



## Kabul Edilmiş Araştırma Makalesi (Düzenlenmemiş Sürüm)

## Accepted Research Article (Uncorrected Version)

**Makale Başlığı / Title**

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi kompozit malzemenin sentezi ve manyetik özelliklerinin incelenmesi  
Synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi composite material and study of its magnetic properties

**Yazarlar / Authors**

Muharrem KUNDURACI\*

**Referans No / Reference No**

PAJES-84704

**DOI**

10.5505/pajes.2018.84704

Bu PDF dosyası yukarıda bilgileri verilen kabul edilmiş araştırma makalesini içermektedir. Sayfa düzeni, dizgileme ve son inceleme işlemleri henüz tamamlanmamış olduğundan, bu düzenlenmemiş sürüm bazı üretim ve dizgi hataları içerebilir.

This PDF file contains the accepted research article whose information given above. Since copyediting, typesetting and final review processes are not completed yet, this uncorrected version may include some production and typesetting errors.



/ i # / i # . « " ¥ ' Ş « © - « ¶ ¥ ° ' © Ş " ¶ i © i a ¥ a ' - i a  
¥ a œ j " i a © i - ¥  
' µ a ° α j - ¥ # - / ¶ ¶ / i « " ¥ ' œ « © - « - ¥ ° i ' © Ş ° i ® ¥ Ş  
- ® « - i ® ° ¥ j -

Muharren KUNDURACI\*

! ş ş ¥ a j ' ! α j a ¥ ¥ - " ¥ Ö ¥ ' ! α j a ¥ ¥ - " ¥ Ş / ş ş " ( i - ® ¥ Ş µ ( i ® Ş ' kunduraci.m@hotmail.com

Geli Tarihi/Received 24.02.2018, Kabul Tarihi/Accepted 11.06.2018

doi: 10.5505/pjes.2018.84704

\* - ş ¶ á á Corresponding Author

\* ® ş ° á ® © ş Research Article

j ¶

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi kompozit malzemesi üretilmiştir. Birinci aşamada, oksijen esaslı yavaş soğutma kullanılarak düşük sıcaklıkta oksit öncül malzemesi 500 °C'den 700 °C'ye geçilerek indirgenmiştir. Farklı sıcaklık, morfolojik ve manyetik özellikleri araştırılmıştır. Mikroskop ve titre emilim örnekleri 600 °C'den 700 °C'ye geçilerek gözlemlenmiştir. Doğrulama için kuantitatif analiz yapılmıştır. Bu deney yapıdan kristal boyutları yaklaşık olarak 100 nm ile açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Yavaş soğutma, Hidrojen indirgeme, Pechini

Abstract

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi composite materials were produced in two steps process. In the first step, oxide precursor was produced at low temperature by slow cooling based Pechini method. In the second step, the precursor was heated to 500 °C in hydrogen gas and metal/oxide composite material was obtained. The structural, morphological and magnetic properties of materials produced at different temperatures were investigated by XRD, SEM and vibrating magnetometer. Sudden changes in magnetic properties were observed during transition from 600 °C to 700 °C. These changes were with the crystallization of magnetic CoNi phase from an amorphous state and nearly double of particle size of CoNi phase.

Keywords: Slow magnetic composition, Hydrogen reduction, Pechini

1. Giriş

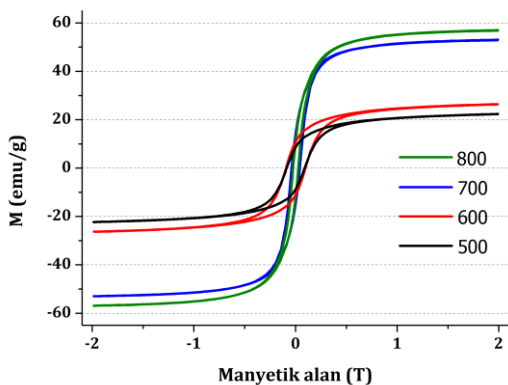
Metal/oksit kompozit malzemeler elektriksel ve manyetik özellikleri nedeniyle birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle enerji depolama, katalizör ve sensör uygulamaları için önemli rol oynamaktadır. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi kompozit malzemesi, yüksek sıcaklıkta oksit öncül malzemesi kullanılarak üretilmiştir. Bu malzemenin manyetik özellikleri, sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada, farklı sıcaklıklarda üretilen malzemenin yapısal, morfolojik ve manyetik özellikleri araştırılmıştır. Mikroskop ve titre emilim yöntemleri kullanılarak malzemenin yapısal ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca, titre emilim yöntemi kullanılarak malzemenin manyetik özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, malzemenin manyetik özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim, malzemenin yapısal ve morfolojik özellikleri ile ilişkilendirilmiştir.

2. Materyal ve metod

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi kompozit malzemesi, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO ve CoNi malzemelerinin karıştırılmasıyla üretilmiştir. Malzemenin üretilmesi için Pechini yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada, malzemenin oksit öncül malzemesi olarak üretilmesi için düşük sıcaklıkta oksit öncül malzemesi kullanılmıştır. İkinci aşamada, malzemenin metal/oksit kompozit malzemesi olarak üretilmesi için malzemenin 500 °C'de indirgenmesi sağlanmıştır. Malzemenin üretilmesi için farklı sıcaklıklarda üretilen malzemenin yapısal, morfolojik ve manyetik özellikleri araştırılmıştır. Mikroskop ve titre emilim yöntemleri kullanılarak malzemenin yapısal ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca, titre emilim yöntemi kullanılarak malzemenin manyetik özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, malzemenin manyetik özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim, malzemenin yapısal ve morfolojik özellikleri ile ilişkilendirilmiştir.



Sentezlenen malzemelerin 25 °C'de ölçülen histeresis döngülerinin Manyetik alan (T) ile Manyetik moment (M emu/g) arasındaki ilişkisini gösteren grafiği. Grafikte 500, 600, 700 ve 800 °C'de sentezlenen malzemelerin histeresis döngüleri görülmektedir. 800 °C'de sentezlenen malzeme en büyük histeresis döngüsüne sahiptir.



Tablo 1: Sentezlenen malzemelerin Manyetik alan (T) ile Manyetik moment (M emu/g) arasındaki ilişkisini gösteren grafiği. Grafikte 500, 600, 700 ve 800 °C'de sentezlenen malzemelerin histeresis döngüleri görülmektedir. 800 °C'de sentezlenen malzeme en büyük histeresis döngüsüne sahiptir.

Tablo 1: Sentezlenen malzemelerin Manyetik alan (T) ile Manyetik moment (M emu/g) arasındaki ilişkisini gösteren grafiği. Grafikte 500, 600, 700 ve 800 °C'de sentezlenen malzemelerin histeresis döngüleri görülmektedir. 800 °C'de sentezlenen malzeme en büyük histeresis döngüsüne sahiptir.

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/FeO/CoNi kompozit malzemeleri indirgeyici hidrojen üreten malzemelerin kimyasal, fiziksel ve manyetik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı sıcaklıklarda (500 ve 600 °C) sentezlenen malzemelerin Manyetik alan (T) ile Manyetik moment (M emu/g) arasındaki ilişkisini gösteren grafiği. Grafikte 500, 600, 700 ve 800 °C'de sentezlenen malzemelerin histeresis döngüleri görülmektedir. 800 °C'de sentezlenen malzeme en büyük histeresis döngüsüne sahiptir.

#### 4 Kaynaklar

- Tang Y, Zhang H, Li J, Hou G, Cao H, Wu L, Zheng G, Wu Q. Three-dimensional macroporous Cu<sub>2</sub>O/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite as binder-free anode for lithium-ion batteries. *Journal of Alloys and Compounds* 19, 20209, 2017.
- Xu G, Shi J, Dong W, Wen Y, Min X, Tang H. Synthesis of a Ni/Ag<sub>2</sub>S nanocomposite for μ<sub>0</sub>H<sub>2</sub> synthesis. *Journal of Alloys and Compounds* 630, 26271, 2015.
- Awan Z, Ghouri Z.K., Hashmi S. Influence of Ag nanoparticles on state of the art MnO<sub>2</sub> nanorods performance as an electrocatalyst for lithium air. *International Journal of Hydrogen Energy* 43 ( ), 29302942, 2018.
- Ouyang B, Xiong S, Zhang Y, Liu B, Li C. The study of morphology effect of Pt/C catalysts for higher alcohol synthesis from CO<sub>2</sub> hydrogenation. *Applied Catalysis A: General* 543, 18995, 2017.
- Zhou W, Liu J, Wu X, Chen J, Zhang A. An effective Co/MnO<sub>2</sub> catalyst for forming light olefins via Fischer-Tropsch synthesis. *Catalysis Communications* 76, 1, 2015.
- Kaskov J, Deayk P, Sobczak W. Silver on the properties of Au/ZnO catalyst and its activity. *Applied Surface Science* 444, 197, 2018.
- Prabhakaran J, Mangalaja R, Denardin J.C. Structural, magnetic and magnetic entropy changes on CoFeO/CoFe composites for magnetic refrigeration. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 444, 29306, 2017.
- Li Y, Wu T, Jin K, Qian Y, Qian Jiang K, Wu W, Tong G. Adsorption properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Ni. *Applied Surface Science* 397, 10201, 2016.
- Zhang Y, Zhang S, Zhang Y, Zhang J, Zhang Z. Separation in FeSi/MnZnFe. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 427, 1, 2016.
- Laks A, Kraken M, Ludwig F, Kornowski A, Eberbeck D, Hilgert F, Weller H, Bog M. Independent structural and magnetic properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanocrystals. *Nanoscience* 122812295, 2013.

[11] Xiang J, Chu Y, Shen X, Zhou G, Guo L. Electrospinning preparation, characterization and magnetic properties of cobalt/nickel ferrite ( $\text{Co}_x\text{Ni}_y\text{Fe}_2\text{O}_4$ ) nanofibers *Journal of Colloid and Interface Science* 376, 561, 2012.

[12] Yang F, Liu D, Li W, Xiong P, Jia Y, Chen X, Yang C. Morphology, microstructure and magnetic properties of  $\text{Co}_2\text{FeAl}$  alloy nanostructures prepared at low temperature *Journal of Alloys and Compounds* 735, 1206-1210, 2018.

[13] Hautcoeur D, Lorgouilloux Y, Leriche A, Gonon M. Thermal conductivity of ceramic/metal composites from preforms produced by freeze casting *Ceramics International* 42 (12), 14077-14085, 2016.

[14] Electro-catalytic performance for methanol oxidation on nanoporous Pd/NiO composites prepared by step dealloying *Fuel* 181, 26276, 2016.

[15] Hydrothermally synthesized Sn/graphene composites for sensing at low operating temperature *Materials Science and Engineering B* 209, 374, 2016

[16] Synthesis of Ni/NiO composites through ultrasonic pulse electrodeposition with excellent corrosion and wear resistance *Ceramics International* 44(1), 767-773, 2018.

[17] Corrosion behaviour and hardness of in situ consolidated nanostructured Al and Al alloys produced via high energy ball milling *Journal of Alloys and Compounds* 652, 22933, 2013

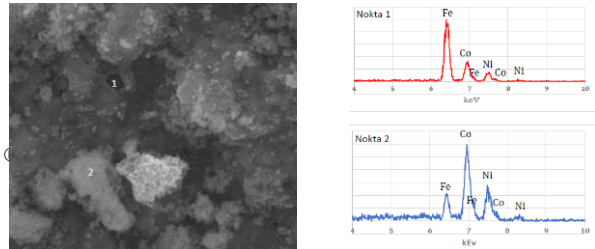
[18] Bio inspired green synthesis of NiO magnetic nanoparticles using Moringa oleifera leaves extract: A magnetically recoverable catalyst for organic dye degradation in aqueous solution *Journal of Alloys and Compounds* 700, 25258, 2017.

[20] Marinca T, Chicinas H, Neamtu B, Isard O, Chicinas I. Structural, thermal and magnetic characteristics of  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ni}_3\text{Fe}$  composite powder obtained by mechano-synthesis annealing route. *Journal of Alloys and Compounds* 652, 31321, 2015

[21] <http://slideplayer.biz.tr/slide/30346190>

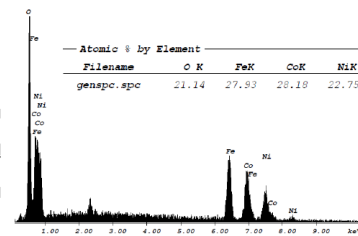
[22] Shokrollahi H, Janghorban K. *Journal of Alloys and Compounds* 189, 112, 2007.

Ek A



Ek A1: XRD analizi (kobalt ve nikel zengin).

Ek B



Ek B1: 800°C FeO/CoNi kompozit materyalin SEM analizi.

Ek C



Ek C1: 800°C FeO/CoNi kompozit materyalin SEM analizi.