

# Al-7Si-0,3Mg Alaşımında Sr Modifikasyonunun Si morfolojisine ve porozite Üzerine Etkisi

<sup>1</sup>Muhammet ULUDAĞ, <sup>1</sup>Remzi ÇETİN, <sup>1</sup>Merve BİNGÖL,

<sup>1</sup>Özgür ORTAÇ, <sup>\*2</sup>Derya DIŞPINAR

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Konya, Türkiye

<sup>\*2</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

## Özet

Bu çalışmada, ötektik altı alaşımlarında Sr modifikasyonu ve soğuma hızına bağlı olarak porozite boyutu ve dağılımındaki değişimler araştırılmıştır. Deneysel çalışmada ilk olarak farklı soğuma hızlarında katılacak geometriye sahip kalıp modeli üretilmiş ve kum kalıplar hazırlanmıştır. Döküm işleminden önce sıvı alüminyuma Sr ilavesi yapılmış ve Si morfolojisinin özellikleri iyileştirici yönde değişmesi beklenmiştir. Kalıbın farklı kesit alanına sahip olmasına bağlı olarak farklı soğuma hızlarındaki mikroyapısal dönüşümler analiz edilmiştir. Si morfolojisindeki değişim, görüntü analizi ile detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Aynı zamanda her kesit alanındaki porozite değişimi de incelenmiştir ve sonuç olarak Si morfolojisi ile porozite oluşum mekanizması arasındaki ilişki ortaya çıkartılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Döküm, Modifikasyon, Soğuma hızı, Si morfolojisi, Al-7Si-0,3Mg

## Abstract

In this work, porosity distribution and efficiency of Sr modification over hypoeutectic Al-Si alloy with regard to cooling rate have been investigated. A mould geometry that has four different section thicknesses has been designed and a pattern was built in order to produce sand moulds. Metallographical examination was carried out on each of the sections. Image analysis software was used to measure the Si morphology change in detail. In addition, porosity number, area and distribution were also measured.

**Keywords:** Casting, Modification, Cooling rate, Morphology of Si, Al-7Si-0,3Mg

## 1. Giriş

Al-Si alaşımları iyi dökülebilirlik, yüksek korozyon direnci, ağırlık başına yüksek mukavemet oranı ve düşük ısıl genleşme katsayısı gibi özelliklerinden dolayı genellikle uzay ve otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır [1, 2]. Bu alaşımlarda Sr ilavesi ile ötektik yapı modifiye edilir bu sayede mekanik özellikleri iyileşir ve yapı içerisindeki porozite dağılır. Modifiye edilmiş alaşımların mikroyapılarında iğnemsî yapılar inceltmiş ve azaltılmış olarak karşımıza çıkar. modifikasyon, toplam üretilen Al-Si alaşımlarının % 85-90 oranı gibi büyük bir miktarında

dökülebilirlik, mekanik ve fiziksel özelliklerde iyileşme gösterir [3]. Bu alaşımlar optimum özellikleri kazandırmak için mikroyapı ve alaşım bileşenleri gerektiği şekilde elde edilmelidir.

Ötektik altı Al-Si alaşımlarının ara yüzey özellikleri ve sıvının akışkanlığını geliştirmek için çalışmalar yapılmıştır [4, 5]. Fakat A356 alaşımlarının katılaşması sırasında ötektik Si partiküllerinin varlığı mukavemeti, sünekliği ve kırılma tokluğunu düşürür ve bu yüzden ötektik Si partiküllerinin yapıda dağıtılmaları için araştırmalar yapılmıştır [6, 7].

Döküm alaşımlarının katılaşma sonunda gaz porozitesinin büyümesini açıklamak için basit iki model geliştirilmiştir. Bu modellerden biri gaz porozitesinin difüzyonla büyümesine dayanırken diğeri kütle korunumu dengesine dayanmaktadır. Bu modellerde yapılan hesaplamalar sıvı metalin hidrojen içeriğine göre porozite miktarının değiştiğini göstermiştir. Bu değişiklik de hidrojen seviyesi ne kadar azalursa porozite miktarı da o derece az olur [8].

Bu çalışmada Al7Si0,3Mg alaşımının modifikasyonu ve porozite incelemesi çalışılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan farklı kesit kalınlıklarına sahip basamak kum kalıp sayesinde soğuma hızı farkına göre Sr modifikasyonunun mikroyapı üzerine etkisi ve porozite dağılımı incelenmiştir.

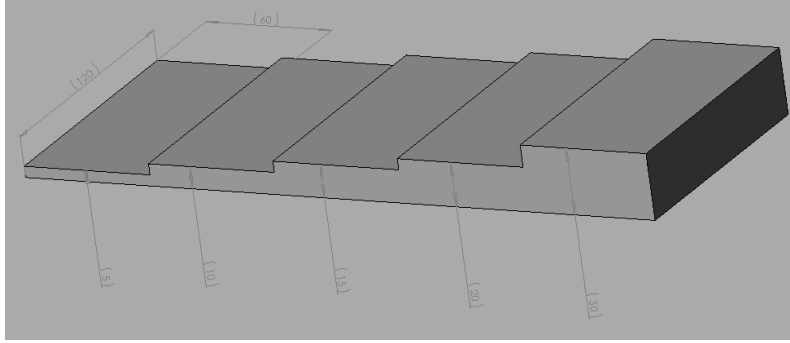
## 2. Deneysel çalışma

Bu çalışmada Al7Si0,3Mg alaşımı kullanılmıştır. Bu alaşımın kimyasal bileşim aralığı Tablo 1. verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneyde kullanılan Al7Si0,3Mg alaşımının kimyasal bileşim aralığı

Si	6,60-7,40
Fe	0,20
Cu	0,02
Mn	0,03
Mg	0,30-0,45
Zn	0,04
Ti	0,08-0,14
Al	Kalan

Deney dökümlerinin ergitme işlemleri elektrikli direnç ocağında yapılmış ve Şekil 1. de katı modeli verilen yatay kalıp modelinden yapılan kum kalıplara dökümler gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Basamaklı yatay kalıp katı modeli

Dökümler Sr ilaveli olarak iki farklı parametrede yapılmıştır. Döküm sonrası elde edilen parçanın resmi Şekil 2’de verilmiştir.



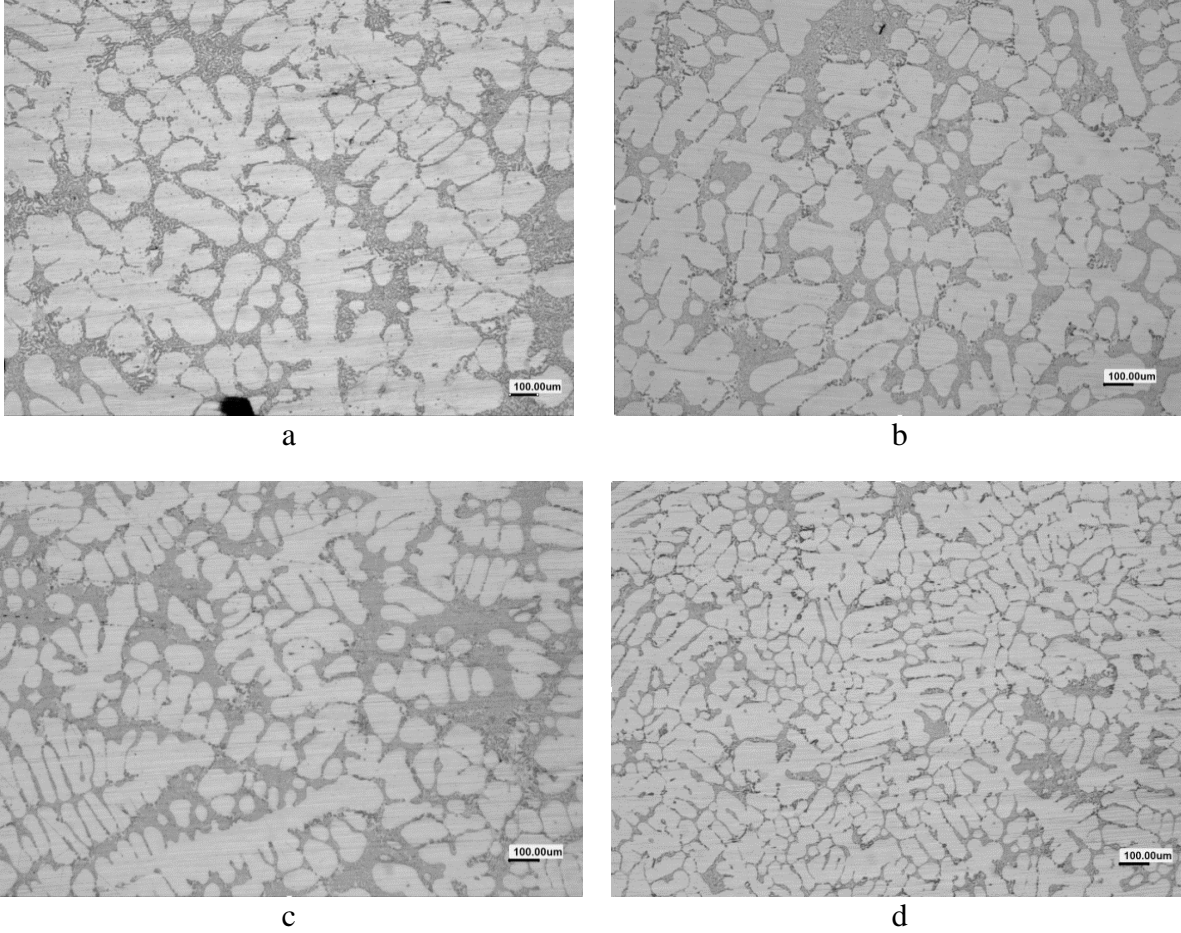
**Şekil 2.** Döküm sonrası elde edilen parça

Döküm sonrası elde edilen yatay basamak döküm parçasının en ince basamağı hariç diğer her basamağında mikroyapı ve porozite oranları çıkarılmıştır. Mikro yapı numuneleri önce zımpara işleminden geçirilmiş ardından sırasıyla 9 mikron ve 3 mikron elmas solüsyonu ile parlatılmıştır. Parlatma sonrası, numunelerin NIKON marka optik mikroskopla mikro yapı görüntüleri alınmıştır. Elde edilen mikroyapı görüntüleri üzerinde CLEMEX marka görüntü analiz programı ile çalışılmış SDAS (Secondary dendrite arm spacing) ölçümleri yapılmıştır. Her basamaktan makro inceleme yapılarak alansal porozite değerleri elde edilmiş ve alansal porozite ölçümü yapılan numunelerin hacimsel porozite hesapları da yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Al-7Si-0,3Mg alaşımının ötektik altı bir alaşım olup katılaşma esnasında yapıda ötektik+dendritik fazlar oluştuğu bilinmektedir. Stronsiyum ilavesinin etkisini araştırdığımız bu çalışmada iki ergitme yapıлып farklı dökümlerde Sr etkinliğini ne derece tekrarlanabilirliği olduğu araştırılmıştır. 30, 20, 15 ve 10 mm kesit kalınlıklarına sahip kum kalıp deneysel çalışmamızın ilk dökümünde aldığımız mikroyapı sonuçları Şekil 3’de verilmiştir.

İlk döküme ait mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, kesit kalınlığı azaldıkça ikinci dendritik kolları arasındaki mesafenin azaldığı görsel olarak görülebildiği gibi mikroyapısal analiz sonucu hesaplanan SDAS ölçümlerinden de kantitatif olarak belirlenmiştir. Yine kesit kalınlığının azalmasıyla dendrit kollarının düzensiz büyümeden düzenli büyümeye doğru geçtiği görülmüştür. Bu ilk dökümde yapılan mikroyapısal incelemelerde düşük soğuma hızlarında (kalın kesit) dendrit kolları arasında büyük, yüksek soğuma hızlarında (ince kesit) çok daha küçük poroziteler tespit edilmiştir. Düşük soğuma hızlarında ötektik yapı daha geniş alanlarda oluşurken soğuma hızı yükseldikçe ötektik yapının daha dar alanlarda kaldığı ve yüksek soğuma hızlarında silislerin daha küçük morfolojide oluştuğu gözlenmiştir. Bu da çalıştığımız ilk dökümde Sr modifikasyonunu ince kesitlerde yani yüksek soğuma hızlarında daha etkin olduğunu göstermektedir.



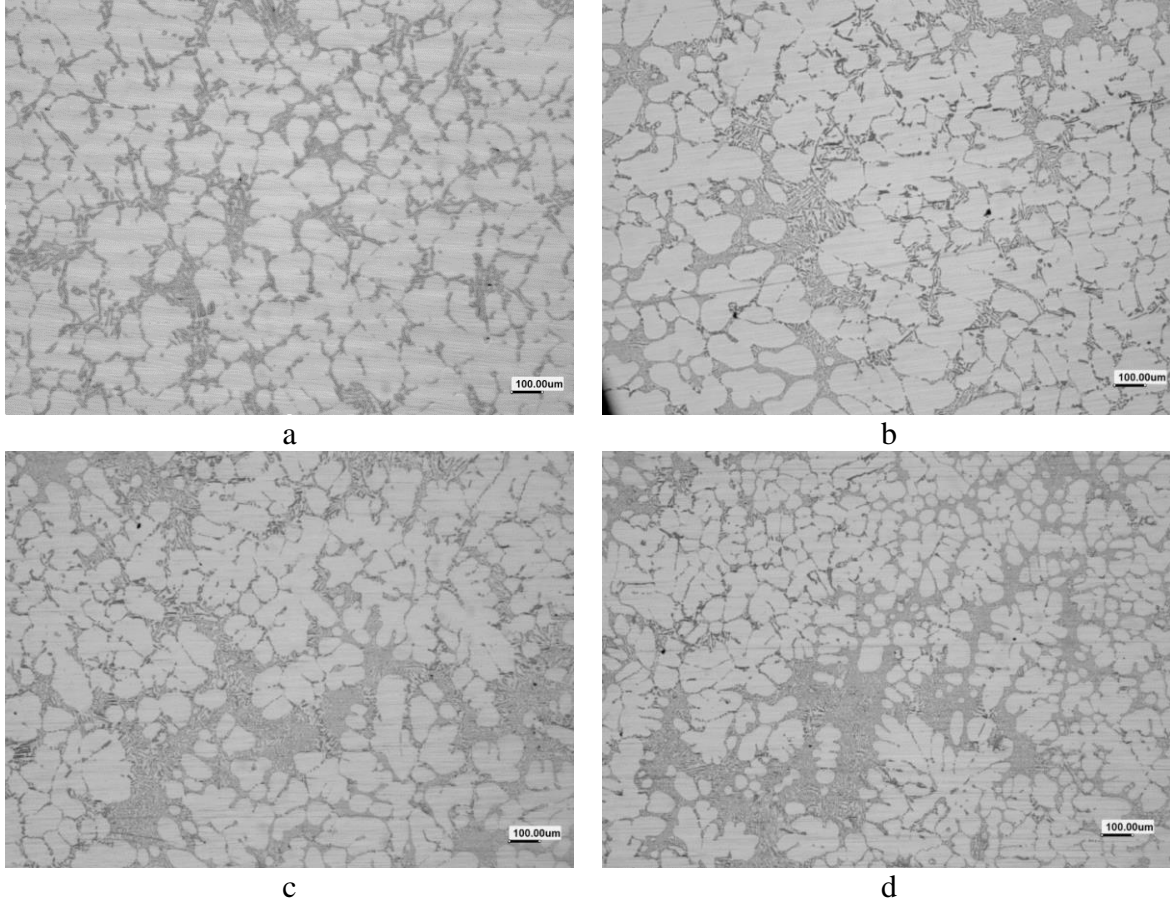
**Şekil 3.** Döküm 1'in kesit kalınlığına göre mikroyapı görüntüleri.  
a) 30 mm kesit kalınlığı, b) 20 mm kesit kalınlığı, c) 15 mm kesit kalınlığı, d) 10 mm kesit kalınlığı,

İkinci döküme ait mikroyapı görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir. Farklı kesit kalınlıkları göz önüne alınarak mikroyapılar incelendiğinde dendrit kolları arasındaki mesafe kesit kalınlığı incelidikçe azalmaktadır. Fakat dendrit kollarının geometrisi kesit kalınlığı incelidikçe daha düzensiz bir şekil

almaktadır. Bunun yanında dendrit kolları arasında oluşan ötektik yapının kesit kalınlığı incelmesiyle dağınıktan bölgesel oluşmaya (segregasyon) doğru yönlendiği görülmektedir.

İnce kesitli basamaklarda silis morfolojisi küçük, fibros ve sayıca daha çok miktarlarda oluştuğu tespit edilmiştir. Bu morfoloji oluşumunu ancak Sr etkinliği ile açıklayabiliriz.

Farklı kesit kalınlıklarında oluşan porozite değişimi katılma hızı farkıyla açıklanabilir. Katılma hızı arttıkça porozite boyutlarının daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

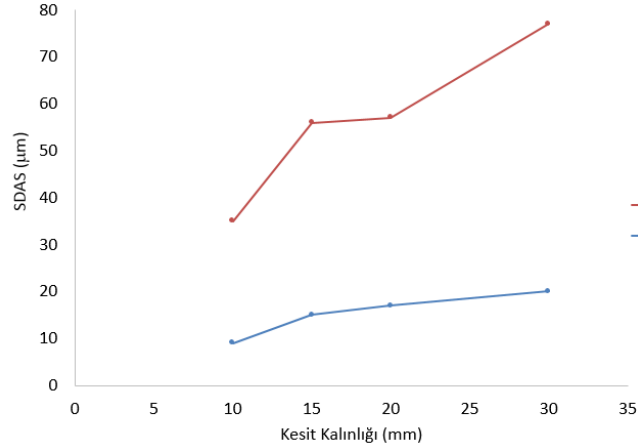


**Şekil 4.** Döküm 2'nin kesit kalınlığına göre mikroyapı görüntüleri.

a) 30 mm kesit kalınlığı, b) 20 mm kesit kalınlığı, c) 15 mm kesit kalınlığı, d) 10 mm kesit kalınlığı,

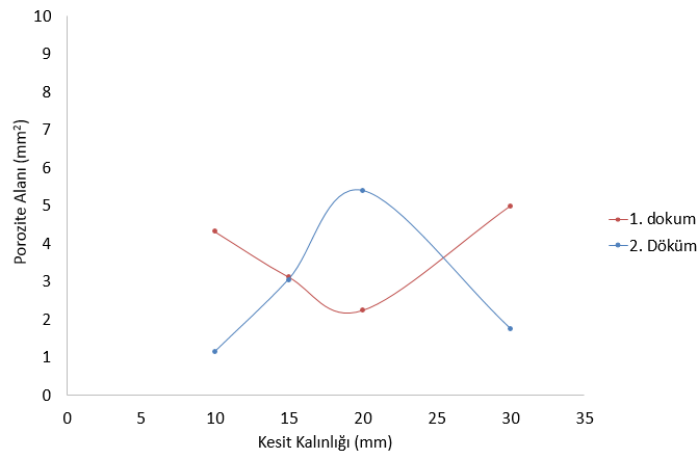
Deneysel çalışmamızda gerçekleştirdiğimiz her iki dökümün birlikte incelersek soğuma hızı ile porozite büyüklüğü arasında ters orantı vardır. Yani yüksek soğuma hızlarında daha küçük porozite elde etme sonucu her iki dökümümüzde de bulunmuştur. Porozite ile soğuma hızı arasındaki benzer ilişki dendrit kolları ile soğuma hızı arasında da tespit edilmiştir. Ötektik yapı oluşumunda silis morfolojisi değişimini her iki dökümde de benzer bulunurken ötektik yapı konumlanması farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Sr ilavesinin etkinliği de her iki dökümde benzer şekilde çıkmıştır. Bunun yanında Sr'un ötektik yapı konumlanmasında da etkisi vardır.

Çalışma sonuçlarında grafiksel olarak; kesit kalınlığı ile ikinci dendrit kolları arasındaki mesafe (SDAS) ilişkisi her iki döküm için Şekil 5’de, alansal porozite ölçümü ile SDAS arası ilişki Şekil 6’da, alansal porozite ölçümü ile porozite miktarı ilişkisi Şekil 7’de ve kesit kalınlığı ile alansal porozite ölçümü ilişkisi Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 5. Kesit kalınlığı ile SDAS karşılaştırması

Kesit kalınlığı ile SDAS arasında Şekil 5’de görüldüğü gibi bir ilişki vardır. Kesit kalınlığı arttıkça ikinci dendrit kolları arasındaki mesafe arttığı her iki dökümde de görülmüştür. Fakat yapılan iki dökümde de farklı dendrit kolları arası mesafe değerleri ölçülmüştür. 20 mm kalınlığındaki kesit için ilk dökümde dendrit kolları arası mesafe 17 mikron olarak ölçülürken ikinci dökümde 57 mikron ölçülmüştür.



Şekil 8. Kesit kalınlığı ile porozite alanı karşılaştırması. a) 1. döküm, b) 2. döküm

## Sonuçlar

Kesit kalınlığı arttıkça SDAS artmaktadır.

Kesit kalınlığı ile porozite alanı veya sayısı arasında lineer bir ilişki yoktur.

### Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından (Proje No:13401013) desteklenmiştir. Çalışmamıza yapmış olduğu desteklerinden dolayı ALTUN DÖKÜM SANAYİ A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

### Referanslar

- [1]Chomsaeng, N., et al., *HRTEM and ADF-STEM of precipitates at peak-ageing in cast A356 aluminium alloy*. Journal of Alloys and Compounds, 2010. **496**(1-2): p. 478-487.
- [2]Tsai, Y.-C., et al., *Effect of trace La addition on the microstructures and mechanical properties of A356 (Al-7Si-0.35Mg) aluminum alloys*. Journal of Alloys and Compounds, 2009. **487**(1-2): p. 157-162.
- [3]Ejiofor, J.U. and R.G. Reddy, *Developments in the processing and properties of particulate Al-Si composites*. JOM, 1997. **49**(11): p. 31-37.
- [4]Cáceres, C.H. and B.I. Selling, *Casting defects and the tensile properties of an AlSiMg alloy*. Materials Science and Engineering: A, 1996. **220**(1-2): p. 109-116.
- [5]Jeng, S.-C. and S.-W. Chen, *The solidification characteristics of 6061 and A356 aluminum alloys and their ceramic particle-reinforced composites*. Acta Materialia, 1997. **45**(12): p. 4887-4899.
- [6]Benzerga, A.A., et al., Acta Materialia, 2001. **49**(5): p. 3071.
- [7]Gokhale, A.M. and G.R. Patel, Materials Science and Engineering A, 2005. **392**(1-2): p. 184.
- [8]Stefanescu, D.M. and A.V. Catalina, *Physics of microporosity formation in casting alloys - sensitivity analysis for Al-Si alloys*. International Journal of Cast Metals Research, 2011. **24**(3/4): p. 144-150.