

Síntese de uma cerâmica supercondutora via rota convencional

Filipe Porfírio Vieira¹, Prof. Dr. Gilberto José Pereira²

¹ Engenharia Elétrica, Centro universitário FEI

² Engenharia de Materiais, Centro universitário FEI

philip_porfirio@hotmail.com

gilbertop@fei.edu.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo a síntese de uma cerâmica supercondutora do tipo $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (óxido de ítrio bário cobre), onde serão utilizados dois procedimentos para a obtenção do supercondutor. O primeiro será obtido através de uma composição comercial pronta, servindo como parâmetro, e o outro partindo de precursores comerciais, óxidos e carbonato. Posterior à obtenção das pastilhas supercondutoras, as mesmas serão caracterizadas através de difração de raio x e microscopia de varredura, seguido da verificação do efeito Meissner.

1. Introdução

Um dos principais gargalos da evolução tecnológica é a eficiência energética. Frente a isso, a busca por materiais com rendimento cada vez mais promissores tem sido objeto de pesquisa por diversos setores do meio científico e industrial. Na área elétrica essa problemática praticamente se resume a eficiência de condução de corrente elétrica, como por exemplo em linhas de transmissão, transformadores e motores de indução. Os materiais comumente usados para a condução de corrente elétrica como o cobre e alumínio, apesar de serem conhecidos como bons condutores, quando comparados a materiais isolantes, apresentam certa resistência a passagem de corrente elétrica. As perdas energéticas presente na condução de corrente elétrica são devidas ao efeito Joule[1], que essencialmente se resume as colisões dos elétrons com a rede cristalina do metal ou liga metálica condutora, esses choques podem ser tanto devido aos próprios átomos que compõem a rede como impurezas.

O supercondutor tem grande vantagem nessa corrida por eficiência, pois em condições específicas oferece resistência nula a passagem de corrente elétrica, fato de muito interesse em aplicações específicas que demandam altos valores de corrente elétrica como por exemplo aparelhos de ressonância magnética que chegam a produzir campos magnéticos da ordem da unidade, Tesla[2].

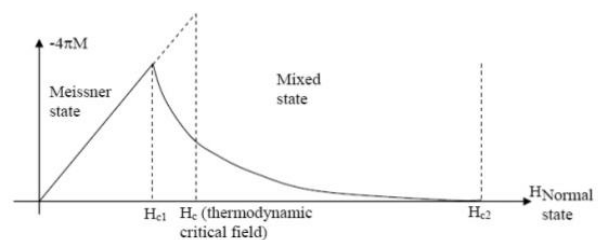
Descoberto em 1911 pelo físico holandês Heike Kamerlingh Onne [3], o fenômeno foi observado pela primeira vez quando se resfriou mercúrio a temperatura absoluta de 4K e a resistência a passagem de corrente elétrica caiu abruptamente à zero. Para que um material apresente a característica supercondutora o mesmo deve ser resfriado a uma certa temperatura chamado de temperatura crítica T_c . Os primeiros materiais estudados como supercondutores, foram os metais e ligas metálicas e suas temperaturas críticas são baixíssimas

próximos ao zero absoluto, onde os estudos só foram possíveis com hélio líquido (4K) e hidrogênio líquido (22K). Em 1986 foi alcançado um marco no segmento de supercondutores, pois com os estudos voltados a compostos cerâmicos, foi alcançado a temperatura de 92K para o composto $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, descoberta notável, pois podia ser usado nitrogênio líquido (77K) para resfriar as amostras.

A segunda característica fundamental da supercondutividade, sendo primeira a resistência nula a passagem de corrente elétrica, é o diamagnetismo perfeito, isto é, o material resfriado a sua temperatura crítica repele completamente um certo campo magnético aplicado em seu entrono. O fenômeno foi observado em 1933 por Walther Meissner e Robert Ochsenfeld e ficou conhecido como efeito Meissner [4].

Os supercondutores são classificados em tipo I e tipo II. Essa caracterização se baseia no comportamento diamagnético do supercondutor onde os materiais do tipo I apresentam um único campo magnético crítico H_c , que abaixo de H_c se comporta como diamagnético perfeito. Os supercondutores tipo II tem dois campos magnético crítico H_{c1} e H_{c2} , onde na região abaixo a H_{c1} apresenta diamagnetismo perfeito. Entre H_{c1} e H_{c2} apresentam um comportamento misto com algumas linhas de campo penetrando o material, este estado é conhecido também como vórtices[5]. Acima de H_{c2} o material deixa de apresentar os efeitos da supercondutividade, a figura 1 ilustra esta configuração.

Figura 1: curva de magnetização versus campo aplicado



Fonte: superconductor.org (2018)

A estrutura que representa o composto $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ é composta por camadas de CuO_2 separadas por camadas intermediárias do tipo AO e camadas do tipo MO_2 empilhadas em sequencias diferentes, com A representando metal de terras raras alcalinas que neste caso é o Bário, e o M representando um metal de transição ou outros metais, que para o composto estudado é o Ítrio[6].

A variável mais importante do composto é a quantidade de oxigênio contido na amostra, uma vez

que a variação dessa quantidade pode mudar muito as propriedades físicas do material, inclusive a mais importante, sua temperatura crítica para o estado supercondutor. Muitos estudos apontam que a T_c depende fortemente do balanço de cargas entre as cadeias e planos de cobre-oxigênio, por isso a forte dependência do conteúdo de oxigênio na amostra. As cadeias de CuO serve como reservatório de elétrons do qual são transferidos para os planos de CuO na medida em que a quantidade de oxigênio diminui, sendo nesses planos onde a condutividade se origina. Então, ao tempo que o conteúdo de oxigênio diminui na composição, o mesmo ocorre com a T_c [7]. Quando o conteúdo de oxigênio chega abaixo de 6.3 as mudanças na estrutura fazem com que o material deixe de apresentar a supercondutividade.

2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é baseada nos métodos convencionais de processamento cerâmico, os quais envolvem a secagem dos precursores, mistura, moagem a seco, compactação, queima (calcinação, sinterização e recozimento).

Óxido de Ítrio (Y_2O_3) será aquecido por 40 horas a uma temperatura de 800°C, com o objetivo de remover umidade da amostra, posteriormente após resfriada reservar em um dessecador.

O óxido de Cobre (CuO) será aquecido por 56 horas em um forno tubular a uma temperatura de 820°C com fluxo de oxigênio atmosférico, com o objetivo de obter uma amostra bem oxigenada.

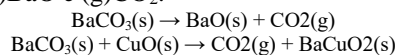
2.1. Mistura dos precursores

Após o tratamento dos óxidos, preparar a mistura em um almofariz cerâmico fazendo a moagem e mistura manual por 50 minutos.

Proporção em massa:

Óxido de Ítrio (Y_2O_3)	15,3%
Carbonato de Bário ($BaCO_3$)	52,89%
Óxido de Cobre (CuO)	31,98%

Então, após a mistura dos óxidos, a amostra será submetida à calcinação por 24 horas a uma temperatura de 950°C. Nesta fase não são indicadas taxas de aquecimento e resfriamento. Esta etapa tem como objetivo a reação do sal, carbonato de bário ($BaCO_3$), obtendo (S)BaO e (g)CO₂.



Ao fim desta etapa o resultado deve ser uma crosta porosa cinza escuro, caso seja observado uma coloração esverdeada na amostra o procedimento de moagem e aquecimento deve ser repetido. Na receita fonte desse procedimento foi repetido três vezes o procedimento independente do resultado final.

2.2. Tratamento térmico intermediário (Sinterização)

A amostra deve ser aquecida a uma temperatura de 965°C durante 40 horas, com uma taxa de aquecimento de 5°C por minuto e uma taxa de resfriamento de 100°C

por hora entre os intervalos de 900 a 400°C e para o restante não ultrapassar a taxa de 250°C por hora. Nesta fase é necessário manter um fluxo de oxigênio durante o resfriamento a uma taxa de 15mL por minuto, pelo menos até o resfriamento atingir 400°C. Este procedimento como objetivo induzir a reação final dos precursores para a formação do composto final e a formação cristalina da estrutura.



Então, será produzido pastilhas com o auxílio de uma matrix e uma prensa hidráulica a uma pressão aproximadamente de 1 tonelada/cm².

Após obtida a pastilha, a mesma será aquecida em duas etapas: 665°C por 8 horas e 400°C por 24 horas. Esta etapa também deve ser feita com fluxo de oxigênio durante o resfriamento, por isso recomenda-se um forno tubular. A taxa de aquecimento e resfriamento são iguais ao da sinterização, ou seja, uma taxa de aquecimento de 5°C por minuto e uma taxa de resfriamento de 100°C por hora. O fluxo de oxigênio deve ser de 15mL por minuto.

2.3. Análise dos resultados

Após a sintetização das pastilhas, estas serão submetidas a análises e caracterização de composição e fases obtidas. Para a difração de raios X será utilizado o equipamento **Shimadzu XRD-7000**. E microscopia de varredura

Por fim a análise do efeito Meissner, onde a amostra será resfriada com nitrogênio líquido e exposta a um campo magnético proveniente de um ímã de terras raras.

Referências bibliográficas

- [1] CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [2] R. M. Scanlan, A. P. Malozemoff and D. C. Larbalestier, Superconducting Materials for Large Scale Applications, special edition of the IEEE Proceedings 2004
- [3] H. K. Onnes, Leiden Communications, 120b, 122b, 124c, (1911).
- [4] W. Meissner and R. Ochsenfeld, Naturwiss. 21, 787 (1933).
- [5] A. A. Abrikosov, Doklady Akademii Nauk SSSR 86, 489 (1952).
- [6] Brent A. Howe, Crystal Structure and Superconductivity of $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, Minesota State university, julho 2014.
- [7] S. C. Tidrow, D. M. Pierce, A. Tauber, W. D. Wilber, R. D. Finnegan, D. W. Eckart, J. Supercond. 11, 219 (1998).