



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## AlSi12 Alaşımından Üretilen Kompresör Silindir Kapağında Abrasif Aşınma Davranışının İncelenmesi

Samet AKSOY<sup>a,\*</sup>, Erdem ÜNÜVAR<sup>b</sup>, Mustafa ACARER<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Yıldız Pul Otomatik Motor Parçaları A.Ş., Ar-Ge Bölümü, Konya, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: sametaksoy@yildizpul.com.tr

### ÖZET

Bu çalışmada havalı fren kompresör silindir kafası üretiminde kullanılan aynı kimyasal bileşime sahip fakat farklı morfolojide iki farklı AlSi12 alaşımının aşınma dirençleri incelenmiştir. Yüksek basınçlı döküm yöntemiyle üretilmiş ürünler abrasif aşınmaya maruz bırakılmıştır. Aşınma deneyleri, kuvvet kontrollü test cihazında 600 mesh SiC zımpara, 10, 20 ve 30N yükleri altında 300 rpm dönme hızında yapılmıştır. Abrasif aşınma test sonuçlarına göre, küresel dendritlere sahip alaşımın aşınma davranışının daha iyi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Abrasif Aşınma, AlSi12, Kompresör Silindir Kapağı, Yüksek Basınçlı Döküm

## The Investigation Of Abrasive Wear Behavior Of The Compressor Head Cylinder Manufactured From AlSi12 Alloy

### ABSTRACT

In this study, abrasive wear resistance of AlSi12 alloys which are used to produce the compressor head cylinder, having same chemical composition but different microstructure, were examined. The parts were produced by high pressure die casting method. Abrasive wear tests were performed under 10, 20 and 30 N loads, 600 mesh SiC abrasive paper and at 300 rpm rotational speed. According to the test results, Alloy 1 which has global aluminium dendrite microstructures, showed the better wear resistance. The experiment results showed that wear resistance depend on microstructure and casting parameters.

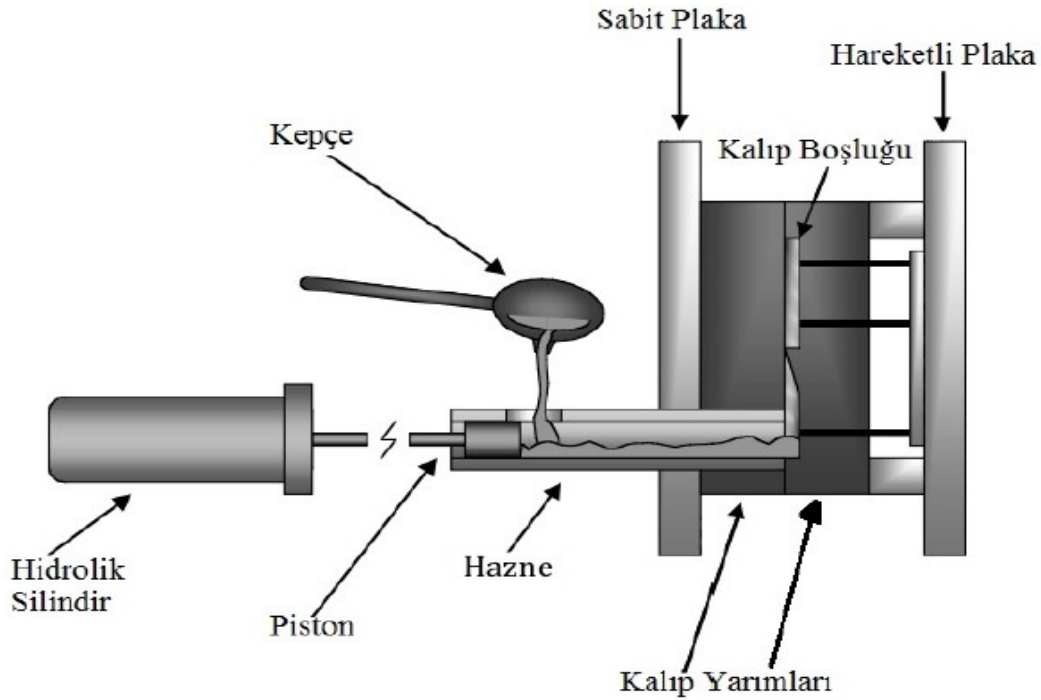
**Keywords:** Abrasive Wearing, AlSi12, Compressor Head Cylinder, High Pressure Die Casting

## I. GİRİŞ

**O**TOMOTİV sektöründe yakıt tüketimini ve emisyon oranlarını düşürmek için hafifleştirme çalışmaları günümüzde artmış olup geleneksel dökme demir ürünlere de maliyet düşürme yönünden de alternatif oluşturmuştur[1]. Alüminyum diğer metallere göre hafifliği, alaşımlandırıldığında yeterli mukavemete sahip olması, tekrar defalarca kullanılabilirliği, yüksek korozyon direnci, yüksek ısı ve elektriksel iletkenliği ve şekillendirilebilirliği gibi özelliklerinden dolayı daha avantajlıdır. Alüminyum demirden üç kat daha hafif olmasına rağmen alaşımlandırılarak demire yakın mukavemette bir malzemeye dönüştürülebilir. Alüminyum normal atmosfer koşullarında oksijen ile reaksiyona girerek kendi yüzeyinde doğal bir koruyucu film tabakası oluşturur[2].

Yüksek basınçlı enjeksiyon döküm, ergitilmiş sıvı metalin yüksek enjeksiyon basıncı ve yüksek hız altında metal kalıba gönderilmesi sonrasında kalıp içerisinde katılaşmasıyla parça üretimini sağlayan döküm yöntemidir. Yüksek basınçlı enjeksiyon döküm yönteminde kalıp dizaynına bağlı olarak, aynı kalıpta pek çok parçanın üretilmesi mümkündür. Bu avantajlarından dolayı günümüz imalat sanayinde üretim miktarı ve kalite artışının yanında, tasarlanan parçanın kompleks olması ve diğer geleneksel döküm yöntemleri kullanılarak imalatı zor olan parçaların üretiminde Yüksek Basınçlı Döküm yönteminin kullanımı artmıştır[3].

Şekil 1’de gösterilen basınçlı döküm yöntemi Selçuk ŞİRİN ve arkadaşlarının çalışmasına göre (Kalın Kesitli Yüksek Basınçlı Dökümlerde Döküm Ve Simülasyon Parametrelerinin İncelenmesi) Amerikan literatüründe “Die Casting”, Avrupa literatüründe ise “Pressure Die Casting” olarak isimlendirildiği ifade edilmiştir. Son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte “High Pressure Die Casting” ismiyle anılmaya başlanmıştır [4].



Şekil 1. Yüksek basınçlı döküm yönteminin şematik gösterimi [1]

Bu yöntemle dökülen parçalarda daha az talaşlı imalat gereksinimlerinden dolayı yüksek adetli ürünlerde diğer döküm yöntemlerine göre daha ekonomik olmaktadır. Yüksek basınçlı enjeksiyon döküm sisteminde ürün kalitesine pek çok parametre etki etmekte olup bunların başında da kalıp, yolluk ve vakum tahliye sistemi önemli birer etkendirler.

Ağır vasıta havalı fren sistemi kompresör silindir kafalarında AlSi12 alaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alaşımın tercih edilmesinde en önemli özelliklerin başında iyi akışkanlık, aşınma ve korozyon direnci ile düşük ısıl genleşme katsayısı gelmektedir.

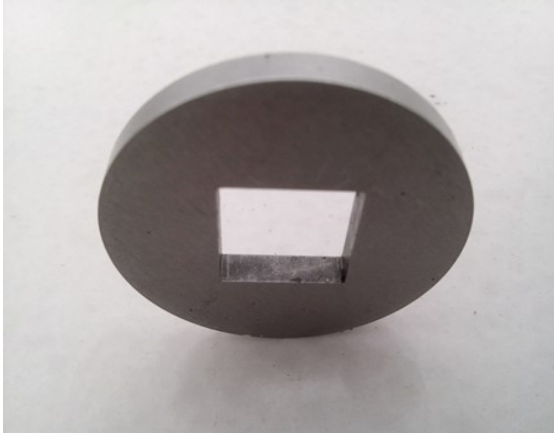
Ağır vasıta basınçlı hava tesisatında zaman içinde oluşan hatalar kompresör boşa alma valfinin çalışmasına etki etmektedir. Normal şartlardan daha çok çalışmaya başlayan valf, alüminyum yüzeyde abrasif aşınma oluşturmaktadır. Aşınma miktarı sızdırmazlık şartının bozulmaya başlamasıyla hızlanarak artıp kompresörün daha uzun süreler yükte çalışmasına ki verimsiz çalışarak yakıt kaybına ve nihayetinde ömrünü tamamlamasına sebebiyet vermektedir. Normal şartlarda ağır vasıtalarda kullanılan hava kompresörü %25 oranında yükte çalışır. Ancak abrasif aşınmanın etkisiyle kapakta meydana gelecek aşınmalar hava kaçakları sebebiyle kompresörün daha fazla yükte kalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple ana sanayi ürünlerinde de gözlemlenen abrasif aşınma özelliğinin döküm karakteristiği ile iyileştirilebilmesi için etki eden parametreler üzerinde araştırma çalışması yapılmıştır.

## II. DENEY

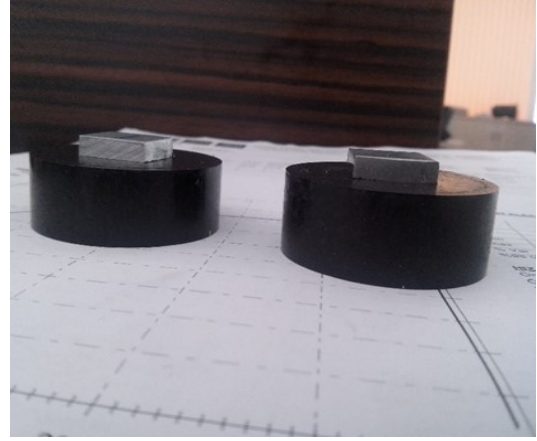
Tablo 1’de kimyasal kompozisyonu verilen ötektik AlSi12 alaşımlarını kullanan iki farklı üreticiye ait numuneler incelenmiştir. N1 olarak gösterilen birinci alaşıma ait numuneler nihai ürün olarak temin edilmiştir. N2 olarak gösterilen ikinci alaşım, ergitilip gaz giderme işleminin ardından 650°C de 440 tonluk soğuk kamaralı yüksek basınç presinde dökümü gerçekleştirilmiştir. Döküm işlemi gerçekleştirilen kompresör kapağında 15x15 mm ebadında numuneler hazırlanmıştır. Her iki alaşımın mikro yapı incelemeleri için standart metalografik numune hazırlama yöntemleri kullanılarak numuneler hazırlanmış ve Nikon marka MA200 model optik mikroskopta farklı büyütme oranlarında incelemeler yapılmıştır. Ayrıca N1 ve N2 alaşımların sertlikleri Metkon marka Duroline M model mikro sertlik cihazında 300 gram yük altında ölçülerek her numune için 4 tekrar yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır. Hazırlanan numuneler 0,1 mg hassasiyetindeki DM marka GR-200 model hassas terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Aşınma testi için numuneler, sıcak bakelite alma cihazında Şekil 2’de görüldüğü gibi kalıplanmıştır. Kalıpta radyüs miktarının minimum olabilmesi için tel erozyonda kalıp hazırlanmıştır. Numuneler kademeli olarak hazırlanmış ve kontak noktası sadece numune olması amaçlanmıştır. Bakalitlenmiş numuneler abrasif aşınma için forcipol 2V cihazında susuz ortamda 600 mesh SiC zımpara ile 10, 20 ve 30 N yükleri uygulanarak yapılmıştır. Döner disk ve numuneler zıt ekseninde hareket edecek şekilde yerleştirilmiştir. Disk 300 rpm (3.9 m/s) dönüş hızında hareket ederken numune 75 rpm (0.56 m/s) hızda hareket etmektedir. Böylece aşınma süreci hızlandırılmıştır. Numunelerin aşınma öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülükleri Mahr marka Marsurf M 400 model yüzey pürüzlülük cihazında ölçülmüştür.

*Tablo1. İki farklı firmaya ait numunelerin kimyasal analizleri*

	<b>Si</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Ti</b>	<b>B</b>	<b>Sr</b>	<b>V</b>
<b>N1</b>	12.60	0.65	0.05	0.09	0.02	0.01	0.04	0.07	0.001	0.0004	0.01
<b>N2</b>	12.54	0.53	0.17	0.09	0.06	0.02	0.10	0.08	0.001	0.0001	0.01



a



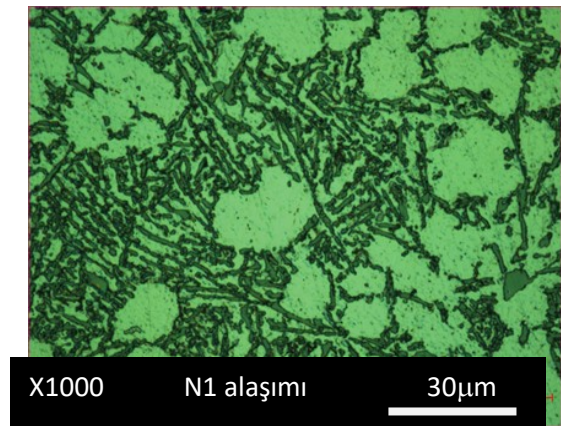
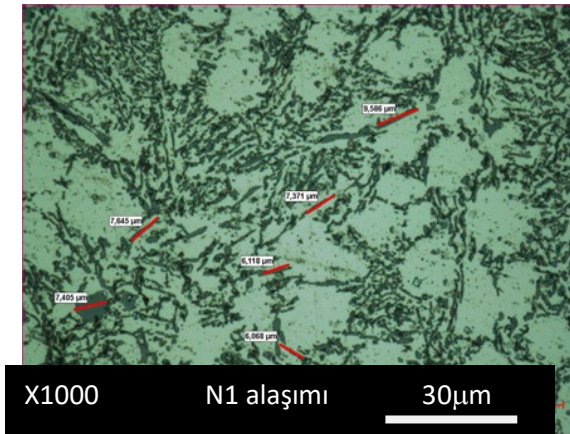
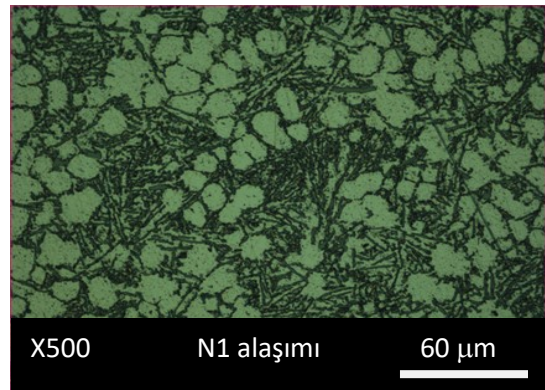
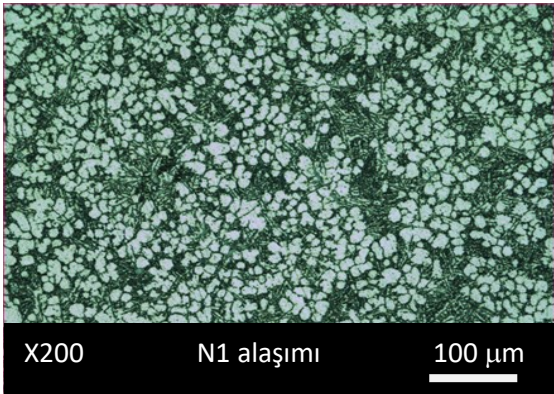
b

*Şekil 2. (a) Tel erozyonda hazırlanmış bakalit kalıplama aparatı, (b) Bakalitle kalıplanmış numuneler*

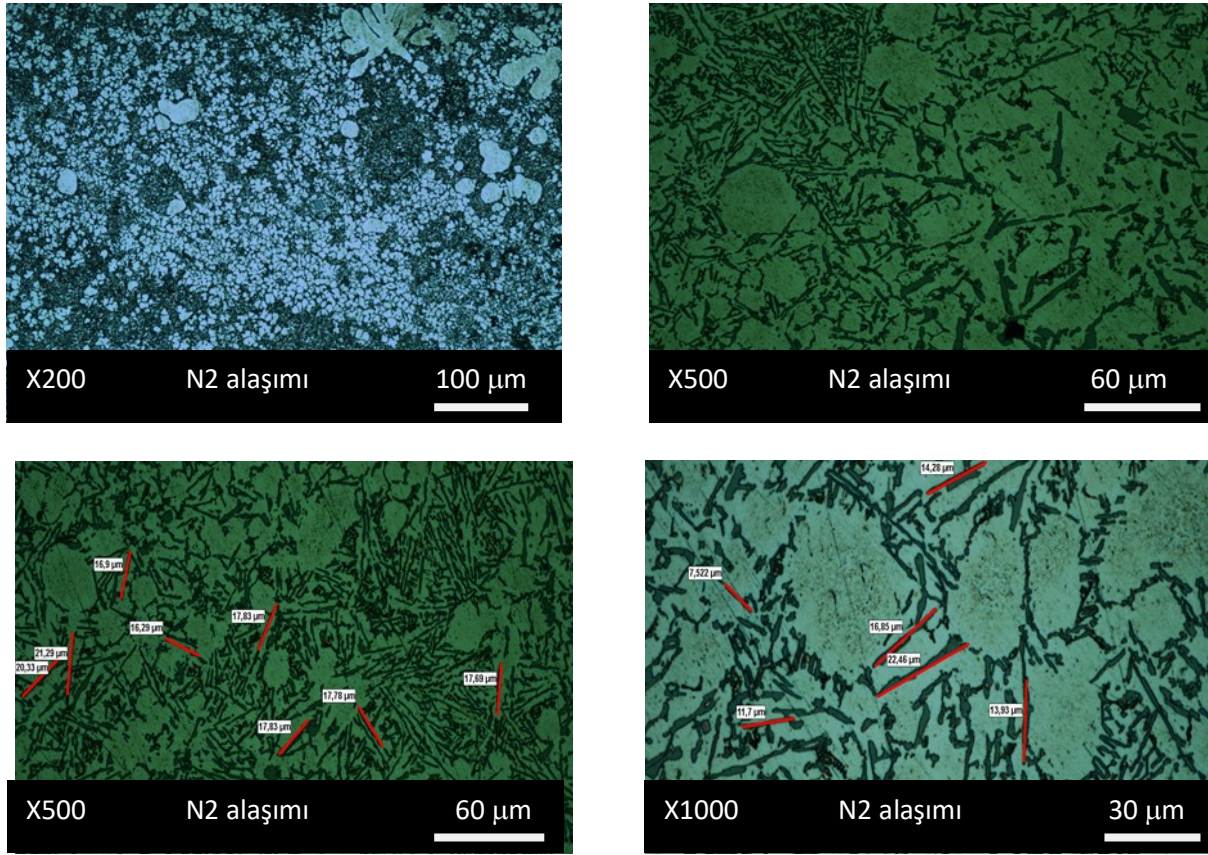
### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### *A. MİKRO YAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLER*

İncelenen farklı firmalara ait numunelerin mikro yapı görüntüleri Şekil 3 ve Şekil 4' de verilmiştir.



*Şekil 3. N1 numunelerine ait farklı büyütmelerdeki mikro yapılar*



*Şekil 4. N2 numunelerine ait farklı b̈ÿẗmelerdeki mikro yapılar*

D̈k̈m numuneler mikro yapı g̈r̈nẗleri incelendiğinde her iki alaşıma ait numunelerin mikro yapılarında  $\alpha$  (Al) ve ̈tektik (Si) fazlarında farklılıklar g̈r̈lmektedir. Birinci ̈reticiye ait mikro yapıda (N1 alaşımı) k̈resel dendritler oluŐuŐ olup Si tane boyutları ortalama 6-9,5 mikronda deđiŐtiđi g̈zlenmiŐtir.

İkinci alaşıma (N2 alaşımı) ait mikro yapıda d̈zensiz dağılım ve uzun dendrit kolları g̈r̈lmektedir. Si tane boyutları daha b̈ÿk olup ortalama 17-21 mikrondur.

Bu çalışmada malzeme mikro yapısındaki ̈zellikle Si tane b̈ÿkl̈kleri ve morfolojilerdeki farklılıklar, N1 ve N2 alaşımların ̈retiminde kullanılan farklı tane incelticilerinden kaynaklandığı d̈Ő̈n̈lmektedir. Son yıllarda al̈minyum alaşımları ̈zerinde tane inceltici master alaşımlar (Sr, B, Ti vb.) kullanılarak birçok çalıŐma yapılmaktadır [6].

#### *B. AŞINMA TEST SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ*

Numunelere ait aşınma test sonuçları detaylı Şekilde Tablo 2' de verilmiştir. Buradan da g̈r̈leceği ̈zere minimum ve maksimum sertlikler arasında %8'lik fark olmasına karŐı aşınma testi sonucunda meydana gelen ağırlık kayıpları arasındaki fark iki katından fazladır. Buna etken olarak kullanılan hammadde kalitesi, porozite, ̈retim parametresi, kalıp ve d̈k̈m sıcaklık deđiŐkenleri, soğutma sistemleri, mikro yapısal deđiŐiklikler gibi parametrelerin etkili olduğu d̈Ő̈n̈lmektedir[7]. Ayrıca mikro yapılar da incelendiğinde N2 numunelerinde hızlı sıcaklık deđiŐiklikleri olduğu ortaya çıkmaktadır. Burada kalıp sıcaklığı, kullanılan maçaların soğutulması ve d̈k̈m sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu d̈Ő̈n̈lmektedir. Ayrıca Si tanelerinin b̈ÿkl̈đ̈n̈n azalması ve

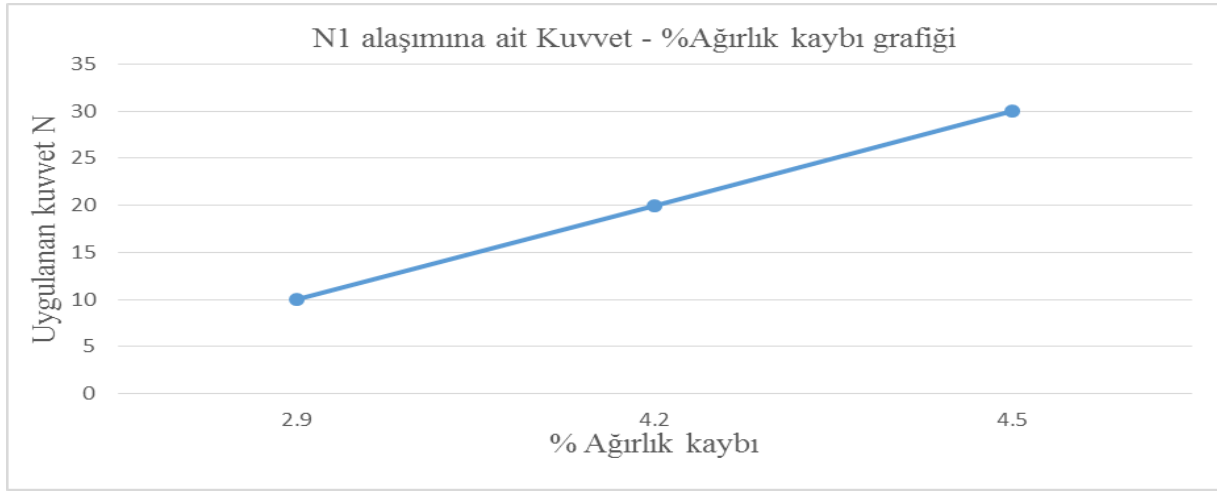
tanelerin küreselleşmesiyle yüzey alanı artarak aşınma direncini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Birinci alaşıma ait numunelerdeki silisyum tanelerinin daha küresel yapıya sahip olduğu ortaya çıkmış olup aşınma davranışına olan etkisini ortaya koymaktadır.

Al-Si döküm alaşımlarının düşük ısıl genleşme katsayısı, yüksek aşınma direnci, yüksek mukavemet ve sertlik gibi özelliklerinden dolayı piston, silindir blokları ve kompresör parçalarının üretiminde tercih edilir. Bu alaşımın dökümünde karşılaşılan dezavantajları ise porozite, kaba ötektik yapı, birincil silisyum partiküllerinde segregasyon ve katılma çekmesinin meydana gelmesidir. Metallerin aşınma mekanizmaları mikro ve makro boyutta olup ayrıca aşınma sırasında yapısal ve mekanik özelliklerdeki gelişmenin aksine çeşitli yapısal ve mekanik davranışlar görülebilmektedir [2]-[5]. Aşınma hem makro hem de mikro boyutta değerlendirilmesi gereken bir olgudur. Kullanılan SiC zımparanın boyutu burada çok önemli bir etkidir. Aşınan malzeme, aşındırıcı boyutundaki değişime bağlı olarak farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Özellikle malzeme içerisinde oluşan mikro yapının kaba ve ince olmaları aşınma mekanizmalarının oluşumunda çok etkilidir. Yukarıda silisyum tane boyutlarının ölçümleri yapılmış olup aşınmaya etkisini ortaya koymaktadır.

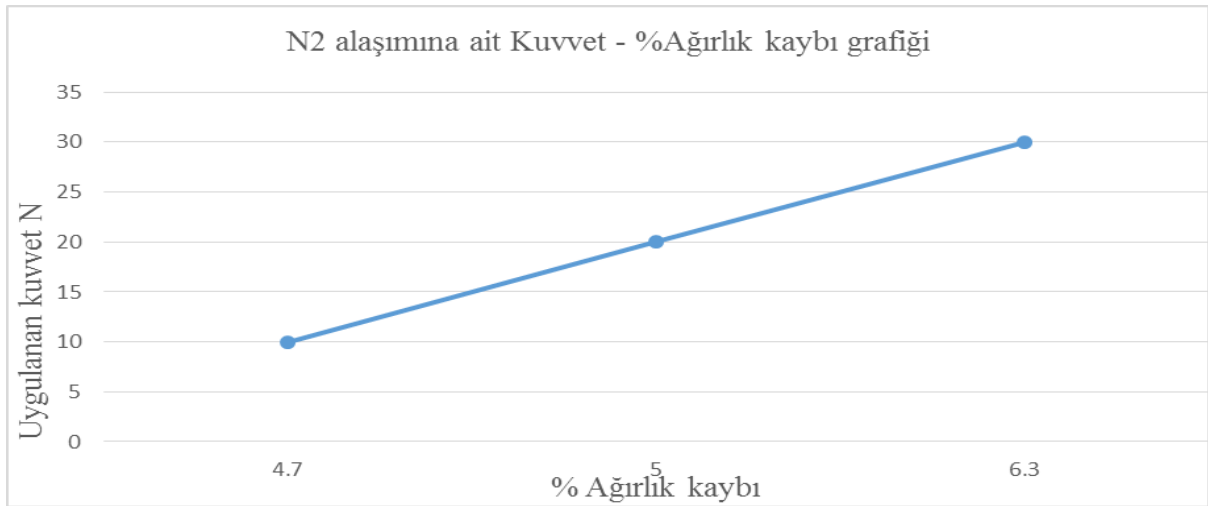
**Tablo2.** Numunelere ait aşınma test sonuçları

	N1 30N	N2 30N	N1 20N	N2 20N	N1 10N	N2 10N	
Ağırlık (g)	4,0601	3,0014	3,7930	3,4287	3,9940	3,0545	
Bakalite alınmış ağırlık(g)	36,7361	42,1410	38,8968	47,4108	36,2107	37,6933	
Yüzey pürüzlülüğü (Aşınma öncesi) ( $\mu\text{m}$ )	Ra	0,538	0,498	0,598	0,571	0,654	0,730
	Rz	3,172	3,246	3,676	3,404	3,317	3,732
	Rq	0,676	0,633	0,759	0,729	0,821	0,893
Yüzey pürüzlülüğü (Aşınma sonrası) ( $\mu\text{m}$ )	Ra	0,729	0,534	0,615	0,480	0,550	0,564
	Rz	4,833	3,173	3,328	3,024	3,214	3,605
	Rq	0,937	0,657	0,744	0,609	0,667	0,715
Sertlik(HV0.3)	73.8	74	74,9	77.8	79.5	78	
Ağırlık kaybı %	4,5	6,3	4.2	5	2.9	4.7	

N1 ve N2 alaşımlarının farklı kuvvetler altında yapılan testler sonucunda oluşan Kuvvet - %Ağırlık kaybı grafikleri Şekil 5 ve Şekil 6' da gösterildiği gibidir.



**Şekil 5.** N1 alaşımının 10,20 ve 30N y¼k altında kuvvet-%ağırlık kaybı grafiği



**Şekil 6.** N2 alaşımının 10,20 ve 30N y¼k altında kuvvet-%ağırlık kaybı grafiği

#### IV. SONUÇ

Bu çalışmada aynı kimyasal bileşime sahip ancak farklı morfolojideki AlSi12 alaşımlarının aşınma karakteristikleri incelenmiştir. Deneysel alışmalar sonunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

1. N1 alaşımının k¼resel dendritlere sahiptir ve daha ince ¼tektik Si içermektedir. K¼¼k tane boyutları ve artan y¼zey alanı ile aşınma direnci daha iyidir.
2. Aşınma deneyi sonucunda ağırlık kaybı N2 alaşımında daha y¼ksektir. Mikro yapının homojen olmaması ve değişken üretim parametreleri nedeniyle morfolojide farklılıklar oluşmuştur.

Bu alışma Samet Aksoy' un Y¼ksek Basınçlı d¼k¼m Y¼ntemi ile ETİAL-140'dan ¼retilen Havalı Fren Kompres¼r Kapağında Aşınma Direncinin Arttırılması için Alaşım Geliştirilmesi konulu Y¼ksek Lisans tezinden çıkartılmıştır.

## V. KAYNAKLAR

- [1] M. Elmadagli, T. Perry *Wear* **262(1)** (2007) 79-92.
- [2] M. Uludağ, Z. Yavaş, Ü. Öztürk, N.S. Ülvan, D. Dışpınar, *LM28 Alaşımında Tane İnceltme ve Sr Modifikasyonunun Si Morfolojisine Etkisi*, **ISITES2014 Karabük**, Karabük-Türkiye, (2014) 1604- 1610.
- [3] M. Kuru, O. Serçe (2015) **DOI: 10.17776/csj.51962**.
- [4] Şirin S. *Kalın Kesitli Yüksek Basıncılı Dökümlerde Döküm ve Simülasyon Parametrelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya-Türkiye, (2010).
- [5] H. Hasırcı *Politeknik Dergisi* **18(1)** (2015) 7-13.
- [6] A.K. Rao Prasada, K. Das, B.S. Murty, M. Chakraborty *Wear* **261** (2005)133-139.
- [7] O.B. Aslan, *Basıncılı Dökümde Kaliteyi Etkileyen Faktörlerin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, (2007).