

# YERÇEKİMİNE TERS VE GELENEKSEL DÖKÜM YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN AISi ALAŞIMININ ADHESİF AŞINMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

**Hasan HASIRCI ve Ferhat GÜL**

Döküm Eğitimi ABD, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Beşevler, Ankara  
[hasirci@gazi.edu.tr](mailto:hasirci@gazi.edu.tr), [fgul@gazi.edu.tr](mailto:fgul@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 04.03.2009 ; Kabul/Accepted: 30.06.2009)

## ÖZET

Bu çalışmada, geleneksel yerçekimi ve yerçekimine ters döküm yöntemleri ile üretilen AISi alüminyum alaşımının adhesif aşınma davranışı incelendi. Numuneler, yerçekimine ters ve geleneksel döküm yöntemleri ile yaş kum kalıba 600, 640 ve 690 °C sıcaklıkta, 100, 250 ve 500 mmHg vakum şartlarında dökülerek üretildi. Bu numuneler, disk üzerinde pim adesif aşınma cihazında test edildi. Adhesif aşınma testleri 20 ve 60 N yükler altında ve 1 m/s kayma hızında gerçekleştirildi. Adhesif aşınma test sonuçları; düşük yükte (20N) alaşımın aşınma kaybının sertliği ile benzer bir değişim sergilediği, ancak yük arttığında (60N) alaşımda meydana gelen sertlik artışından dolayı nedeniyle adhesif aşınma direncinin azaldığı gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum alaşımları, sertlik, mikroyapı, yerçekimine ters döküm, adhesif aşınma.

## INVESTIGATION OF ADHESIVE WEAR BEHAVIOR OF COUNTER GRAVITY AND TRADITIONAL CASTING PROCESS AISi ALLOY

### ABSTRACT

In this study, effect of counter gravity casting method on the adhesive wear behaviors of AISi alloy was investigated. The counter gravity casting and gravity casting specimens were produced by pouring at 600, 640 and 690 °C, with 100, 250 and 500 mmHg vacuum level in sand mould. These specimens were tested on the modified pin on disk adhesive wear tester. Adhesive wear tests were performed on the under normal loads of 20 and 60 N, and sliding speed of 1 m/s. Adhesive wear test results showed that the specimens have similar wear trend with hardness results under low load (20N), but when the load increased (60N), the specimen with highest hardness exhibited the worst adhesive wear resistance.

**Keywords:** Aluminum alloys, hardness, microstructure, counter gravity casting, adhesive wear.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Parça üretiminde sağladığı avantajlara bağlı olarak birçok döküm yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan biri de yerçekimine ters döküm (YTD) yöntemidir. Bu yöntemde; sıvı metal basınçlı gaz, elektromanyetik pompa ve vakum yardımı ile yerçekiminin tersi yönde kalıba doldurulur. Söz konusu yöntem dökümü özel ve kontrollü yapılması gereken çok ince kesitli parçaların üretiminde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [1-9]. Vakum kullanımı ile kalıbın doldurulduğu sistemde sıvı metal kalıp boşluğuna çekilerek (emilerek) doldurulurken, alçak (düşük) basınçlı YTD yönteminde bu işlem sıvı metalin kalıp boşluğuna itilmesi ile

gerçekleştirilir. Alçak basınçlı (gaz ile) yerçekimine ters dökümde sıvı metal kalıbın alt kısmında bulunan ve hem gidici ve hem de besleyici vazifesi yapan boru ile kalıba doldurulur. Otomasyona uygun olan bu yöntemle yüksek kalitede döküm parçalar üretilmektedir [2-10].

YTD yöntemi konusundaki yayınlar [1-17] incelendiğinde; uygulanan basınç (vakum) ve sıcaklığın üretilen malzemenin yapı ve özellikleri üzerine etkileri konusunda çalışma bulunmamaktadır. Bazı yayınlarda [1-4,12,13]; sadece basınç (pres- basınçlı döküm) uygulaması ile özelliklerin geliştiği ifade edilmekte, farklı sıcaklık ve vakum uygulaması sonucunda elde

edilmiş veriler için vakum miktarları konusunda bilgiler bulunmamaktadır. Ancak belirtilen çalışmalarda döküm yöntemlerinde mevcut şartların bu çalışmalardan oldukça farklılık göstermesinden dolayı elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde referans olarak kullanılması doğruluk arz etmemektedir. Döküm sıcaklığına bağlı olarak malzeme özellikleri değişmekte, sıcaklığın azalması ile mekanik özellikler iyileşmektedir. Yapılan bir çalışmada [16], döküm sıcaklığının artışına bağlı olarak mekanik özelliklerin kötüleştiği belirtilmektedir. Döküm sıcaklığının artması malzemenin katılaşma süresinin uzamasına neden olmakta, bu durum ise kaba tane yapısının oluşumunu teşvik etmektedir. Tane yapısının büyümesi sonucu malzeme mekanik özellikleri kötüleşmektedir.

Oysa YTD yöntemi ile üretimde düşük döküm sıcaklığı ile çalışma, işlem şartlarının kontrolü, maliyetin düşürülmesi ve elde edilecek üstün özellikler nedeniyle önemli avantajlar sağlanmaktadır. Üretilen bu döküm parçalardan bazıları kullanım yerlerinde gerek bir aşındırıcı gerekse bir metalle temas halinde çalışmaktadır. Bu nedenle bazı döküm parçaların mekanik özelliklerinin yanında aşınma özelliklerinin de iyi bilinmesinde yarar bulunmaktadır. YTD yöntemiyle üretilen parçaların aşınma özellikleri, parçaların kullanılacakları yerlerdeki kullanım ömürleri bakımından önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada geleneksel döküm yöntemi ve vakum altında yapılan YTD yöntemi ile üretilen Al-9,42 Si alaşımının yapı, mekanik ve adhesif aşınma özelliklerinin incelenmesi ve bu özelliklerin birbiri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL PROCEDURE)

YTD yöntemi ile numune üretimi için elektrik direnç ertitme ünitesi kullanıldı. Ergitme sırasında; ocak ve sıvı metalin sıcaklık kontrolü K-tipi ısı çiftleri yardımıyla gerçekleştirildi. Döküm işlemlerinde, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen % 9,42 Si içeren ticari (ETIAL-171) Al-Si döküm alaşımı kullanıldı.

**Tablo 1.** Al-9,42 Si (ETIAL-171) alaşımının kimyasal bileşimi (Chemical analysis of Al-9,42 Si (ETIAL-171) alloy)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr
9,42	0,38	0,05	0,431	0,36	0,015
Ni	Zn	Ti	Pb	Al	
0,04	0,06	0,10	0,011	Kalan	

Numuneler; 600, 640 ve 690 °C döküm sıcaklığında ve 100, 250 ve 500 mmHg vakum koşulları altında yaş kumdan hazırlanan kalıplara dökülerek üretildi. Ancak, geleneksel yöntemle 600 °C sıcaklıkta metal akıcılığının yeterli olmaması nedeniyle döküm işlemi gerçekleştirilemedi. Vakum ile YTD yönteminde çelik malzemeden özel olarak hazırlanmış boru tipi dereceler kullanıldı. Geleneksel döküm işlemlerinde

ise dökümhanelerde kullanılan çerçeve tipli derecelerden yararlandı. Döküm kalıpları ise yaş kum malzemeden üretildi. Her iki yöntemle  $\varnothing 20 \times 200$  mm boyutlarında çubuk şeklindeki silindirik parçalar üretildi ve bu parçaların sertliği BSD yöntemi kullanılarak belirlendi. Döküm numunelerin yoğunlukları Archimedes prensibi kullanılarak ölçüldü (Eş.1). Elde edilen bu yoğunluk değerleri yardımıyla gözenek miktarları hesaplandı (Eş.2). Hazırlanan numuneler kullanılarak modife edilmiş disk üzerinde pim adhesif aşınma cihazında (Şekil 1) testler gerçekleştirildi. Adhesif aşınma testleri 20 ve 60 N yükler altında ve 1 m/s kayma hızında gerçekleştirildi.

$$g = \frac{A}{A - B} \quad (1)$$

Burada

g : Yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )  
A : Havadaki ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ )  
B : Sudaki ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ )

$$\%P = \frac{Pt}{Pg - 1} (100) \quad (2)$$

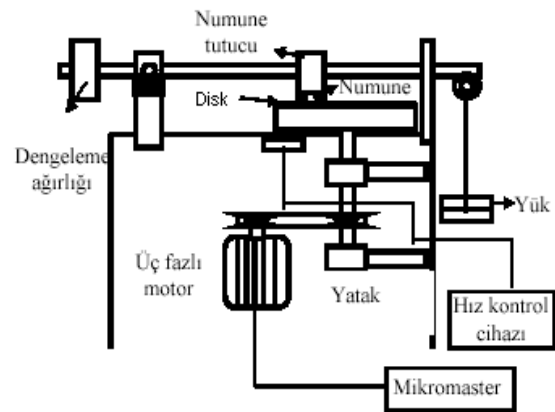
Burada

P : Gözenek (%)  
Pd: Gerçek yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )  
Pt : Teorik yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )

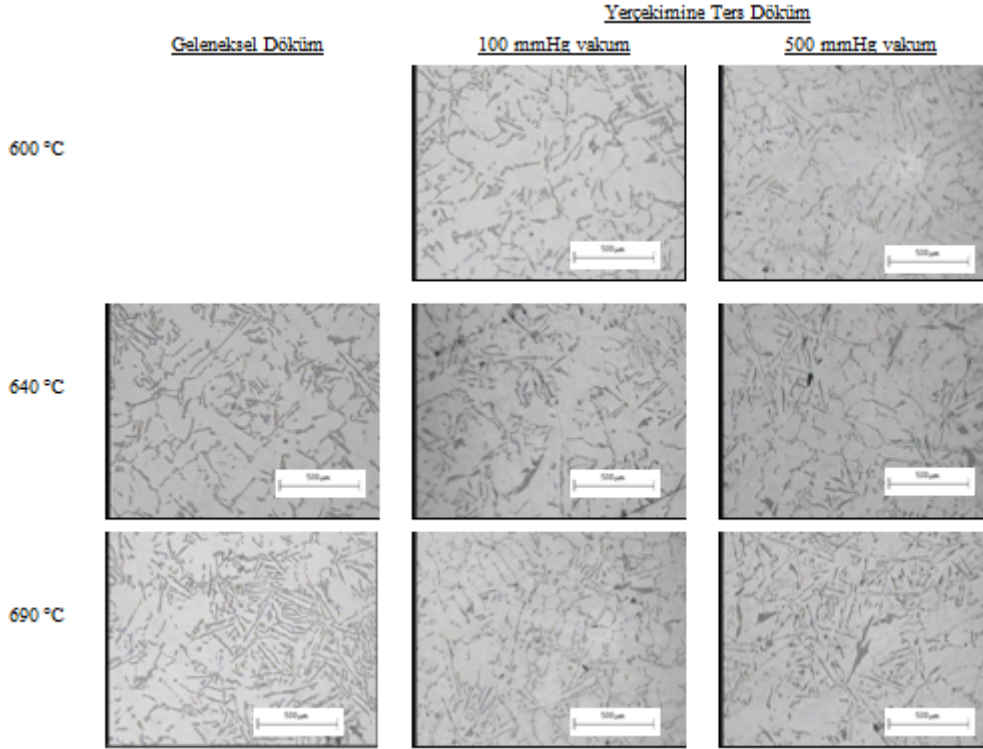
## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

### 3.1. Mikroyapı (Microstructure)

Üretilen numunelerden elde edilen mikroyapı görüntülerini gösteren fotoğraflar Şekil 2'de verilmektedir. Al - 9,42 Si alaşımının mikro yapısı  $\alpha$ -Al ve çubuk şeklindeki Si fazından oluştuğu görülmektedir. Ancak bu fotoğraflardan görüldüğü gibi döküm sıcaklığı ve



**Şekil 1.** Disk üzerinde pim aşınma cihazının şematik gösterimi (Schematic appearance of pin on disc apparatus)



**Şekil 2.** Farklı sıcaklık ve vakum şartlarında geleneksel ve YTD yöntemleri ile üretilen numunelerin mikroyapı görüntüleri (Images of specimens microstructure produced by traditional and counter gravity casting process at different pouring temperatures and vacuum leves)

vakum miktarına bağlı olarak Si faz boyut ve şekli değişmektedir. Şöyle ki geleneksel döküm yöntemi ile üretilen numuneler ötektik mikro yapıya sahiptir. Döküm sırasında uygulanan vakum miktarının artmasına bağlı olarak yapıdaki  $\alpha$ -Al fazının şekli büyütmekte ve yuvarlak bir biçime dönüşmektedir. Öte yandan vakum uygulaması nedeniyle meydana gelen hızlı soğumanın etkisiyle Si fazının geleneksel yöntemle üretimdeki kaba görüntüsü değişerek; faz boyutunda küçülme gözlenmiştir. Ayrıca Si fazının boyutu döküm sıcaklığının azalmasıyla küçülmektedir.

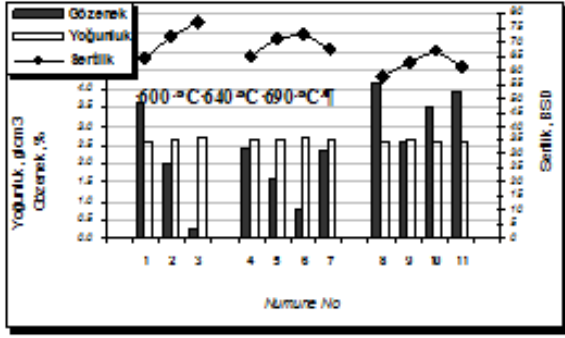
### 3.2. Mekanik Özellikler ve Adhesif Aşınma (Mechanical Properties and Adhesive Wear)

600, 640 ve 690 °C sıcaklık ile 100, 250 ve 500 mmHg vakum şartlarında YTD ve geleneksel yöntem ile üretilen numunelerin sertlik, yoğunluk, gözenek ve aşınma miktarları Tablo 2 ve bunların birbirleri ile ilişkileri Şekil 3 (a, b ve c)'de verilmektedir. Sonuçlar; vakum miktarına bağlı olarak yoğunluk, gözenek ve sertlikte önemli oranda değişimin meydana geldiğini göstermektedir. YTD ile üretilen malzeme özelliklerinin geleneksel yöntemle üretilen malzemelere göre daha üstün özellikler sergilediği tespit edilmiştir. YTD ile üretilen numunelerde yapılan döküm işlemi sonucunda ısının ortamdan hızla

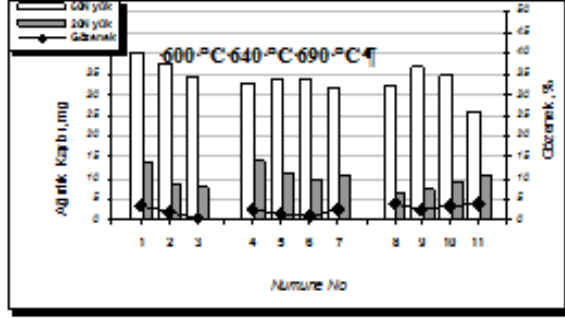
**Tablo 2.** Döküm sıcaklığı ve basıncına bağlı olarak yoğunluk, gözenek ve sertlik miktarları (Amounts of weight loss, porosity and density at under different pouring temperatures and vacuum conditions)

Numune No	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Gözenek (%)	Sertlik (BSD)	Ağırlık Kaybı (mg) (Yük: 20 N)	Ağırlık Kaybı (mg) (Yük: 60 N)
1 (100 mmHg-600 °C)	2,618	3,628	64	13,7	40
2 (250 mmHg-600 °C)	2,660	1,992	72	8,9	37,9
3 (500 mmHg-600 °C)	2,705	0,295	77	8	34,1
4 (640 °C)	2,648	2,454	65	14,4	32,6
5 (100 mmHg-640 °C)	2,669	1,648	71	11,1	33,8
6 (250 mmHg-640 °C)	2,692	0,780	73	10	33,9
7 (500 mmHg-640 °C)	2,652	2,300	68	10,6	32
8 (690 °C)	2,605	4,145	58	6,5	32,4
9 (100 mmHg-690 °C)	2,644	2,609	63	7,2	36,8
10 (250 mmHg-690 °C)	2,621	3,510	67	9,4	35,2
11 (500 mmHg-690 °C)	2,610	3,946	61	10,9	25,9

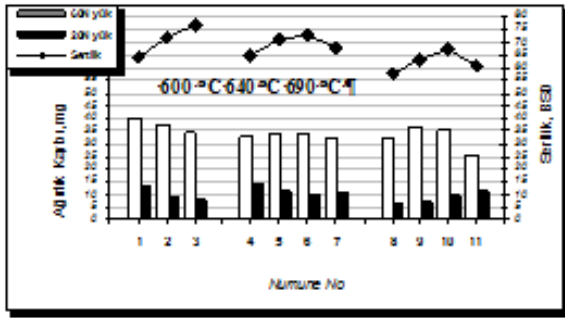
ETİAL – 171 döküm malzemesinin teorik yoğunluğu 2,7128 g/cm<sup>3</sup>



a) Sertlik – gözenek – yoğunluk ilişkileri



b) Ağırlık kaybı - gözenek miktarı ilişkisi



c) Ağırlık kaybı-sertlik ilişkisi

**Şekil 3.** Döküm sıcaklığı ve basıncına bağlı olarak ağırlık kaybı, gözenek ve sertlik miktarları arasındaki ilişki (Evaluation of relationship amounts of weight loss porosity and hardness at under different pouring temperatures and vacuum conditions)

uzaklaştırılması ve uygulanan basıncın etkisiyle soğuma hızının artmasına bağlı olarak; oluşan Si fazının boyut ve şeklinin küçülmesine neden olmaktadır. Söz konusu bu durum malzeme sertliği ve yoğunluğunun artmasına, gözenek miktarını azaltmasına yol açmaktadır (Tablo 2). Adhesif aşınma test sonuçları genel olarak; uygulanan yükün artmasına bağlı olarak aşınma miktarının arttığını göstermektedir.

Sonuçlardan genel olarak; 20N yük altında yapılan aşınma testlerinde aşınma kaybı (ağırlık kaybı) sertlik arttıkça azalmakta, 640 ve 690 °C sıcaklıkta üretilen numunelerin 60N'luk yük altında yapılan deneylerinde ise sertlik artışıyla birlikte aşınma kaybının da arttığı görülmüştür. 600 °C sıcaklıkta üretilen numunelerde 20 ve 60 N yükler altında yapılan testlerde, vakum miktarının artışına bağlı olarak artan sertlik ve yoğunluğun etkisiyle aşınma kaybı azalmıştır. 640 °C sıcaklıkta üretilen numunelerde 60 N yükte aşınma sırasında artan sertlikle birlikte 250 mmHg vakum seviyesine kadar aşınma kaybı artmış, daha sonra ise

sertlik artışına paralel olarak bu değer azalmıştır. 690 °C sıcaklıkta üretilen numuneler incelendiğinde 20 N yük uygulaması sonucunda vakum miktarındaki artışa bağlı olarak aşınma kaybı da artmıştır. 60 N yük uygulandığında ise, 100 mmHg vakuma kadar sertlik ve aşınma birlikte artmış, ancak sertlik 250 mmHg vakuma kadar artarken, aşınma miktarı ise azalma eğilimi göstermiştir. Sonuçların daha iyi değerlendirilebilmesi açısından numunelerin sertlik, gözenek, yoğunluk ve aşınma kaybı değerleri hem uygulanan vakum koşulları hem de döküm sıcaklıklarına göre Şekil 3'te sırasıyla verilmiştir.

Şekil 3.a incelendiğinde; yoğunlukla sertliğin paralel olarak değişim gösterdiği, gözenek miktarının ise ters bir ilişki sergilediği görülmektedir. Malzemeler incelendiğinde artan vakum malzeme içerisindeki boşlukları azaltarak yoğunluğun artmasına yol açmaktadır. Artan yoğunluk ise malzemeye uygulanan sertlik testinde olduğu gibi batma biçimindeki yüklere karşı direnci artırdığından dolayı sertlik de artmaktadır. Yoğunluk ve sertlik genel olarak döküm sıcaklığının artması ve düşük vakum şartlarında meydana gelen daha yavaş soğuma nedeniyle azalmaktadır. Bu nedenlerle döküm sıcaklığının azalması ve vakum miktarının artması yoğunluk ve sertliği artırmaktadır. Elde edilen malzeme özellikleri ile aşınma sonuçları beraber incelendiğinde ise (Şekil 3.b ve c); 20 N yük uygulanmasıyla sertlik ve yoğunluk artarken aşınma kaybı azalmıştır. Döküm sıcaklığının artması yoğunluğu azaltmış, gözenek miktarı ve aşınma kaybını ise önce bir miktar arttırmış (640 °C), daha sonra ise tekrar azaltmıştır. Diğer taraftan 60 N yük altında yapılan testlerde sertlik ve aşınma sonuçları birbirleriyle paralellik göstermiştir. Daha yüksek döküm sıcaklığında (690 °C) ise aşınma kaybı bir miktar artma eğilimi göstermiştir.

Uygulanan yüklerin her ikisinden elde edilen aşınma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; düşük yük (20N) uygulaması sonucunda numunenin diske temasının az olması nedeniyle yüksek sertlik ve yoğunluğa sahip numunelerin daha az deformasyona uğraması sonucu aşınma miktarları daha düşük olmuştur. Öte yandan yüksek yük uygulaması (60N) sonucunda numune ile disk arasındaki etkileşim artarak aşınma genel olarak artmıştır. Artan temas sonucunda küçük Si fazlarının etkisiyle sertliği yüksek olan numunelerde aşınma miktarı da artmıştır. Çünkü aşınmanın meydana gelebilmesi için öncelikle numune yüzeyinde deformasyon oluşmaktadır. Oluşan deformasyonun miktarı malzeme yapısında bulunan fazların şekil ve matris içerisindeki dağılımı ile sertlikle doğrudan ilişkilidir [18-21].

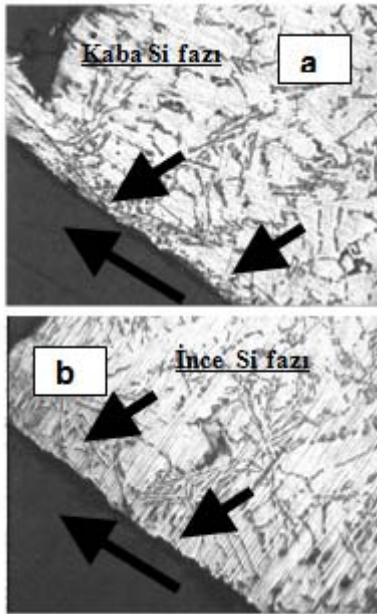
Özellikle Si fazının küçülmesi ve yoğunluğun artmasını sağlayan üretim şartları (düşük sıcaklık ve yüksek vakum miktarı) nedeniyle dağılım sertleşmesindeki artışa bağlı olarak aşınma sırasında numune yüzeyinde çok sayıda dağılmış Si fazı nedeniyle deformasyon



mesafesi kısalmıştır. Kısalan deformasyon mesafesi ise pekleşmenin (dislokasyon yığılması) kısa mesafede gerçekleşmekte ve bu nedenle oluşan bölgesel iç gerilmeler malzemenin gevrekleşmesine sebep olarak çatlak başlangıcı artmaktadır. Bunun sonucunda ise numune yüzeyinden malzeme kopması kolaylaşmaktadır. Yumuşak matris içerisindeki sert faz veya parçacıkların yerlerinden çıkarılması yada kırılarak parçalanması boyutlarına bağlı olarak dayanımları ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada olduğu gibi küçük boyutlu sert fazların matris içerisinde sökülmesi yada kırılarak uzaklaştırılması fazın kütesinin etkisiyle daha kolay gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda aşınma kaybı da artmaktadır.

Diğer yandan Si fazının daha kaba olduğu numunelerde ise deformasyon mesafesi artmaktadır. Artan mesafe deformasyon sırasında sünek davranış ve sıvanmalara neden olmaktadır. Bu durum aşınmanın gecikmesine sebep olmaktadır. Aynı zamanda sert fazların boyutları büyüdükçe dayanımları da arttığından numune yüzeyinden kırılarak veya yerlerinden çıkarılarak uzaklaştırılmaları da zorlaşmaktadır. Diğer taraftan kaba sert fazlar aşınma testleri sırasında kırılarak küçülmekte ve malzeme yüzeyine yapışarak yüzey sertliğinin artmasına sebep olmaktadır. Bu durum malzemenin aşınmaya karşı önemli oranda dirence sahip olmasına sebep olmaktadır (Şekil 4). Söz konusu nedenlere bağlı olarak da numune yüzeyinden aşındırılan malzeme miktarı azalmaktadır.

Literatür incelemeleri sırasında; mikro ve makro yapı ile mekanik özelliklere bağlı olarak malzemelerin aşınma miktarlarının değişim gösterdiği bir çok araş-



**Şekil 4.** 640 °C sıcaklıkta a) geleneksel ve b) YTD yöntemleri ile üretilen numunelerin 60 N yük altında adhesif aşınması sonunda oluşan aşınma yüzey altı görüntüleri (Images subsurface of specimens produced at 640 °C temperature by traditional a) and counter gravity casting process b) at under 60 N loads end of adhesive wear)

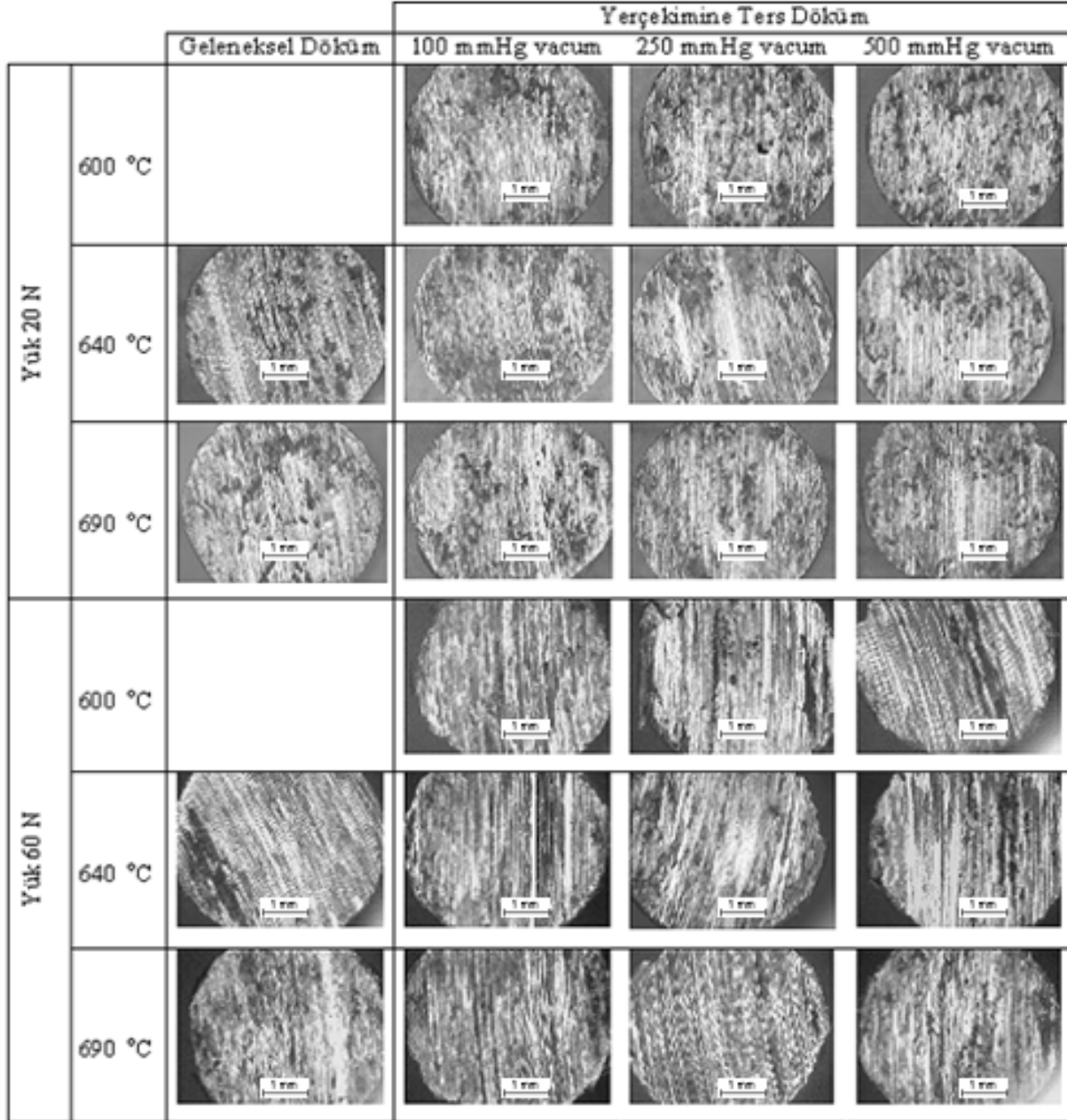
tırmacı tarafından ifade edilmektedir. Bu çalışmaların bir kısmında yapıda bulunan faz boyutlarının küçülmesi neticesinde sertliğin arttığı ve buna bağlı olarak aşınma miktarının azaldığı belirtilmektedir [18-24]. Yapılan bu çalışma sonuçlarından, yukarıda ifade edilen çalışmaların aksine özellikle 640 ve 690 °C YTD sonucunda oluşan fazların boyutlarının küçülmesine karşın, 60N yük altında aşınma miktarının da arttığını göstermiştir. Aşınma testine tabi tutulan malzemelerde ifade edilen hususların yanında yoğunluk da büyük öneme sahiptir. Yüksek sıcaklık ve vakum şartlarında özellikle yaş kum kalıpta döküm işlemi yapıldığında kalıp malzemesi içerisinde bulunan su (nem) kalıba dolan sıvı metal ile teması sonucunda su buharı (gaz) meydana gelir. Meydana gelen bu gaz ise vakum işlemi sırasında sıvı metal içerisine karışmakta ve gözenek oluşturmaktadır (Tablo 2). Oluşan gözenekler özellikle 60N gibi yüksek yük altında yapılan aşınma testi sırasında meydana gelen aşırı deformasyon nedeniyle yüzeyden koparılan parçacıkların bu gözeneklere dolmasına sebep olmaktadır. Hem yüzeydeki yüksek deformasyona bağlı sertleşme hem de deformasyon sonucu kopmuş ve sertleşmiş sertleşen bu parçacıklar aşınmaya karşı direnci artırmaktadır. Bu durum aşınma yüzey görüntülerine bakıldığında yüksek yükte aşınma mekanizmasının değişiminden de iyi anlaşılacaktır. Bu nedenlerle elde edilen aşınma sonuçlarının daha iyi değerlendirilmesi düşünülmüş ve aşınma deneyine tabi tutulan numunelerin aşınma yüzeylerini gösteren fotoğraflar Şekil 5'te verilmiştir.

Düşük yükte (20N) aşınma deneyine tabi tutulan numunelerin aşınma yüzeylerinde yapışma ve ardından oyuklaşma şeklinde kopmaların meydana geldiği adhesif aşınma mekanizması, yüksek yükte (60N) deneye tabi tutulan numunelerin aşınma yüzeylerinde ise yapışma ve ardından yüksek deformasyon nedeniyle kopan parçacıkların disk yüzeyine sıvanarak daha çok abrasif etki oluşturmamasından dolayı abrasif aşınma mekanizmasının olduğu görülmüştür.

Diğer bir ifadeyle sonuçlar; numunelerin aşınma yüzeylerinden düşük (20N) yükte adhesif aşınma mekanizmasının (yapışma, oyuklanma v.b.), yüksek (60N) yükte ise; abrasif aşınma mekanizmasının (mikro kesme ve sürükleme v.b.) etkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek yüklerde gözlenen bu durum deformasyon nedeniyle aşınma malzemesinin disk yüzeyine sıvanması ve ardından bu malzemenin abrasif etki oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Bu bulgular Al-9,42Si malzemesinin adhesif aşınma testleri yapılırken uygulanacak yükün seçimine dikkat edilmesi gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

- Geleneksel yöntemde elde edilen sonuçlara kıyasla YTD yöntemiyle üretilen alaşımın yapısal özelliklerinin değiştiği tespit edildi. YTD sonu-



**Şekil 5.** Geleneksel ve YTD yöntemleri ile üretilen numunelerin 20 ve 60 N yük altında adhesif aşınması sonunda oluşan yüzey görüntüleri (Images of specimens produced by traditional and counter gravity casting process at under 20 and 60 N loads end of adhesive wear)

- cunda meydana gelen Si fazının şekil ve boyutları ile tane boyutunun küçüldüğü görüldü.
- Geleneksel yöntemle üretilen numuneye kıyasla YTD ile üretilen numunenin sertlik ve yoğunluğunun arttığı görüldü. Özellikle 600 ve 640 °C sıcaklıklarda vakum miktarı arttıkça yoğunluk artmış gözenek miktarı ise azalmaktadır.
  - Yük miktarı arttıkça aşınma kaybı artmaktadır.
  - 20N yük altında geleneksel yöntemle üretilen numune düşük mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle YTD ile üretilen numuneye oranla (690 °C hariç) daha fazla aşınma kaybı sergilemektedir.
  - Diğer yandan 60N yük uygulandığında 640 ve 690 °C sıcaklıkta YTD ile üretilen numunelerde

- aşınma miktarı sertlikle paralel bir değişim sergilemektedir. 20N yükte ise; aşınma kayıpları sertlikle ters bir ilişki sergilemektedir.
- 600 °C'de dökümde ise; aşınma kayıpları 20 ve 60N yüklerin her ikisinde de sertliğin artmasıyla birlikte artmıştır.
  - Özellikle yumuşak matrisli malzemelerin aşınma testlerinde 60N gibi yüklerin fazla olduğu ve bunun sonucunda malzemenin aşınma karakteristiğinin belirlenebilmesi bakımından sorunlara neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu tür malzemelerin aşınma testlerinde daha düşük yüklerin kullanılmasının uygun olacağı bu çalışmanın sonuçlarından tespit edilmiştir.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Chandley, G.D., "Counter Gravity Casting of Aluminum in Investment and Sand Molds", **AFS Transactions**, 86-39, 209-214, 1986.
2. Anon, "Turning the Gating World Upside Down", Thecnical Paper, Hitchiner Manufacturing Co., ([www.hitchiner.com](http://www.hitchiner.com)), (Erişim Tarihi: Kasım 2004).
3. Ripkin, F. and Lipson, S., "Counter Gravity Casting of Aluminum Alloys in Green Sand Molds", **AFS Transactions**, 67-70, 581-592, 1967.
4. Lipson, S. and Ripkin, F., "Effect of Sections Thickness on The Tensile Properties of Thin-Section Aluminum Alloy Sand Casting", **AFS Transactions**, 69, 192-197, 1969.
5. Chandley, G.D. and Flemings, M.C., "Gating Premium Quality Casting", **AFS Transactions**, 88-37, 121-128, 1988.
6. Flemings, M.C., Conrad, H.F. and Taylor, H.F., "Aluminum Alloys Fluidity Test", **AFS Transactions**, 93-59, 496-507, 1993.
7. Katzarov, I.H. and others, "Porosity Formation in Axi-symmetric Castings Produced by Counter-Pressure Casting Method", **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Vol 44, 111-119, 2001.
8. Stefanescu, D.M. and others, "In Situ Resource Utilization for Processing of Metal Alloys on Lunar and Mars Bases", [www.science.nasa.gov/newhome/headlines/space98pdf/insitu.pdf](http://www.science.nasa.gov/newhome/headlines/space98pdf/insitu.pdf), (Erişim Tarihi: Kasım 2004).
9. Chandley, G.D., "Use of Vacuum for Counter Gravity Casting of Metals", **Materials Res. Innovant**, 14-23, 1999.
10. Chandley, G.D., "Making casting without ladles or sprues – the CLA process", **AFS Transactions**, 76-28, 37-42, 1976.
11. Campbell, J., "Reliable Castings Supply –a report", [www.wmrc.com/businessbriefing/pdf / auto2001/book/campbell.pdf](http://www.wmrc.com/businessbriefing/pdf/auto2001/book/campbell.pdf), (Erişim Tarihi: Kasım 2004).
12. Chendley, D. and others, "Development of Thin-Wall Stanless Steel Castings Using Countergravity Process for Automobile Application", **AFS Transactions**, 96-82, 903-906, 1996.
13. Bakhtiyarov, S.I. and others, "Advances in Countergravity Lost Foam Casting Process", **AFS Transactions**, 00-49, 137-145, 2000.
14. Westendorf, T.M. and others, "Countergravity Casting of Thin-Wall Al A356, Part I: A Castability Study", **AFS Transactions**, 98-100, 559-562, 1998.
15. Shenefelt, J.R. and others, "Countergravity Casting of Thin-Wall Al A356, Part II: Result of Casting Characterization Studies", **AFS Transactions**, 98-101, 563-566, 1998.
16. Chandley, G.D., "Automatic Counter Gravity Casting of Shell Molds", **AFS Transactions**, 83-23, 199-204, 1983.
17. Anon, Metal casting and molding process, American Foundryman's Society publications, Illinois, USA, 1981.
18. Jiang Q.C., Xu C.L., Lu M. and Wang H.Y., "Effect of new Al-P-Ti-TiC-Y modifier on primary silicon in hypereutectic Al-Si alloys", **Materials Letters**, Vol 59, 624-628, 2005.
19. Meriç C., Atik E. and Kaçar H., "Effect of aging on the abrasive wear properties of AlMgSi alloy", **Materials and Design**, 2005, (Article in press - Short Cominication: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)) (Erişim tarihi: 03.04.2005).
20. Yılmaz O. and Buytoz S., "Abrasive wear of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – reinforced aluminum – based MMCs", **Composites Science and Technology**, Vol 61, 2381-2392, 2001.
21. Kim S.W., Lee U.J., Han S.W., Kim D.K. and Ogi K., "Heat treatment and wear charecteristics of Al/SiCp composites fabricated by dublex process", **Composites Part B: engineering**, Vol 34, p: 737-745, 2003.
22. Sawla S., Das S., "Combinet effect of reinforcement and heat treatment on the two body abrasive wear of aluminum alloy and aluminum particle composites", **Wear**, Vol 257, 555-561, 2004.
23. Lasa L. and Rodriguez-Ibabe J.M., 'Effect of composition and processing route on the wear behaviour of Al-Si alloys', **Scripta Materialia**, Vol 46, 477-481, 2002.
24. Sun Y., Baydoğan M. and Çimenoglu H., 'The effect of deformation before ageing on the wear resistance of an aluminum alloy', **Materials Letters**, Vol 38, 221-226, 1999.