

Çevresel Etkilere Maruz Kompozit Malzemelerin Aşınma Davranışı

Murat Kısa¹, Mustafa Özen¹, Deniz Değrimenci¹, Gökhan Demircan¹, Mehmet Dirilmiş¹

¹Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

e-posta: mkisa@harran.edu.tr, mustafaozen@harran.edu.tr, mmsea25@gmail.com, gdemircan@harran.edu.tr, mehmet.dirilmis@harran.edu.tr

Geliş Tarihi: 03.04.2017

Kabul Tarihi: 19.04.2017

Özet

Günümüzde, endüstriyel uygulamaların her geçen gün artması daha iyi özelliklere sahip malzeme gereksiniminin doğmasına neden olmuştur. Bu gereksinimler, daha iyi özelliklere sahip kompozit malzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Sanayinin tüm alanlarında sıklıkla kullanılan bu kompozitlerin çalıştıkları ortamlarda aşınma etkileri altında nasıl davranış göstereceklerinin önceden tespiti önem arz etmektedir. Buna yönelik olarak bu çalışmada, farklı çevresel (toprak, su, güneş) etkilere belirli sürelerle maruz bırakılmış aramid elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kuru kayma şartlarında aşınma davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Kompozit malzemelerin üretiminde Vakum Destekli Reçine Infüzyon Tekniği (VDRIT) kullanılmış olup deneylerdeki aşınma ağırlık kaybı olarak ele alınmıştır. Elde edilen değerler karşılaştırılarak çevresel koşulların kompozit malzemelerin aşınma özellikleri üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. 100 ve 200 gün sürelerle çevresel şartlara maruz kalan; 10N, 20N, 30N gibi yüklerin etkisi altında aşınma deneyine tabi tutulan kompozit malzemenin, yüzde aşınma miktarlarında artış gözlemlenirken sürtünme katsayılarında hem artış hem azalış gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kompozit malzemeler; Çevresel etkiler; Aşınma; Kuru sürtünme

Abrasion Behaviour of Composite Materials Exposed to Environmental Conditions

Abstract

Today, the ever-increasing number of industrial applications has led to the requirement for materials with better features. These requirements have led to the development of composite materials with better features. It is important to know how these composites, which are frequently used in all fields of the industry, will behave under the effects of abrasion in the operating environments. In this study, abrasion behaviors of aramid fiber reinforced composites exposed to different environmental conditions (soil, water, solar) for a certain period of time under dry shear conditions were experimentally investigated. Vacuum Reinforced Resin Infusion Technique (VRRIT) was used in the production of composite materials and abrasion in experiments was considered as weight loss. By comparing the obtained values, the conditions of environmental condition on the abrasion behaviour of composite materials were revealed. An increase was observed in the percent abrasion amount of the composite material exposed to environmental conditions and being tested with 10N, 20N, 30N loads for 100 and 200 days but for the friction condition both increase and decrease were observed.

Keywords: Composite materials; Environmental conditions; Abrasion; Dry friction

1. Giriş

Kompozit malzemelerin geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında dayanım/yoğunluk ve elastisite modülü/yoğunluk oranlarının yüksek olması bu malzemelere talebi arttırmıştır. Ayrıca bu malzemelerin daha yüksek dayanım ve rijitliğe sahip olması, makine elamanının ağırlığının azalması demektir. Bu durum, endüstriyel uygulamalardaki malzeme seçiminde çok önemli bir faktör olup ağırlıktaki azalmalar enerji tasarrufuna ve verimliliğin artmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı son çeyrek yüzyılda kompozit malzemelerdeki

üretim büyük ölçüde artmıştır. Bu artış makina konstrüksiyonunda en önemli problemlerden biri olan aşınma konusunun kompozit malzemelerde de incelenmesini doğurmuştur.

Temas halindeki cisimler birbirleri üzerinde harekete zorlandıklarında yüzey pürüzlülüklerine bağlı olarak karşılıklı olarak harekete direnç gösterirler bu dirence sürtünme adı verilmektedir [1]. Aşınma, çoğunlukla mekanik olarak zorlanmalar, bazı durumlarda ise kimyasal etkiler sonucunda malzeme yüzeylerinden, küçük parçacıkların ayrılması sonucu

oluşan şekil değişimleridir [2]. Bunun yanında aşınma olayı, kullanımdaki makine elemanlarının yüzeylerinden genellikle mekanik etkiler neticesinde oluşan küçük parçaların kopması neticesinde ortaya çıkan şekil değişikliği olarak da tanımlanmıştır [3]. B. Sureshaa ve arkadaşları [4], takviye malzemesi olarak karbon elyafını kullanarak normal yükün ve kayma hızının epoksi matrisli kompozit malzemelerin sürtünme ve aşınma davranışlarına etkilerini incelemişlerdir. Uygulanan yük ve kayma hızının artmasıyla kompozit malzemenin ağırlık kaybının arttığını belirlemiştir.

Pıhtılı ve Tosun [5], dokuma cam elyaf takviyeli polyester matrisli kompozit malzeme ile aramid elyaf takviyeli epoksi reçine matrisli kompozit malzemelerin blok-bilezik aşınma deney cihazındaki değişik kayma mesafeleri, hızları ve uygulama yüklerinde aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Numunelerin aşınma kayıplarına uygulama yükünün hızdan daha etkili olduğunu ayrıca aramid elyaf takviyeli epoksi matrisli kompozit malzemedeki aşınma kayıplarının diğer kompozit malzemedeki aşınma kayıplarından daha düşük olduğunu belirtmektedirler.

U.S Tewari ve arkadaşları [6], 15⁰–90⁰ aralığındaki farklı çarpma açılarında ayrıca 0⁰–45⁰ ve 90⁰ olan üç ayrı elyaf doğrultusunda yapmış oldukları deneylerle, tek yönlü karbon ve cam takviyeli kompozit malzemelerdeki katı parçacık aşınma davranışını incelemişlerdir. Deneyler; 45 m/s çarpma hızına sahip 300–500 µm çapındaki çelik bilyeler ile yapılmış ve çarpma açısının 60⁰ olması durumunda maksimum aşınmanın ortaya çıktığı belirlenmiştir.

M. Sumer, H. Unal ve A. Mimaroglu [7] yaptıkları çalışmalarda %30 cam elyaf takviyeli PEEK matrisle, saf PEEK matrisli malzemelerin tribolojik davranışlarını sulu ve kuru ortamlarda incelemiştir. Uygulanan yükün artmasıyla sürtünme katsayılarının ve aşınma miktarlarının arttığını belirlemiştir.

Kishore ve arkadaşları [8], cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kuru kayma aşınması durumunda aşınma yüzeylerini SEM mikroskobu ile incelemişlerdir. Artan kayma mesafesiyle aşınma yüzeylerinde elyaf ile matris ara yüzeylerinde ayrılmanın meydana geldiğini belirlemiştir.

Srivastava ve Pawar [9], araştırmalarında 150–250 µm aralığında değişik boyutlara sahip silis kumlarını aşındırıcı olarak kullanarak, değişik parçacık hızları

(24 m/s, 35 m/s, 52 m/s) ve çarpma açılarında (30⁰ ve 90⁰) flyash katkı maddesi içeren E–cam elyafli kompozitlerin (GFRP) aşınmasını incelemişlerdir. Çalışmalarında çarpma açısının 60⁰ olması durumunda maksimum aşınma miktarının meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Özay ve Haşçalık [10], 30 m kayma mesafesinde 10N, 20N ve 30N'luk yükler uygulayarak yaptığı deneylerle, karbon miktarının toz metalürjisi metoduyla elde edilen Cu-C-Al₂SiO₅ kompozitin aşınma davranışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve mikroskop kullanılarak, kompozit deney örneklerinin mikro yapıları gözlenmiştir. Hacimce takviye parçacıkları ve uygulanan dış kuvvetin arttırılmasıyla, ağırlıkça aşınma miktarında yükselmeler gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı; çevresel şartlar etkisindeki kompozit malzemelerin aşınma davranışını deneysel olarak tespit etmektir. Bu çalışmada kullanılan aramid elyaf takviyeli kompozit malzemeler ileri kompozit üretim yöntemlerinden biri olan VDRIT (Vakum Destekli Reçine Infüzyon Tekniği) ile üretilmiştir.

Çalışmada toprak, su ve güneş gibi farklı çevre şartlarına 100 ve 200 günlük sürelerle maruz bırakılan kompozit malzemelerin aşınma deneyi yapıp bunlar arasındaki farklar tespit edilerek tribolojik özellikleri araştırılmıştır.

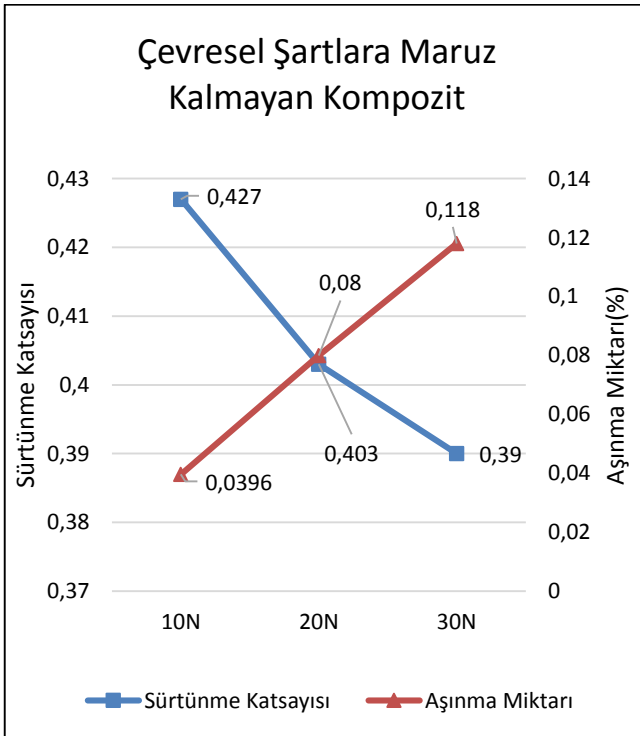
2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak yoğunluğu 300 gr/m² olan dokuma aramid elyaf kumaş kullanılmıştır. Termoset polimer matris malzemesi olarak çift bileşenli Araldite LY 1564 epoksi ile Aradur 3487 BD sertleştirici seçilmiştir. Kompozit plakada takviye malzemesi için 6 kat dokuma aramid kumaş hazırlanmıştır. Matris malzemesi için sertleştirici ve epoksi oranı kütlece 1/3 olarak kullanılmıştır. Hazırlanan takviye kumaşları 1 bar basınçla vakum ortamına alınmıştır. Vakum sızdırmazlığının sağlanmasından sonra Epoksi karışımının takviye kumaşlarına infüzyonu sağlanmıştır. Reçinelerin tüm takviye kumaşlarına infüzyonundan sonra vakum ortamında sistem 2 saat boyunca 100 °C sıcaklıkta kürlenmeye bırakılmıştır. Kürlenmiş plakada kompozit tabakadaki ıslanma durumunun kontrolü için, farklı bölgelerden numuneler çıkartılmış ve gözle muayene işlemi sonucunda kalınlık boyunca tüm kesitte ıslanmanın gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Aşınma deneylerine geçmeden önce kompozit plakalardan numuneler hazırlanmıştır. Numuneler kesici testere ile 18x18x10 mm boyutlarında kesilmiştir. Kesilen numuneler referans değerlerinin alınması için çevresel etkilere maruz bırakılmadan önce TRD Wear programı kullanılarak deneye tabi tutulmuştur. Ardından 100 ve 200 gün süre ile su, toprak ve güneş'e maruz bırakılmış ve değişik kuvvetler (10N, 20N, 30N) altında aşınma deneyine tabi tutulmuştur.

2.1. Çevresel Şartlara Maruz Kalmayan Kompozit

Aramid elyafli kompozit malzemenin aşınma testi için pin-on-disc yöntemi kullanılmıştır. Kompoziti aşındıracak olan karşı eleman olarak 10 mm çapında kalem ucu kullanılmıştır. İlk aşınma deneyleri; üretilen kompozit numuneler çevresel etkilere maruz bırakılmadan önce sırasıyla 10N, 20N ve 30N'luk kuvvetler uygulanarak, kayma hızı 0.2m/s, kayma mesafesi 2000 m alınmak suretiyle oda sıcaklığında ve kuru sürtünme koşullarında gerçekleştirilmiştir. Her kuvvet için üç ayrı deney yapılmış ve deneylerden sonra elde edilen ortalama sürtünme katsayıları ve aşınma miktarları Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Çevresel etkilere maruz kalmamış aramid elyafli kompozit numunelere ait ortalama sürtünme katsayılarının ve aşınma miktarlarının uygulanan yüke bağlı değişimi.

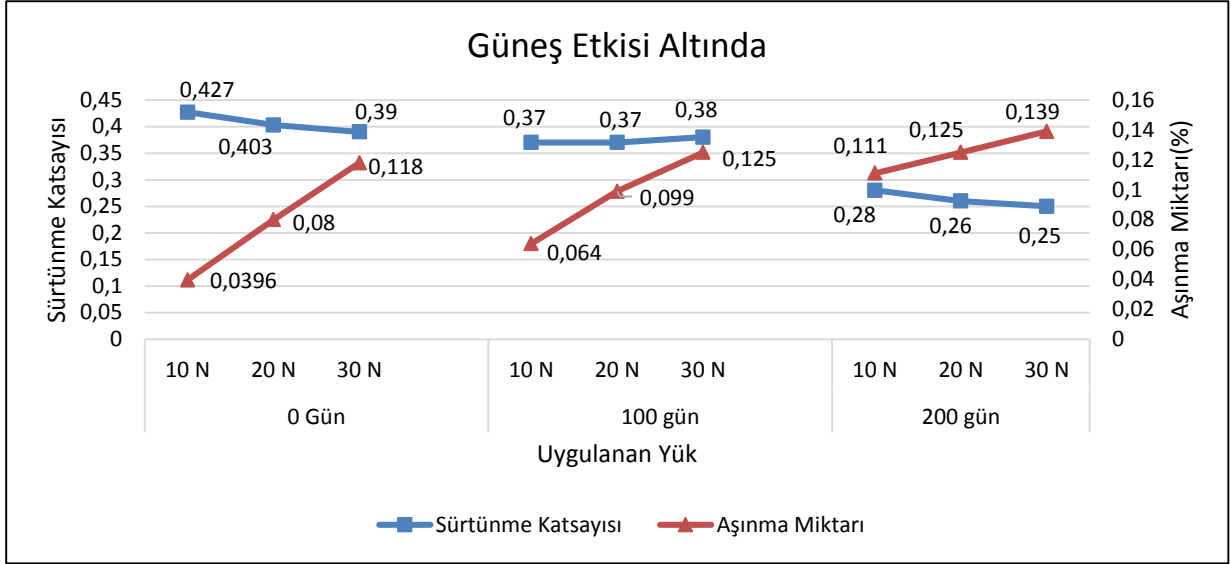
Deneylerde oluşan aşınma miktarları ağırlık kaybı olarak ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların ortalaması alınarak yüzde olarak ağırlıkça aşınma miktarları (%'de aşınma = (aşınma miktarı/ilki ağırlık)*100) bulunmuştur. Numunelere ait ortalama sürtünme katsayılarının uygulanan yük miktarı arttıkça düştüğü görülmüştür. Bu değişimin lineere yakın olduğu görülmektedir. Artan yüklerle beraber ağırlıkça yüzde aşınma miktarında ise artma meydana geldiği tespit edilmiştir. Yük miktarı arttıkça aşınmanın artması beklendiğinden deneylerden elde edilen ağırlıkça yüzde aşınma miktarlarının yükün aşınmaya olan etkilerini daha açık olarak ortaya koyduğu söylenebilir.

2.2. Çevresel Şartlara Maruz Kalan Kompozit

Çevresel etkilere maruz kalan 9 adet aramid elyaf kompozit numunesi üzerinde sırası ile 10N, 20N, 30N'luk kuvvetler uygulanarak sürtünme katsayısı, aşınma miktarları ve bunların uygulanan kuvvet ile değişimi belirlenmiştir. Çevresel etkiler sırası ile toprak altı, su altı ve güneş etkisinde geçirilen 100 ve 200 günlük sürelerdir. Her bir deney plakanın herhangi bir bölgesinden rastgele alınan bir numune üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Güneş Etkisine Maruz Kalan Kompozit

Kompozit numuneler Şanlıurfa şartlarında 100 gün ve 200 gün süre ile güneşe maruz bırakıldıktan sonra aşınma deneyine tabi tutulmuş ve uygulanan yüklere göre oluşan sürtünme katsayılarındaki değişim ve yüzdece aşınma miktarları Şekil 2.2. de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. 0 gün, 100 gün ve 200 gün süre ile güneşe maruz bırakılan aramid elyafli kompozit numunelere ait ortalama sürtünme katsayılarının ve yüzde aşınma miktarlarının uygulanan yüke bağlı değişimi.

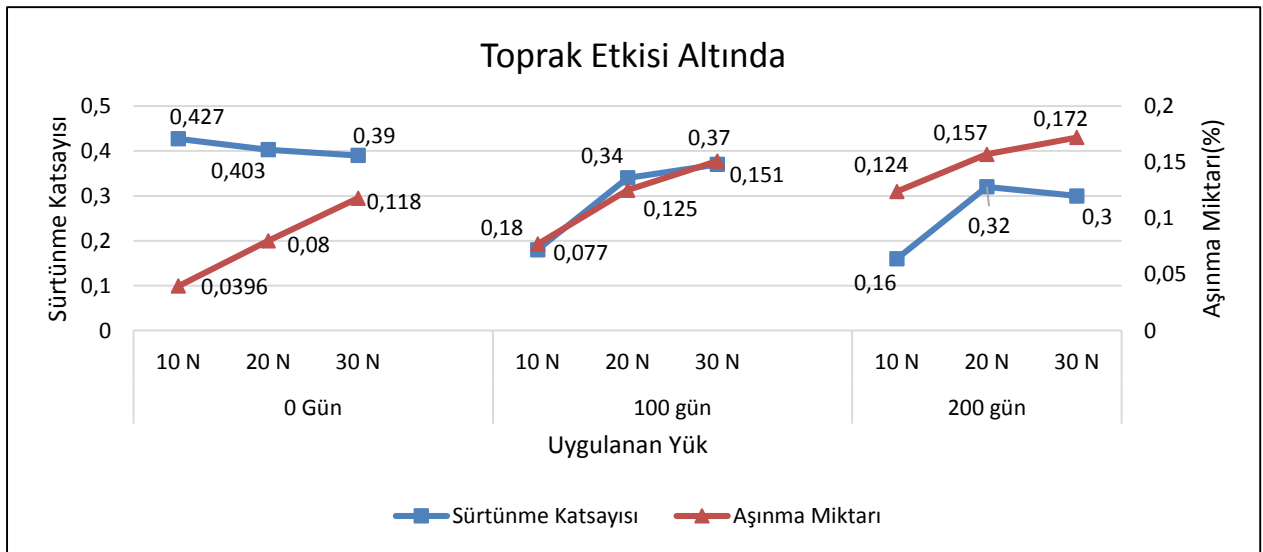
0, 100 ve 200 gün süreyle güneşe maruz bırakılan numunelerin deney sonuçları değerlendirildiğinde her üç durum içinde uygulanan yük miktarının artmasıyla aşınma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Ancak 200 gün süreyle güneşe maruz bırakılan numunelerde uygulanan yükün artmasıyla aşınma miktarında gözlemlenen artışın diğer iki duruma göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bununla beraber aynı yük altında güneşe maruziyet süresinin artmasıyla birlikte aşınma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Sürtünme katsayılarına bakıldığında ise 100 gün güneşe maruz bırakılan numunelerin sürtünme

katsayılarında ihmal edilebilecek ölçüde küçük bir değişiklik gözlemlenirken, 0 ve 200 gün süreyle güneşe maruz bırakılan numunelerin sürtünme katsayıları yük miktarının artmasına bağlı olarak azalmıştır. Bununla beraber güneşe maruziyet süresinin artmasıyla sürtünme katsayısındaki düşüş artmıştır.

2.2.2. Toprak Etkisine Maruz Kalan Kompozit

Kompozit numuneler Şanlıurfa şartlarında 100 gün ve 200 gün süre ile toprak altında bırakıldıktan sonra aşınma deneyine tabi tutulmuş ve uygulanan yüklere göre oluşan sürtünme katsayılarındaki değişim ve yüzde aşınma miktarları Şekil 2.3. de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. 0 gün, 100 gün ve 200 gün süre ile toprağa maruz bırakılan aramid elyafli kompozit numunelere ait ortalama sürtünme katsayılarının ve yüzde aşınma miktarlarının uygulanan yüke bağlı değişimi.

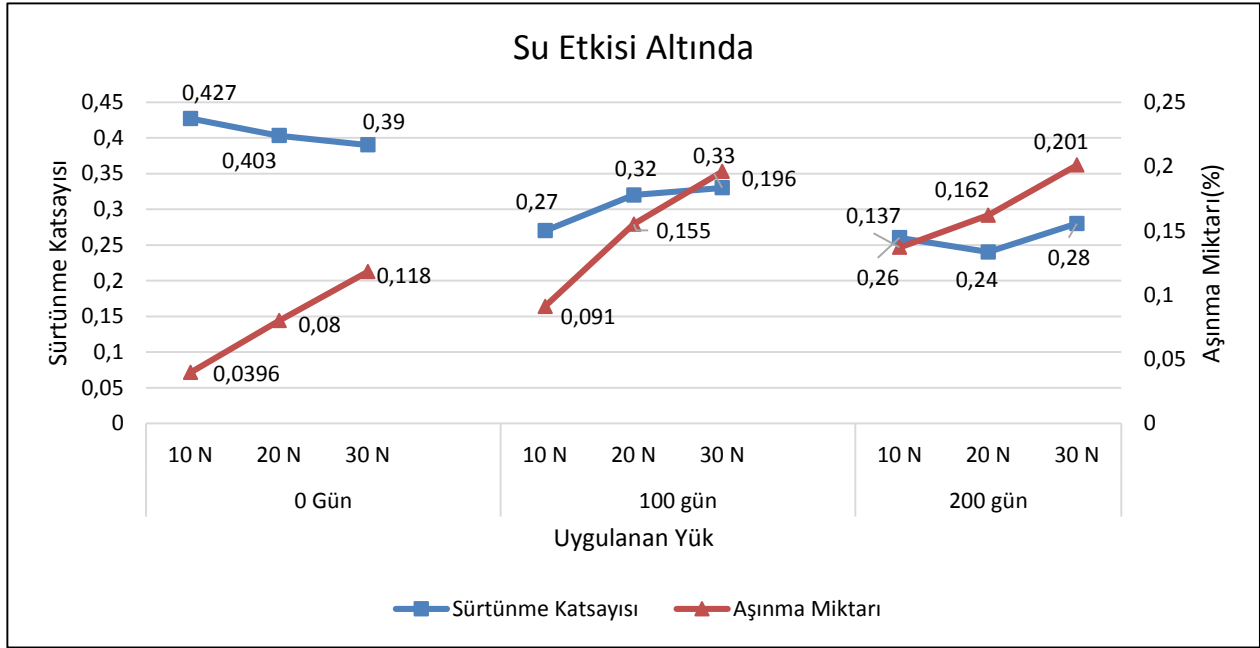
0, 100 ve 200 gün süreyle toprak altında bırakılan numunelerin deney sonuçları değerlendirildiğinde her üç durum içinde uygulanan yük miktarının artmasıyla aşınma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Bununla beraber aynı yük altında toprak altında bırakılma süresinin artmasıyla birlikte aşınma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Sürtünme katsayıları değerlendirildiğinde ise uygulanan yük miktarının artmasıyla birlikte 0 günlük numunelerin sürtünme katsayıları düşerken 100 günlük numunede artış gözlemlenmiştir. Ancak

200 günlük numune sürtünme katsayısı önce artmış sonra küçük bir oranda azalmıştır. Bununla birlikte toprak altında bırakılma süresinin artmasıyla beraber sürtünme katsayılarında genel bir düşüş gözlemlenmiştir.

2.2.3. Su Etkisine Maruz Kalan Kompozit

Kompozit numuneler 100 gün ve 200 gün süre ile su altında bırakıldıktan sonra aşınma deneyine tabi tutulmuş ve uygulanan yüklere göre oluşan sürtünme katsayılarındaki değişim ve yüzdece aşınma miktarları Şekil 2.4. de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. 0 gün, 100 gün ve 200 gün süre ile suya maruz bırakılan aramid elyafli kompozit numunelere ait ortalama sürtünme katsayılarının ve yüzdece aşınma miktarlarının uygulanan yüke bağlı değişimi.

0, 100 ve 200 gün süreyle su altında bırakılan numunelerin deney sonuçları değerlendirildiğinde her üç durum içinde uygulanan yük miktarının artmasıyla aşınma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Bununla beraber aynı yük altında su altında bırakılma süresindeki artışın aşınma miktarında da artışa neden olduğu gözlemlenmiştir.

Sürtünme katsayıları değerlendirildiğinde ise suyun altında bırakılma süresindeki artışın sürtünme katsayısında düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda uygulanan yük miktarındaki artış 0 günlük numunelerin sürtünme katsayılarında düşüşe neden olurken 100 günlük numunede artışa neden olmuştur. Ancak 200 günlük numunelerin sürtünme katsayısı önce azalmış sonra artmıştır.

3. Tartışma ve Değerlendirme

Bu çalışmada; toprak, su ve güneş etkilerine maruz aramid elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kuru kayma şartlarında aşınma davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen verilerden aşınma miktarının, uygulanan yük artışı ve maruziyet süresi göz önüne alındığında sırasıyla en küçükten büyüğe doğru; güneşte, toprak altında ve su içerisinde bekletilen numunelerde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bir başka deyişle zamana bağlı en büyük aşınma miktarının su içerisinde tutulan aramid elyafli kompozit numunelerde olduğu gözlemlenmiştir. Su içerisindeki aramid elyafli kompozitlerde aşınma çok olacağından, bu ortamda çalışması gereken malzemelerde aşınmaya karşı korunma tedbirleri alınması gerekmektedir.

Genel aşınma miktarlarına bakıldığında ise ilk haldeki numunelerde yük artımı ile meydana gelen aşınma miktarı artmakta olup bu durumun bütün çevre şartlarına maruz numuneler için de geçerli olduğu gözlemlenmiştir.

Sürtünme katsayısındaki düşüşün nedeni başlangıçta pürüzlü olan aşındırıcı yüzeyin deney sürecinde daha pürüzsüz hale gelmesidir. Ayrıca, sürtünme katsayısındaki düşüş, deney sırasında sıcaklığın artması ile malzeme sertliğinin düşmesine bağlı olarak da açıklanabilir.

Aramid yapısı itibarı ile nem almaya müsait olduğundan toprak ve su içerisinde tutulan bütün numunelerde nem miktarındaki artış neticesinde sürtünme katsayısı düşüş göstermiştir. Aşınma miktarının arttığı görülmekle birlikte aşınma miktarında nem de bulunduğu gözden çıkarılmamalıdır. Deney öncesinde numune içerisinde nem bulunurken deney sonunda ısınma neticesinde nem buharlaşacaktır. Buna bağlı olarak ta ağırlıkça yüzde aşınma miktarı gerçek değerinden büyük olarak elde edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma HÜBAK tarafından 16035 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Can A.Ç., "Tasarımcı Mühendisler İçin Malzeme Bilgisi", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.
- [2]. Demirci, A. H., "Ötektoidaltı Alaşimsız Çeliklerin Isıl İşlemlere Bağlı Olarak Aşınma Davranışlarının Belirlenmesi ve Optimizasyonu" , E.Ü., Makina Fakültesi, Doçentlik Tezi, Kayseri, 8-44. (1982).
- [3]. Gay D., Hoa, S. V., TSAİ S. W., "Composite Materials Design and Applications", CRC Pres. USA, 2003.
- [4]. B. Sureshaa, G. Chandramohana, Siddaramaiahb, P. Samapthkumaranc, S. Seetharamuc, "Three-body abrasive wear behaviour of carbon and glass fiber reinforced epoxy composites" , Materials Science and Engineering: A, Volume 443, Issues 1–2, 15 January 2007, Pages 285–291.
- [5]. Pıhtılı H., Tosun N. "Investigation of the Wear Behaviour of a Glass Fibre Reinforced Composite and Plain Polyester Resin. Composite Science and Technology", 62, 367-370 , 2002.
- [6]. U.S Tewari, A.P Harsha, A.M Häger, K Friedrich, "Solid particle erosion of carbon fibre– and glass fibre–epoxy composites", Composites Science and Technology, Volume 63, Issues 3–4, February–March 2003, Pages 549–557.
- [7]. M. Sumer, H. Unal, A. Mimaroglu, "Evaluation of tribological behaviour of PEEK and glass fibre reinforced PEEK composite under dry sliding and

- water lubricated conditions", Wear, Volume 265, Issues 7–8, 20 September 2008, Pages 1061–1065.
- [8]. Kishore, P Sampathkumar, S Seetharamu, A Murali, R.K Kumar, "On the SEM features of glass–epoxy composite system subjected to dry sliding wear", Wear, Volume 247, Issue 2, February 2001, Pages 208–213.
- [9]. V.K. Srivastava, A.G. Pawar, "Solid particle erosion of glass fibre reinforced flyash filled epoxy resin composites", Composites Science and Technology, Volume 66, Issue 15, 1 December 2006, Pages 3021–3028.
- [10]. Özay, Ç., Hasçalık, A., "T/M Yöntemi İle Üretilen CU-C- AL₂-SiO₂ Kompozitinin Aşınma Abratif Aşınma Dayanımı", Elazığ , 2003.