículas do cromito de lantânio dopado após duas horas de moagem.

2.1 Comportamento coloidal

A estabilidade dos pós moídos, em meio de etanol, foi estudada por meio de medidas da mobilidade eletroforética, utilizando a técnica de velocimetria Doppler de *laser* (Zetasizer Nano-ZS, Malvern Instruments, Reino Unido). As suspensões foram preparadas com uma concentração de sólidos de $0,065 \text{ gl}^{-1}$ em álcool etílico (etanol) absoluto (P. A., Panreac, Espanha), com adições do dispersante Hypermer KD6 (Uniquema, Reino Unido) em concentrações de até 1,5% em massa, em relação à quantidade de pó de cromito de lantânio, e homogeneizadas com uma sonda de ultrassom (dr. Hielscher 400US, Alemanha) por 1 minuto.

2.2 *Slip casting* em etanol

O comportamento reológico das suspensões preparadas em etanol foi determinado nos reômetros Haake RS50 e RS600 (Alemanha) capazes de operar nos modos de velocidade (taxa de cisalhamento) controlada (*control rate* – CR) e tensão controlada (*control stress* – CS). O sensor utilizado é composto de um rotor duplo cone e uma placa estacionária (DC60/1°), correspondendo a um sistema de medição do tipo Searle. O sensor é protegido ainda com uma tampa-placa para minimizar os efeitos da evaporação.

As curvas de fluxo das suspensões foram determinadas no modo CR. As medidas foram executadas de acordo com o seguinte ciclo: velocidade de cisalhamento de 0 a 1.000 s^{-1} em 5 minutos, mantendo a 1.000 s^{-1} por 2 minutos e retornando a 0 em 5 minutos. A temperatura foi mantida constante a 25°C durante todo o experimento. As medidas no modo CS foram feitas considerando os resultados obtidos no modo CR (10-15 Pa). As curvas de subida e descida foram obtidas sem um passo intermediário e o tempo de ambas as curvas foi de 200 s.

As suspensões de pós de LaCrO_3 dopado com Sr e Co foram preparadas em etanol absoluto (P. A., Panreac, Espanha) e homogeneizadas em moinho de bolas por 24 horas, utilizando esferas de alumina como elementos de moagem. Utilizou-se como dispersante/defloculante o Hypermer KD6 (Uniquema, Reino Unido) para promover a estabilização das suspensões. A concentração do dispersante adicionada foi em relação à quantidade de pó de cromito de lantânio. Quando se aumentou a concentração de sólidos, a partir dos parâmetros estabelecidos, obteve-se a concentração máxima em etanol, o que permitiu determinar a melhor condição para produzir as fitas cerâmicas.

2.3 Colagem de fitas (*tape casting*)

2.3.1 Equipamento utilizado

Para conformação das fitas cerâmicas, utilizou-se uma máquina de colagem em fitas de carro móvel de fabricação no Instituto de Cerâmica e Vidro (ICV/CSIC, Espanha), com a qual é possível obter fitas de até 1 metro de comprimento sobre um substrato Mylar, no qual se aplica uma fina camada de lubrificante para facilitar a remoção da fita conformada.

A máquina é composta, principalmente, por dois módulos:

- Recipiente deslizante (carro), fabricado em aço inoxidável com um sistema de lâmina, ajustável mediante micrômetros.
- Sistema impulsor do recipiente composto de um rotor com controlador de velocidade mediante o ajuste de frequência e uma placa arrastadora fixada sobre um eixo de transmissão horizontal.

Os componentes são montados sobre mesa de granito com a finalidade de prevenir vibrações externas que possam promover defeitos nas fitas produzidas. Ademais, o sistema encontra-se dentro de uma câmara para proteger as fitas produzidas de correntes de ar externas durante o processo de secagem (Figura 1).



Figura 1 Mesa para conformação de fitas cerâmicas (*tape casting*).

As fitas foram conformadas com a altura da lâmina em 800 μm e frequência do motor de 15 Hz, o que equivale a um deslocamento do carro de $\cong 5 \text{ cm s}^{-1}$. De maneira a simular as condições reológicas de conformação das suspensões, quando da passagem pelas lâminas, considerando a altura imposta e a velocidade de colagem, a tensão de cisalhamento estimada foi de 63 s^{-1} . As fitas conformadas tinham largura de 10 cm e comprimento superior a 40 cm.

2.3.2 Preparo das suspensões

As suspensões de pós de LaCrO_3 dopado foram preparadas de acordo com a importância do efeito na ordem de adição dos aditivos, conforme proposto por Cannon, Becker e Mikeska (1989). Para evitar uma adsorção específica competitiva, as suspensões foram preparadas em duas etapas. Na primeira, o pó e o etanol absoluto (P. A., Panreac, Espanha) e o Hypermer KD6 (Uniquema, Reino Unido) foram misturados. Na segunda etapa, misturaram-se os polímeros (plastificantes e aglomerantes) (GUTIERREZ; SANCHEZ-HERENCIA; MORENO, 2000).

Estudaram-se diferentes condições do sistema ligante (SL) adicionadas às suspensões preparadas. O SL é constituído de uma mistura de um aglomerante: polivinil butiral-co-vinil álcool-co-vinil acetato (PVA, Aldrich, Estados Unidos) e dois plastificantes: polietilenoglicol 400 (PEG, Panreac, Espanha) e benzil-butil-ftalato (BBP, Merck-schuchardt, Alemanha). Utilizada em diversos trabalhos envolvendo *tape casting* (CANNON; BECKER; MIKESKA, 1989; MORENO, 1992), a mistura dos plastificantes PEG e BBP proporciona excelentes resultados quando usada em igual proporção mássica (1:1) (GUTIERREZ; SANCHEZ-HERENCIA; MORENO, 2000).

As influências da concentração do SL (de 10% a 15%) na quantidade de suspensão preparada, mantendo-se fixa a relação aglomerante/plastificante (A/P) em 1 e das diversas relações A/P (1/2, 1/1, 2/1) nas suspensões, quando o SL se mantém constante (15%), foram estudadas. Nas diferentes condições, as curvas de fluxo para as suspensões foram determinadas nos modos CR e CS, em que se utilizaram os mesmos parâmetros descritos anteriormente.

2.4 Sinterização

A análise termogravimétrica (ATG) das fitas conformadas foi feita em ar em um termoanalisador Setaram Labsys, França, utilizando alumina como material de referência, na temperatura de 20-700°C, com velocidade de aquecimento de $10^\circ\text{C min}^{-1}$, a fim de determinar as condições para eliminação dos aditivos orgânicos (ligantes e plastificantes, principalmente) em posterior sinterização.

As fitas conformadas foram sinterizadas a 1.600°C por quatro horas ao ar, em forno vertical (LindbergBlue, Estados Unidos), com base em parâmetros estabelecidos por Setz et al. (2006, 2007).

As micrografias das faces das fitas conformadas em verde e das fitas sinterizadas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Philips, XL30, Estados Unidos).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estabilidade do cromito de lantânio, em função da concentração de dispersante (Hypermer KD6), mostraram uma tendência no aumento da mobilidade com a concentração do defloculante até a concentração de 1% em massa, a partir do qual não mais se alteraram (Gráfico 2). Os valores encontrados foram baixos por causa da baixa permissividade elétrica do etanol. Entretanto, esses valores não devem ser considerados da mesma maneira que os resultados obtidos em meios aquosos (MORRISON, 1993; WIDEGREN; BERGSTRÖM, 2000). Todas as suspensões estudadas foram então estabilizadas com 1% de defloculante, em relação à massa de pó de LaCrO_3 adicionada.

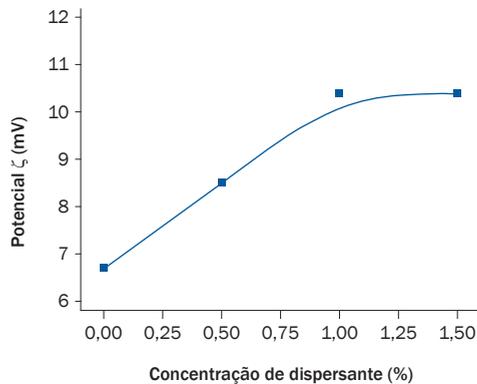


Gráfico 2 Estabilidade das suspensões em função da concentração de dispersante (Hypermer KD6) adicionado.

Determinada a melhor condição de estabilidade em etanol, foram produzidas suspensões para determinar a máxima concentração possível de sólidos. No Gráfico 3, são apresentadas as curvas de fluxo, tensão por velocidade de cisalhamento, das suspensões preparadas com diversas quantidades de pós. Observa-se que, quando se aumenta a concentração de sólidos, há um conseqüente aumento na resistência ao fluxo, como esperado. De forma geral, todas as curvas apresentam comportamento fluidificante, com significativa estabilidade, pois quase não são observadas diferenças entre as curvas de subida e descida, correspondentes à velocidade de cisalhamento. Entretanto, é possível notar que o aumento na concentração de sólidos promove o surgimento de ponto de fluidez, ou seja, para que a suspensão comece a fluir sob cisalhamento, é necessária uma mínima tensão aplicada.

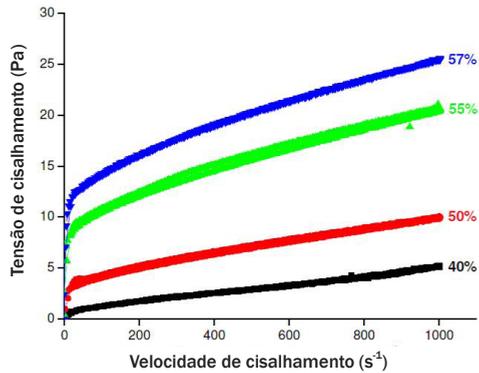


Gráfico 3 Curva de fluxo para diversas concentrações de sólidos, preparadas em etanol.

A determinação do ponto de fluidez de uma suspensão pode ser feita a partir das medidas CS, em que, representando a deformação da suspensão pela tensão necessária para que ela ocorra, em escala logarítmica, é possível identificar duas regiões distintas. A primeira reta identifica o comportamento elástico da suspensão, enquanto a segunda reta representa o comportamento viscoso. A interseção dessas duas retas indica o ponto de fluidez (GUTIERREZ; SANCHEZ-HERENCIA; MORENO, 2000; MORENO, 2005). A representação do ponto de fluidez da suspensão contendo 55% de sólidos (massa) é mostrada no Gráfico 4. Nessa suspensão, a tensão mínima ou tensão de escoamento (σ_0) encontrada foi de 2 Pa. A existência de pontos de fluidez em suspensões para conformação de fitas é importante, pois eles impedem que suspensões comecem a fluir pelas lâminas do carro antes que se execute a operação de deposição no substrato adequado (MISTLER; TWINAME, 2000).

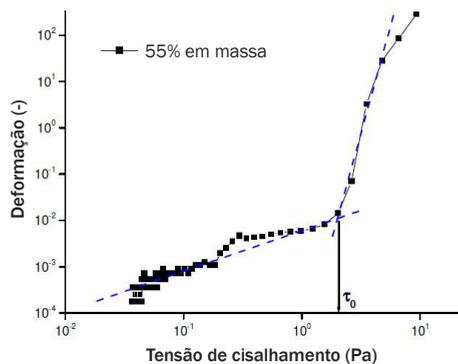


Gráfico 4 Representação do ponto de fluxo para a suspensão de LaCrO_3 com 55% em massa de concentração de sólidos.

Com base nos resultados apresentados no Gráfico 3, foi possível determinar a máxima concentração de sólidos em etanol com os valores de velocidade de cisalhamento utilizados para a conformação das fitas (63 s^{-1}) (ver Gráfico 5). Por meio dessa máxima concentração, podem-se conhecer a concentração necessária à produção e a conformação das fitas via *tape casting* ou por outras técnicas. Observa-se que a máxima concentração de sólidos possível nas condições estudadas é de $\cong 60\%$ em massa, porém, durante a preparação das amostras, a suspensão contendo 57% de sólidos apresentou o aspecto de uma pasta, ou seja, com viscosidade bastante elevada. Devido a esse comportamento, uma vez que há um significativo aumento na viscosidade do sistema quando são adicionados os plastificantes e os aglomerantes, escolheu-se para o estudo a concentração de sólidos de 55% (em massa).

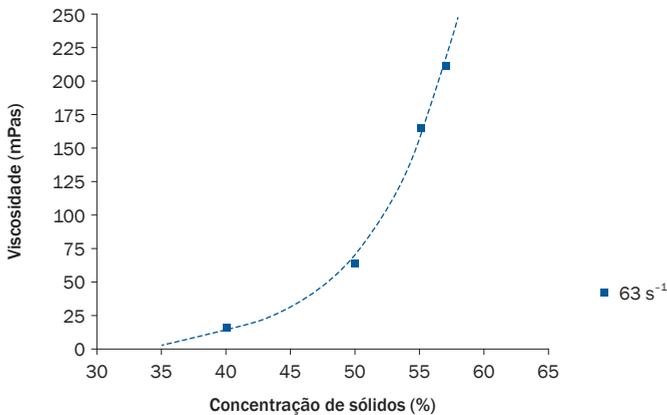


Gráfico 5 Curva da concentração de sólidos em etanol.

O Gráfico 6 mostra as curvas de fluxo para as suspensões preparadas com distintas relações percentuais entre plastificante e aglomerante (A/P). Nas curvas apresentadas, nota-se que, quando se aumenta a concentração de aglomerantes, há um significativo aumento na resistência ao fluxo, resultado da maior Tg do aglomerante (PVA), e, assim, o aumento na viscosidade da suspensão, nas condições estudadas, torna inviável alcançar altas velocidades de cisalhamento. Quando se aumenta a concentração do SL na suspensão, desde que mantida a mesma proporção ($A/P = 1$), observa-se um aumento na resistência ao fluxo, sem, entretanto, proporcionar instabilidade ao sistema. Todas as curvas apresentam comportamentos praticamente lineares, sem diferenças entre as curvas de subida e descida e sem pontos de fluidez.

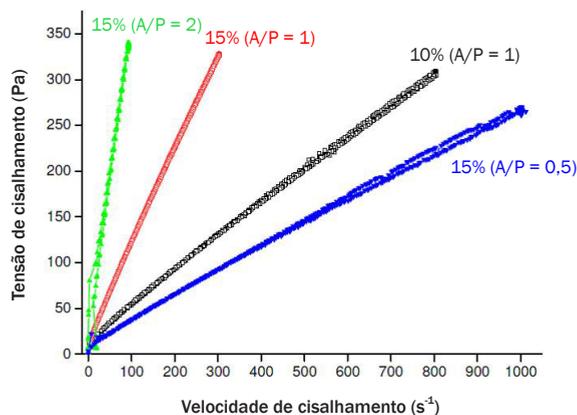


Gráfico 6 Curvas de fluxo de suspensões contendo diversas relações aglomerante: plastificante.

As diversas suspensões preparadas foram conformadas como filmes. A Figura 2 apresenta uma das fitas conformadas, com largura de 10 cm e espessura de $\cong 200 \mu\text{m}$. Após a conformação, com exceção da fita que contém 15% de SL com a proporção $A/P = 1$, todas as fitas apresentaram algum tipo de defeito depois de secas, inviabilizando a obtenção de produtos sinterizados livres de defeitos.



Figura 2 Fita de LaCrO_3 conformada pela técnica de *tape casting*.

A Figura 3a apresenta uma micrografia (MEV) com o aspecto da superfície seca ao ar da fita de melhor resultado (15%, $A/P = 1$). Em toda a superfície da fita, observa-se

um aspecto homogêneo na distribuição das partículas, detalhe importante que, ao final do processo, irá favorecer bastante a obtenção de produtos livres de defeitos. A Figura 3b mostra o aspecto da superfície da fita (15%, A/P = 1) seca em contato com o substrato, a qual também apresenta homogeneidade na distribuição das partículas, entretanto há a presença de regiões mais escuras pertencentes aos aditivos, ocasionados pela diferença na velocidade de secagem entre as duas superfícies (SETZ et al., 2010).

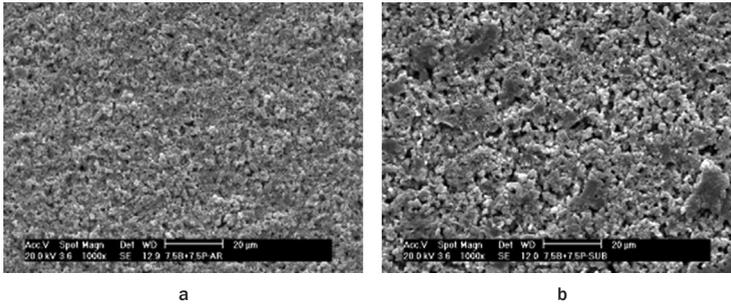


Figura 3 Microscopia da superfície seca ao ar (a) e no substrato (b), da fita (15%, A/P = 1) conformada.

Pelos resultados obtidos após a conformação, a fita nas melhores condições (15%, A/P = 1) foi submetida à análise termogravimétrica (ATG), com o propósito de determinar a temperatura necessária para eliminação dos componentes orgânicos na etapa de sinterização. Conforme se observa no Gráfico 7, a partir de 400°C praticamente todo o material orgânico é eliminado, e, assim, uma etapa nessa temperatura foi considerada na sinterização.

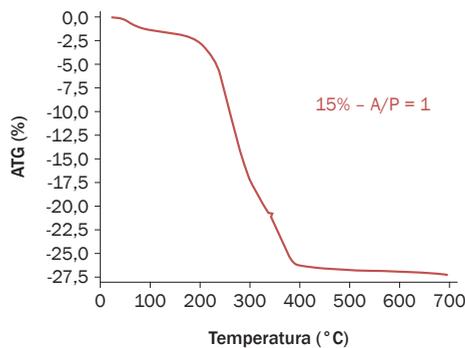


Gráfico 7 Análise TG para a fita conformada contendo 15%, em massa, da mistura de aditivos na proporção de 1A:1P.

A Figura 4 apresenta a microestrutura (MEV) da fita sinterizada fraturada. Nessa figura, observam-se o aspecto de fratura intergranular, com uma distribuição homogênea dos grãos em torno de 2 μm , e alguma porosidade, reflexo da densidade teórica da fita que é de $\cong 94\%$. Essa densidade é adequada à aplicação como interconector em Sofc (FERGUS, 2004; SAKAI et al., 2004; MINH, 1993).

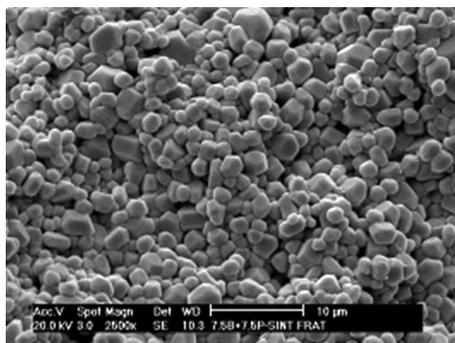


Figura 4 Microestrutura da superfície de fratura da fita (15%, A:P = 1) sinterizada.

4 CONCLUSÃO

A produção de filmes finos de cromito de lantânio dopado com estrôncio e cobalto pela técnica *tape casting* é possível quando se utiliza etanol como meio dispersor.

A relação aglomerante:plastificante proporciona fitas em melhores condições quando mantida na proporção 1:1 e na quantidade de 15% em massa.

As fitas conformadas e sinterizadas a 1.600°C/4 h apresentaram densidades de 94%, valor adequado para uso em células a combustível de óxido sólido.

TAPE CASTING FROM COLLOIDAL SUSPENSIONS OF LANTHANUM CHROMITE

Abstract

To manufacture solid oxide fuel cells (Sofc) interconnectors, the lanthanum chromite (LaCrO_3) is currently the most studied material. Due to the various possible configurations for this fuel cell type and complexity of forms, the use of techniques

involving conformation of concentrated ceramic suspensions become appropriate since, if well managed, help to obtain homogeneous parts, reproductive and complex geometries. Thus there was research on the rheological behavior of suspensions prepared from Sr and Co doped-LaCrO₃, synthesized by combustion reaction. The influence of dispersant concentration, the solid concentration of different relationships binder: plasticizer in the flow behavior of prepared slips, were evaluated. Results were obtained as films formed by tape casting technique from stable suspensions with thickness of $\cong 200 \mu\text{m}$ and after sintering are shown as suitable to use as Sofc interconnectors.

Keywords: Lanthanum chromite, Sofc, interconnector.

REFERÊNCIAS

- ANDRIANOV, M. A.; BALKEVICH, V. L.; SOTNIKOV, V. E. Use of lanthanum chromite for making electric heaters. *Refractories and Industrial Ceramics*, v. 21, n. 11, p. 592-596, 1980.
- BADWAL, S. P. S. Stability of solid oxide fuel cell components. *Solid State Ionics*, v. 143, n. 1, p. 39-46, 2001.
- BOSCHINI, F. et al. Slip casting of barium zirconate aqueous concentrated suspensions. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 26, n. 9, p. 1591-1598, 2006.
- CANNON, W. R.; BECKER, R.; MIKESKA, K. R. Interaction among organic additives used for tapecasting. In: YAN, M. F. et al. (Ed.). *Advances in ceramics: ceramic substrates and packages for electronic applications*. Westerville: American Ceramic Society, 1989. p. 525-541.
- FERGUS, J. W. Lanthanum chromite-based materials for solid oxide fuel cell interconnects. *Solid State Ionics*, v. 171, n. 1-2, p. 1-15, 2004.
- FINO, D. et al. The role of suprafacial oxygen in some perovskites for the catalytic combustion of soot. *Journal of Catalysis*, v. 217, n. 2, p. 367-375, 2003.
- GUTIERREZ, C.; SANCHEZ-HERENCIA, A. J.; MORENO, R. Plastic or pseudoplastic? Methods for determining and analysing the yield stress of ceramic slips. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, v. 39, n. 1, p. 105-117, 2000.
- HOTZA, D.; GREIL, P. Review: aqueous tape casting of ceramic powders. *Materials Science and Engineering*, v. A 202, n. 1-2, p. 206-217, 1995.
- IFRAH, S. et al. On the effect of La-Cr-O- phase composition on diesel soot catalytic combustion. *Catalysis Communications*, v. 8, n. 12, p. 2257-2262, 2007.
- JIANG, S. P.; ZHANG, S.; ZHEN, Y. D. A fast method for the investigation of the interaction between metallic interconnect and Sr-doped LaMnO₃ of solid oxide fuel cells. *Materials Science & Engineering B, Solid-state Materials for Advanced Technology*, v. 119, n. 1, p. 80-86, 2005.

- MEADOWCROFT, D. B. Electronically conducting refractory ceramic Electrodes for open-cycle MHD power generation. *Energy Conversion*, v. 8, p. 185-190, 1968.
- _____. Some properties of strontium-doped lanthanum chromite. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v. 2, n. 9, p. 1225-1233, 1969.
- MINH, N. Q. Ceramic fuel cells. *Journal of the American Ceramic Society*, v. 76, n. 3, p. 563-588, 1993.
- MISTLER, R. E.; TWINAME, E. R. *Tape casting: theory and practice*. Westerville: Wiley-American Ceramic Society, 2000.
- MORENO, R. The role of slip additives in tape-casting technology. Part II: binders and plasticizers. *American Ceramic Society Bulletin*, v. 71, n. 11, p. 1647-1657, 1992.
- _____. *Reología de suspensiones cerámicas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2005.
- MORRISON, I. D. Electrical charges in nonaqueous media. *Colloids and Surfaces A, Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 71, n. 1, p. 1-37, 1993.
- RUSSO, N. et al. Studies on the redox properties of chromite perovskite catalysts for soot combustion. *Journal of Catalysis*, v. 229, n. 2, p. 459-469, 2005.
- SAKAI, N. et al. Lanthanum chromite-based interconnects as key materials for SOFC stack development. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, v. 1, n. 1, p. 23-30, 2004.
- SARACCO, G. et al. Methane combustion on Mg-doped LaCrO_3 perovskite catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 8, n. 2, p. 229-244, 1996.
- SAUVET, A. L. et al. Surface properties and physicochemical characterizations of a new type of anode material, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Ru}_y\text{O}_{3-\delta}$, for a solid oxide fuel cell under methane at intermediate temperature. *Journal of Catalysis*, v. 209, n. 1, p. 25-34, 2002.
- SCHÄFER, W. et al. Materials, interfaces and production techniques for planar solid oxide fuel cells. *Solid State Ionics*, v. 86-88, n. 2, p. 1235-1239, 1996.
- SETZ, L. F. G. et al. Sintering of cobalt and strontium doped lanthanum chromite obtained by combustion synthesis. *Materials Science Forum*, v. 530-531, p. 671-676, 2006.
- _____. Synthesis and sintering behavior of the lanthanum chromite doped with strontium and cobalto for soft interconnect applications. In: BANSAL, N. P. (Ed.). *Advances in solid oxide fuel cells III: ceramic engineering and science proceedings*. Westerville: John Wiley & Sons, 2007. p. 239-252.
- _____. Physicochemical characterization of strontium and cobalt doped lanthanum chromite powders produced by combustion synthesis. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, v. 6, n. 5, p. 626-635, 2009.
- SETZ, L. F. G. et al. Tape casting of strontium and cobalt doped lanthanum chromite suspensions. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 30, n. 14, p. 2897-2903, 2010.
- SUVOROV, S. A.; SHEVCHIK, A. P. A heating module equipped with lanthanum chromite-based heaters. *Refractories and Industrial Ceramics*, v. 45, n. 3, p. 196-200, 2004.

WEST, D. L.; MONTGOMERY, F. C.; ARMSTRONG, T. R. Use of $\text{La}_{0,85}\text{Sr}_{0,15}\text{CrO}_3$ in high-temperature NO_x sensing elements. *Sensors and Actuators B-Chemical*, v. 106, n. 2, p. 758-765, 2005.

WIDEGREN, J.; BERGSTRÖM, L. The effect of acids and bases on the dispersion and stabilization of ceramic particles in ethanol. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 20, n. 6, p. 659-665, 2000.

Contato

Luiz F. G. Setz

e-mail: lfsetz@yahoo.com.br