

21. Química

Síntesis de materiales magnéticos blandos para su aplicación en aerogeneradores

di Prátula, Pablo E.¹; Pistonesi, Carlos A.²; di Prátula, Horacio R.²; Frechero, Marisa A.¹

frechero@uns.edu.ar

¹Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, INQUISUR, CONICET, dirección (C.P.), Bahía Blanca, Argentina.

²GESE FRBB, Universidad Tecnológica Nacional.

Resumen

Se sintetizaron materiales magnéticos blandos para ser utilizados en estatores de generadores de flujo transversal con aplicación a generación eólica e hidrocínética: NiFe_2O_4 , ZnFe_2O_4 , SrTiO_3 , compuesto de tipo $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SrTiO}_4$ y una mezcla de NiFe_2O_4 /matriz vítrea. Se caracterizaron por difracción de rayos X, espectroscopia de impedancia compleja, epstein cuadrado, espectroscopia UV-visible y microscopia óptica. Los resultados obtenidos con la última técnica de caracterización mencionada anteriormente, después de realizar un tratamiento térmico específico, revelan un crecimiento de nano-cristales en el seno del material dando lugar a innovadores métodos de diseño. Se desarrolló un estator prototipo (a escala de laboratorio) para ensayar los materiales diseñados.

Palabras clave: Magnetismo, Materiales Magnéticos Blandos, Aerogeneradores, Materiales Vítreos.

Introducción

El aumento de la demanda de energía, la contaminación y uso elevado de los combustibles fósiles, la falta de eficiencia en el uso de la energía generada, han motivado la investigación en la búsqueda de un modo sustentable en la generación y almacenamiento de energía. De este modo sabemos que el viento es una fuente de energía inagotable y segura, limpia y económica, observando los recientes avances tecnológicos en

turbinas eólicas de velocidad variable, en electrónica de potencia y en accionamientos de máquinas han hecho de la energía eólica una forma de energía competitiva, tanto como la energía obtenida de los combustibles fósiles (Glass Technology, European Journal of Glass Science and Technology Part A; 2005).

Nuestro grupo de trabajo investiga y desarrolla materiales que aportan un

avance tecnológico importante en el marco de las energías renovables. Para poder obtener materiales viables y tecnológicamente aplicables se observa el desarrollo de materiales de grandes y reconocidas empresas, como por ejemplo Hitachi Metals que en 1988 descubrieron un nuevo tipo de material con propiedades magnéticas blandas. Se trata de sistemas con estructuras nanocrystalinas obtenidos a partir de la cristalización controlada de aleaciones amorfas y que poseen granos de dimensiones entre 10 y 20nm inmersos en una matriz amorfa. Estos materiales nanocrystalinos mejoran las propiedades de su precursor amorfo mostrando una alta imantación de saturación, magnetostricción casi nula y baja fuerza coercitiva. El material desarrollado por la Hitachi (FINEMET) consiste en un vidrio metálico que se somete a un tratamiento térmico a 550°C que propicia una estructura interna bifásica: la fase cristalina (o nano cristalina) que representa un 60% del total del volumen del material [formada por nanogranos de fase α -Fe(Si) de ~20 nm de diámetro con un contenido de Si cercano al 20% (i.e. α -Fe₈₀ Si₂₀)] y la matriz amorfa de composición rica en Fe, B y Nb (Soon-Do Yoon; 2013).

Objetivos

Los objetivos propuestos a corto, mediano y largo plazo son: Obtener materiales compuestos nanoestructurados vidrios-

ferritas con propiedades magnéticas para su aplicación en generadores de nuevo diseño. Desarrollar método de moldeado en caliente. Optimizar la síntesis de nanopartículas férricas. Caracterización óptica de la morfología y concentración de dichos materiales. Estudiar la estabilidad (aplicación de técnicas de microscopía electrónica). Estudiar la tribología de las superficies. Aplicarlos en un prototipo de generador a escala de laboratorio. Medir su performance en campo (influencia estacional). Desarrollar un protocolo para la instrumentación empleada.

Materiales y Métodos

En este trabajo presentamos la síntesis y caracterización de materiales magnéticos blandos para ser usados en estator de un generador de flujo transversal utilizando las siguientes técnicas:

- Método sol-gel: NiFe₂O₄ y ZnFe₂O₄
- Método de Quenching con una mezcla de NiFe₂O₄ y un material Vítreo.
- Método de reacción de estado sólido: SrTiO₃ y composites del tipo NiFe₂O₄/SrTiO₃.

Este último se preparó con el fin de evitar los problemas de tipo físico, estructural y electrónico en el cual el acoplamiento magnetoeléctrico se puede alcanzar explotando los efectos entre fases disimiles. Todos los materiales fueron

caracterizados por espectroscopia de impedancia, difracción de rayos X, Epstein cuadrado, espectroscopia UV-visible y microscopia óptica (Pratthana, I.; 2017).

Se realizaron tratamientos térmicos en algunos materiales magnéticos blandos [NiFe₂O₄/LBPB(Vitro-ceramico)]; [NiFe₂O₄/LBPB4 (Material Vítreo). Tratamientos: [sin tratamiento], 1Hs y 2Hs a 430°C].

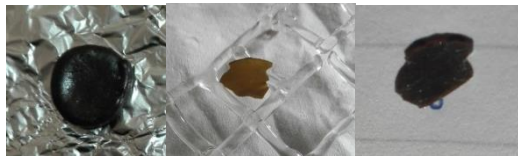


Fig.1: Izquierda: Vitro-ceramico; centro: muestra sin tratar; derecha: muestra tratada 1Hs a 430°C.

Síntesis por el método de quenching (Matriz vítrea y NiFe₂O₄)

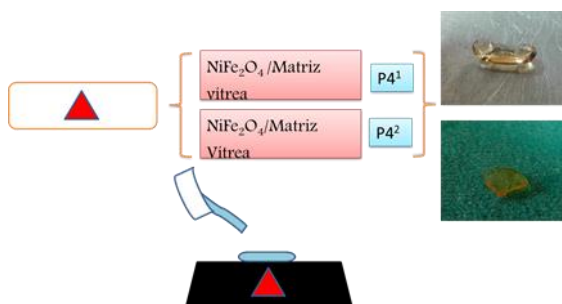


Fig.2: síntesis por el método de quenching (J.Y.Patil; 2014).

Resultados y Discusión

Se analizó el material amorfo por espectroscopia UV-visible (Fig. 1) y por microscopia óptica, donde se pudo

observar un crecimiento de nano-cristales en el seno del material amorfo. También se desarrolló un Instrumento a escala de laboratorio que simula el funcionamiento de un estator en un molino eólico para ver el comportamiento del material magnético sintetizado.

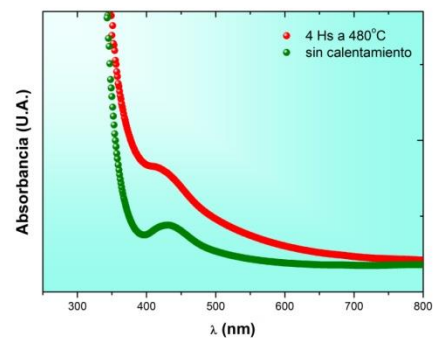


Fig. 3: Espectro UV- visible de la muestra P4¹ tratada por 4Hs a 480°C comparada con la que no fue tratada.

Experimentalmente la conductividad eléctrica de una muestra puede ser determinada mediante la Espectroscopia de Impedancia Compleja, la cual permite obtener el valor de la resistencia del material a una dada temperatura. Esta resistencia es una medida de la habilidad de los elementos de un circuito a resistir el flujo de corriente eléctrica. En su forma elemental, la resistencia eléctrica de un material está relacionada con el flujo de la corriente que lo atraviesa cuando se aplica una diferencia de potencial. Así, la Ley de Ohm relaciona estos conceptos macroscópicos mediante la expresión:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{ec.1})$$

donde:

ΔV = Diferencia de potencial

I= Corriente

R= Resistencia

Aunque esta relación es bien conocida, su uso está limitado solo a resistores ideales. En la práctica, los circuitos presentan comportamientos más complejos. Es necesario entonces abandonar estos conceptos simples y aplicar el término "impedancia", que es un parámetro mucho más general. A diferencia de la resistencia la impedancia de un circuito de c.a. depende de la frecuencia de la señal que sea aplicada. La impedancia de un sistema a cada frecuencia está definida por la razón entre la amplitud de la señal de corriente alterna y la amplitud de la señal de potencial alterno y el ángulo de fase (J. Ross Macdonald; 2005); (N. Syam Prasad, 2001).

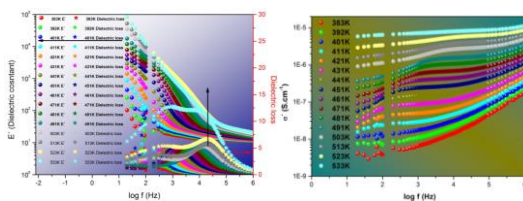


Fig.4: permitividad y conductividad real en función del log f del material sin tratamiento.

Conclusiones

Se sintetizaron materiales magnéticos innovadores que permitirían aumentar la vida útil y modelarlos con geometrías

variables.

Se utilizó un material vítreo diseñado exclusivamente con características de composición química tales que mejoran el crecimiento de la fase magnética.

Se desarrolló un estator prototipo (a escala de laboratorio) para ensayar los materiales diseñados.

Es importante destacar que los materiales vítreos han sido utilizados fundamentalmente para construir transformadores y sensores, nunca se utilizaron en máquinas rotativas. Las características del generador de flujo transversal admiten la construcción con materiales vítreos. Esto le otorgará al generador la característica de poseer un rotor de baja inercia y un estator de baja pérdida, optimizando su rendimiento y a la vez su generación.

Los ensayos a los que se ha sometido el vidrio permiten obtener las curvas de magnetización, ciclo de histéresis y compararlo con materiales de uso comercial como Silicio grano orientado. Estos resultados serán publicados en el 3er Congreso de Energía Sustentable de Bahía Blanca a realizarse en la ciudad de Bahía Blanca para el 17-19 de octubre próximo.

Bibliografía

1. Glass Technology, European Journal of Glass Science and Technology Part A, April 2010 Volume 51

- Number 2, ISSN 1753–3546. Society of Glass Technology; 2005.
2. Soon-Do Yoon, Jong-Un Lee, Jeong-Hwan Lee, Yeon-Hum Yun, Wang-Jung Yoon, Characterization of Wollastonite Glass-ceramics Made from Waste Glass and Coal Fly Ash, J. Mater. Sci. Technol., 2013, 29(2), 149-153. Elsevier.
 3. Pratthana, I.¹, Wilaiwan, L.², Pongsakorn, J.³, Sukum, E.⁴, Gobwute, R.⁵, Kamonpan, P.⁶, Ceramics International, (43), pp. S258-S264, 2017.
 4. J.Y.Patil, D.Y.Nadargi, J.L.Gurav, I.S.Mulla, S.S.SuryavanshiM; Materials Letters 124 (2014) 144–147.
 5. Evgenij Barsoukov; J. Ross Macdonald; Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications; 2005.
 6. N. Syam Prasad and K. B. R. Varma; Materials Research Centre, Indian Institute of Science; May 2001.

Agradecimientos

Agradecemos a CONICET, UTN y a la UNS por el apoyo y financiamiento de este trabajo.

Financiamiento

Dichos trabajos son financiados por CONICET.