



29 September -1 October / 29 Eylül - 1 Ekim 2016  
TÜYAP Fair, Convention & Congress Center, İstanbul

**8. Uluslararası Döküm Kongresi / 8th International Foundry Congress by TUDOKSAD Academy**  
In conjunction with Ankiros / Annofer / Turkcast fairs

**«Mg Elementinin AlSi10 Alaşımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi»**

**«Effects Of Mg On The Microstructure and Mechanical Properties Of AlSi10Mg Alloy»**

**Gökhan Atay (Avcılar Demir Çelik), Ali Güngör, Sedef Şişmanoğlu, Tansel Tunçay  
(Karabük Üni.), Orçun Sezgin (MS Müh.)**

**8.Oturum: Döküm Teknolojileri Demir Dışı**  
**8th Session: Casting Technologies Non Ferrous**  
**Oturum Başkanı/Session Chairman: Prof. Dr. Ali Kalkanlı (ODTÜ)**



Oturumlarda yer alan sunumlar 3 Ekim 2016 Pazartesi tarihinde akademi web sayfasına ([akademi.tudoksad.org.tr](http://akademi.tudoksad.org.tr)) yüklenecektir.

# Mg Elementinin AlSi<sub>10</sub>Mg Alaşımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi

Gökhan ATAY<sup>1</sup>, Ali GÜNGÖR<sup>2</sup>, Orçun SEZGİN<sup>3</sup>, Tansel TUNÇAY<sup>4</sup>, Sedef ŞİŞMANOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Avcılar Demir ve Çelik Çekme Sanayii Hadımköy/İSTANBUL

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü, Merkez Karabük

<sup>3</sup> MS Sezgin Mühendislik LTD ŞTİ Yenimahalle/ANKARA

<sup>4</sup> Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Müh. Bölümü, Merkez Karabük



# SUNUM İÇERİĞİ

- GİRİŞ
- DENEYSEL YÖNTEMLER
- SONUÇLAR VE TARTIŞMA
- SONUÇ



# GİRİŞ

Demir ve çelikten sonra dünyada en çok kullanılan element olan alüminyum hafiflik, iyi işlenebilme kabiliyeti, dökülebilirliği, ısı ve elektrik iletkenliği, üstün korozyon dayanımı ve yaşlanma ile dayanımının arttırılabilmesi gibi pek çok üstün özelliğinden dolayı elektrik-elektronik, gıda, tarım, inşaat, kimya, otomotiv ve havacılık gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır .

Alüminyum ve alaşımları üzerine birçok araştırma yapılmakta, yeni alüminyum alaşımları geliştirilmekte ve bilinen alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri yapılan çalışmalarla iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Alüminyuma en çok ilave edilen element silisyumdur.

# GİRİŞ

Al-Si alaşımları, dayanım/ağırlık oranının yüksek oluşu, yüksek ısı ve elektriksel özellikleri ve kum kalıba dökümden basınçlı döküme kadar birçok farklı yöntemle dökülebilmelerine imkân veren mükemmel döküm kabiliyetleri nedeniyle otomotiv endüstrisinden havacılık sanayine kadar geniş bir alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada, AlSi10Mg alaşımı ergitilip farklı oranlarda Mg ilave edilmiştir. Bu alaşımlar hazırlanan kum kalıplara dökülerek oda sıcaklığında soğutulmuştur. AlSi10Mg alaşımına Mg oranının mekanik özelliklere etkisi, Mg oranına bağlı olarak oluşabilecek intermetalik bileşikler ve bu yapıların malzemenin mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

# DENEYSEL YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımının kimyasal analizi Tablo 1 de verilmiştir.

Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Zn %	Cr %
10.212	0.491	0.067	0.300	0.198	0.045	0.014

Tablo 1: AlSi<sub>10</sub>Mg Kimyasal Analizi

Farklı Mg oranına sahip AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımları elektrik dirençli fırında 650° C'ye kadar tavlansmıştır. Bu sıcaklıkta 10 dakika bekletildikten sonra yüzeydeki cüruf ve usulsüzlükler temizlenmiştir. Bu alaşıma sırasıyla %0.5, %1.0, ve %1.5, oranında Mg ilave edilmiştir. Mg yüksek saflıkta olduğundan ve yanmasını önlemek için alüminyum folyo ile sarılarak 700 derecede sıvı alaşıma ilave edilmiştir.

Döküm işlemi SiO<sub>2</sub> kumundan hazırlanan kalıplara döküldü. Numune ölçülerini dikkate alarak model ölçüleri 150x100x10mm ölçülerinde ayarlanmıştır. Döküm için yolluk tasarımını, meme ölçülerini ve Alüminyumun yoğunluğu göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucu tek meme kullanıldı ve topuk kısmında memenin yüksekliğinin iki katı derinlik verilerek modelin içine kum sıçramasını engellenmiştir.

# DENEYSEL YÖNTEMLER

Dökümden sonra döküm plakaları Şekil 1 de gösterildiği gibi kesilerek test numuneleri çıkarılmıştır. Numuneler standartlara göre hazırlandıktan sonra numunelerin yarısına T6 çözeltiye alma ısıl işlemi uygulandı. Çözeltiye alma ısıl işlemi, 480 derecede 8 saat bekletildikten sonra suda soğutulularak yapılmıştır. Yaşlandırma ısıl işlemi, 180 derecede 4 saat bekletilip oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak yapılmıştır. Çekme testi Alşa A.Ş laboratuvar tipi çekme cihazında, sertlik testleri SHIMADZU marka mikro sertlik ölçüm cihazında (2 N yük altında), Spektral Analiz Spekto marka cihazında, X-ışınımı kırınımı testi Rigaku Ultima IV X-Ray Diffractometer (XRD) cihazında ve Carl Zeiss Ultra Plus Gemini marka tarama electron mikroskobunda (SEM) yapılmıştır.

Çekme Numunesi 1							
Çekme Numunesi 2							
Çekme Numunesi 3							
Çekme Numunesi 4							
Darbe Numunesi 1				Darbe Numunesi 3		Sertlik Numunesi 1	Sertlik Numunesi 2
Darbe Numunesi 2				Darbe Numunesi 4			
SEM 1	SEM 2	XRD 1	XRD 2	Korozyon Numunesi 1	Korozyon Numunesi 2	Aşınma Numunesi 1	Aşınma Numunesi 2

Şekil 1: Döküm Plakası

# SONUÇLAR VE TARTIŞMA

## Ergitme Aşaması

Farklı Mg oranına (%0.5, %1.0 ve %1,5) sahip AlSi10Mg alaşımlarının döküm sonrasında elde edilen kimyasal analiz sonuçları Tablo 2 de verilmiştir. Çalışmada hedeflenen oranlarda Mg içeren AlSi10Mg alaşımı başarılı bir şekilde üretilmiştir. Alüminyum alaşımlarına Mg ilavesi sırasında sıkça karşılaşılan yanma kayıpları gözlenmemiştir. Bunun sebebi magnezyumun hava ile temasını kesmek için alüminyum folyo ile sarılarak sıvı AlSi10Mg alaşımına ilave edilmiş olmasıdır.

Alaşım (%)	Elementler (% Ağırlıkça)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr	Pb
% 0.5	10.212	0.419	0.067	0.300	0.508	0.045	0.010	0.014	0.002
% 1.0	10.102	0.479	0.066	0.350	1.019	0.038	0.011	0.014	0.002
% 1.5	10.190	0.501	0.067	0.301	1.510	0.043	0.010	0.014	0.002

Tablo 2: AlSi10Mg Döküm Sonrasında Elde Edilen Kimyasal Analizi

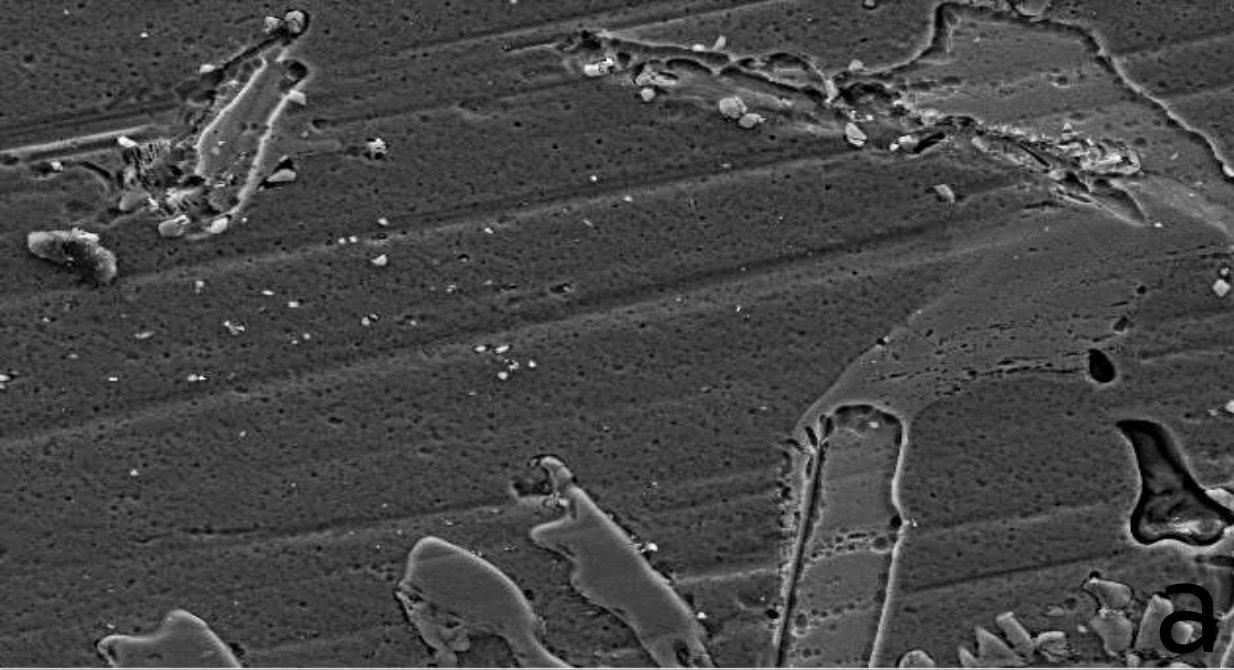




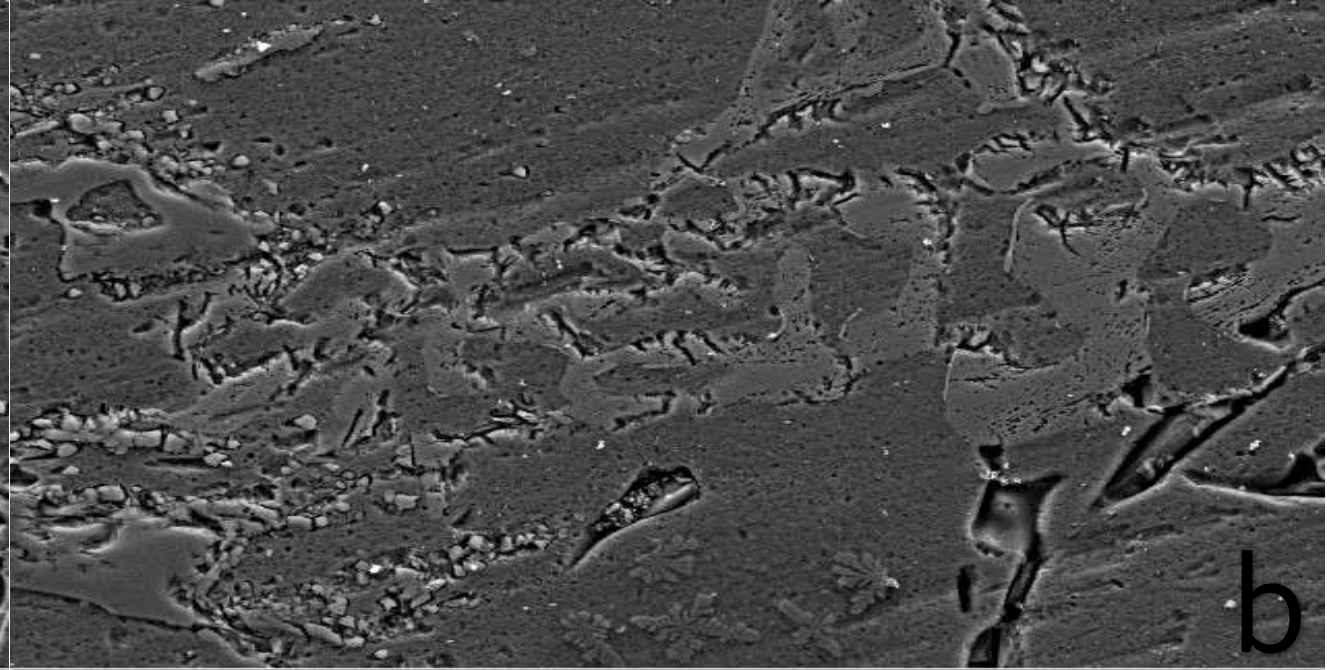
# SONUÇLAR VE TARTIŞMA

## Mikroyapı İncelemeleri

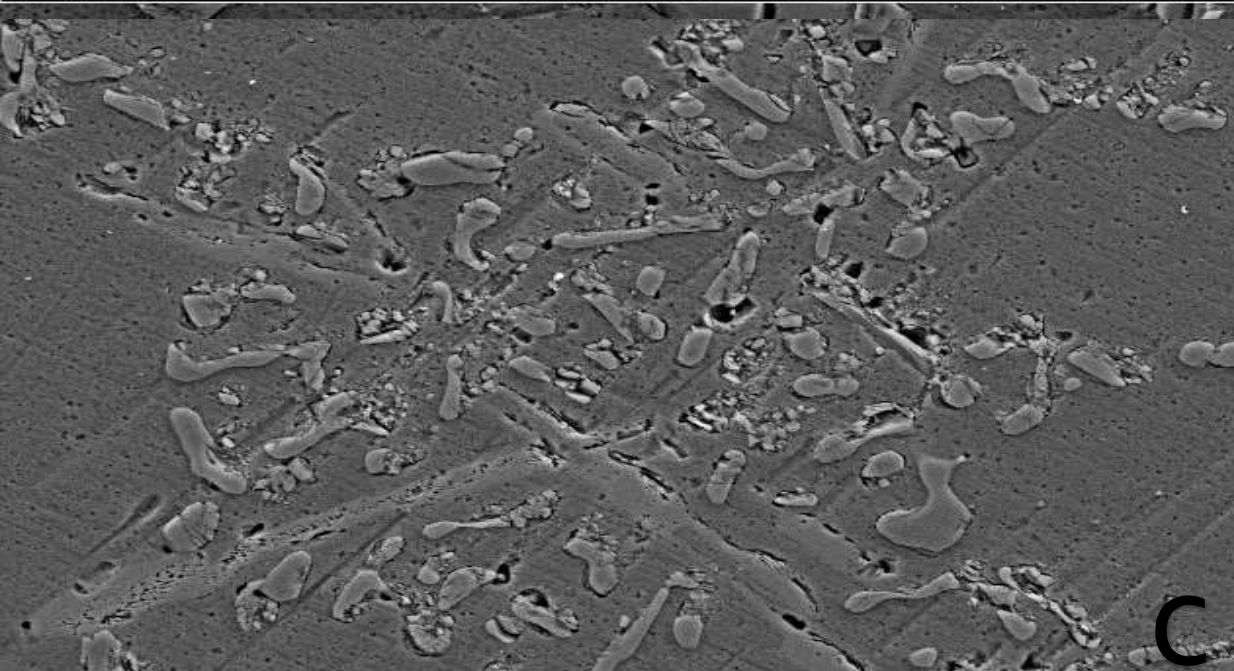
Farklı Mg oranına sahip  $AlSi_{10}Mg$  alaşımlarının mikro yapılarındaki farklılıkların belirlenmesi amacı ile uygulanan standart metalografik işlemler sonrasında elde edilen ısıtılmış işlem görmüş alaşımların SEM görüntüleri şekilde verilmiştir. SEM görüntülerinde iğnesel yapıda oluşan Si taneleri ve alüminyum taneleri görülmektedir. Ayrıca  $AlSi_{10}Mg$  alaşımlarının döküm metodu ile üretilmesine bağlı olarak yapıda porozitelerin oluştuğu görülmektedir. Alaşımı oluşturan metal elementlerin mikroyapıdaki dağılımlarının belirlenmesi için elementlerin yapıdaki dağılımını gösteren elementel dağılım haritası çıkarılmıştır. Alaşımı oluşturan Al, Si, Mg ve O elementlerinin bölgesel olarak buldukları konumlar şekilde görülmektedir.



Mag = 3.00 K X 20 µm WD = 9.2 mm EHT = 10.00 kV Signal A = SE2 Date : 26 May 2015 Time : 10:47:33  
ULTRA PLUS-43-34 Noise Reduction = Line Int. Done ESB Grid is = 500 V System Vacuum = 3.80e-006 mbar



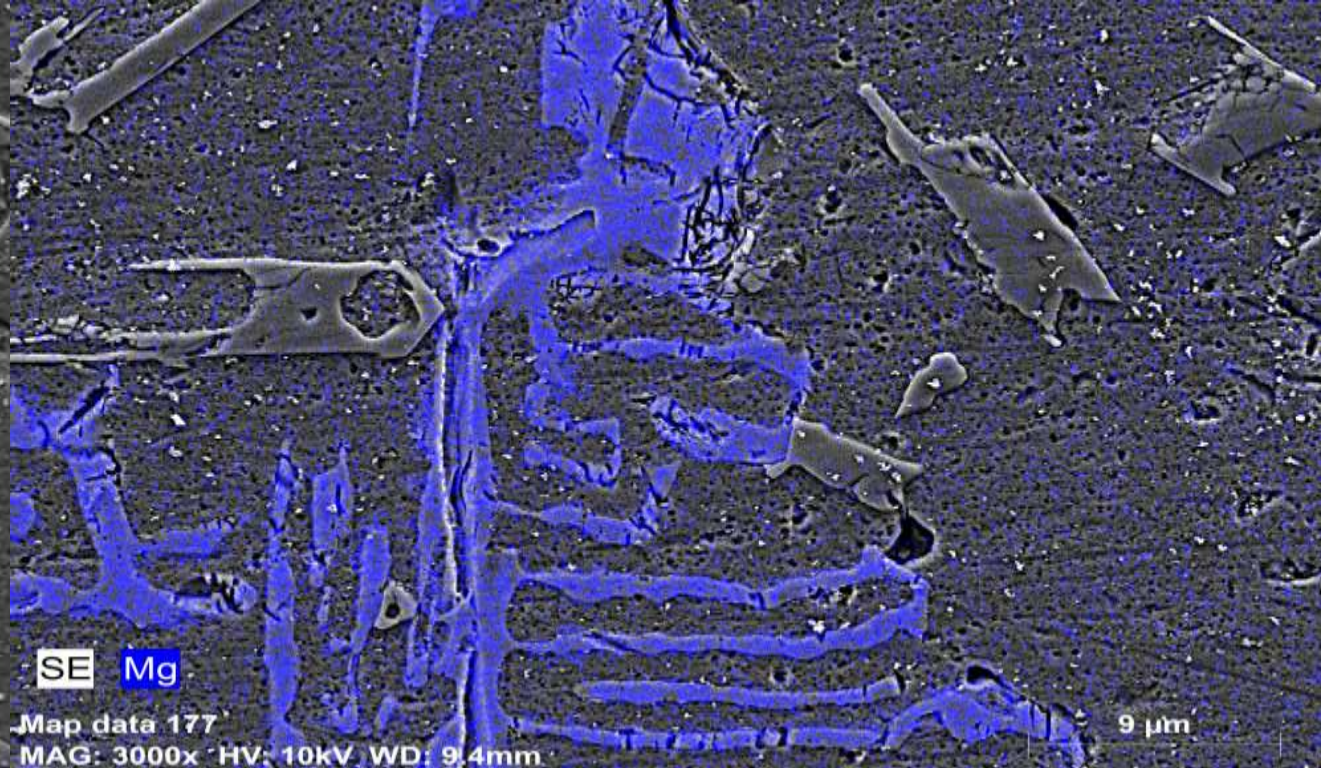
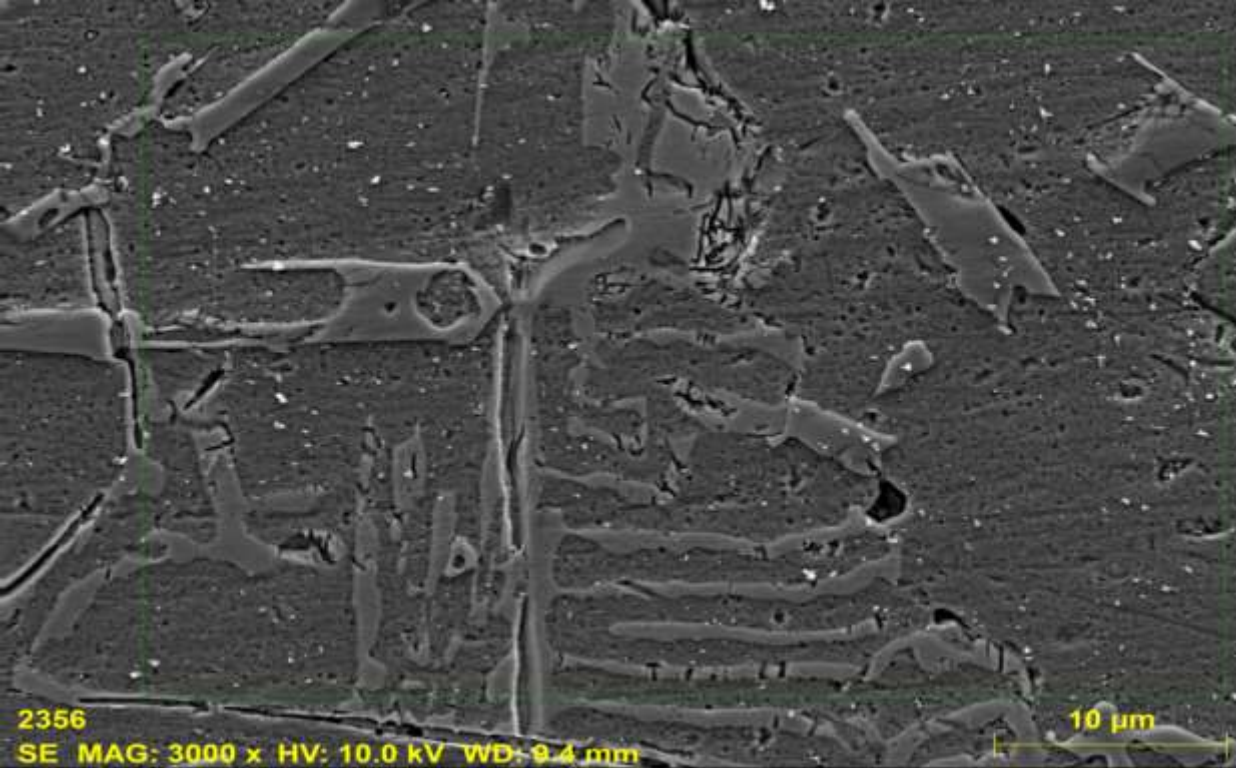
Mag = 3.00 K X 20 µm WD = 8.5 mm EHT = 10.00 kV Signal A = SE2 Date : 26 May 2015 Time : 11:19:40  
ULTRA PLUS-43-34 Noise Reduction = Line Int. Done ESB Grid is = 500 V System Vacuum = 2.92e-006 mbar



Mag = 3.00 K X 20 µm WD = 11.2 mm EHT = 10.00 kV Signal A = SE2 Date : 26 May 2015 Time : 9:55:44  
ULTRA PLUS-43-34 Noise Reduction = Line Int. Done ESB Grid is = 500 V System Vacuum = 4.34e-005 mbar

## Farklı Mg oranına sahip $AlSi_{10}Mg$ alaşımlarının SEM görüntüleri,

- %0.5 Mg
- % 1.0 Mg
- %1.5 Mg



# SONUÇLAR VE TARTIŞMA

## Çekme Testi Sonuçları

Farklı Mg oranına sahip AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımlarının ısıtılma işlem öncesi ve sonrası çekme testinden elde edilen ortalama maksimum çekme mukavemeti (MÇM), akma mukavemeti (AM) ve yüzde uzama (%E) Tablo 3 te verilmiştir. AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımlarına ilave edilen Mg miktarına bağlı olarak uygulanan ısıtılma işlem ile yapıda oluşturulan Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin boyutlarına ve dağılımına bağlı olarak maksimum çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve yüzde uzama değerinin değiştiği görülmektedir. AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımına %1.0 Mg ilavesi ile %0.5 Mg ilave edilen alaşıma göre daha yüksek maksimum çekme mukavemeti, akma mukavemeti değeri elde edilirken. Akma dayanımının azaldığı görülmektedir, bunun sebebinin yapıda oluşan Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin boyutlarının büyüdüğü ile ilgili olduğu düşünülmektedir. AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımına %1.5 Mg ilavesi sonrasında ise maksimum çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve yüzde uzama değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi ise yapıda oluşan Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin boyutlarının çok fazla büyüdüğü ve mekanik özellikleri olumsuz etkilediği görülmektedir.

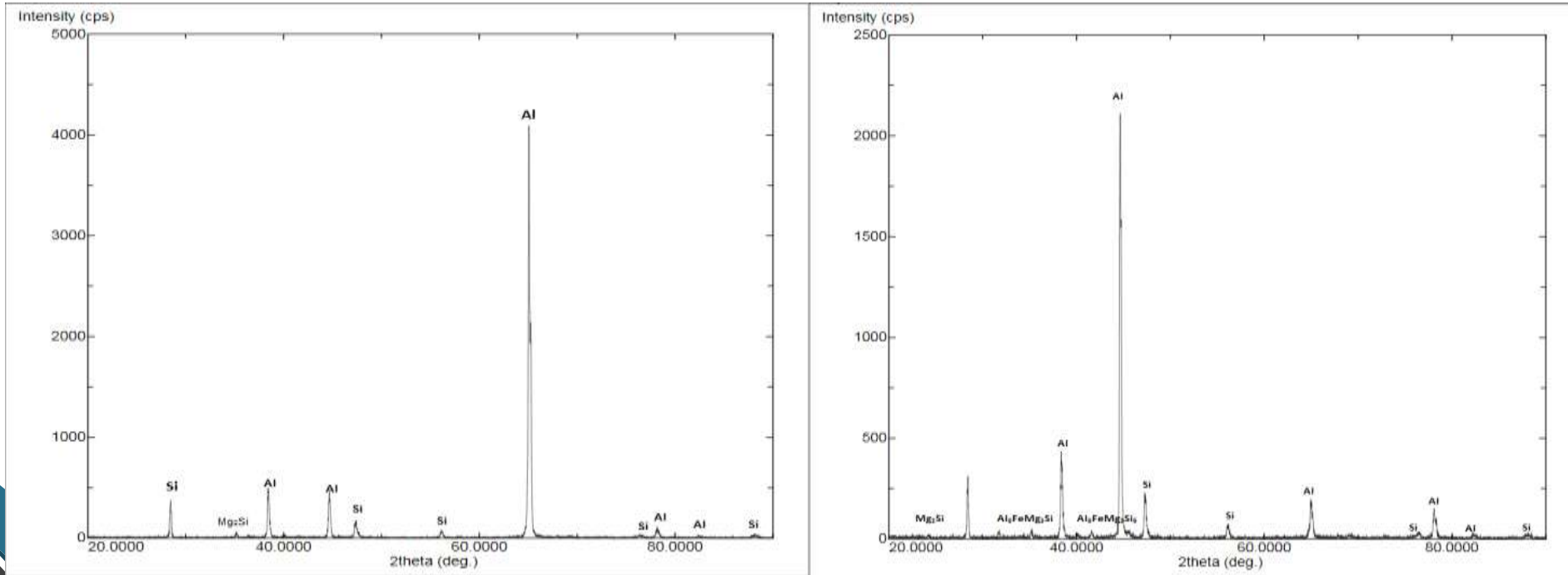
ALAŞIMLAR	ISIL İŞLEMSİZ			ISIL İŞLEMLİ		
	MÇM (N/mm <sup>2</sup> )	ε (%)	AM (N/mm <sup>2</sup> )	MÇM (N/mm <sup>2</sup> )	ε (%)	AM (N/mm <sup>2</sup> )
AlSi <sub>10</sub> Mg + 0.5 Mg	45	2.74	41	208	14.33	161
AlSi <sub>10</sub> Mg + 1.0 Mg	136	9.31	77	215	11.25	91
AlSi <sub>10</sub> Mg + 1.5 Mg	91	4.85	67	166	9.60	61

Tablo 3: Çekme Testi Sonuçları

# SONUÇLAR VE TARTIŞMA

## XRD Analizi Sonuçları

Farklı Mg oranına sahip AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımlarının yapısındaki fazların belirlenmesi amacı ile uygulanan XRD analizi yapılmıştır. %1.5 Mg ilave edilen AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımının ısıtılma öncesi ve sonrası XRD analizi aşağıda verilmiştir. XRD test sonuçları incelendiğinde ısıtılma ile yapıda Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin oluşumunun arttığı görülmektedir. Ayrıca ısıtılma ile yapıda Al<sub>8</sub>FeMg<sub>3</sub>Si intermetalik bileşiğinin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 2: XRD analiz sonuçları

# SONUÇLAR VE TARTIŞMA

## Sertlik Testi Sonuçları

Mg oranına bağlı olarak  $AlSi_{10}Mg$  alaşımlarının sertlik test sonuçları tablo 4 te verilmiştir. Sertlik test sonuçları incelendiğinde ilave edilen Mg miktarına bağlı olarak ısıtılmayan numunelerin sertlik sonuçları en yüksektir. Bunun nedeni yapıda  $Mg_2Si$  ve  $Al_8FeMg_3Si$  intermetalik çökeltilerin de artış olduğu söylenebilir.

Alaşımlar	Isıl İşlemsiz	Isıl İşlemliler
$AlSi_{10}Mg + 0.5 Mg$	81	140
$AlSi_{10}Mg + 1.0 Mg$	84	156
$AlSi_{10}Mg + 1.5 Mg$	85	132

Tablo 4: Sertlik Testi Sonuçları



# SONUÇLAR

- % 0.5 Mg ilaveli AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımı ısıtılma işlemi uygulanmayan ve uygulanan numunelerde çekme test sonuçlarında Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin oluşması ile alaşımın maksimum çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve yüzde uzama değeri artmıştır.
- Bütün alaşım gruplarının çekme test sonuçlarına göre, %1.0 Mg ilaveli AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımı alaşım gruplarında en yüksek maksimum çekme ve akma mukavemeti değerine sahip olduğu görülmüştür.
- XRD test sonuçlarına göre ısıtılma işlemi ile yapıda Mg<sub>2</sub>Si çökeltilerinin oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca artan Mg miktarına bağlı olarak yapıda Al<sub>8</sub>FeMg<sub>3</sub>Si intermetalik bileşiğinin oluştuğu belirlenmiştir.
- Isıtılma işlemi uygulanan AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımların sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca %1.0 Mg ilave edilen AlSi<sub>10</sub>Mg alaşımında en yüksek sertlik değeri elde edilmiştir.

# SABRINIZ İÇİN TEŞEKKÜRLER...

**AYRICA,**

**Lisans bitirme tezi çalışmalarımıza 2209 B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve Erdal ÖMÜR'e Teşekkür ederim.**