

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312212807>

# MANYETO-REOLOJİK MALZEMELERE FERROMANYETİK TOZ İLAVESİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Conference Paper · October 2016

CITATIONS

0

READS

192

2 authors:



**Uğur Mazlum**

Gümüşhane Üniversitesi kürtün MYO

10 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Recep Gümrük**

Karadeniz Technical University

20 PUBLICATIONS 200 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE WEAR FAILURE OCCURRED IN EROSION SHIELD OF HELICOPTER ROTOR BLADES UNDER LOW-VELOCITY IMPACT EFFECT [View project](#)



Investigation of Impact Behavior of Pressurized Energy Absorbing Elements [View project](#)



# MANYETO-REOLOJİK MALZEMELERE FERROMANYETİK TOZ İLAVESİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Uğur MAZLUM<sup>1\*</sup>, Recep GÜMRÜK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 29000, Gümüşhane, Türkiye, ugurmazlum@gumushane.edu.tr

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye, rgumruk@ktu.edu.tr

## ÖZET

Ferromanyetik toz partikülleri, manyetik alana duyarlılıklarından dolayı günümüzde pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu tozların matris malzemeleri ile birleşimlerinden elde edilen kompozit MRE malzemeler bir tür akıllı (smart) malzeme olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışmada, RTV (room temperature vulcanization) silikon kauçuğuna 4 farklı manyetik toz partikülü ilave edilmiş ve kompozit MRE malzemeleri elde edilmiştir. Elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Matris malzemesi olarak mühendislik açısından kullanımı yaygın olan Vario 40 silikon kauçuk malzemesi kullanılmıştır. Kompozit MRE malzemeler hacimce % 30 oranında manyetik partikül ilave edilerek üretilmiştir. Üretilen kompozit MRE malzemelerine basma testleri uygulanması neticesinde anizotrop numuneler dikkate alındığında BASF CN tozuyla % 40 gerilme artışı söz konusu olmaktadır. Ayrıca manyetik toz partikül boyutunun MR etki değeri de incelenmiştir. En büyük MR etki değeri anizotropik SQ-I tozuyla izotrop duruma göre yaklaşık % 201 oranında artışla elde edilmiştir. Sonuç olarak kullanılan ferromanyetik tozun yüksek saflıkta olması ve manyetik etkilere cevap verebilmesi üretilecek olan malzemenin kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** RTV silikon kauçuk, MRE malzemeler, kompozit malzeme, manyetik tozlar, Manyetik alan

## 1. GENEL BİLGİLER

Manyeto-reolojik (MR) malzemeler manyetik alan etkisi altında kontrol edilebilen, aynı zamanda manyetik alan kaldırıldığında tekrar eski halini alabilen malzemeler olarak tanımlanabilir. Manyeto-reolojik (MR) malzemelerin tarihsel süreci 1900'lü yılların başına dayanır. Akışkan olarak uygulamalarda kullanılmaya başlaması 1948 yılında Rabinov'un bu malzemeleri (MRF) keşfetmesiyle olmuştur [1]. MR malzemeler, manyetik olmayan matris malzemeleri ve içerisine katılan ferromanyetik partiküller ile etkileşim sonucu oluşmaktadır. MR elastomer, akışkan, köpük ve jel gibi çeşitleri vardır.

Matris malzemesine ilave edilen ferromanyetik tozlar homojen bir şekilde veya lokal olarak grup halinde yerleşebilir. Homojen yapı elde etmek için vulkanizasyon esnasında (çapraz bağ oluşumu sürecinde) manyetik alan uygulanmaması gerekmektedir. Bu durumda malzeme izotropik olarak düşünülebilir. Dışarıdan manyetik alan etkidiği durumda sütun halinde hizalanmış yapılar elde edilmiş olur. Bu durumda da malzeme anizotropik olarak ifadelendirilir. Bu malzemelerin viskoelastik özelliklerini inceleyen çalışmalar mevcuttur [2-5].

Pek çok endüstriyel uygulamalarda daha çok manyeto reolojik akışkan malzemeler kullanılmaktadır. Bu alanda patent uygulamaları 20. yüzyılın sonlarında ortaya çıkmaya başladı. 2000 yılından sonrada gelişmeye başladı. Hem malzemeyi hemde MRE'nin özgün özelliklerini kullanarak uygulamalarını patentlemişlerdir [6]. 2011 yılına kadar alınan patentlerin anizotropik MRE'lerin çözümüne yönelik olduğu söylenebilir. Otomotivde de MR kompozitlerin kullanımı için pek çok patent uygulamaları da görülmektedir. Bunlardan biri Ford Motor Company Watson'da geliştirilen kontrol edilebilir sertlikteki yatak kullanarak araç süspansiyon elemanının sertliğini dengelemek için kullanılmıştır. Ford, Otomotiv süspansiyonundaki kuvvet ve yerdeğişimi ölçümü için aygıt geliştirmiştir [7]. German ThyssenKrupp AG şirketi araç kazaları boyunca adaptif enerji sönümleme

sistemiyle alakalı direksiyon dişli kolu geliştirmiştir [8]. MRE uygulamalarına diğer örnekler [9–11] makalelerinde görülmektedir.

MR elastomerlerin matrisi için silikon kauçuk, doğal ve sentetik kauçuk, termoplastik kauçuk, plastik vb. gibi pek çok malzeme çeşidi bulunmaktadır. Bunların arasından üretimi kolay olması ve oda sıcaklığında vulkanize olması gibi faktörler göz önüne alındığında RTV silikon kauçuk malzemeler pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Bu malzeme akışkan olduğunda manyetik alan uygulanarak yönlenmesi oldukça kolay olmaktadır. Vulkanizasyon işlemi gerçekleştiğinde ise katı bir form almaktadır. Matris seçiminde uygun tasarım koşulları ve performans değerleri göz önüne alınmak zorundadır.

Manyetoreolojik malzemeler için ferromanyetik malzemeler yüksek doymuş indüksiyondan dolayı yüksek MR etki oluşturduğundan en iyi seçimdir. Manyetik alan olmadığında partiküller çok küçük dipol momentlerine sahiptirler ve böylece manyetik itici kuvvetleri yoktur veya küçüktür. Manyetik alan uygulanması momentlerin mesafesini büyük bir şekilde artıran hareketi neden olur ve böylece partiküller arası manyetik bir etkileşim oluşmaktadır. MR malzemeler için yüksek doymuş manyetik özellikleri, yüksek geçirgenlikleri ve düşük kalıcı manyetikliklerinden dolayı en yaygın kullanılan partiküller yüksek saflığa(%99.7) sahip demir partikülleridir [12]. Demir, nikel ve kobaltın bazı alaşımları daha yüksek doymuş manyetik özelliklere sahip olduklarından MR malzemeler için ayrıca kullanılır. Fakat manyetik alan kaldırıldığında sahip oldukları kalıcı manyetik özelliklerinden dolayı demir kadar yaygın kullanıma sahip değildirler. Böylece tamamen tersine MR etkiye sahip değildirler. Partikül boyutu teorik olarak pek çok manyetik yüzey elde etmek için yeterince büyük olabilir. Böylece büyük MR etki elde edilebilir. Küresel karbon katkılı demir partikülleri mikrometre çaplarında MR malzemeler için çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [13, 14]

Davis, 1999 deneysel olarak ve modelleme çalışmaları sonucunda optimum partikül hacim oranının modullerdeki en büyük değişimi için % 27 olduğunu tespit etmişlerdir. Küçük şekil değişimlerinin yanında % 50'ye varan şekil değişimlerinde de Basf SQ tozuyla çekme, basma, safi kayma gibi testler gerçekleştirerek MR etki parametresinin değişimini incelenmiştir [15].

Yapılan çalışmada, silikon kauçuk malzemesi saf, izotrop ve anizotrop olarak 4 farklı toz partikülü kullanılarak üretilmiştir. Toz partikülü çeşidi ve MR etki gibi parametreler mekanik özelliklerin anlaşılmasında önemlidir. Bu çalışmada manyeto-reolojik silikon kauçuğunun izotrop ve anizotrop durumda tek eksenli yüklemeye altındaki mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu şekilde performans değerleri göz önüne alındığında en optimum malzemenin elde edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca manyetik partikül ilavesinin mukavemet değerlerine ne gibi etkisi olduğu ortaya konulmuştur.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. MALZEME

Matris malzemesi olarak oda sıcaklığında vulkanize olan Vario 40 silikon kauçuk kullanılmıştır. Ayrıca matris malzemesine BASF firmasından temin edilmiş olan ortalama 3.8 – 9.5 µm aralığında değişen dört farklı ferromanyetik karbon katkılı demir tozu ( BASF CN, CM, SQ, SQ-I ) ilave edilmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2'de matris malzemesine ve karbon katkılı demir tozlarına ait teknik bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Matris malzemesine ait teknik bilgiler

Matris malzemesi	Renk	Yoğunluk	Viskozite	Pişme zamanı	Sertlik	Çekme Mukavemeti	Kopma Uzaması	Yırtılma Mukavemeti
VARIO 40	Yarı şeffaf	0.98 g/cm <sup>3</sup>	10000 mPas	6 saat	Shore A40	8 N/mm <sup>2</sup>	% 450	15 N/mm

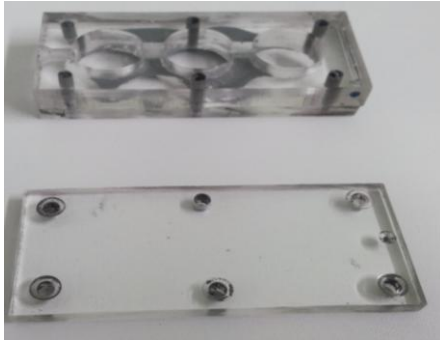
Tablo 2. Ferromanyetik karbon katkılı demir tozlarına ait teknik bilgiler

<i>Ferromanyetik Tozlar</i>	<i>Fe min. (%)</i>	<i>C maks. (%)</i>	<i>O maks. (%)</i>	<i>N maks. (%)</i>	<i>Partikül Boyutu (µm)</i>	<i>Geçirgenlik</i>	<i>Özdirenç</i>
<i>BASF SQ-I</i>	98.5	0.03	0.7	-	3.8–5.4	Min 28	Min 10 ohm
<i>BASF CM</i>	99.5	0.03	0.1–0.25	0.01	7–9.5	-	-
<i>BASF CN</i>	99.5	0.03	0.1–0.25	0.01	6.5–8	-	-
<i>BASF SQ</i>	99.5	0.05	0.22	-	3.9–5	-	-

## 2.2. METOD

### 2.2.1. Numune Üretimi

Vario 40 RTV(Room Temperature Vulkanization) Silikon kauçuk, %10 oranında pişme katkı malzemesi ve viskozitesini azaltmak için % 30 oranında silikon yağı ile matris malzemesi elde edilmiştir. MR elastomer malzemesi saf, izotrop ve anizotrop durumda üretilmiştir. Manyetik partiküller literatürde yaklaşık % 30 hacim oranında ilave edilmiştir. Silikon kauçuk, manyetik partikül ve pişirme malzemesi 10 dakika süreyle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra oluşan hava kabarcıklarını gidermek için karışım kalıba dökülmeden önce vakum pompasıyla 10 dakika vakum uygulanmıştır. Elde edilen karışım 70\*40 mm pleksi glass plakadan 20 mm çapında ve 10 mm kalınlığında kalıba (Şekil 1) döküldü ve 70 °C de 20 dakika fırınlanarak vulkanize edilmiş ve bu şekilde izotrop malzeme üretilmiştir. Ayrıca malzeme üretilirken Şekil 2’de görülen manyetik alan cihazıyla yaklaşık 0.3 T manyetik alan uygulandığında ise anizotropik malzeme üretilmektedir.



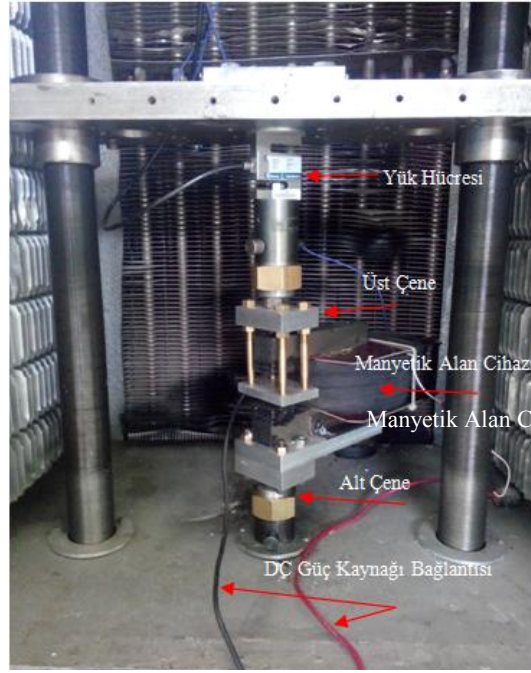
Şekil 1. Kalıp



Şekil 2. Manyetik Alan Cihazı

### 2.2.2. Basma Test Düzenegi

Kauçuk türü MRE numunelerin testleri Şekil 3’de resmi gösterilen, tek eksenli basma deney düzenegi yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Tek Eksenli Basma Deney Düzeneği

Basma testi için 10 mm/dakika hız değeri alınarak numunenin % 50 şekil değişimi değerine kadar yüklenmesi sağlanmıştır. Test düzeneği için manyetik alandan etkilenmeyen alüminyum malzemesinden üretilmiş olan basma çenesi tasarımı yapılmış ve bu düzeneğe elektromanyetik sarım ilave edilerek 0,430 Tesla manyetik alan altında deneyler yapılmıştır. Manyetik alan düzeği için 0,9 mm çapında bakır tel ile C tipi silisyum saç nüvenin etrafına 4000 sarım yapılmıştır. Direnç değeri 40 ohm dur. DC güç kaynağı ile 5 amper akım değerine kadar beslenmesi sağlanmıştır. Ayrıca deney düzeneği bilgisayar kontrollü yapılmıştır. Buradan mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve basma cihazına daha hassas ve güvenilir bir şekilde komutlar verilebilmesi amaçlanmıştır. NI-LABVIEW paket programı yardımıyla test cihazından elde edilen veriler bilgisayara aktarılmıştır.

### 2.2.3. Test Prosedürü

Manyeto-reolojik malzemeler üzerindeki kalıcı deformasyon etkisini gidermek ve test sonuçlarının uygun değer değerlere ulaşmasını sağlamak amacıyla test prosedürleri uygulanmaktadır. En yüksek gerilme ilk yükleme çevriminde elde edilmektedir. Daha sonraki gerilme değerlerinde ise gitgide gerilme düşmektedir. Yükleme prosedürleri belirli bir tekrardan sonra hemen hemen üst üste çakışmaktadır. Mullins etkilerini gidermek için aşağıda ifade edilen test prosedürleri kullanılmıştır. Mullins etkileri zamana bağımlı olduklarından aynı MRE numuneleriyle yapılan testler arasında yeterince zaman olduğunda kalıcı deformasyon oluşmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada Mullins etkisinden kaçınmak için basma testleri başlangıçta 5 defa yükleme-boşaltma çevrimi şeklinde gerçekleştirildi. Daha sonraki prosedürlerde ise ilk yükleme değerleri alınarak test sonuçları irdelenmiştir. MRE malzemelerin manyetik alansız ve manyetik alanlı olarak cevabını karakterize etmek için üç farklı test adımı uygulanmıştır.

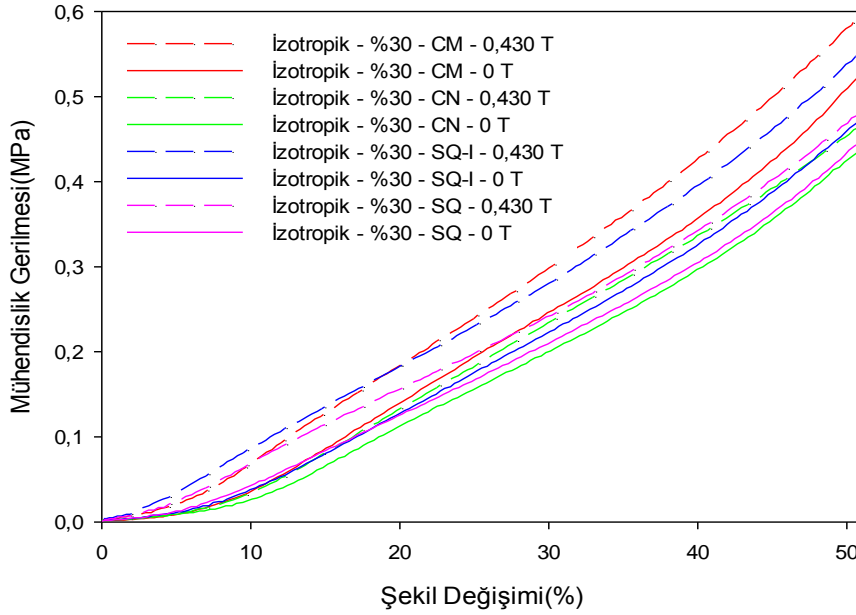
- i. Manyetik alan olmadığı durum için testler (prosedür1)
- ii. Manyetik alan etkidiği durum için test ( 0,430 T ) ( prosedür2 )
- iii. i. Test prosedürünün tekrarlandığı durum için gerçekleştirilen test ( prosedür3 )

Bu test adımları gerçekleştirilirken i. ve iii. durum arasında farklar oluşmaktadır. Bu çalışmada, MR etki olarak ifade edilen dış manyetik alan etkisiyle tersinir ve hızlı davranış gösteren kompozit malzemelerin Mullins etkilerinden arındırılarak mekanik özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Manyeto-reolojik malzemeler çift komponentli bileşimlerin kimyasal reaksiyonuyla beraber saf, izotrop ve anizotrop olarak üretilmiştir. Tek eksenli basma deney cihazı yardımıyla MRE numunelerin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Aynı zamanda karbon katkılı demir tozları hacimce % 30 oranında eklenmiştir.

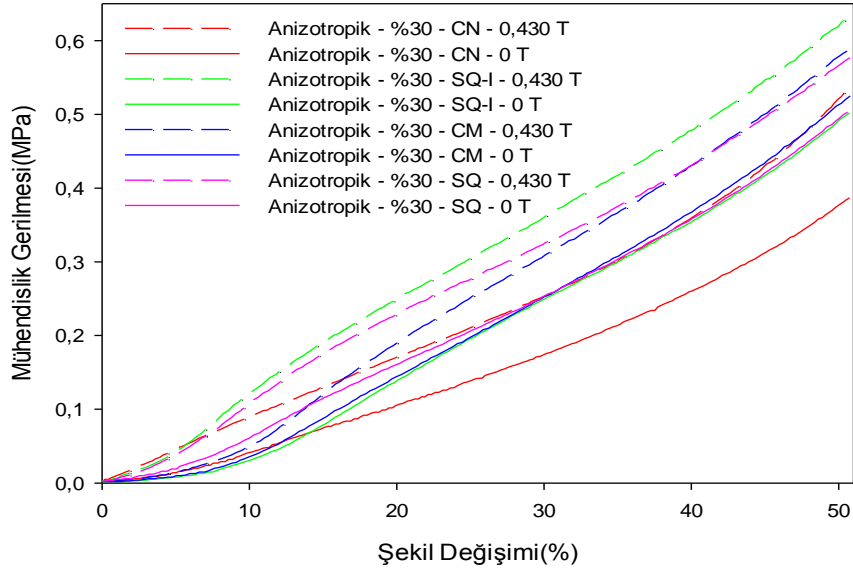
Dört farklı toz çeşidi göz önüne alındığında izotropik numunelerin manyetik alanlı ve manyetik alansız durumda gerilme-şekil değişimi grafikleri Şekil 4'te toplu olarak görülmektedir. Bu grafikler dikkate alındığında 0.430 T manyetik alan uygulanması neticesinde manyetik alansız duruma göre % 50 şekil değişimi değerinde en fazla gerilme artışı SQ-I tozuyla üretilen malzemede gerçekleşmiştir. Bu da yaklaşık % 17 gerilme artışı değerine karşılık gelmektedir.



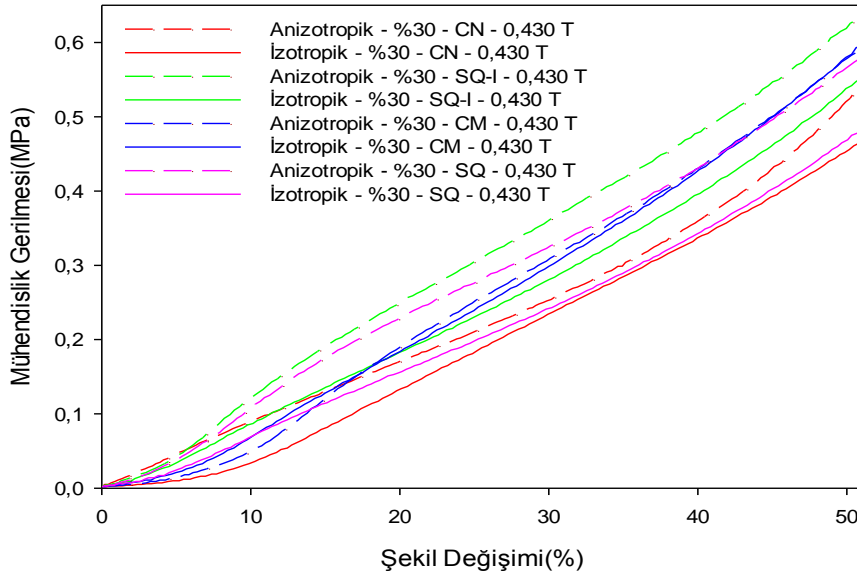
Şekil 4. İzotropik CN, CM, SQ-I, SQ tozlu 0.430 T ve 0 T manyetik alanlı MRE grafiklerinin toplu gösterimi

Aynı şekilde anizotrop numuneler göz önüne alındığında gerilme-şekil değişimi grafiklerindeki gerilme artışı, % 50 şekil değişimi değerinde en fazla CN tozuyla üretilen malzemede gerçekleşmiştir. Buda yaklaşık olarak % 40 gerilme artışı değerine karşılık gelmektedir. Benzer şekilde SQ-I tozuyla üretilen numunelerde ise % 27 gerilme artışı görülmektedir. Buradan kalınlık yönünde manyetik partiküllerin hizalanması ile yaklaşık % 20 oranında gerilme artışı olduğu görülmektedir. Şekil 5'de ise anizotropik numunelere ait gerilme-şekil değişimi grafikleri toplu olarak verilmiştir.

Aynı zamanda malzemelere manyetik alan uygulanması gerilme-şekil değişimi grafiklerini artırıcı etki oluşturmaktadır. Bu özellik MR malzemelerin manyetik olarak hassasiyetlerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 4'te bu artış görülebilmektedir. MR malzemeler manyetik alan etkisiyle beraber mukavemet artışı göstermektedir. Malzeme üretim sürecinde manyetik alan uygulanıp uygulanmaması da aynı şekilde mekanik özelliklere etki etmektedir. Şekil 4 ve Şekil 5 grafiklerinde bu durum açıkça görülmektedir. Şekil 6'da, Şekil 4 ve Şekil 5 grafiklerinin birleştirilmesi sonucunda izotropik ve anizotropik MR malzemeler arasında kıyas yapılması sağlanmış oldu. Bu durumda ise CM tozuyla üretilen malzemede herhangi bir değişim olmazken diğer üç toz ile yaklaşık % 21,5 gerilme artışı gerçekleşmiştir.

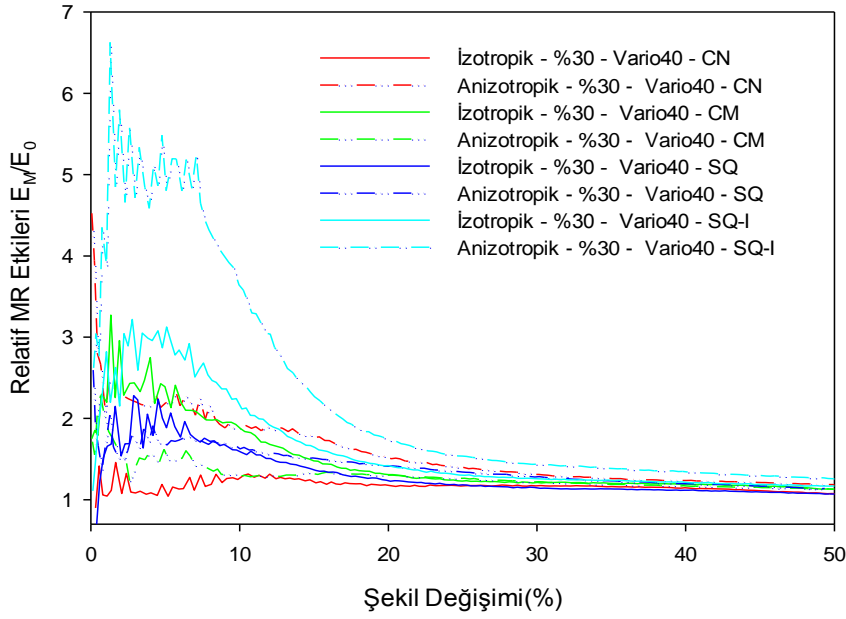


Şekil 5. Anizotropik CN, SQ-I, CM, SQ tozlu 0.430 T ve 0 T manyetik alanlı MRE grafiklerinin toplu gösterimi



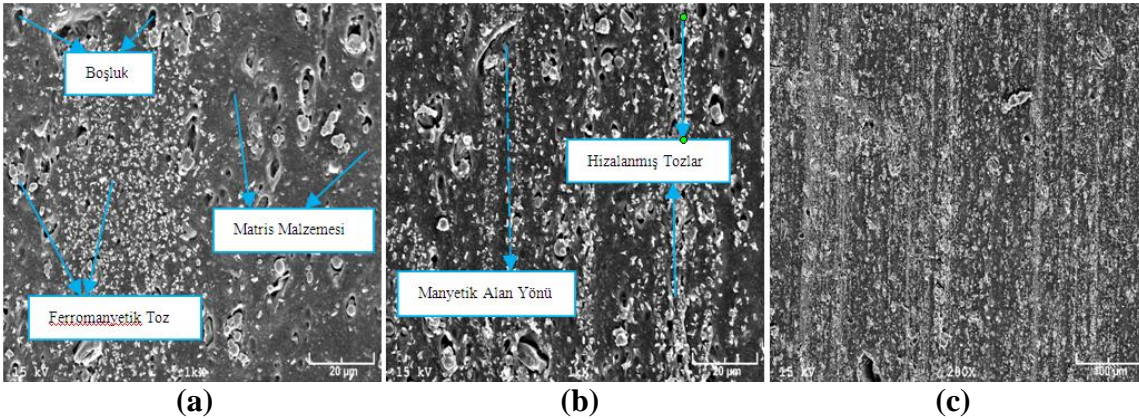
Şekil 6. İzotropik ve Anizotropik CN, SQ-I, CM, SQ tozlu 0,430 T manyetik alanlı toplu olarak verilmiş MRE malzeme grafikleri

Aynı zamanda dört farklı toz oranında elde edilen MRE malzemelerini manyetik alanlı ve alansız olarak karşılaştırmak için MR etki değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Şekil 7'den görüleceği gibi en yüksek relatif MR etki değeri % 1,29 şekil değişimi değerinde SQ-I tozuyla ve anizotropik numunede yaklaşık 6,6279 birim değerinde elde edilmiştir. En küçük değer ise CN tozuyla 1.1150 birim değerinde bulunmuştur. Buradan SQ-I tozuyla izotrop ve anizotrop numune arasında % 201 oranında artış elde edilmiştir.



Şekil 7. İzotropik ve Anizotropik CN, CM, SQ, SQ-I Tozlarının Relatif MR Etki Grafiklerinin Toplu Gösterimi

Ferromanyetik toz ilavesi ve dışarıdan manyetik alan uygulanması neticesinde MRE malzemelerde lokal olarak hizalanmalar elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilmiş malzemelerde mekanik özellikler bakımından hizalanmanın olmadığı malzemelere göre mukavemet artışı söz konusu olmaktadır. SEM görüntüleri Şekil 8’de izotropik ve anizotropik durumlar için verilmiştir. Şekil 8-b’de silikon MRE numunesine uygulanan 0,3 Tesla manyetik alan ile ferromanyetik tozların lokal olarak hizalanmış görüntüsü verilmektedir.



Şekil 8. Silikon kauçuk numunesinin (a) izotrop (b) anizotrop (c) anizotrop(200x) SEM görüntüleri

Manyeto-reolojik malzemeler dolgu malzemesi olarak kullanılan manyetik partiküllerin özelliklerine göre değişik davranışlar göstermektedir. Üretilen malzemenin izotrop olduğu durumda manyetik alansız duruma göre 0,430 T manyetik alan uygulandığında % 17 gerilme artışı SQ-I tozuyla elde edilmiştir. Aynı şekilde anizotrop numuneler dikkate alındığında CN tozuyla % 40 gerilme artışı söz konusuyken SQ-I tozunda bu oran % 27 seviyelerinde kalmaktadır. İzotrop ve anizotrop malzemelerin birbirleriyle kıyası neticesinde ise CM tozunda herhangi bir değişim söz konusu olmamaktadır. Diğer üç toz partikülleriyle ise yaklaşık % 21,5 gerilme artışı ortaya konulmuştur. Tüm elde edilen sonuçlara matris malzemesi, manyetik partiküller ve manyetik alanın şiddeti gibi parametreler etki etmektedir. Bu çalışmayla Vario 40 matris malzemeli ve CN, CM, SQ, SQ-I gibi dört farklı toz çeşidiyle testler yapılarak manyetik alanın ve tozların mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır.



#### 4. REFERANSLAR

- [1] Rabinow, J., “The magnetic fluid clutch”, AIEE Transactions, 67, 1308–1315, 1948.
- [2] Zhou, G.Y. and Li, J.R., “Dynamic behavior of a magnetorheological elastomer under uniaxial deformation: I. Experiment”, Smart Materials and Structures, 12, 859–872, 2003.
- [3] Zhou, G.Y., “Shear properties of a magnetorheological elastomer”, Smart Materials and Structures, 12, 139-146, 2003.
- [4] Lokander, M., and Stenberg, B., “Performance of isotropic magnetorheological rubber materials”, Polymer Testing, 22, 245–251, 2002.
- [5] Davis, L.C., “Model of magnetorheological elastomers”, Journal Applied Physics, 85, 3348–3351, 1999.
- [6] Bose, H. & Roder, R. (2009b). US Patent 7.608.197 B2. Magnetorheological Elastomers and use thereof.
- [7] Elie, L., Ginder, J., Mark, J. & Nichols, M. (1998). Us patent 5.814.999. method and apparatus for measuring displacement and force.
- [8] Klukowski, C. & Meier, R. (2006). Adaptive linear crash systems – intelligent materials for passenger car steering column, ThyssenKrupp techforum 1: 41–47.
- [9] Brei, D., Redmond, J., Wilmot, N., Browne, A., Johnson, N. & Jones, G. (2006). US patent application US 2006/0012191 A1. Hood latch assemblies utilizing active materials and methods of use.
- [10] Browne, A. & Johnson, N. (2006). US Patent 7.029.056 B2. Closure lockdown assemblies and methods of utilizing active materials.
- [11] Lerner, A. & Cunefar, K. (2006). US Patent 7,102,474 B2. Adaptable vibration absorber employing a magnetorheological elastomer with a variable gap length and methods and systems therefor.
- [12] Lokander, M., and Stenberg, B., “Improving the magnetorheological effect in isotropic magnetorheological rubber materials”, Polymer Testing, 22, 677–680, 2003.
- [13] Ginder, J.M., Researches Laboratory, Ford Motor Company, Rheology Controlled by Magnetic Fields, Encyclopedia of Applied Physics, Vol. 16, 487–503, 1996 VCH Publishers, Inc.
- [14] Ginder, J.M., Nichols M.E., Elie L.D. and Tardiff J.L., “Magnetorheological elastomers: Properties and applications”, SPIE - The International Society for Optical Engineering. Proceedings of the 1999 Smart Structures and Materials on Smart Materials Technologies, March 3–4, Newport Beach, CA, USA, 3675, 131–138, 1999.
- [15] Schubert, G., Harrison, P., “ Large-strain behaviour of Magneto-Rheological Elastomers tested under uniaxial compression and tension, and pure shear deformations”, Polymer Testing, 42, 122-134, 2015.

#### ÖZGEÇMİŞLER

**Arş. Gör. Uğur MAZLUM** - 1981 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa'da tamamladı. 1998 yılında Trabzon Lisesi'nden mezun oldu. 1999 yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik-Mimarlık Fakültesini kazandı. 2003 yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik-Mimarlık Fakültesinden mezun oldu. 2004 yılında K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliğinde doktora eğitimine başladı ve halen eğitimine devam etmektedir. İngilizce bilmektedir.

**Yrd. Doç. Dr. Recep GÜMRÜK** - 1980 yılında Trabzon'un Yomra ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokulu Yomra'da tamamladı. 1997 yılında Yomra lisesinden mezun oldu ve aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans programına kaydoldu. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne Yrd. Doç. olarak atandı. İngilizce bilmektedir. Halen Yrd. Doç. olarak görev yapmaktadır.