



*Bu makale IVSS 2017 – Uluslararası Mesleki Bilimler Sempozyumunda Sunumu yapılan çalışmadan türetilmiştir.*

## MAKALE HAKKINDA

## FARKLI KOMPOZİSYONLARDAKİ Fe-Mg ALAŞIMLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

### Geliş:

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF Fe-Mg ALLOYS IN  
DIFFERENT COMPOSITIONS

EKİM 2017

### Kabul:

<sup>a</sup>İsmail Yıldız, <sup>b</sup>İbrahim Güneş, <sup>c</sup>Şükrü Ülker

ARALIK 2017

## Öz

Toz metalurjisi, çok küçük boyutlu partikülleri birbirine bağlayarak karışık şekilli parçaların üretimini sağlayan bir yöntemdir. Bu çalışmada, Fe-Mg toz karışımları homojen bir şekilde toz karıştırıcıda 24 saat süreyle karıştırılmıştır. Elde edilen tozlar tek eksenli preste 300 bar basınç altında soğuk olarak preslendikten sonra Ar atmosfer ortamında 620 °C sıcaklıkta sinterleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Sinterlenerek üretilen numunelere sırasıyla sertlik, yoğunluk ve gözeneklilik testleri uygulanmıştır. Metalografik analiz olarak XRD çalışması yapılmıştır. XRD analiz sonucu olarak Fe, Mg ve MgO faz değerleri bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Toz metalurjisi, Sinterleme, Analiz

## Abstract

Powder metallurgy is a method of producing mixed shaped parts by connecting very small sized particles together. In this work, Fe-Mg powder mixtures were homogeneously mixed in the powder mixer for 24 hours. The powders obtained were cold pressed under a uniaxial prestressing pressure of 300 bar and then subjected to sintering at 620 °C in Ar atmosphere. Hardness, density and porosity tests were applied to the samples produced by sintering, respectively. XRD work was done as a metallographic analysis. As a result of XRD analysis, Fe, Mg and MgO phase values were found.

**Keywords:** Powder Metallurgy, Sintering, Analysis

a Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, iyildiz@aku.edu.tr

b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, igunes@aku.edu.tr

c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ulker@aku.edu.tr

## GİRİŞ

Toz metalurjisi, özellikleri ve boyutları birbirine yakın olan metal tozlarının homojen bir şekilde karıştırılarak belli bir basınç altında preslenmesini takiben üretilen malzemelere ısı işlem uygulanması esasına dayanan bir yöntemdir (Özadın, 2015). Bu yöntem sonucunda daha dayanıklı ve gözeneksiz malzeme üretimi yapmak mümkündür (Yalçın, 2015; Kahkeci, 2011; Gökçe, 2013).

Magnezyum, uzun süredir hidrojen depolamada potansiyel bir aday olarak gösterilmektedir (Mazhar vd, 2009; Xie vd, 2016; Kadas vd, 2008). Ancak, onun yavaş emilim kinetiği mobil uygulamalar için çok kullanışlı değildir. Alaşım olarak en çok Ni ve Co gibi malzemelerle birlikte kullanılmaktadır (Hightower vd, 1997; Riktora vd, 2009; Suarez vd, 2016).

Magnezyum (Mg) ve Demir (Fe), gelecek için umut veren biyomalzemeler arasında yer almaktadır. Demir (Fe), insan vücudu için çok iyi mekanik özellik ve düşük bozulma oranı sergilerken, Magnezyum (Mg) ise çok çabuk bozulma oranı ve zayıf mekanik performans sergilemektedir (Swaina vd, 2016; Riktora vd, 2009; Du vd, 2010). Mg ve Fe malzemelerinin desteklenmesiyle, Mg-Fe alaşımlarının önemi ortaya çıkmıştır (Mitani vd, 2017; Moravej vd, 2010).

Gerçekleştirilen çalışmada, farklı oranlardaki Fe-Mg alaşımlarının sinterleme yoluyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen alaşımlara sertlik, yoğunluk ve gözeneklilik gibi testler uygulanmıştır. Metalografik analiz olarak XRD çalışması yapılarak alaşımlarda bulunan fazlar ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlar literatürle karşılaştırılarak uygulamadaki önemi vurgulanmıştır.

## MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, boyutları 40 µm'dan düşük % 99 saflığa sahip Fe tozları ile boyutları 100-150 µm arasında değişen % 99 saflığa sahip Mg tozları kullanılmıştır. Belirli oranlarda tozlar

kaplar içerisine konularak 24 saat süreyle tek fazlı karıştırıcıda homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Homojen olarak elde edilen tozlar silindirik kalıp içerisine dökülmüştür. Kalıba dökülen karışım tek eksenli soğuk preste 300 bar basınç altında şekillendirilmeye tabi tutulmuştur. Şekillendirilerek elde edilen numuneler Argon gazı atmosferine sahip tüp fırında 2 saat süreyle 620 °C sıcaklıkta sinterlenmiştir. Buradaki amaç, tozlar arasında oluşabilecek boşlukları önleyerek mukavemeti arttırmaktır. Sinterleme sonucunda malzemeler hava ile soğumaya bırakılmıştır.

Elde edilen numunelere yoğunluk, sertlik, yüzey pürüzlülüğü gibi testler uygulanmıştır. Elde edilen numunelere sertlik testi Shimadzu HMV mikro sertlik cihazı ile yapılmıştır.

Ayrıca sinterleme sonrasında numunelere metalografik analiz olarak XRD analizleri yapılmıştır. Bu analiz, Shimadzu XRD-6000 XRD cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Analizde X-Işını olarak Cu K (alpha) tercih edilmiştir. Analizde tarama hızı 0,02 °/dk ve tarama açısı ise 2 Theta olacak şekilde yapılmıştır.

## DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

### Sinterleme

Resim 1'de 620 °C'de sinterlenmiş Fe %90-Mg %10 ve Fe %95-Mg %5 alaşımlarının görüntüleri görülmektedir. Sinterleme işlemi bu sıcaklıkta gerçekleşmiş ve numuneler aynı sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Buradaki amaç ise, numuneler içerisindeki olası oluşabilecek boşlukları önleyerek dayanımlarını arttırmaktır.



Şekil 1. Sinterlenen numunelere ait görüntü (a: Fe %90-Mg %10, b: Fe %95-Mg %5)

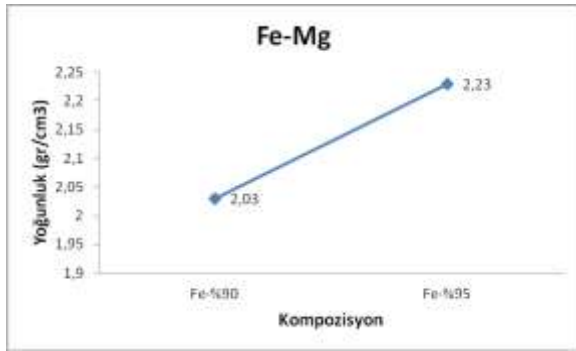
a Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, iyildiz@aku.edu.tr

b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, igunes@aku.edu.tr

c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ulker@aku.edu.tr

## Yoğunluk

Yoğunluk  $d=m/V$  formülüne göre hesaplanmıştır (Şekil 2). Burada m, sinterlenmiş numunenin kütlesi; v, sinterlenmiş numunenin hacmi olarak hesaplanmıştır. Şekil 1'de sinterleme sonucunda üretilen malzemelerden elde edilen yoğunluk sonuçları görülmektedir. Kompozisyon farklılığına göre yoğunluk sonuçlarında artışlar olmuştur. Bu durumun sinterlenme ve kompozisyon farklılık etkisine bağlı olduğu düşünülmektedir.



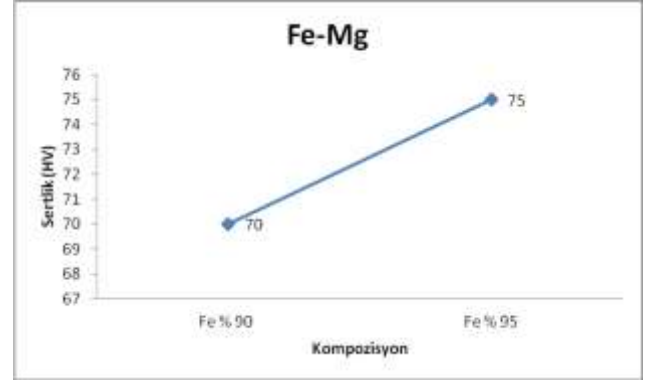
Şekil 2. Yoğunluk Sonuçları

## Yüzey Pürüzlülüğü

Sinterlenerek elde edilen numunelere yüzey pürüzlülüğü ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm Profilometre yardımıyla yapılmıştır. Ölçüm neticesinde Ra değerleri, Fe %90-Mg %10 kompozisyona sahip numunede 1,65, Fe %95-Mg %5 kompozisyona sahip numunede ise 1,75 olarak bulunmuştur.

## Sertlik

Numunelerin sinterlenme sonrasındaki sertlik değerleri Mikro sertlik cihazı ile belirlenmiştir. Her bir numunede en az 5 farklı bölgede ölçüm yapılarak sertlik değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2).



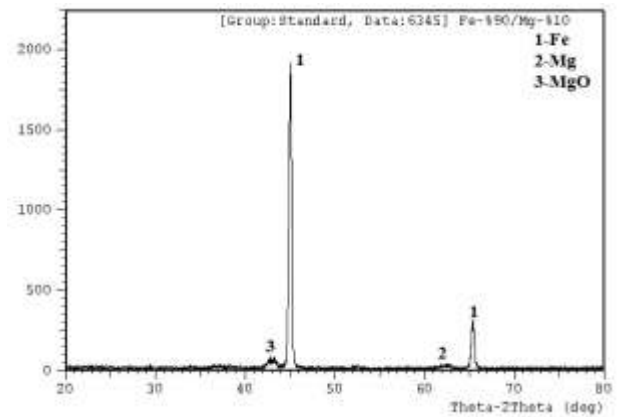
Şekil 3. Sinterlenerek üretilen Fe %90-Mg %10 ve Fe %95-Mg %5 numunelerine uygulanan sertlik testi sonuçları

## Gözeneklilik

Sinterleme sonrasında elde edilen numunelerin gözeneklilik değerleri Micromeritics marka Civa Porozimetresi ile ölçülmüştür. Bu ölçüm neticesinde Fe %90-Mg %10 kompozisyona sahip numunede % 38, Fe %95-Mg %5 kompozisyona sahip numunede ise % 37 oranında gözeneklilik bulunmuştur.

## XRD Analizi

Şekil 4 ve 5'de XRD analiz sonuçları görülmektedir. 620 °C'de gerçekleşen sinterleme sonrasında en yüksek pik değerine Fe faz değeri sahip olmuştur. Bu faz değeri kompozisyonlardaki Fe miktarı arttıkça artış göstermiştir. Bu değeri Mg ve MgO pik değerleri takip etmiştir.

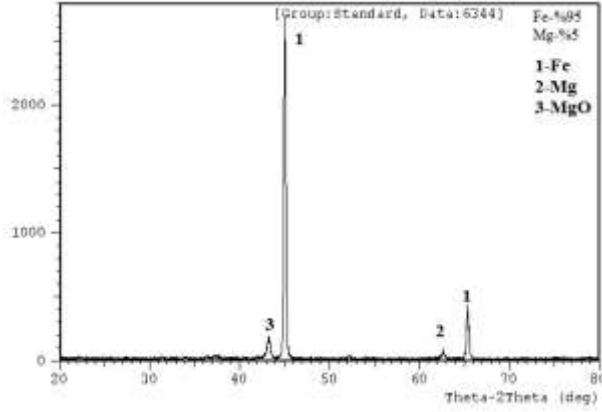


Şekil 4. Fe %90-Mg %10 kompozisyonuna ait XRD grafiği

a Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, iyildiz@aku.edu.tr

b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, igunes@aku.edu.tr

c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ulker@aku.edu.tr



Şekil 5. Fe %95-Mg %5 kompozisyonuna ait XRD grafiği

## SONUÇ

620 °C'de sinterlenerek üretilen numunelere uygulanan testlerin sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Yoğunluk testi sonrasında Fe %90-Mg %10 kompozisyonunda 2,03 gr/cm<sup>3</sup>, Fe %95-Mg %5 kompozisyonunda ise 2.23 gr/cm<sup>3</sup> değerler elde edilmiştir.
- Sinterlenerek üretilen numunelere uygulanan yüzey pürüzlülük testi sonrasında Fe %90-Mg %10 oranına sahip numunelerde 1,65, Fe %95-Mg %5 oranına sahip numunelerde ise 1,75 değerler bulunmuştur.
- Yapılan sertlik testinde Fe %90 kompozisyonunda 70, Fe %95 kompozisyonunda ise 75 HV sertlik değerleri elde edilmiştir.
- XRD analizi sonrasında Fe, MgO ve Mg pik değerleri ortaya çıkmıştır.
- Gerçekleştirilen sinterleme sıcaklığı Mg malzemesinin ergime sıcaklığına yakın olarak seçilmiştir. Bunun nedeni, bu malzemenin sinterleme etkisiyle erimemesi olarak düşünülmüştür. Sinterleme sıcaklığının daha yüksek ve süresinin biraz daha uzatılabilmesi ile daha yüksek sertlik değerleri elde edilebilir.
- Sinterleme esnasında koruyucu gaz olarak Argon kullanılmıştır. Bu gaz ortamına rağmen numunelerde oksit

tabakaları oluşmuştur. Daha güvenli vakum ortamında sinterleme işlemi yapılırsa oksit tabakalarının oluşumu önlenir.

## KAYNAKÇA

Ömer Faruk YALÇIN, (2015), Toz Metalurjisi Üretim Parametrelerinin Gözeneklilik, Mikrosertlik ve Isıl Genleşme Katsayısına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü

İbrahim Halil KAHKECİ, (2011), Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen NiTiCu Alaşımlarının Mikroyapı ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Azım GÖKÇE, (2013), Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen Al-Cu Alaşımlarının Mekanik Özelliklerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Nazir, R., Mazhar, M., Akhtar, M. J., Nadeem, M., Siddique, M., Shah, R., Hasanain, S. K., (2009), Low Temperature Synthesis, Magnetic and Electrical Properties of Iron–Magnesium Superparamagnetic Nanoalloy, Journal of Alloys and Compounds, 479: 97-101.

Demet ÖZAYDIN, (2015), Toz Metalurjisi ile Üretilen Demir Esaslı Malzemelerde Borlamanın Mekanik Özelliklere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Xie, G., Takada, H., Kanetaka, H., (2016), Development of High Performance MgFe Alloy As Potential Biodegradable Materials, Materials Science & Engineering, 671: 48-53.

Hightower, A., Fultz, B., Bowman, R.C., Jr., (1997), Mechanical Alloying of Fe and Mg, Journal of Alloys and Compounds, 252: 238-244.

Riktora, M.D., Deledda, S., Herrich, M., Gutfleisch, O., Fjellvåg, H., Hauback, B. C.,

a Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, iyildiz@aku.edu.tr

b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, igunes@aku.edu.tr

c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ulker@aku.edu.tr

(2009), Hydride Formation in Ball-Milled and Cryomilled Mg–Fe Powder Mixtures, *Materials Science and Engineering*, 158: 19-25.

Suarez-Alcantara, K., Palacios-Lazcano, A.F., Funatsu, T., Cabanas-Moreno, J.G., (2016), Hydriding and Dehydriding in Air-Exposed MgFe Powder Mixtures, *International Journal of Hydrogen Energy*, 41: 23380-23387.

Swaina, S. K., Gotman, I., Unger, R., Kirkpatrick, C. J., Gutmanas, E. Y., Microstructure, (2016), Mechanical Characteristics and Cell Compatibility of B-Tricalcium Phosphate Reinforced With Biodegradable Fe–Mg Metal Phase, *Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 53: 434-444.

Riktora, M. D., Deledda, S., Herrich, M., Gutfleisch, O., Fjellvåg, H., Haubacka, B. C., (2009), Hydride Formation in Ball-Milled and Cryomilled Mg–Fe Powder Mixtures, *Materials Science and Engineering*, 158: 19-25.

Du, J., Wang, M., Li, W., (2010), Effects of Fe Addition and Addition Sequence on Carbon Inoculation of Mg–3%Al Alloy, *Journal of Alloys and Compounds*, 502: 74-79.

Mitani, H., Xu, Y., Hirano, T., Demura, M., Tamura, R., (2017), Catalytic Properties of Ni-Fe-Mg Alloy Nanoparticle Catalysts Formethanol Decomposition, *Catalysis Today*, 281: 669-676.

Kádas, K., Vitos, L., Ahuja, R., (2008), Elastic Properties of Iron-Rich Hcp Fe–Mg Alloys Up To Earth's Core Pressures, *Earth and Planetary Science Letters*, 271: 221-225.

Moravej, M., Prima, F., Fiset, M., Mantovani, D., (2010), Electroformed Iron As New Biomaterial For Degradable Stents: Development Process and Structure–Properties Relationship, *Acta Biomaterialia*, 6: 1726-1735.

---

a Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, iyildiz@aku.edu.tr

b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, igunes@aku.edu.tr

c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ulker@aku.edu.tr