



Makale / Research Paper

Farklı Çalışma Ortamlarına Maruz Kalan Kauçuk Esaslı Konveyör Bant Malzemelerinin Adheziv Aşınma Özellikleri

İhsan Volkan GÜNEŞ, Erol FEYZULLAHOĞLU*

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kocaeli / TÜRKİYE

*feyzullahoglu@yahoo.com

Received/Geliş: 13.09.2018

Accepted/Kabul: 20.12.2018

Öz: Kauçuk malzemeler sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılan elastomer malzemelerdir. Aşınma direnci, sızdırmazlık elemanları ve konveyör bantları gibi birçok kauçuk parçanın çalışma ömrünü önemli derecede etkileyen bir faktördür. Birçok kauçuk ürün, çalıştıkları yerlerde soğuk hava şartlarına, korozif çalışma ortamlarına, yağa, termal çevrime ve ısıya maruz kalabilmektedirler. Bu deneysel çalışmada yüksek ve düşük sıcaklıklar altında, asit ve yağ ortamlarında çalışan EPDM; NBR; NR gibi kauçuk malzemelerin adheziv aşınma özellikleri araştırılmıştır. Farklı koşullara maruz kaldıktan sonra adheziv aşınma testi yapılan numuneler ile hiçbir işleme maruz bırakılmadan adheziv aşınma testi uygulanmış numuneler karşılaştırılmış ve ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, farklı çalışma koşullarına maruz kalan numuneler arasında aşınma dayanımındaki artışın en fazla olduğu numunenin NR kauçuğunun olduğu belirlenmiştir. Aside maruz kalan numunelerin tamamında tabakalararası ayrışma oluşarak hasar meydana gelmiştir.

Anahtar kelimeler: Adheziv aşınma; EPDM; NBR; NR; hızlandırılmış yaşlandırma; farklı çalışma koşulları.

The Adhesive Wear Properties of Rubber Conveyor Belt Materials Exposed to Different Working Conditions

Abstract: Rubber materials are elastomer materials widely used today because of their physical, chemical and technological properties. Wear resistance is a significant factor affecting the working life of many rubber parts such as seals and conveyor belts. Many rubber products are exposed to cold weather conditions, corrosion, oil, thermal cycling and heat in places where they work. Adhesive wear properties of rubber materials such as EPDM, NBR and NR working at acid, oil, high and low temperature environments have been investigated in this experimental study. The samples subjected to adhesive wear test before exposure to different conditions and the samples subjected to adhesive wear test were compared and the weight losses were determined. When the results obtained are evaluated in general, it is determined that NR rubber is the sample with the greatest increase in wear resistance among the samples exposed to different operating conditions. All of the samples exposed to acid were damaged due to decomposition between layers.

Key words : Adhesive wear, EPDM, NBR, NR, accelerating ageing, different working conditions.

1. Giriş

Kauçuk malzemeler sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Kauçuk malzemeler ısıya dayanımı,

Bu makaleye atıf yapmak için

Güneş, İ.V., Feyzullahoğlu, E., "Farklı Çalışma Ortamlarına Maruz Kalan Kauçuk Esaslı Konveyör Bant Malzemelerinin Adheziv Aşınma Özellikleri", El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(1); 131-139.

How to cite this article

Güneş, İ.V., Feyzullahoğlu, E., "The Adhesive Wear Properties of Rubber Conveyor Belt Materials Exposed to Different Working Conditions", El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2019, 6(1); 131-139.

sızdırmazlık özellikleri ve kolay montajı gibi özellikleri nedeniyle günümüzde otomotiv sanayinde, beyaz eşya sanayinde, sızdırmazlık elamanları, konveyör bantları, araç lastikleri, güç aktarma organlarındaki kayışlar vb. parçalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Geçmişte doğal kauçuk üretimi yaygın iken II. Dünya Savaşı sonrası sentetik kauçuk üretimi yaygınlaşmıştır. Artan kauçuk ihtiyacı doğal kauçuktaki üretimin belirli ülkelerde olması ve II. Dünya Savaşı nedeniyle araştırmacıları sentetik kauçuk üretimine yöneltmiştir.

Triboloji etkileşim halindeki bağlı hareket eden yüzeylerin sürtünme, aşınma ve yağlama özelliklerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Aşınma, endüstride karşımıza çıkan büyük bir problem olup, makinaların verimini düşürmektedir. Uluslararası standartlarda DIN 50320' ye göre aşınma; "kullanılan malzemelerin başka malzemelerle (katı, sıvı, gaz) teması neticesinde mekanik etkenler ile yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen istenmeyen yüzey bozulması" olarak tanımlanmaktadır. Aşınma metal ve metal olmayan malzemelerde görülebilmektedir. Aşınma türlerinden en önemlisi olan adheziv aşınmadır. Adheziv aşınma kayma ve yapışma aşınması olarak da bilinmektedir. Adheziv aşınmada, başlangıçta temas yüzeylerindeki pürüzlülük noktalarında temas alanı çok küçük olduğundan bu bölgelerde çok büyük basınçlar oluşmaktadır. Bu basınçlar ve parçaların birbirine göre izafi hareketi nedeniyle tabakalar yüzeyindeki pürüzlülükler koparak malzeme kaybı meydana gelmektedir. Bazı durumlarda yüzeyden kopan parçalar karşı yüzeye de yapışabilmektedir (kaynama) [1]. Adheziv aşınma, yüzeylerin birbirlerine göre olan izafi hızına ve yüzeylerde taşınan kuvvete bağlıdır. Makina parçalarının aşınmaya maruz kalması ekonomik yönden büyük sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır.

Malzeme kaybının azaltılması için aşınmanın ve enerji kaybının azaltılması için de sürtünmenin minimize edilmesi kauçukların tribolojisinde oldukça önemlidir [2]. Sürtünme ve aşınma kauçuk sızdırmazlık elemanları için önemlidir [3]. Çevresel faktörler kauçuk malzemelerin çalışma ömürlerini azaltabilmektedirler. Hareket eden kauçuk parçaların yüzeylerinde zorlu çevresel koşullar altında sürtünmeden kaynaklanan ısı oluşmaktadır. Bazı araştırmacılar uygun tribometre kullanarak kauçuk malzemelerin aşınma özelliklerini incelemişlerdir. Morrel ve diğ. NBR malzemeden üretilen sızdırmazlık elemanlarının termal yaşlandırma ve aşınma özelliklerini incelemiştir [4]. Wang ve diğ. NBR/nano-Fe₃O₄ kompozit malzemede, nano-Fe₃O₄ partiküllerin kauçuk malzemenin sürtünme ve aşınma dayanımını artırdığını belirlemiştir [5]. Dong ve diğ. yaşlandırma işlemine maruz kalan NBR numunelerde, yaşlandırma işleminin kauçuk malzemenin tribolojik özellikleri üzerinde oldukça etkili olduğunu belirlemiştir. 0°C den 100 °C ye sıcaklık artışının kauçuk malzemenin yorulma ömrünü azalttığını ifade etmektedirler [6]. Mofidi ve diğ. çeşitli ester bazlı sıvılar etkisinde yaşlandırmaya maruz bırakılmış NBR numunelerin aşınma özelliklerini incelemiştir [7]. Fındık ve diğ. kauçuk malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Dolgu maddelerinin ve ozon etkisinin kauçuk malzemelerin aşınma dayanımına olan etkileri araştırılmıştır [8].

Bu deneysel çalışmada EPDM (Ethylene Propylene Diene Elastomer), NBR (Nitrile Butadiene Rubber) ve NR (Natural Rubber) kauçuk malzemelerin adheziv aşınma deneyleri yapılmıştır. Üretici firmalarda temin edilen kauçuk numuneler gerçek hayatta sıcak ve soğuk ortamlarda çalışabileceğinden ve çalışma esnasında yağ ve asit vb korozyif kimyasallara maruz kalabileceğinden aşınma deneylerinde de bu koşullar dikkate alınmıştır. Farklı koşullara maruz bırakıldıktan sonra kuru sürtünme durumunda adheziv aşınma testi yapılan numuneler, hiçbir işleme maruz bırakılmadan adheziv aşınma testi uygulanmış numuneler ile karşılaştırılmış ve aşınma özellikleri grafikler halinde ifade edilmiştir.

2. Deneysel Çalışma

Bu deneysel çalışmada EPDM, NBR ve NR gibi kauçuk malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerden üretilen numuneler aşınma testlerinden önce 4 farklı koşula maruz bırakılmıştır.

Deney numuneleri belli bir süre farklı koşullara maruz bırakıldıktan sonra, bu numunelerin ağırlıkları ölçülmüştür. Daha sonra farklı koşullara maruz kalan bu numunelere adheziv aşınma testi uygulanmıştır. Aşınma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar ağırlık ölçümü yapılmıştır. Ölçülen iki ağırlığın farkı alınarak numunenin aşınma miktarı, ağırlık kaybı olarak belirlenmiştir. Benzer işlemler hiçbir işleme maruz kalmayan numuneler için de tekrarlanmıştır.

2.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Kauçuk esaslı malzemelerin adheziv aşınma deneyinde toplam 3 farklı numune kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılacak olan malzemeler Bantsan ve Yücel Bant'tan tedarik edilmiştir. Kullanılan numunelerin malzeme özellikleri aşağıda verilmiştir.

2.1.1. EPDM (Ethylene Propylene Diene Elastomer)

EPDM kauçuğu ısı, ışık ve oksidasyona karşı iyi dayanım özelliklerine sahip olup yüksek seviyede dolgu ve yağ alabilme özelliklerinden dolayı düşük maliyetlidir. Asit ve alkalilere karşı dayanımları iyidir. Kapı ve cam fitili, radyatör ve ısıtma hortumları, beyaz eşya körük ve contaları, konveyör batları ve tankların kaplanması yaygın olarak kullanılırlar [9]. Geleneksel kauçuklar ile karşılaştırıldığında EPDM kullanım alanı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. EPDM 'in yüksek sıcaklıklarda oksidasyona uğraması kimyasal, mekanik ve yüzeysel özelliklerinde bozulmalar durumunu ortaya çıkarmaktadır.

2.1.2. NBR (Nitrile Butadiene Rubber)

NBR kauçuğu bitkisel ve mineral yağlara karşı dayanıklı olmasına rağmen aseton ve keton gibi kimyasal maddelere karşı dayanımı düşüktür. Aşınma, yorulma ve yaşlanma dayanımı doğal kauçuktan (NR) daha iyi olmasına rağmen yırtılma direnci daha düşüktür. NBR yağ ve yakıtlara karşı olan dayanımı nedeniyle sızdırmazlık elemanları, hortum, bağlantı elemanları, konveyör bantları ve işçi bot ve eldivenlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [10, 11]. NBR içeriğindeki akrilonitril oranı arttıkça yağ ve yakıtlara karşı dayanımı daha da artmaktadır.

2.1.3. NR (Natural Rubber)

NR kauçuğu 20 yy. da ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Doğal olarak tropik bölgelerde yetişen bir ağaçtan özel olarak üretilmektedir. Kullanım alanı çok yaygındır. Kolaylıkla sertleşir. Yapay kauçuklara göre kopma dayanımı daha yüksektir. Ozona, ısıya, sıcağa ve kimyasallara karşı dayanımları düşüktür. Aşınma dayanımı ve mekanik özellikleri ise iyidir.

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan kauçuk türlerinin fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	EPDM	NBR	NR
Çekme dayanımı	İyi	Orta	Mükemmel
Aşınma dayanımı	Orta	Çok iyi	Çok iyi
Kopma uzaması	Orta	Çok iyi	Mükemmel
Yırtılma dayanımı	Orta	İyi	Çok iyi
Yaşlanma dayanımı	Mükemmel	İyi	İyi
Ozon dayanımı	Mükemmel	İyi	Orta
Yağlara dayanım	Orta	Mükemmel	Kötü
Asitlere dayanım	Mükemmel	Orta	İyi
Sıcak suya dayanım	Çok iyi	Çok iyi	İyi
Maksimum çalışma sıcaklığı	150 °C	105 °C	100 °C
Minimum çalışma sıcaklığı	-40 °C	-30 °C	-30 °C

Deneyisel çalışmada kullanılan kauçuk türlerinin fiziksel özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir [12].

2.2. Farklı Çalışma Koşulları

2.2.1. Isıl işleme maruz kalan numuneler

Kauçuk esaslı malzemeler imalatında kullanıldıkları kayışlar, konveyör bantı ve sızdırmazlık elemanı gibi makina elemanları itibariyle yüksek sıcaklıklarda çalışma durumunda kalabilmektedirler. Kauçuk esaslı numunelerin sıcaklık altındaki dayanıklılıklarını gözlemek amacıyla numuneler fırında 72 saat boyunca 70°C sıcaklıkta bekletilerek hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmışlardır.

2.2.2. Aside maruz kalan numuneler

Kauçuk esaslı malzemelerden üretilen makina elemanları kimya endüstrisinde asidik özellikli kimyasallar ile temas etme durumunda kalabilmektedirler. Deneyisel çalışmada numuneler 0,3 M HNO₃ (nitrik asit) ile 60 gün boyunca temas halinde bırakılmıştır. Aside maruz kalan numunelerin tamamında tabalakararası ayrışma oluşarak hasar meydana gelmiştir. Hasara uğrayan bu numunelerin aşınma deneylerine tabi tutulma imkanı kalmamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Aside maruz kalarak hasar gören deney numuneleri

2.2.3. Yağa maruz kalan numuneler

Kullanım alanları bakımından geniş bir yelpazeye sahip olan kauçuk esaslı malzemeler, çalışma esnasında mineral yağlarla temas etmek zorunda kalabilirler. Bu nedenle deneyde kullanılan numunelerinin maruz bırakıldığı koşullardan birisi yağ teması olmuştur. Numuneler 60 gün boyunca mineral yağda (Shell Helix 20W-50) bekletilmiştir.

2.2.4. Soğuğa maruz kalan numuneler

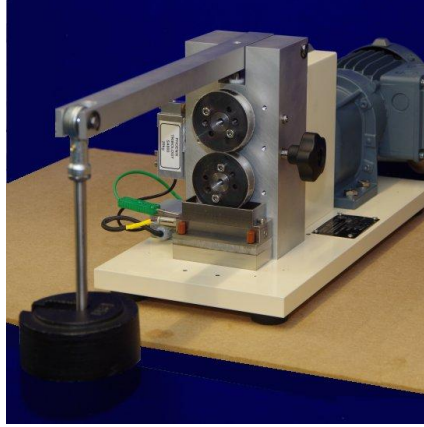
Kauçuk malzemelerden üretilen makina elemanları çalıştıkları yerler itibariyle soğuğa da maruz kalabilmektedirler. Kauçuk esaslı malzemelerin bu koşullar altındaki çalışmalarını temsil etmek için numuneler -20°C sıcaklıkta 60 gün boyunca bekletilmiştir.

2.3. Adheziv Aşınma Testi

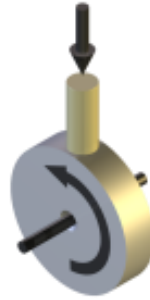
Test edilen numunelerin aşınma dayanımı, ASTM G77 standartlarına göre block on ring tipi adheziv aşınma test cihazı (Plint Partner TE 53) kullanılarak incelenmiştir (Şekil 2-3) [13].

Aşınma cihazında dönen diskin hızı kontrol ünitesi ile 50-850 d/d olarak ayarlanabilmektedir. Cihazın yükleme aralığı 50-750N dur. Temas yüzeyindeki sürtünme kuvveti yük hücresi ile 150N’ a kadar ölçülebilmektedir. Aşındırıcı disk 95 HRB sertliğinde SAE1040 çeliğinden 60mm çapında

üretimiştir. Aşınma test cihazında, numuneler 5N bir kuvvetle 100d/d ile dönen aşındırıcı diske 30dk süre ile temas ettirilmıştır. Deneyler, $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $45\pm 10\%$ nem koşullarında yapılmıştır. Aşınma miktarı numunenin ağırlık kaybının ölçülmesiyle belirlenmiştir. Her bir test için; 3 numune kullanılmıştır ve 3 numune için ölçülen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Test numunelerinin aşınmadan önceki ağırlıkları dijital elektronik tartıyla ölçülmüştür. Aşınma deneyi yapıldıktan sonra test numunelerine tekrar ağırlık ölçümü yapılarak ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Aşınma deneyleri esnasında deney cihazı üzerindeki yük hücresi yardımıyla sürtünme kuvveti ölçülmüştür.



Şekil 2. Aşınma test cihazı



Şekil 3. Aşınma mekanizması

3. Bulgular ve Tartışma

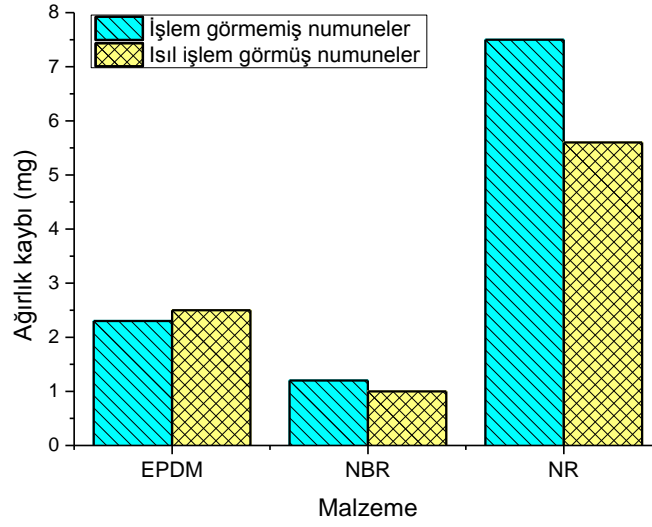
3.1. Isıl İşlem Görmüş Numuneler

Şekil 4' de ısıl işlem görmüş numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi sonrasındaki ağırlık kaybı değerleri görülmektedir. Şekil 5' de ısıl işlem görmüş numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi esnasındaki sürtünme katsayısı değerleri görülmektedir.

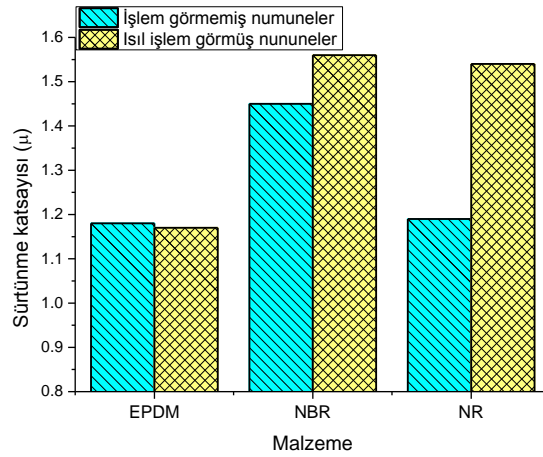
Deney sonuçları incelendiğinde NBR ve NR kauçuğunun ısıl işlemde olumlu olarak etkilendiği ve ısıl işlemin bu malzemelerin aşınma dayanımını iyileştirdiği görülmektedir. EPDM kauçuğunda ise ısıl işlem görme durumunda aşınma dayanımını azaltmıştır. Sürtünme katsayıları açısından değerlendirildiğinde ısıl işleme maruz kalan numunelerin genel olarak sürtünme katsayılarında bir artış görülmektedir.

3.2. Yağa Maruz Kalan Numuneler

Şekil 6' da yağa maruz kalan numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi sonrasındaki ağırlık kaybı değerleri görülmektedir. Şekil 7' de yağa maruz kalan numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi esnasındaki sürtünme katsayısı değerleri görülmektedir.

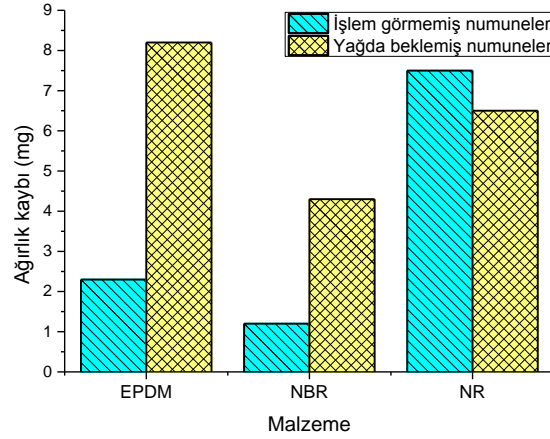


Şekil 4. Isıl işlem görmüş numunelerin ağırlık kayıpları



Şekil 5. Isıl işlem görmüş numunelerin sürtünme katsayıları

Şekillerden de görüleceği gibi genel olarak yağa maruz kalan numunelerin aşınma dayanımlarının azaldığı ve sadece NR kauçuğunun aşınma dayanımının iyileştiği görülmektedir.

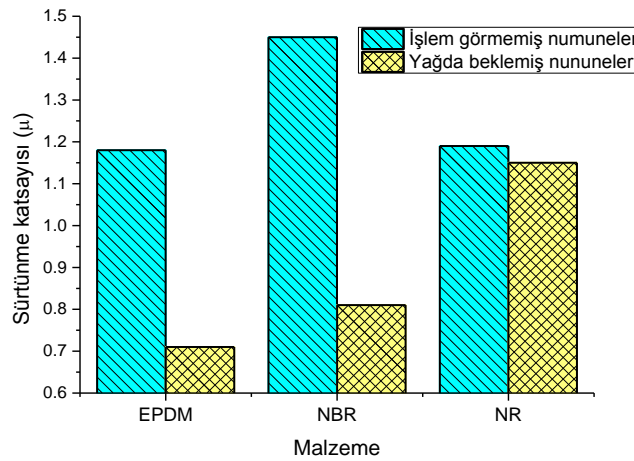


Şekil 6. Yağa maruz kalan numunelerin ağırlık kayıpları

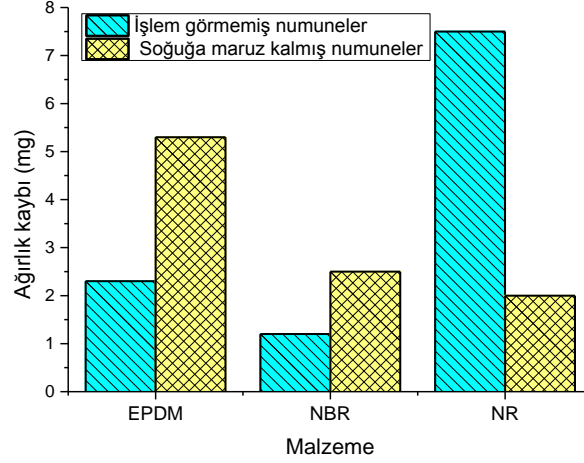
Yağa maruz kalan numunelerin tamamında sürtünme katsayısı değerlerinde azalmalar ortaya çıkmaktadır. Numunelerin yüzeyinde bulunan yağlayıcı film sürtünme katsayılarının azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. NR kauçuğunun yağ ortamdan etkilenmediği ve yağlı ortamların bu malzemelerin aşınma dayanımlarını artırdığı görülmektedir.

3.3. Soğuğa Maruz Kalan Numuneler

Şekil 8' de soğuğa maruz kalan numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi sonrasındaki ağırlık kaybı değerleri görülmektedir. Şekil 9' da soğuğa maruz kalan numunelerin ve işlem görmeyen numunelerin adheziv aşınma deneyi esnasındaki sürtünme katsayısı değerleri görülmektedir.

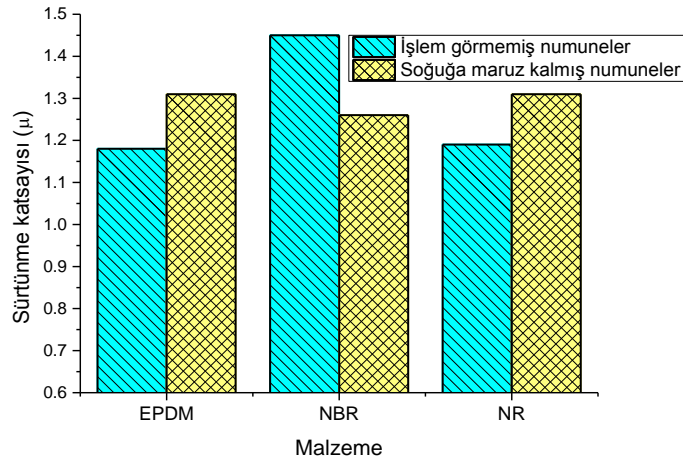


Şekil 7. Yağa maruz kalan numunelerin sürtünme katsayıları.



Şekil 8. Soğuğa maruz kalan numunelerin ağırlık kayıpları.

Şekillerden de görüldüğü gibi NR dışında soğuğa maruz kalan numunelerin tamamının soğuk etkisi ile aşınma dayanımlarının azaldığı görülmektedir. Soğukta bekletilen NR kauçuk numunelerin aşınma dayanımlarında ise iyileşmeler tespit edilmiştir. Soğuğa maruz kalan kauçuk numunelerde NBR dışındakilerde sürtünme katsayılarında artış bulunmaktadır.



Şekil 9. Soğuğa maruz kalan numunelerin sürtünme katsayıları

4. Sonuçlar

Çalışmada öne çıkan sonuçlar, aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- 1) Aside maruz kalan numunelerin tamamında tabakalar arası ayrışma oluşarak hasar meydana gelmiştir.
- 2) Isıl işlem gören NR ve NBR kauçuklarının aşınma dayanımları iyileşmiştir. Isıl işleme maruz kalan numunelerin genel olarak sürtünme katsayıları artmıştır.
- 3) Yağa maruz kalan numuneler içinde NR kauçuğunun aşınma dayanımının arttığı görülmektedir. Yağa maruz kalan numunelerin tamamında sürtünme katsayısı azalmıştır.
- 4) Soğuğa maruz kalan numuneler içinde NR kauçuğunun aşınma dayanımının arttığı görülmektedir.

Bu çalışmada farklı çalışma ortamlarına maruz kalan kauçuk esaslı konveyör bant malzemelerinin adheziv aşınma özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, farklı çalışma koşullarına maruz kalan numuneler arasında aşınma dayanımındaki artışın en fazla olduğu numunenin ise NR kauçuğunun olduğu ve diğer numunelere göre daha az aşındığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Lipson C., “Wear Considerations in Machine Design”, Michigan University, Prencite-Hall, 1967.
- [2] Guo Y., Wang J., Li K., Ding X., “Tribological properties and morphology of bimodal elastomeric nitrile butadiene rubber Networks”, Mater Design, 2013, 52: 861–869.
- [3] Gawlinski M., “Friction and wear of elastomer seals”, Archives of civil and mechanical engineering, 2007, 4: 57-67.
- [4] Morrell P.R., Patel M., Skinner A.R., “Accelerated thermal ageing studies on nitrile rubber O-rings”, Poly Test, 2003, 22: 651-656.
- [5] Wang Q., Yang F., Yang Q., Chen J., G. Hongyan, “Study on mechanical properties of nano-Fe₃O₄ reinforced nitrile butadiene rubber”, Mater Design, 2010, 31: 1023-1028.
- [6] Dong C.L., Yuan C.Q., Bai X.Q., Yan X.P., Peng Z., “Tribological properties of aged nitrile butadiene rubber under dry sliding conditions”, Wear, 2015, 322-323: 226–237.
- [7] Mofidi M., Kassfeldt E., Prakash B., “Tribological behaviour of an elastomer aged in different oils”, Tribology International, 2008, 41: 860-866.
- [8] Findik F., Yilmaz R., Köksal T., “Investigation of mechanical and physical properties of several industrial rubbers”, Mater Design, 2004, 25: 269-276.
- [9] Sutanto P., “Development of a Continious Process for EPDM Devulcanization in an Extruder”, Jakarta, Indonesia, 2008.
- [10] Savran H.Ö., “Elastomer Teknolojisi –II”, Kauçuk Derneği Yayınları, 178-186, 2008.
- [11] Cao Z., Wang D., Zhou Q., “Dependence of abrasion behavior on cross-linked heterogeneity in unfilled nitrile rubber”, Tribology International, 2014, 69: 141–149.
- [12] Vahapoğlu V., “Kauçuk Türü Malzemeler-I”, Doğal Kauçuk, KTÜ Yayını, 57-70, 2007.
- [13] Phoenix Tribology Ltd, <http://www.phoenix-tribology.com>.