

A360 alüminyum alaşımına Mg ilavesinin malzeme yapısındaki sertlik dağılımına etkisinin incelenmesi

Simge GENÇALP İRİZALP, Ulaş AKSOY, Ercan ERSENBİL, Nurşen SAKLAKOĞLU*

Celal Bayar Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 45140, Manisa

Özet

Al-Si-Mg döküm alaşımlarının yapısal ve mekanik özellikleri α -Al fazına, ötektik Si partiküllerine, demirce zengin intermetaliklere ve özellikle Mg_2Si fazına bağlıdır. Bu yapılar kimyasal modifikasyon, Mg ilavesi gibi çeşitli yollarla değiştirilebilmektedir. Bu çalışmada, özellikle otomotiv sanayinde geniş yer bulan A360 alaşımına %0.2 - 0.8 oranlarındaki Mg ilavesi ile mikroyapıdaki ve sertlikteki değişimin etkileri araştırılmıştır. Araştırmalar esnasında farklı oranlarda Mg ilave edilmiş mikroyapılar incelenmiş ve intermetalik bileşikler detaylı olarak gösterilmiştir. Mikroyapı sonuçları incelendiğinde Mg_2Si fazının oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca %0 - %0.2 - 0.4 - 0.8 oranlarındaki Mg ilavesinin sertliğe etkisi de incelenmiştir. Sonuçlar, Mg ilavesine bağlı olarak sertlikte artış meydana getirdiğini göstermiştir. Oluşan intermetalik fazların sertliğe etkisini tespit etmek amacıyla intermetalik fazların mikrosertlikleri ölçülmüştür. Ölçümler Vickers mikrosertlik cihazında 10gf yük altında yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Döküm, A360 alaşımı, Magnezyum

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Nurşen SAKLAKOĞLU, nakbas@bayar.edu.tr; Tel: (236) 241 21 44 (263)

Investigation of effect to material properties of A360 alloy with addition Mg

Extended abstract

Structural and mechanical properties of Al-Si-Mg cast alloys depend on α -Al phase, eutectic-Si particles, iron-rich intermetallics and especially Mg_2Si phase. These can be changed with various ways such as chemical modification, Mg addition. In this study, commercial A360 hypoeutectic Al-Si-Mg alloy with addition of 0.2% - 0.8% Mg, affecting of alteration in microstructure and hardness, was investigated. The alloys in different compositions were produced by gravity casting method. And the casting temperature was set at 650°C. Microstructures were examined and intermetallic compounds were shown in detail. The observations were carried out in MELJI ML 7100 optical microscopy. According to microstructural results;

Mg_2Si phase, AlFeMnSi phase and eutectic phase occurred in the structure. In addition, the effect of Mg supplementation in rates of 0% - 0.2% - 0.4% - 0.8% have also examined. The hardness was measured in Brinell macro hardness tester. The results showed that the Mg addition increased the hardness. Micro hardness of intermetallic phases was measured. Thus, the effect of hardness of the phases may be identified. Micro hardness measurements were carried out under load 10 gf in Vickers micro hardness tester. As a result of this work, it was found that Mg_2Si phase increased the hardness values. According to the specific hardness values, the hard phase was Mg_2Si intermetallic phase which consist of Mg addition. Intermetallics and eutectic Si phase fined with increasing Mg addition. The addition of Mg increased the hardness of the material overall.

Keywords: Casting, A360 alloy, Magnesium

Giriş

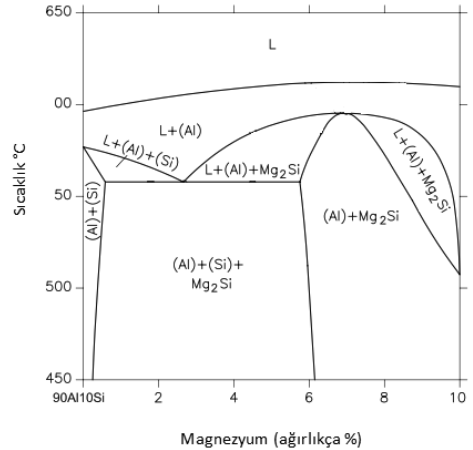
Alüminyum-silisyum döküm alaşımları yüksek mukavemet/ağırlık oranı özelliği dolayısıyla, araçlarda artan mekanik performans ve azalan yakıt tüketimi sayesinde otomotiv endüstrisinde birçok alanda uygulama alanına sahiptir. Al-Si-Mg alaşımları basınçlı döküm sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomotivin yanı sıra uçak ve kimya endüstrilerinde de ince cidarlı dökümler için yaygın kullanım yeri bulmaktadır (Metals Handbook,1988). Mg ilaveli Al-Si alaşımı ısıtılma işlemi imkanı sağlamakta (Terjesen, 2003; Shah vd., 2007) ve mekanik özellikleri önemli ölçüde arttırmaktadır (Esmaeli vd., 2003; Esmaeli vd., 2005; Wang vd., 2001). Az miktarda alaşım elementi ilaveleri ile mekanik özellikleri geliştirmek için birtakım çalışmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, Mg ilave edilmesi durumunda mukavemette artış gözlemlenirken (Tavitas-Medrano vd., 2008), Mn ilavesi ile süneklikte artış meydana geldiği görülmektedir (Hwang vd., 2008).

Bu çalışmada A360 (Al-%10Si-%0.5Mn-%0.3Mg) alaşımı kullanılmıştır. Bu alaşımın daha da mukavemetlendirilmesi Mg gibi ilave elementleri ile mümkün olabilmektedir (Hekmat-Ardakan vd., 2010). Mg ilaveli %90 Al içeren Al-Mg-Si alaşımının katılaşması Şekil 1’ deki faz diyagramında gösterilmektedir. Çalışmada A360 alaşımına eser miktarlarda Mg elementinin ilavesinin etkileri incelenmiş ve geleneksel döküm yöntemi ile üretilmiş A360 alaşımı ile karşılaştırılmıştır. Mikro yapı sonuçları doğrultusunda sertlikler ölçülerek mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır.

Deneysel Çalışma

A360 alüminyum alaşımlarının sertlik davranışına etkisini araştırmak için ağırlıkça %0.2, %0.4 ve %0.8 Mg ilave edilmiştir. Dört farklı alaşım oranını içeren tüm kompozisyonlar Tablo 1’ de verilmiştir. Alaşımlar rezistanslı fırında grafit potada ergitilmiş ve 650°C sıcaklıkta iken dökülmüştür. Döküm sıcaklığı K-tipi termokupl vasıtasıyla ölçülmüştür. Pota içerisindeki ergiyen alaşımın gaz çıkışını sağlamak ve kirlilikleri gidermek amacı ile flux toz kullanılmıştır. Dökümden önce farklı

miktarlarda Mg elementleri ilave edilerek ergiyik karıştırılmıştır. Alaşım AISI 2344 çelik kalıp içerisine (Ø30x160 mm) geleneksel gravite döküm yöntemi ile dökülmüştür. Dökümün ardından alaşım kalıp içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Kalıp-numune yüzeyinin kolay ayrılabilmesi için kalıp iç yüzeyine BN kaplama yapılmıştır. Elde edilen ingotlar Ø30x15 mm boyutlarında kesilerek metalografik olarak incelenmiştir. Parlatma işlemi Struers marka parlatma cihazında yapılmış ve numuneler %0.5 HF çözeltisinde dağlanmıştır. Mikroyapıl karakterizasyon optik mikroskop (OM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. OM çalışmaları MEIJI ML 7100 optik mikroskopunda yapılmıştır. Farklı kompozisyonlarda elde edilen alaşımların sertlikleri Brinell sertlik ölçüm cihazında ölçülmüştür. Brinell sertlik ölçümleri 62.5 kg yük altında 2.5mm çaplı bilya uç ile gerçekleştirilmiş, her numune için altışar ölçüm alınmıştır. Mikroskobik incelemede gözlemlenen intermetalikler, ötektik faz ve α -Al gibi fazların spesifik sertliklerini tespit edebilmek için Vickers mikrosertlik cihazı kullanılmıştır. Mikrosertlikler 10gf yük ve 10 s süre altında ölçülmüştür.



Şekil 1. Ağırlıkça %90 Al içeren Al-Mg-Si faz diyagramı (Raghavan, 2007)

Tablo 1. Bu çalışmada kullanılan A360 alüminyum alaşımlarının kompozisyonları

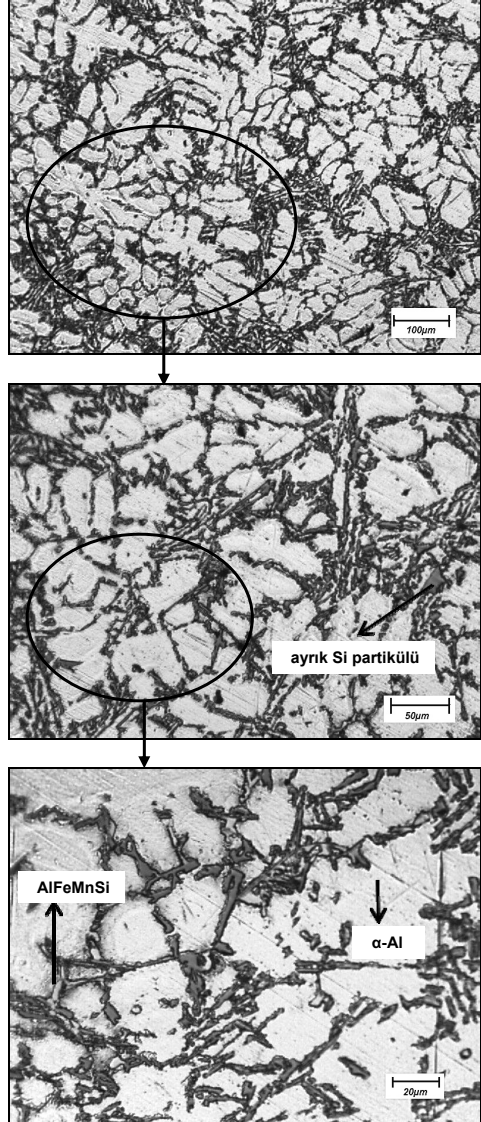
Malzeme	Element (% ağırlıkça)					
	Al	Si	Mg	Mn	Fe	Cu
A360	Bal.	10	0.3	0.5	0.5	0.1
%0.2Mg	Bal.	10	0.3	0.5	0.5	0.1
%0.4Mg	Bal.	10	0.3	0.5	0.5	0.1
%0.8Mg	Bal.	10	0.3	0.5	0.5	0.1

Sonuçlar

Farklı kimyasal kompozisyondaki A360 alüminyum alaşımlarının döküm mikroyapıları; α -Al dendritleri, ayrık Si partikülleri, plaka şeklinde AlFeMnSi ve AlFeSi intermetalikleri (Voncina vd., 2011), ötektik Si ve Mg₂Si fazından oluşmaktadır (Şekil 2-5) (Hekmat-Ardakan vd., 2010; Voncina vd., 2011; Chakrabarti vd., 2004). Fe alüminyum alaşımlarındaki en yaygın impüritelerden biridir. Alüminyumdaki düşük çözünürlüğünden dolayı, demir içeren intermetalik fazlar katılma esnasında oluşmaktadır. Bu demir içeren intermetalikler sertlik gibi mekanik özellikler üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Hwang vd., 2008). Alaşıma Mg eklenmesi durumunda ilave faz olarak Mg₂Si fazları oluşmaktadır (Şekil 3-5). Mikroyapılara bakıldığında, Mg ilavesinin mikroyapısal özellikleri etkilediği görülmektedir. Ötektik fazlar ve intermetalikler incelmıştır dolayısıyla α -Al tanelerinin miktarı artmıştır (Şekil 3-5). Mg ilavesiz olan mikroyapıda α -Al tane sınırları daha belirgin olduğu söylenebilmektedir (Şekil 2).

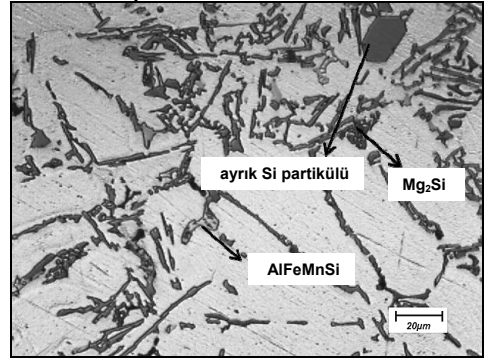
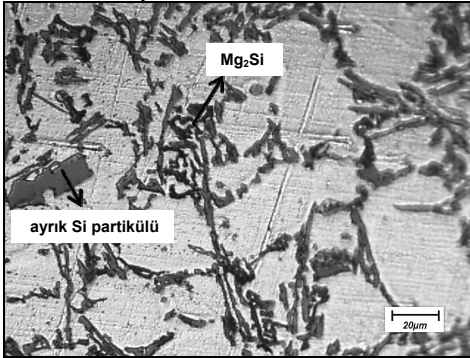
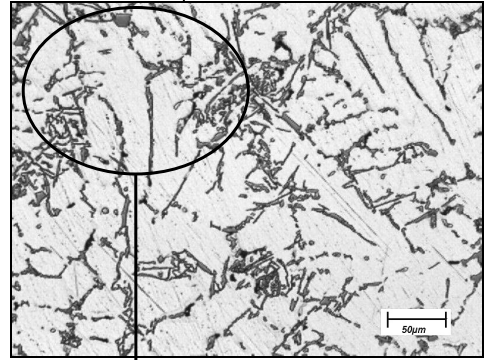
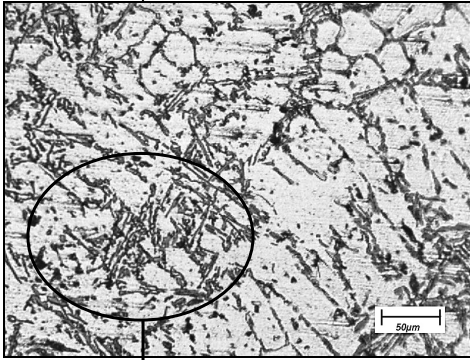
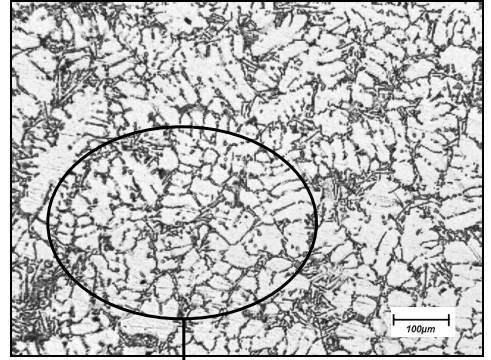
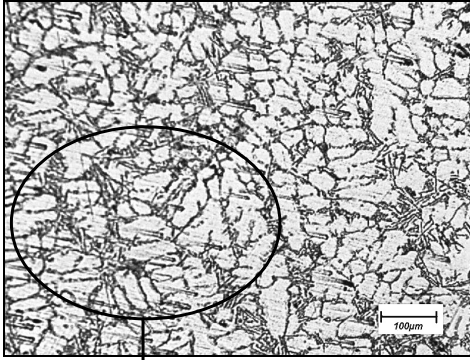
Mg içeriğinin artışı ile birlikte Brinell sertlik sürekli artış göstermektedir. En yüksek sertlik yine en yüksek Mg ilave oranı olan %0.8 Mg ilavesi ile elde edilmektedir. %0.8 Mg içeren alaşımın sertliği 90HB' den 115HB' ye yaklaşık olarak %27 oranında bir artış göstermiştir (Şekil 6). Sertleşme mekanizmasının dislokasyonların hareketine engel olan Mg₂Si fazlarının oluşumundan ileri geldiğine inanılmaktadır (Sun vd., 2011). Sertlik artışı irdelemek amacıyla meydana gelen fazların ve intermetaliklerin spesifik mikrosertlik ölçümleri Tablo 2' de verilmiştir. Buna göre Mg₂Si 2088HV gibi oldukça yüksek değerlerde bir sertliğe sahiptir.

Diğer fazların sertliğinde ise Mg ilavesi ile çok az bir artış olsa da kayda değer bir değişiklik söz konusu değildir.



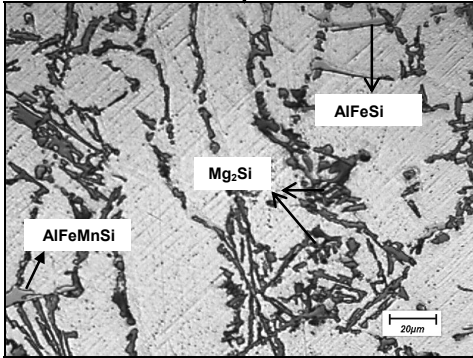
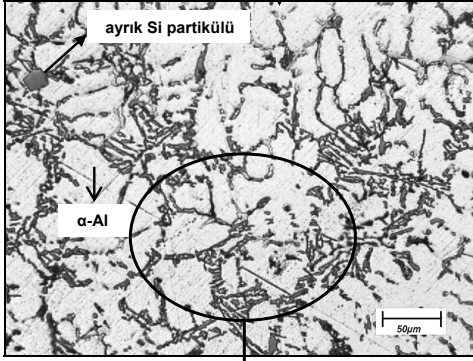
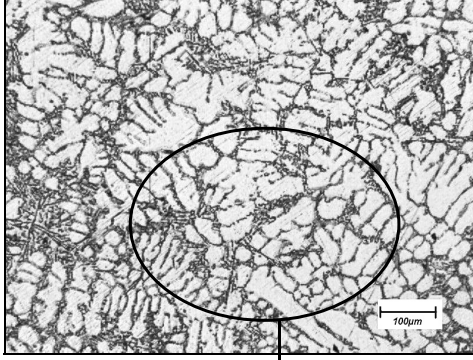
Şekil 2. A360 alüminyum alaşımına ait mikroyapılar

A360 alaşımına Mg ilavesinin malzeme yapısındaki sertlik dağılımına etkisinin incelenmesi

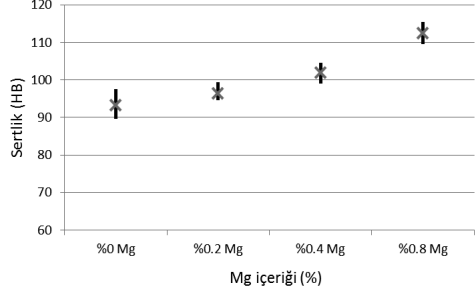


Şekil 3. A360 alüminyum alaşımına %0.2 Mg ilavesi ile elde edilen mikroyapılar

Şekil 4. A360 alüminyum alaşımına %0.4 Mg ilavesi ile elde edilen mikroyapılar



Şekil 5. A360 alüminyum alaşımına %0.8 Mg ilavesi ile elde edilen mikroyapılar



Şekil 6. A360 alaşımında Mg ilavesinin sertliğe etkisi

Tablo 2. A360 alaşımında oluşan fazların mikrosertlik değerleri (HV)

Malzeme	α-Al	ötektik Si	Mg ₂ Si	AlFeMnSi
A360	90.1	222.7	-	503
%0.8Mg	90	262.8	2088.2	514

Genel Sonuçlar

Aşağıda döküm ile üretilmiş A360 alaşımına %0 ve %0.8 arasında değişen Mg ilaveleri ile alaşım üzerinde yapılan araştırmaların sonuçları verilmiştir.

1. Ayrık Si partikülleri, ötektik Si fazı ve AlFeMnSi intermetaliklerinden oluşan A360 alaşımına %0.2, %0.4 ve %0.8 Mg ilave edilmesi sonucu alüminyum içerisinde Mg₂Si fazı oluşmuştur.
2. Fazların spesifik sertlik değerlerine göre en sert faz Mg ilave edilmesi ile oluşan Mg₂Si fazıdır. Mg oranının artması ile intermetalikler ve ötektik Si fazı incelmıştır. Mg ilavesi malzemenin genel sertliğini arttırmıştır.

Kaynaklar

- Metals Handbook (1988). Casting, ASM, Ninth Edition, Volume 15.
- Terjesen, G., (2003). Effect of elevated temperature on tensile properties and fracture toughness of an AlSi10Mg alloy, *Aluminium*, 79, 9, 748-754.
- Shah, B.K., Kumar S.D. ve Dwivedi D.K., (2003). Aging temperature and abrasive wear behaviour of cast Al-(4%, 12%, 20%)Si-0.3% Mg alloys, *Materials and Design*, 28, 6, 1968-1974.

- Esmaili S., Lloyd D.J. ve Poole W.J., (2003). Modeling of precipitation hardening for the naturally aged Al-Mg-Si-Cu alloy AA6111, *Acta Materialia*, **51**, 12, 3467-3481.
- Esmaili S. ve Lloyd D.J., (2005). Modeling of precipitation hardening in pre-aged AlMgSi(Cu) alloys, *Acta Materialia*, **53**, 20, 5257-5271.
- Wang Q.G. ve Davidson C.J., (2001). Solidification and precipitation behaviour of Al-Si-Mg casting alloys, *Journal of Materials Science*, **36**, 3, 739-750.
- Tavitas-Medrano F.J., Gruzleski J.E., Samuel F.H., Valtierra S. ve Doty H.W., (2008). Effect of Mg and Sr-modification on the mechanical properties of 319-type aluminum cast alloys subjected to artificial aging, *Materials Science and Engineering A*, **480**, 1-2, 356-364.
- Hwang J.Y., Doty H.W. ve Kaufman M.J., (2008). The effects of Mn additions on the microstructure and mechanical properties of Al-Si-Cu casting alloys, *Materials Science and Engineering A*, **488**, 1-2, 496-504.
- Hekmat-Ardakan A. ve Ajersch F., (2010). Effect of isothermal ageing on the semi-solid microstructure of rheoprocessed and partially remelted of A390 alloy with 10% Mg addition, *Materials Characterization*, **61**, 8, 778-785.
- Raghavan V., (2007), Al-Mg-Si (Aluminum-Magnesium-Silicon), *Journal of Phase Equilibria and Diffusion*, Phase Diagram Evaluations: Section II, **28**, 189-191.
- Voncina M., Kores S., Mrvar P. ve Medved J., (2011). Effect of Ce on solidification and mechanical properties of A360 alloy, *Journal of Alloys and Compounds*, **509**, 27, 7349-7355.
- Chakrabarti D.J. ve Laughlin D.E., (2004). Phase relations and precipitation in Al-Mg-Si alloys with Cu additions, *Progress in Materials Science*, **49**, 3-4, 398-341.
- Sun Y. ve Ahlatci H., (2011). Mechanical and wear behaviors of Al-12Si-XMg composites reinforced with in situ Mg₂Si particles, *Materials and Design*, **32**, 5, 2983-2987.

mühendislik dergisi

