

UÇUCU KÜL TAKVİYELİ METAL MATRİKSİLİ KOMPOZİT MALZEMELERİN AŞINMA DAVRANIŞI

Yasin COŞKUN, Serdar ASLAN, Hatem AKBULUT

Özet - Bu çalışmada, kompozit malzeme üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi ve termik santrallerin atık malzemesi olan düşük maliyetli uçucu küllerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ETİAL 141 matriks malzemesi olarak seçilen alüminyum alaşımına %2,5, %5, %7,5 ve %10 ağırlık oranlarında uçucu kül ilave edilmiştir. Tunçbilek termik santralinden sağlanan uçucu kül ilavesiyle alüminyum matriksli kompozit malzemeler vorteks metodu ile üretilmiştir. Bu çalışmada konuya yönelik olarak üretilen farklı uçucu kül takviyeli kompozitlerin disk üstünde pin tipi standart aşınma düzeneğinde aşınma davranışları, farklı yük ve farklı hız koşullarında incelenmiştir. Aşınma deneyleri kuru ortamda ve %50-60 relatif nem oranlı açık atmosferde yapılmıştır. Matrikse uçucu kül ilavesinin mikroyapıyı modifiye ettiği ve aşınma oranını düşürdüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - Metal Matriks Kompozit, Alüminyum Alaşımı, Mikroyapı, Aşınma, Aşınma Mekanizması

Abstract - In this study, it is aimed to decrease the cost of the composite materials and to use the low cost fly ash wastes from thermoelectric power plants. For this purpose, ETIAL 141 aluminum matrix composite materials were produced by vortex method, introducing 2.5, 5, 7.5 and 10 wt. % fly ash provided from Tunçbilek thermoelectric power plant. The produced composite materials, which contained different amount of fly ash, were subjected to a standard pin-on-disc wear test. The wear behavior of the materials was studied in different loads and sliding speed conditions. Wear tests were conducted in dry air and at 50-60 % relative humidity atmosphere. The addition of fly ash into matrix material resulted in modify matrix microstructure and resulted in decrease the amount of wear.

Keywords - Metal Matrix Composite, Aluminum Alloys, Microstructure, Wear, Wear Mechanism

Y. Coşkun, S. Aslan, H. Akbulut, SAÜ Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Esentepe/Sakarya

I. GİRİŞ

Son yıllarda, partikül takviyeli metal matriksli kompozit malzemelere (MMK), özellikle de alüminyum alaşım matriksli olanlara ilgi artmıştır. Bu kompozitler mükemmel özellikler göstermelerine rağmen takviye fazlarının pahalı olması, üretim yöntemlerinin zor ve masraflı olmasından dolayı ticari uygulama alanlarına aktarılamamaktadır. Bu nedenle partikül takviyeli MMK malzemelerin üretimi ve özelliklerinin geliştirilmesi çalışmaları büyük önem kazanmaktadır. Çok iyi mekanik özelliklere sahip kompozit malzeme üretimi, uygulanan üretim yöntemine ve kullanılan takviye malzemesine bağlı olarak yüksek maliyet ve üretim teknolojisi gerektirir. Kompozit üretimindeki sınırlayıcı bu faktörlerin elimine edilmesi amacı ile daha ucuz takviye elemanlarının ve üretim yöntemlerinin uygulanması ihtiyacı doğmuştur [1,2].

Son zamanlarda yapılan bu çalışmalar düşük maliyetli kompozit malzeme üretimi doğrultusunda yoğunlaşmış ve kayda değer ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle düşük maliyetli takviyelerin kullanılması ve kompleks olmayan üretim yöntemlerinin uygulanmasına çalışılmıştır. Düşük maliyetli, takviye ve dolgu malzemeleri arasında en popüler olanlarından biri de uçucu küllerdir [3].

Ticari amaçlı kompozit malzeme üretiminde vorteks yöntemine ilginin büyük olmasının başlıca nedeni, klasik yöntemlerle ekonomik üretim imkanlarının olmasıdır. Ancak bu hiçbir zaman bu kompozitlerin üretiminin problemsiz ve kolay olduğu anlamına gelmemelidir. Matriksin takviye elemanlarını ıslatmaması, homojen dağılımın sağlanması, porozitelerin önlenmesi, dökümde akıcılığın sağlanması, ara yüzey reaksiyonlarının engellenmesi gibi bir çok problemlerle karşılaşılabilir. İşte bu anlamda yapılan deneysel ve teorik çalışmalar, bulguların hızlı ve yaygın iletişimi, bu problemlerin giderilmesinde veya aşılmasında etkin rol oynamıştır. Ancak maliyetlerin düşürülmesi, seri ve kaliteli kompozitlerin üretiminin cesaretlenmesine yönelik, yapılması gerekli daha bir çok çalışma ve araştırma potansiyeli yüksektir. Sayılan bu çalışmalar ve sorunların çözümü nedeniyle vorteks yöntemi ile kompozit malzeme üretimi yaygın olarak kullanılmaktadır [4,5].

Al matriksine karıştırma öncesinde veya karıştırma sırasında Li, Cu veya Mg alaşımlarının katılması ile takviye elemanlarının matriks tarafından ıslatılabilirliği artırılabilir. Uçucu küllerin ön ısıtma tabii tutulmaları düzgün dağılımlarına imkan sağlar ve segregasyonu önleyebilir [6].

Bu yöntemle kaliteli kompozit üretimi, sıvı metal ve takviye elemanlarının sıcaklığına, karıştırma hızına ve şekline, gaz giderme yöntemine, katılaştırma hızına ve daha bir çok değişkenin kontrol edilmesine bağlıdır [5].

Bu çalışmanın amacı, yok deneye kadar düşük maliyetli uçucu küllerin, alüminyum matriks içerisinde takviye ve dolgu maddesi olarak kullanılma olanaklarının araştırılmasıdır. Bu çalışma ile ülkemiz termik santral uçucu küllerinin alüminyum matriksli kompozit malzeme üretiminde kullanım olanakları belirlenmeye çalışılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1 Matriks Alaşımı ve Takviye Elemanları

Deneysel çalışmalarda, alüminyum matriks olarak ETİAL 141 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Bu alaşımın seçimindeki amaç, döküm kabiliyetinin iyi olması ve matriksin uçucu küllü ıslatma özelliğini arttıran Mg elementi içermesidir. Bu alaşımların optik emisyon spektrometresinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Kullanılan uçucu küllerin analiz sonucu ise Tablo 2'de sergilenmiştir.

Tablo 1. Matriks alaşımı ETİAL 141'in kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)

Si	Fe	Mn	Cu	Mg	Ti	Zn	Ni	Al
11,5-	1,1	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	Kalan
13,5	mak.	mak.	mak.	mak.	mak.	mak.	mak.	

Takviye ve dolgu malzemesi olarak kullanılması planlanan uçucu küller, sıvı matriks alaşımına %2,5, %5, %7,5 ve %10 ağırlık oranlarında ilave edilmişlerdir.

Tablo 2. Tunçbilek termik santralinden alınan uçucu külün kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)

Bileşik	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Diğerleri
%	56,40	23,00	10,10	2,10	3,30	5,10

II.2 MMK Malzemelerin Üretimi

Matriks alaşımı olan ETİAL 141'in ergitilmesi ve partiküllerin ilavesi laboratuvarında kurulan elektrikli bir fırında gerçekleştirilmiştir. Fırın argon gazı kontrolünde olup bu kontrol özellikle cüruf alma, gaz giderme ve partikül takviyesi esnasında fırına argon gazı verilmesi ile sağlanmıştır.

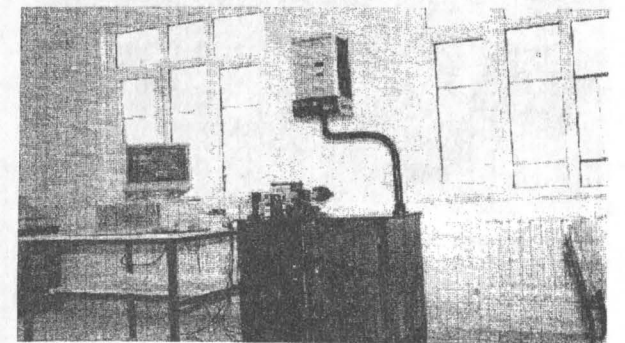
Matriks alaşımı, 220 cm³ kapasiteli potada 660-700°C arasında ergimiş, fırın kapağı açılarak curuf alınmış ve metalin gazı giderilmiştir. Potanın içerisine karıştırıcı daldırılarak, 1000-1500 devir/dakika hızla döndürülerek vorteks oluşumu sağlanmıştır. Bu yüksek hızla karıştırma sırasında vorteksin ortasına takviye elemanı olan uçucu küller kontrollü olarak verilmeye başlanmıştır. Takviye elemanı ilavesi bittikten sonra, karıştırma işlemi karışım hamur kıvamına gelinceye kadar devam etmiştir. Karışım hamur kıvamına gelinceye kadar karıştırılmasının nedeni, bir mekanik zorlama oluşturarak matriks içersine uçucu küllerin tam olarak dağılmasını sağlamaktır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra karışım, fırın 740°C'ye çıkana kadar ısıtılmış ardından sıkıştırma döküm makinasında dökümü gerçekleştirilmiştir. 740°C'ye ısıtılan sıvı karışım, 250°C'ye ön ısıtılan 100x10 mm boyutlarındaki çelik kalıba dökülmüş ve hemen sıvı karışım üzerine 50 MPa değerinde basınç uygulanmıştır. Katılma sona erinceye kadar basınç uygulamasına devam edilmiş ve 3 dakika sonra basınç kaldırılıp numuneler kalıptan alınmıştır. Deneylerde kullanılan uçucu küller ile 4 ayrı ağırlık oranında takviyeler yapılarak döküm yapılmıştır. Böylece 4 adet farklı ağırlık oranında uçucu küller takviye edilmiş kompozit malzemeler ve 1 adette hiçbir takviye yapılmamış ETİAL 141 alaşımı dökümü yapılmıştır. Elde edilen dökümlerin her birinin ağırlığı yaklaşık olarak 432 gram olmuştur.

II.3 Mikroyapı İncelemesi

Takviye oranlarına bağlı fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimin nedenlerinin belirlenmesi partikül dağılımı, boyutu matriks ile uçucu kül arasındaki ara yüzeylerin gözeneklerin ve yapının incelenmesi ile mümkündür. Mikroyapı incelemesi, optik mikroskopta (Olympus BH-3) yapılmıştır. Aşınma numunelerinin SEM'de aşınma yüzeyi fotoğrafları ve EDS analiz sonuçları alınmıştır.

II.4 Aşınma Deneyleri

Aşınma deneyleri, Şekil 1'de gösterilen DIN 50324 standardına göre dizayn edilmiş, pin-on disk prensibine göre çalışan cihazda yapılmıştır.



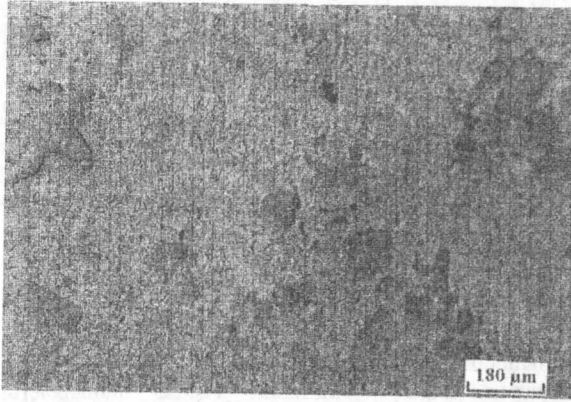
Şekil 1. Aşınma deney cihazı

Aşındırıcı olarak kullanılan disk 62 Rc sertliğe sahip Ç 1050 çelik malzemeden imal edilmiştir. Deneyde kullanılacak her bir numune ve aşındırıcı disk yüzeyi, önce alkol ile çok iyi bir şekilde temizlenmiş ve kurutulmuştur. Numune, deney cihazına bağlamadan önce hassas dijital terazide tartılmış ve ağırlığı tespit edilmiştir. Aşınma deneyleri kuru ortamda, 6 mm çapında 120 mm boyunda olan pinler üzerinde yapılmıştır.

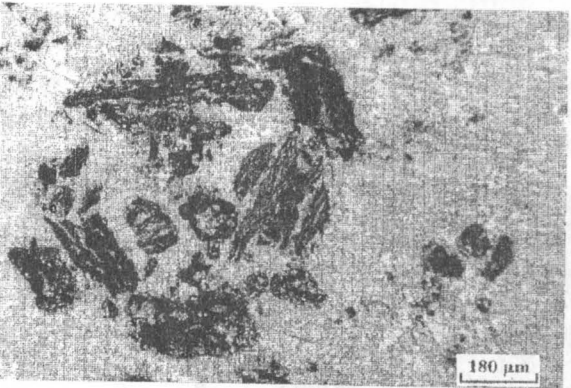
Deneye tabi tutulan her bir numune için, 5 N, 10 N, 15 N ve 20 N'luk aşınma yükleri seçilmiş ve 0,25 m/sn., 0,50 m/sn. ve 0,75 m/sn. olarak seçilen üç değişik hızda, toplam aşınma mesafesi 1800 m. yol alacak şekilde seçilerek gerçekleştirilmiştir. Her bir deney iki kez tekrarlanmıştır. Deney öncesi ve sonrasında numune ağırlıkları ölçülmüş, aşınma miktarı ortaya çıkan ağırlık kayıpları cinsinden ifade edilmiştir.

III. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

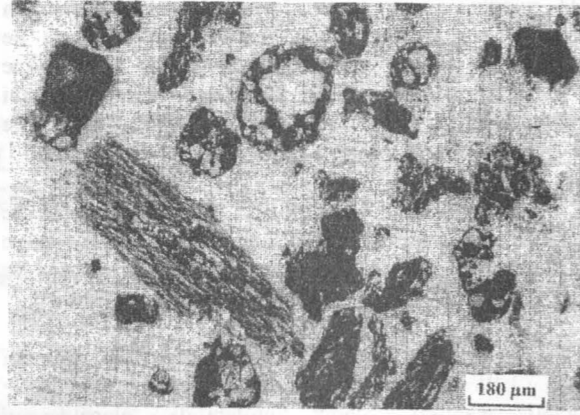
III.1 Mikroyapı



Şekil 2. Takviyesiz alaşımın sıkıştırma döküm sonrası ortaya çıkan mikroyapısı



Şekil 3. Hacimce %5 oranında uçucu kül takviyeli kompozitin sıkıştırma döküm sonrası mikroyapısı



Şekil 4. Hacimce %10 oranında uçucu kül takviyeli kompozitin sıkıştırma döküm sonrası mikroyapısı

Şekil 2 de takviyesiz matris (Al-Si) alaşımı ET141'in mikroyapısı görülmektedir. Takviyesiz alaşımın mikroyapısının ötektik üstü kompozisyona sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu alaşımın standartlardaki kimyasal kompozisyonunda %11-13,5 Si içeriğine sahip olduğu bilinmektedir. Mikroyapıda gözlenen primer Si kristalleri, bileşimin denge diyagramına bakıldığında ötektik üstü bileşime sahip olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 3 de hacimce %5 oranında uçucu kül takviyeli kompozitin mikroyapısı görülmektedir. Uçucu kül kürelerinin içine Al-Si alaşımı nüfuz etmişir. Uçucu küllerin bileşiminde bulunan SiO₂, CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃ gibi oksitler de mikroyapıda görülmektedir. Artan uçucu kül miktarı ile tane sınırları ve tane boyutu küçülmüştür. Primer Si veya Al₂O₃ olduğundan şüphelenilen kalıcı primer fazlar mevcuttur. Bu primer fazların Al'un SiO₂ veya CaO ile reaksiyona girerek Al₂O₃ ve Si oluşmasından kaynaklandığına inanılmaktadır.

Şekil 4 de hacimce %10 oranında uçucu kül takviyeli kompozitin mikroyapısı görülmektedir. Uçucu kül kürelerinin içine Al-Si alaşımı nüfuz etmesinin yanında bir takım partiküllerin kırıldığı anlaşılmaktadır. Kırılan kimi partiküllerin CaO veya SiO₂ esaslı yapılar olduğu tahmin edilmektedir. Vorteks işlemi, sıkıştırma döküm ile katılma esnasında termal genişleme katsayısı matris ile oldukça farklı olan SiO₂, CaO vb. seramik fazlar katılma sırasında ortaya çıkan kalıntı gerilmeler nedeni ile kırılabilirler [7].

Takviye oranının düşük olduğu durumlarda uçucu küllerin dağılımının homojenlikten bir miktar saptığı ve bazı takviye fazlarının aglomere olacak şekilde birleşebildiği ortaya çıkmaktadır. Ancak artan takviye oranının matris metali içerisinde daha homojen dağılımlar elde edilmesine yol açtığı anlaşılmaktadır. Bu durum uçucu kül partiküllerinin Al-Si matrisini modifiye etmelerinden ileri gelmektedir. Ancak partikül oranı ile matris yapısındaki α-Al dendritleri, Si kristalleri ve ötektik Al-Si yapısı incelenmektedir. Şekil 2,

Şekil 3 ve Şekil 4 karşılaştırıldığında, optik mikroyapılardaki bu değişim kolayca fark edilmektedir.

Benzer durum metal matrisli kompozit malzemelerin sıvı yöntemleri ile üretilmesi üzerine çalışan çok sayıda araştırmacı tarafından da belirtilmiştir [8]. Sıvı Al içerisinde asılı duran seramik takviye fazları katı haldedir ve bunlar katılma esnasında heterojen çekirdekleyici olarak davranıp sıvı Al-Si alaşımının katı partikülleri üzerinde daha düşük yüzey alanı ve daha düşük sıvı-katı yüzey gerilimi oluşturacak şekilde birikmesine yardımcı olmaktadır. Katı-sıvı yüzey geriliminin düşmesinin çekirdeklemeyi kolaylaştıracağı çok iyi bilinen temel bir malzeme bilgisidir [9].

Uçucu küllerin bir kısmının poroz olması nedeniyle kül kürelerinin içlerine matris alaşımı nüfuz etmiştir. Bu kül kürelerinin içlerine dolan matris alaşımı kiminde tamamen, kimisinde ise bir kısmını ancak doldurabilmiştir. Uçucu kül kürelerinin matris alaşımı tarafından dolması uçucu kül bileşiminde bulunan SiO₂ ve CaO gibi oksitlerin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Al-Si alaşımının ergitilip uçucu kül partiküllerinin ilavesi sırasında oluşturulan vorteks ve dolayısıyla meydana gelen santrifüj kuvveti uçucu küllerin bünyesindeki boşlukların bir kısmının dolmasına sebebiyet vermektedir. Buna ilave olarak elde edilen karışıma sıkıştırma döküm işlemi esnasında uygulanan yüksek basınç içi boş olan uçucu küllerin daha fazla bir oranda dolmasına yol açmaktadır. Ancak Şekil 3 ve Şekil 4 deki mikroyapılardan da görüldüğü gibi buna rağmen uçucu küllerin bir kısmının içine matris metali nüfuz edememektedir.

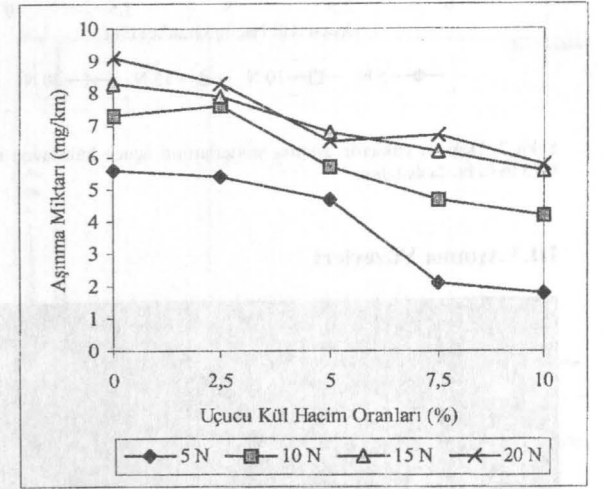
Uçucu küller, küresel veya küresele yakın olan koyu renk partiküllerdir. Görüldüğü gibi partikül yoğunluğu Şekil 3'den Şekil 4'e doğru gittikçe artmaktadır ve dağılımı tüm kompozitlerde nispeten homojendir.

III.2 Aşınma

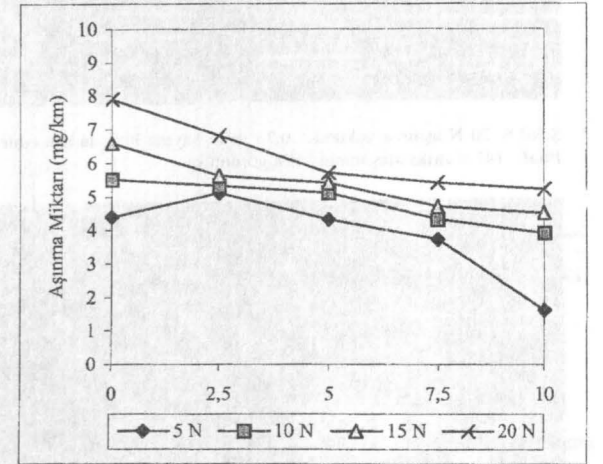
Etial 141 alaşımına ilave edilen uçucu kül takviye malzemesinin matrisin aşınma davranışını arttırdıkları tespit edilmiştir. Artan kayma hızı aşınma miktarını düşürürken, uygulanan yük ile matris alaşımı ve kompozit malzemelerin aşınma miktarlarının arttığı sonucu gözlenmiştir. Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 dikkatlice incelendiğinde partikül oranı-kayma hızı ve uygulanan yük ilişkisi açık olarak kıyaslanabilmektedir.

Örneğin; 0,25 m/sn'deki sabit kayma hızında farklı ağırlık ve farklı malzeme oranlarıyla kıyaslandığında; 15 N yükte takviyesiz (%0) alaşım 8,3 mg aşınma olurken, %2,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 7,9 mg, %7,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 6,2 mg ölçülmüştür. 0,50 m/sn'deki sabit hızda farklı ağırlık ve farklı malzeme oranlarıyla kıyaslandığında; 15 N yükte

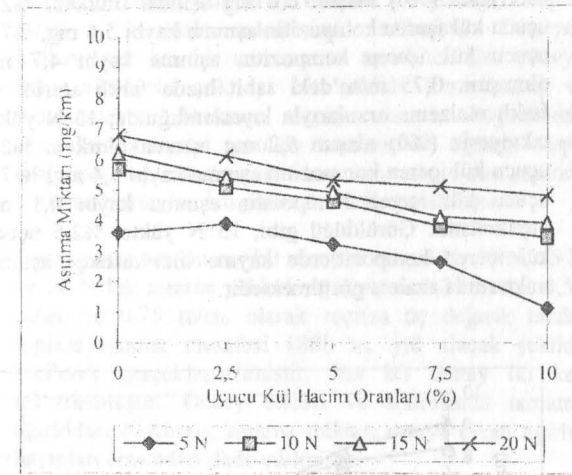
takviyesiz (%0) alaşım 6,6 mg aşınma olurken, %2,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 5,6 mg, %7,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 4,7 mg olmuştur. 0,75 m/sn'deki sabit hızda farklı ağırlık ve farklı malzeme oranlarıyla kıyaslandığında; 15 N yükte takviyesiz (%0) alaşım 6,2 mg aşınma olurken, %2,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 5,4 mg, %7,5 uçucu kül içeren kompozitin aşınma kaybı 4,1 mg ölçülmüştür. Görüldüğü gibi, 15 N yükte, %2,5 uçucu kül içeren kompozitlerde kayma hızı arttıkça aşınma miktarında azalma görülmektedir.



Şekil 5. Değişen yüklerde aşınma miktarlarının uçucu kül ilavesi ile 0,25 m/sn hızda değişimi

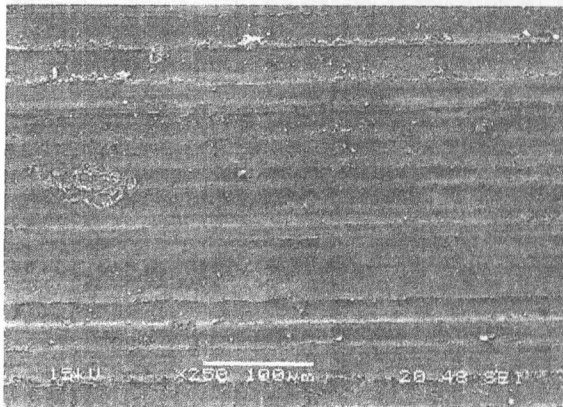


Şekil 6. Değişen yüklerde aşınma miktarlarının uçucu kül ilavesi ile 0,50 m/sn hızda değişimi

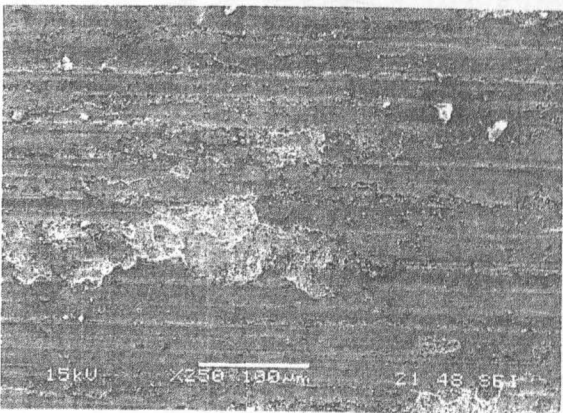


Şekil 7. Değişen yüklerde aşınma miktarlarının uçucu kül ilavesi ile 0,75 m/sn hızda değişimi

III.3 Aşınma Yüzeyleri

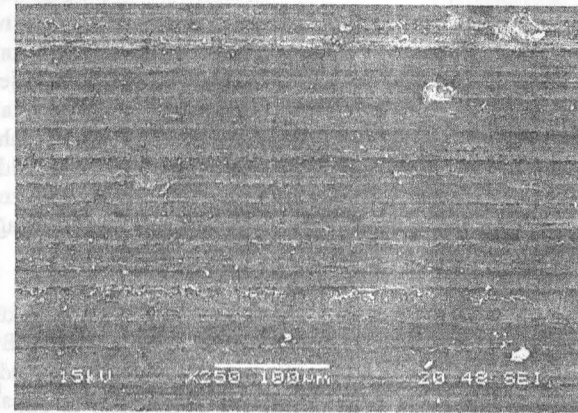


Şekil 8. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımının SEM görüntüsü

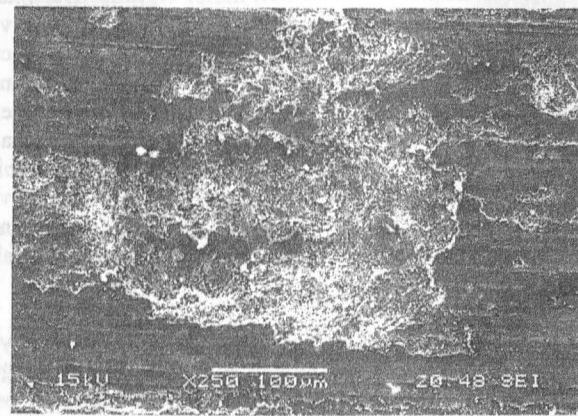


Şekil 9. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımına %2,5 uçucu kül takviye edilmiş kompozit malzemenin SEM görüntüsü

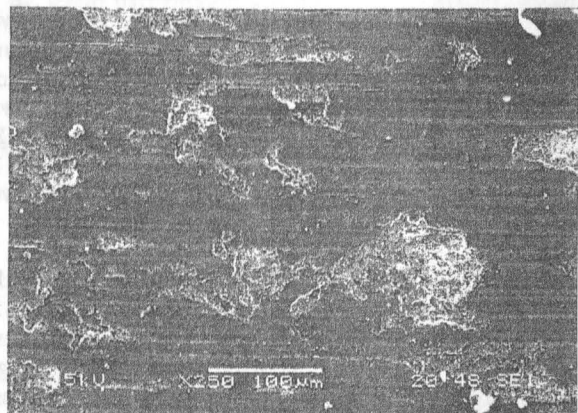
Şekil 8,9,10,11 ve 12 de 0,75 m/sn aşınma hızında ve 20 N yükte aşınma deneyi sonrasında ortaya çıkan aşınma izleri görülmektedir.



Şekil 10. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımına %5 uçucu kül takviye edilmiş kompozit malzemenin SEM görüntüsü



Şekil 11. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımına %7,5 uçucu kül takviye edilmiş kompozit malzemenin SEM görüntüsü



Şekil 12. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımına %10 uçucu kül takviye edilmiş kompozit malzemenin SEM görüntüsü

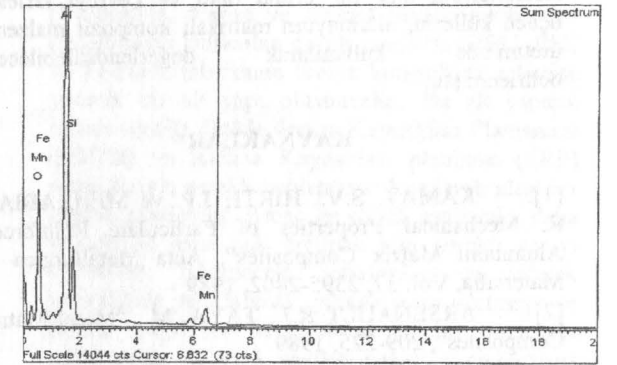
Şekil 8 den görüldüğü gibi takviyesiz alaşımın aşınma yüzeyi, derin olmayan ancak oldukça geniş izler göstermektedir. Buna karşılık, %2,5 ve %5 uçucu kül takviyeli MMK malzemede aşınma izlerinin takviyesiz alaşıma göre daha derin olmasına rağmen daha dar boyutta oldukları görülmektedir. Şekil 9 ve Şekil 10 da bu durum, takviyesiz alaşımda aşınmanın daha çok yüzeyin plastik deformasyonuna neden olan adhesiv tür aşınma mekanizması ile oluştuğunu kanıtlamaktadır. Şekil 11 ve Şekil 12 de ise sırasıyla %7,5 ve %10 hacim oranında uçucu kül içeren kompozitin aşınma yüzeyleri verilmiştir. %7,5 ve %10 hacim oranında uçucu kül içeren kompozitin aşınma yüzeyleri adhesiv mekanizma ile birlikte abrasiv aşınmaya dönüşmektedir. Şekil 11 de görüldüğü gibi abrasiv aşınma sonrasında malzeme yüzeyinden kazınarak malzeme transferi olmuştur.

Lokal olarak oluşan bu transferin ana nedeni partiküllerin bu bölgelerde birikmesinden kaynaklandığına inanılmaktadır. Benzer durum Şekil 12 de görülmektedir.

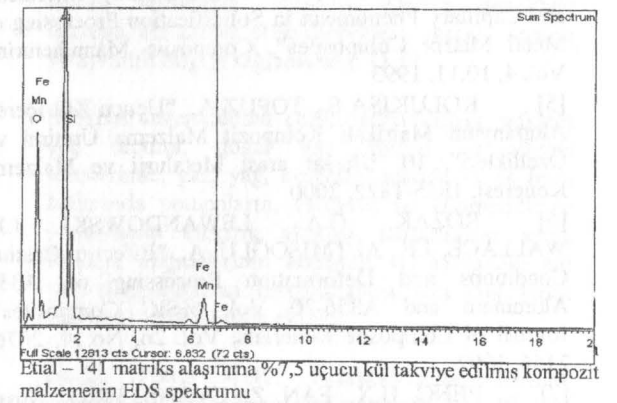
Yapılan farklı çalışmalarda da kaydedildiği gibi düşük aşınma mukavemetine sahip ve kolay deforme olabilen metal ve alaşımlarının seramik fiber ve partiküllerle takviye edilmesi durumunda aşınma mekanizması değişebilmektedir. Kuru ortamlarda yapılan aşınma deneylerinde numune ve çelik aşındırıcı ortam arayüzünün sıcaklığının da artması ile numune yüzeyinde oldukça şiddetli bir plastik deformasyon meydana gelmektedir. Aşınmanın ilk anlarında ve özellikle düşük hacim oranında takviye fazı içeren MMK malzemelerde aşınma ilk olarak daha sünek olan matris fazında başlamaktadır. Aşındırıcı ortam ile sadece takviye fazları temas etmektedir. Matrisin kritik bir miktarda aşınmasından sonra disk ile temas eden takviye fazları kırılmaya başlamaktadırlar. Kırılan bu takviye fazları numune ve disk arayüzünde kalarak matris fazının beklenenden daha fazla aşınmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla matrisin çelik disk tarafından aşındırılması yerine sert takviye fazları tarafından aşındırılması bu durum da aşınmanın adhesiv tür yerine abrasiv türde oluşmasına sebebiyet vermektedir. Deney sırasında yapılan gözlemlerde de bu görüşün doğru olduğu kanısına varılmıştır. Takviyesiz alaşımın aşınma deneyinde gözlenmeyen, ancak MMK malzemelerin aşınması esnasında aşınma cihazında kompozit ve çelik aşındırıcı arayüzeyinden gelen anormal gürültüler, takviye fazlarının belirli aşınma zaman dilimlerinde kırılmaya başladıkları şüphesini doğurmuştur. Uçucu kül hacim oranının yüksek olduğu MMK malzemelerin aşınmasının dikkatlice takip edilmesi sonucu bahsedilen gürültülerin uçucu kül hacim oranının artışı ile fazlaştığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, kopan uçucu küller, matris fazının ve bunun sonucunda kompozit malzemelerin gerçeğinden daha fazla aşınmasına sebebiyet verdikleri sonucuna varılmıştır. Uçucu kül takviyeli MMK malzemelerinin yağlayıcı ortamlarda çalıştığını gözönüne almak

gerekirse, aşınma deneylerinin yağlayıcı şartlarda yapılması durumunda aşınma miktarlarının bu deneyden elde edilen aşınma değerlerinden çok daha düşük oranlarda olacağına inanılmaktadır.

Nitekim, takviyesiz alaşım ve %7,5 hacim oranında uçucu kül içeren kompozitte yapılan EDS analizleri bunu doğrular niteliktedir. Oksijen ve demir %7,5 hacim oranında uçucu kül içeren kompozitte daha fazladır. Uçucu küllerin diskin aşınmasına yol açtığı ve malzeme yüzeyine Fe transfer etmektedir. Uçucu küllerin ısı transferi matristen daha düşük olmasından dolayı yüzey daha fazla ısınmakta ve oksitlenme artmaktadır.



Şekil 13. 20 N aşınma yükünde 0,75 m/sn kayma hızında test edilen Etial - 141 matrisli alaşımının EDS spektrumu



Şekil 14. Etial - 141 matrisli alaşımına %7,5 uçucu kül takviye edilmiş kompozit malzemenin EDS spektrumu

IV. SONUÇLAR

a) Üretilen kompozit malzemelerde uygulanan aşınma testlerinde uçucu kül ağırlık oranları arttıkça aşınma dayanımı da artış göstermiştir.

b) Artan yük ile aşınma miktarı artarken, kayma hızı ile matrisli alaşım ve kompozitlerde aşınma miktarı azalma göstermektedir.

c) MMK malzemelerde aşınma mekanizması takviyesiz alaşıma göre farklılıklar göstermektedir. Uçucu kül hacim oranının artışı ile aşınma, adhesiv türden abrasiv aşınma

mekanizmasına kaymaktadır. Düşük ağırlık oranında uçucu kül takviyeli MMK malzemelerde aşınma adhesiv+abrasiv aşınmanın beraber ilerlemesiyle gerçekleşmektedir.

d)Üretilen kompozit malzemelerde mikroyapı incelemesi, SEM ve EDS analizleri yapılmıştır. Bu incelemelere göre uçucu küllerin matriks içinde genelde homojen dağıldıkları görülmüştür. Aşınma yüzeylerinin taramalı elektron mikroskobunda yapılan incelemelerinde, aşınmanın genelde matriks malzemesinde olduğunu göstermiştir.

e)Yapılan tüm bu sonuçlar sonucunda ülkemiz termik santrallerinin atık bir ürünü olan ve çevreyi kirleten uçucu küllerin, alüminyum matriksli kompozit malzeme üretiminde kullanılarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1]. KAMAT, S.V., HIRTH J.P. ve MEHRABIAN R. "Mechanical Properties of Particulate Reinforced Aluminum Matrix Composites", Acta Metallurgica et Materialia, Vol. 37, 2395-2402, 1989
- [2]. ARSENAULT R.J., TAYA, M., "Metal Matrix Composites", 209-225, 1989
- [3]. ROHATGI, P.K., "Low Cost Fly Ash Containing Aluminium Matrix Composite", JOM 55-59, Nov. 1994
- [4]. ASTHANA R., TEWARI R., S.N., "Interfacial and Capillary Phenomena in Solidification Processing of Metal Matrix Composites", Composite Manufacturing Vol. 4, 10,11, 1993
- [5]. KOLUKISA S., TOPUZ A., "Uçucu Kül İçeren Alüminyum Matriksli Kompozit Malzeme Üretimi ve Özellikleri", 10. Uluslar arası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 1815-1822, 2000
- [6]. ROZAK, G.A., LEWANDOWSKI J.J., WALLACE, J.F., ALTIŞOĞLU, A., "Effect of Casting Conditions and Deformation Processing on A356 Aluminum and A356-20 Vol. %SiC Composites", Journal of Composite Materials, Vol. 26, No.14, 2076-2156, 1992
- [7]. PENG, H.X., FAN, Z., EVANS, J.R.G., Novel MMC Microstructures Prepared By Melt Infiltration Of Reticulated Ceramic Preforms, Materials Science Technology, Vol. 16, 903, 2000
- [8]. ROHATGI, P.K., GUO R.Q., KESHAVARAN B.N., "Cast Aluminium Alloy Fly Ash Composites", Trans. Tech. Publications, 1995
- [9]. ABDASIAN, R., HILL, R.E.R., Physical Metallurgy Principles, Mc. Graw Hill., London, 188, 1991