

Influência microestrutural da liga strip casting em ímãs TRFeB

Aline Nunes Santos e Hidetoshi Takiishi
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Ímãs de anisotrópicos de NdFeB são atualmente os que possuem maior produto de energia (BH_{max}) com menor volume de material, o que nos fornece uma ampla variedade de aplicações, entre elas as principais são: motores de carros híbridos e turbinas eólicas [1,2]. Entretanto esses ímãs apresentam baixa temperatura de Curie e baixa resistência à corrosão, o que incentiva a busca de melhorias nesta área [2].

No presente trabalho, foi estudada a influência do processamento das ligas magnéticas produzidas por “strip casting” (resfriamento rápido), $Nd_{14}Fe_{bal}B_6Co_{3.3}Ga_{0.2}Cu_{0.16}Al_{0.37}Dy_{0.43}$, na microestrutura e propriedades magnéticas nos ímãs permanentes. Os ímãs sinterizados são produzidos por metalurgia do pó e são submetidos à decrepitação por hidrogênio (HD) para fragilização da liga [3,4].

“Strip casting” é um método de obtenção da liga por fundição contínua e laminação a quente e resfriamento rápido [5,6]. Este método é vantajoso, pois o resfriamento rápido inibe a fase de ferro livre, o que é prejudicial para as propriedades magnéticas.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar as propriedades magnéticas e microestrutura da liga com a composição $Nd_{14}Fe_{bal}B_6Co_{3.3}Ga_{0.2}Cu_{0.16}Al_{0.37}Dy_{0.43}$.

METODOLOGIA

A liga comercial utilizada tem a composição $Nd_{14}Fe_{bal}B_6Co_{3.3}Ga_{0.2}Cu_{0.16}Al_{0.37}Dy_{0.43}$ obtida via “strip casting”.

Foram feitas as adaptações necessárias para o processo de HD [4,7]. São colocados 15 g da liga em uma atmosfera de hidrogênio (H_2) com pressão de 2000 mBar. A proporção de massa entre liga e esferas de aço que são utilizadas na moagem é de 1:10, esta é feita em meio úmido com a adição de 20 mL de ciclohexano. A liga permaneceu no moinho planetário de alta energia durante 45 minutos.

A secagem do pó é feita durante 20 minutos para a extração do ciclohexano. Em seguida o pó é transferido para um molde de silicone em atmosfera inerte.

O alinhamento do pó é submetido a um campo magnético de 6T no magnetizador (LDJ 450 – 20C) e a compactação é realizada em prensa isostática à pressão de 200 MPa.

O ímã é sinterizado durante 60 minutos a 1358 K com uma taxa de aquecimento de 0,47 K/s e resfriado ao ar.

As propriedades magnéticas foram obtidas através do Permeâmetro LDJ BH 5000. A caracterização da liga para identificação de fases foi realizado no microscópio eletrônico de varredura (MEV) e difração de Raios-X.

RESULTADOS

Foi identificada uma única fase de $Nd_2Fe_{14}B$ (matriz), a partir do difratograma de Raios-X, como mostrado na figura 1.

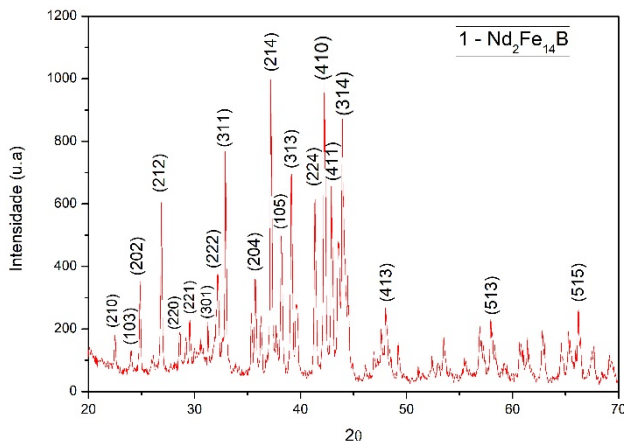


Figura 1. Difratoograma de raios-X da liga $\text{Nd}_{14}\text{Fe}_{\text{bal}}\text{B}_6\text{Co}_{3.3}\text{Ga}_{0.2}\text{Cu}_{0.16}\text{Al}_{0.37}\text{Dy}_{0.43}$ onde foi identificada a fase matriz $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

Na figura 2, está apresentada a micrografia obtida por MEV onde foram identificadas duas fases, sendo: a fase matriz (ϕ) $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, em cinza, confirmando o resultado obtido por difração de Raios-X, e a fase rica em terras-raras (Nd), que é a região branca.

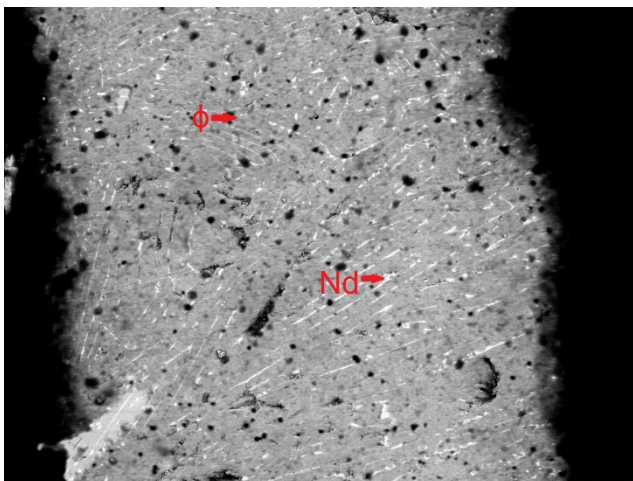


Figura 2. Microestrutura da liga $\text{Nd}_{14}\text{Fe}_{\text{bal}}\text{B}_6\text{Co}_{3.3}\text{Ga}_{0.2}\text{Cu}_{0.16}\text{Al}_{0.37}\text{Dy}_{0.43}$ onde estão identificadas as fases: matriz (ϕ) e rica em Nd.

As propriedades magnéticas do ímã produzido foram: Remanência (Br) = 10,1kG, Coercividade Intrínseca (iHc) = 10.6 KOe, Coercividade Indutiva (bHc) = 7,8 KOe, produto de energia máximo (BH(máx))

= 19,2 MGOe e Fator de Quadratura (SF) = 0,56.

CONCLUSÕES

A liga obtida por “strip casting” não apresentou a fase de ferro livre, que é prejudicial às propriedades magnéticas. As propriedades magnéticas do ímã foram: Br de 10,1 kG e iHc de 10.6 KOe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GAO, R.W. Study of high-coercivity sintered NdFeB magnets, v. 308, p. 20-23, 2007.
- [2] DAVIES, B. E. Recent developments in the sintering of NdFeB, v.67, p. 272-281, 2001.
- [3] TAKIISHI, H. Estudo da Microestrutura e Propriedades de Ligas Magnéticas e Ímãs Permanentes de Terras Raras-Metals De Transição-Boro Processados Com Hidrogênio, Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- [4] HARRIS, I.R.; NOBLE, C.; BAYLE, T. J.Less-Common Metal, v. 131, p. L1-L4, 1985.
- [5] FANG, F. Influence of cold rolling direction on texture, inhibitor and magnetic properties in strip-cast grain-oriented 3% silicon steel, v. 424, p. 339-346, 2017.
- [6] YANG, G. Microstructural evolution and mechanical properties of dual phase steel produced by strip casting, v. 703, p 486-495, 2017.
- [7] FARIAS, R. N.; WILLIAMS, J.S.; ABELL, I. R.; HARRIS, I. R. Magnetic properties of Pr-Fe-B sintered magnets processed from hydride powder and from partially desorbed hydride powder, in: Proceedings of the 14th International Workshop on Rare Earth Magnets, S. Paulo, Brazil, p. 570-579, 1996.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa de Iniciação Científica CNPq/CNEN.