

# Al-7Si-0,3Mg Alaşımında Soğuma Hızının Poroziteye Etkisi

<sup>1</sup>Muhammet ULUDAĞ, <sup>1</sup>Remzi ÇETİN, <sup>\*2</sup>Lokman GEMİ, <sup>1</sup>Osman AYDOĞUŞ,  
<sup>1</sup>Kerim ÇAM, <sup>\*\*3</sup>Derya DIŞPINAR

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

<sup>\*2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Konya, Türkiye

<sup>\*\*3</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

## Özet

Endüstriyel uygulamalarda önemi gittikçe artan alüminyum alaşımlarının üretim süreci mekanik özellikler açısından büyük önem arz etmektedir. Döküm öncesi sıvı alüminyumda hidrojenin çözünmesi ve oksit tabakasının oluşumu, döküm sırasında sıvı metale karışmaları mekanik özellikleri büyük oranda düşürmektedir. Bunun yanında mekanik özelliklerle beraber mikroyapıyı da önemli derece etkileyen diğer bir faktör de soğuma hızıdır. Bu çalışmada, soğuma hızının porozite oluşumuna etkisi detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Soğuma hızı farkını araştırmak amacıyla farklı kesit kalınlıklarına sahip kokil kalıba dökümler yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan kalıbın kesitleri 10, 15, 20 ve 30 mm; boyu 120 eni 60 olacak şekilde dikey olarak tasarlanmıştır. Sonuç olarak, ötektik altı alaşımlarda soğuma hızının değişimi mikroyapıyı ve mikroyapıya bağlı olarak porozitenin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Oksit ve çözünmüş hidrojen kaynaklı oluşan bifilm ile porozite arasındaki ilişki de tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Döküm, Soğuma Hızı, Porozite, Bifilm, Al-Si alaşımları

## Abstract

The industrial application areas of aluminium alloys have been increased wildly. Therefore, mechanical properties of parts play a significant role. Dissolved hydrogen and oxide formation on the surface of liquid aluminium during casting processes are the most important defects that may affect the mechanical properties. In addition, cooling rate changes the microstructure and thus mechanical properties are changed. Therefore in this work, the effect of cooling rate on porosity formation have been investigated. In order to achieve different cooling rates, a step mould with dimensions 60x120 and heights of 10, 15, 20 and 30 mm was used and castings were made into the permanent mould. The results were analysed by means of cooling rate, microstructure, porosity size and distribution and melt quality.

**Keywords:** Casting, Cooling rate, Porosity, Bifilm, Al-Si alloys

## 1. Giriş

Al-Si döküm alaşımlarının gerek iyi dökülebilirlik özelliği gerekse ağırlık başına yüksek mukavemet oranı sayesinde kullanım alanı oldukça geniştir. Bu özelliklerden dolayı Al-Si alaşımlarının büyük bir bölümü otomotiv endüstrisinde ve havacılık uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu nedenle bu alaşımlarla yapılan dökümlerin kalitesinin ve mekanik özelliklerinin sürekli iyileştirilmesi gerekmektedir [1].

Alüminyum döküm alaşımları ergime ve kalıba dolum esnasında dış ortamdan büyük ölçüde etkilenir. Dış ortamda bulunan Hidrojen gazı ise erimiş alüminyum içerisinde çözünen tek gazdır [2]. Bunun yanında eriyik metalin dökümü esnasında sürüklenen oksit filmler dökümün güvenilirliği açısından olumsuz bir etkiye sahiptir. Sürüklenen bu oksit filmler

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering Selçuk University, 42075, Konya TURKEY. E-mail address: uludag@selcuk.edu.tr, Phone: +903322232027

oldukça karmaşık özelliklere sahiptir [3]. Campbell [4] bu mekanizmayı katlanma/açılma ve sarılma/çözülme olarak açıklar.

Gaz porozitesi alüminyum alaşımlarını etkileyen önemli kusurlardan birisidir. Döküm sırasında oluşan türbülans, yetersiz besleme, gaz çökmesi porozite oluşumuna neden olmaktadır [5]. Oluşan bu porozite döküm ürünlerinin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle bu kusurların minimuma indirilmesi gerekmektedir [2].

Alüminyum alaşımlarının üzerinde eriyik halde iken sürekli oksit film tabakası oluşur. Yüzeyde bulunan oksit film tabakası döküm sırasında oluşabilecek türbülans neticesinde birbiri üzerine katlanarak duble oksit (bifilm) oluştururlar. Bifilmi oluşturan oksit film tabakaları birbirine bağlanmaz dolayısıyla ara yüzey veya diğer bir ifade ile sıvı içerisinde çatlaklar oluştururlar. Oluşan bifilm standart döküm şartlarında kolayca tespit edilemezler. Ancak azaltılmış basınç testi sonucunda yapılan dökümlerde rahatlıkla tespit edilebilir hale gelirler. Tespit edilen bu bifilmle döküm kalitesi yani malzeme içerisindeki porozite miktarı kantitatif olarak belirlenebilmektedir [3, 6].

Bu çalışmada farklı kesit kalınlıklarına sahip basamaklı dikey kokil kalıp kullanılmıştır. Her basamağın farklı kesitlerde olması (10, 15, 20, 30 mm) ile soğuma hızı farkının etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Hesaplanan bifilm indeksleri değerleri ile malzemenin içerisindeki porozite miktarı kantitatif olarak belirlenerek poroziteye etkisi incelenmiştir.

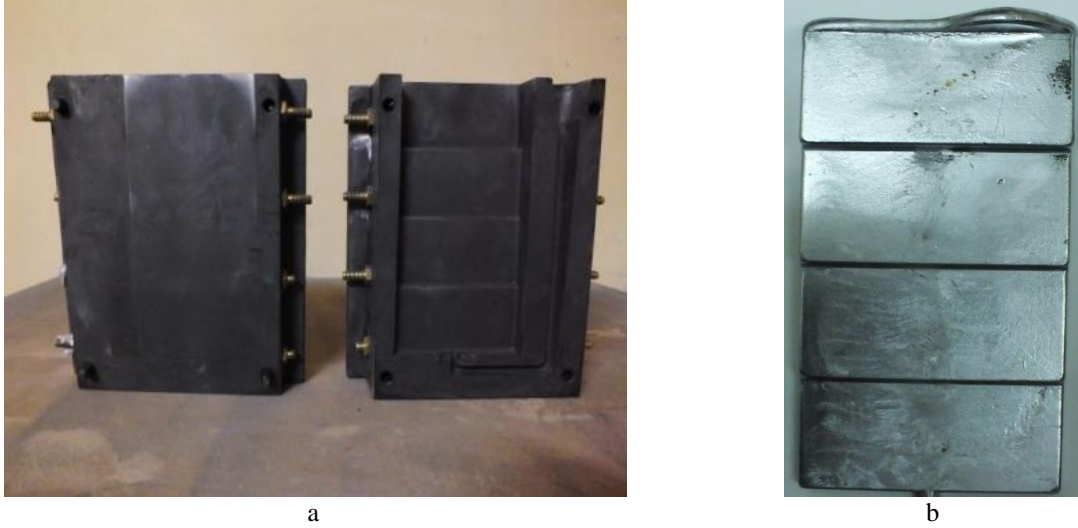
## 2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada kullanılan Al-7Si-0,3Mg alaşımı primer olarak temin edilmiştir. Primer Al-7Si-0,3Mg alaşımının kimyasal bileşim aralığı Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Denejde kullanılan Al-7Si-0,3Mg alaşımının kimyasal bileşim aralığı

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

Ergitme işlemi 23 kg kapasiteli ve yaklaşık 5 kW gücünde elektrik direnç ocağında yapılmıştır. Ergitme işlemiyle eş zamanlı olarak kokil kalıbın sıcaklığı etüv fırında 250 °C’ye çıkarılmıştır. Sıvı metalin sıcaklığı 750°C ‘ye ulaştığında dökümler gerçekleştirilmiştir. Toplam iki döküm yapılmış ve her dökümden iki adet dikey basamak numunesi elde edilmiştir. Gerçekleştirilen dökümlerde kullanılan dikey basamak modeli kokil kalıp ve dökümlerden elde edilen döküm parçası Şekil 1’de verilmiştir.

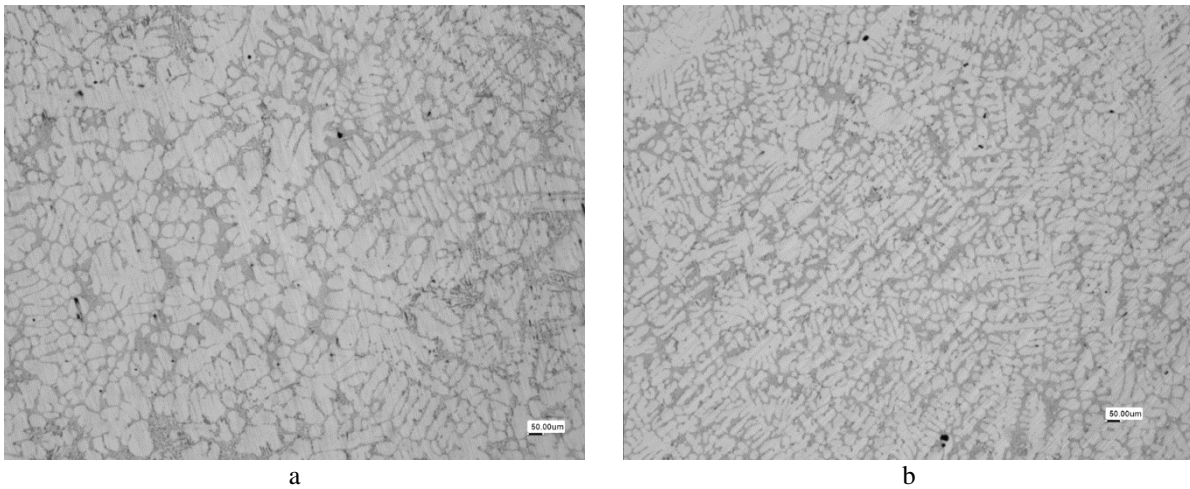


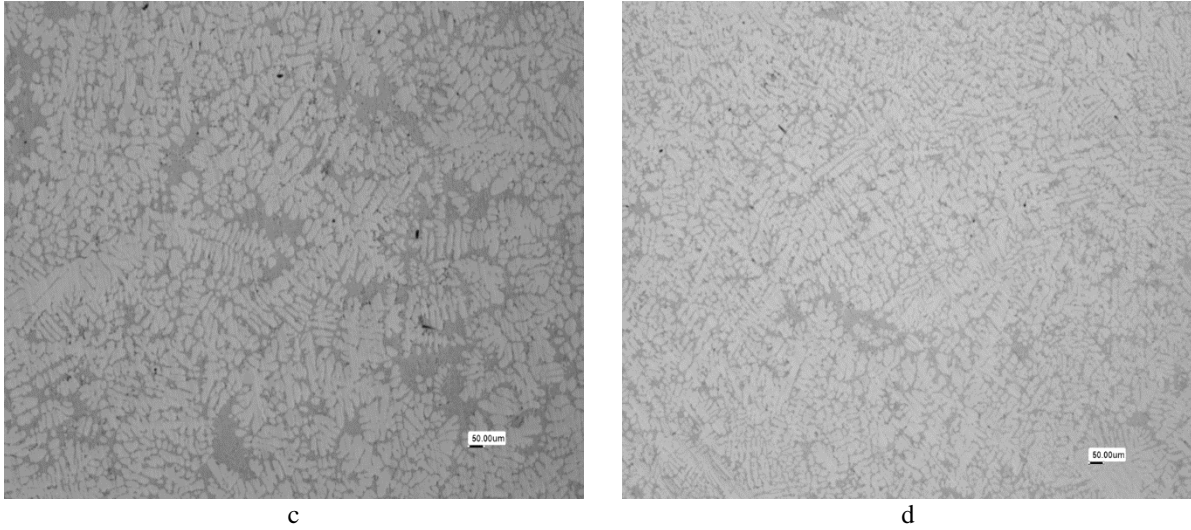
Şekil.1. a) Kokil kalıp, b) Döküm parçası

Döküm parçaların her kesitinden makro ve mikro inceleme yapmak üzere sulu kesme uygulanarak numuneler çıkarılmıştır. Makroyapı incelemesi için alınan numunelerin yüzeyi polisaj makinesinde zımparalanmış ve zımparalanan yüzeyden görüntü analiz programı kullanılarak porozite hesabı yapılmıştır. Mikroyapı incelemesi için alınan numuneler ise yine polisaj makinesinde zımparalanmış takibinde 3 mikron elmas solüsyonu ile parlatılmıştır. Parlatma sonrası numunelerin optik mikroskopta görüntüleri alınmış ve bu görüntülerden SDAS (ikinci dendrit kolları arası mesafe) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca Şekil 1’ de verilen döküm parçasının bütün kesitlerinden Arşimet prensibine göre hacimsel yoğunlukları tespit edilmiştir.

### 3.Bulgular

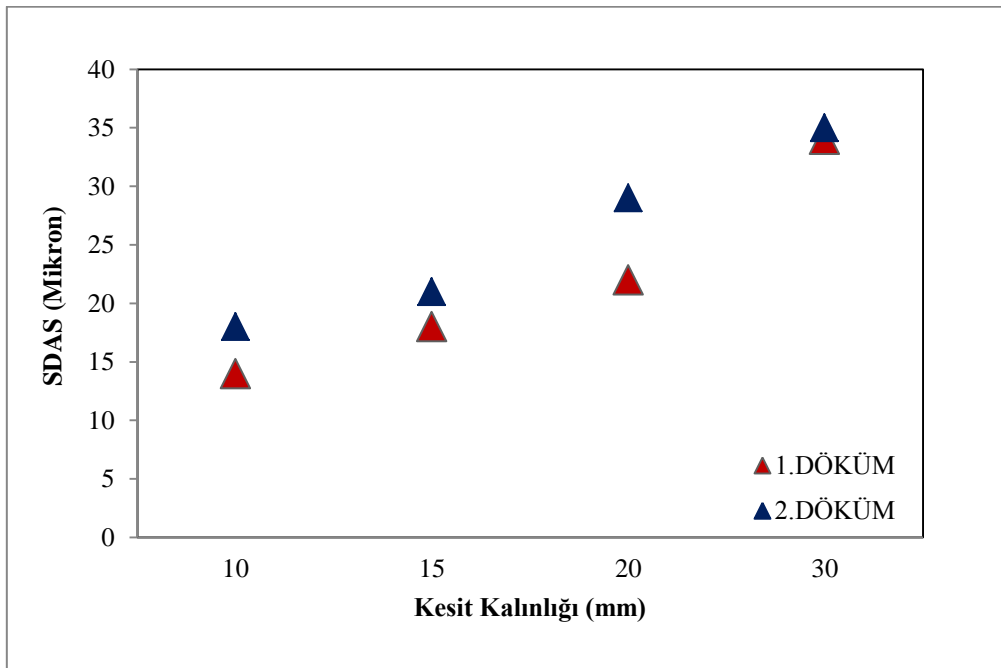
Bu çalışmamızda kesit kalınlıklarına göre elde edilen mikroyapı resimleri temsili olarak Şekil 2’de verilmiştir.



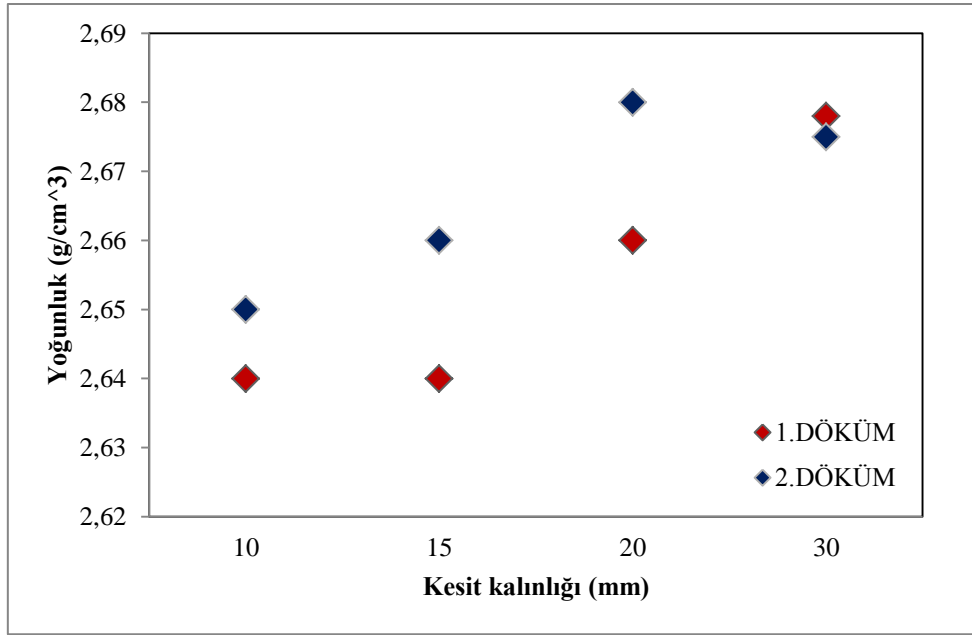


Şekil 2. Deneysel çalışmadan alınan kesit kalınlığına göre temsili mikroyapı görüntüleri.  
a) 30 mm kesit kalınlığı, b) 20 mm kesit kalınlığı, c) 15 mm kesit kalınlığı, d) 10 mm kesit kalınlığı,

Deneysel çalışmada gerçekleştirdiğimiz iki farklı döküme ait kesit kalınlığı - SDAS ilişkisi Şekil 3'de, kesit kalınlığı – hacimsel yoğunluk ilişkisi Şekil 4'de verilmiştir.

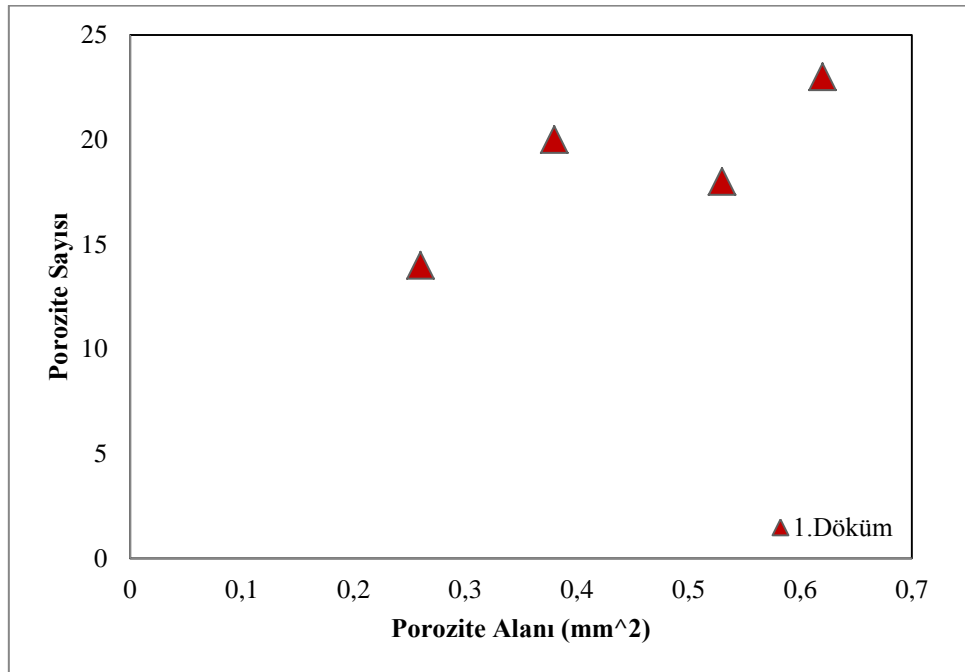


Şekil 3. Kesit kalınlığı ile SDAS karşılaştırması

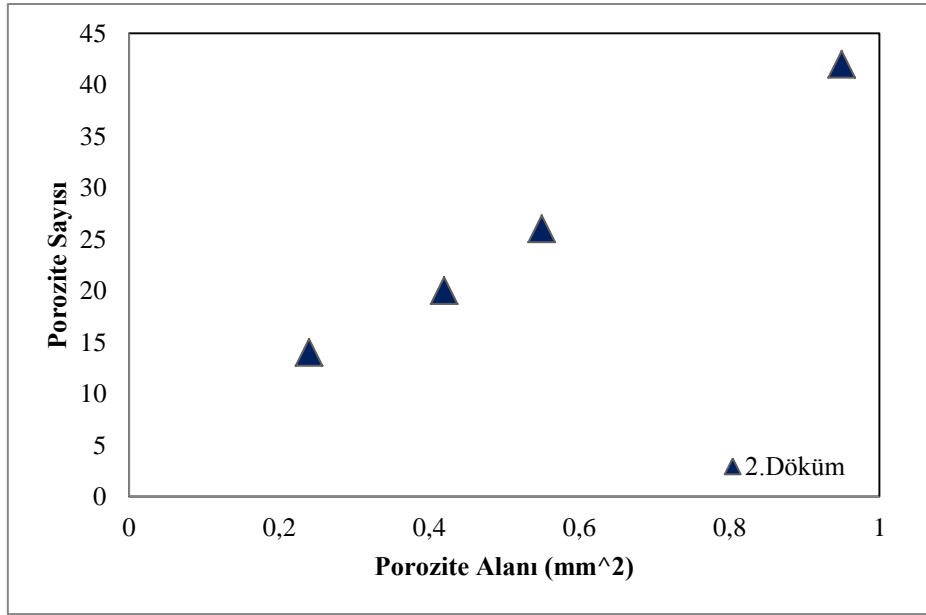


Şekil 4. Kesit kalınlığı ile yoğunluk karşılaştırması

Toplam porozite alanı – porozite sayısı ilişkisi 1.döküm için Şekil 5a'da ve 2.döküm için Şekil 5b'de verilmiştir.



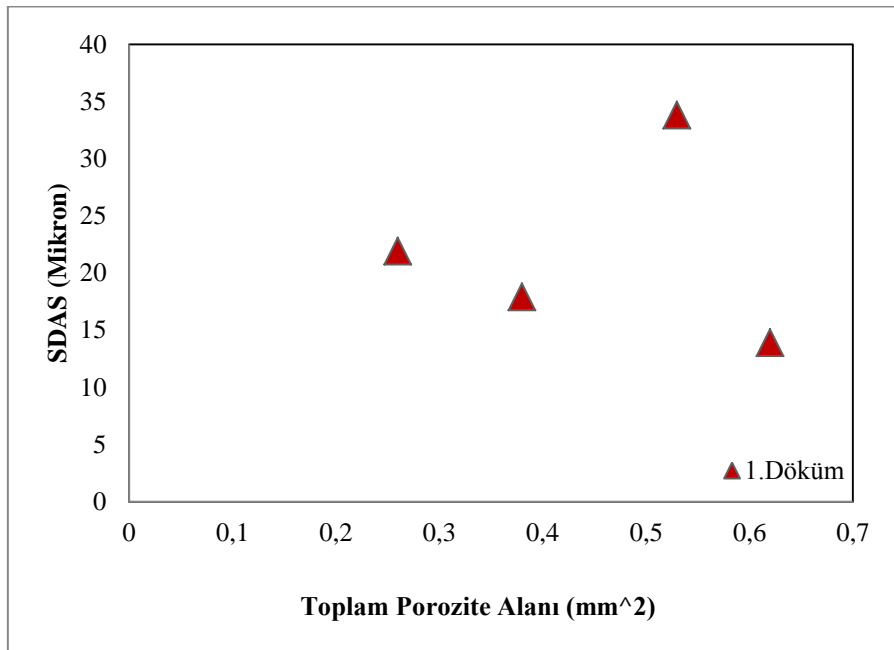
a



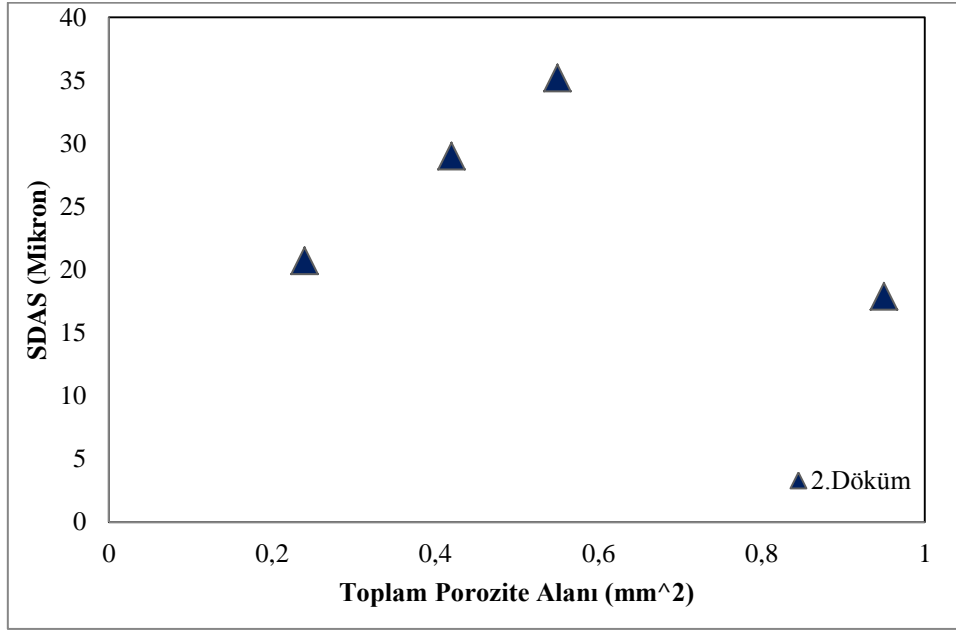
b

Şekil 5. Porozite alanı ile porozite sayısı karşılaştırması. a) 1. döküm, b) 2. döküm

İkinci dendrit kolları arası mesafe ile toplam porozite alanı arası ilişki 1.döküm için Şekil 6a'da ve ikinci döküm için Şekil 6b'de verilmiştir.



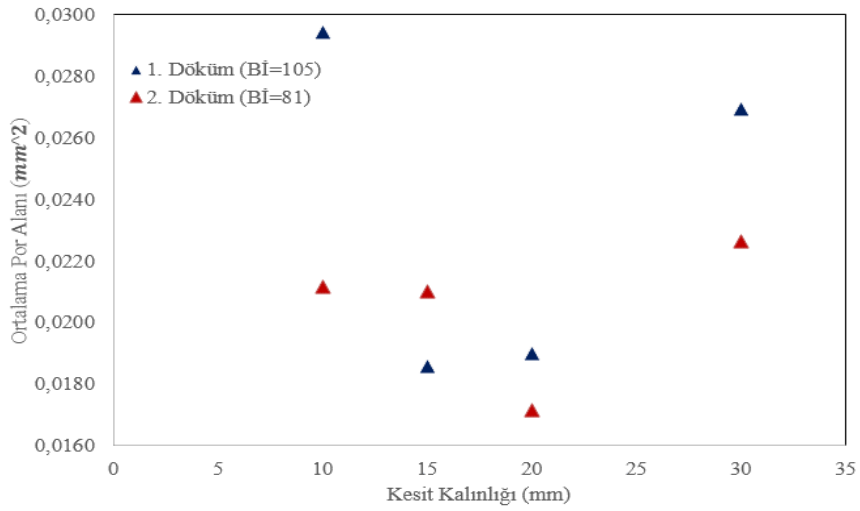
a



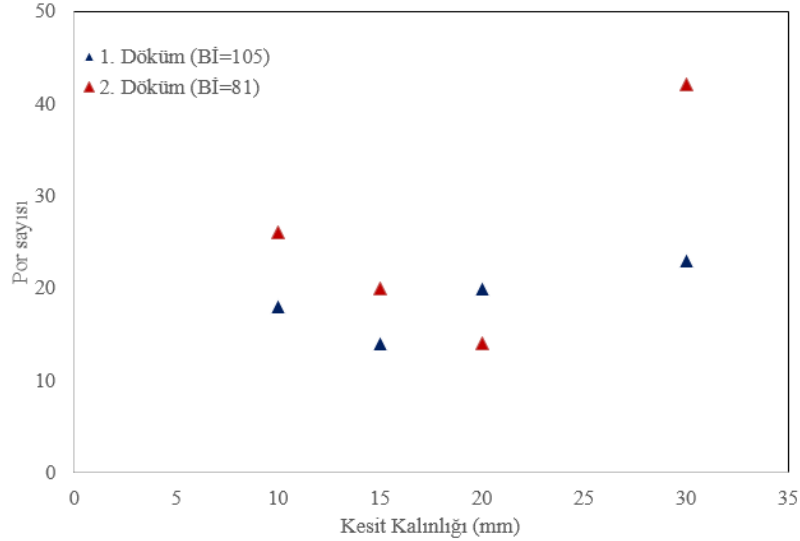
b

Şekil 6. SDAS ile porozite alanının karşılaştırılması

10, 15, 20 ve 30 mm kesit kalınlıklarının ortalama por alanı ilişkisi Şekil 7’de ve por sayısı ile ilişkisi Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 7. Ortalama porozite alanının kesit kalınlığına göre dağılımı



Şekil 8. Por sayısının kesit kalınlığına göre dağılımı

#### 4. Tartışma

Ötektik altı Al-Si alaşımlarında katılaşma esnasında oluşan dendritik + ötektik morfolojisinin soğuma hızıyla değiştiği bilinmektedir. Şekil 2'den görsel olarak Şekil 3'den de kantitatif olarak görüleceği üzere bu çalışmada yapılan her iki döküm için de dendrit kolları arası mesafenin kesit kalınlığı azaldıkça yani soğuma hızı arttıkça küçüldüğünü söyleyebiliriz. Görsel inceleme sonucunda soğuma hızının artmasıyla porozite boyutlarının küçüldüğü ve dendrit kolları arasında oluşan ötektik yapının daha süreksiz olduğu söylenebilir. Şekil 4'de görüldüğü gibi kesit kalınlığının azalmasıyla yoğunluğun düştüğü dolayısıyla hızlı soğumalarda daha fazla porozite oluştuğu bulunmuştur. Yapılan her iki dökümde de porozite alanı arttıkça porozite sayısı artmaktadır. İkinci yapılan dökümde bu artışın lineere daha yakın olduğu görülmüştür. Aynı lineerliğin kesit kalınlığı ile ortalama por alanı ve por sayısı ile yakalanamamıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından (Proje No:13401012) desteklenmiştir. Çalışmamıza yapmış olduğu desteklerinden dolayı ALTUN DÖKÜM SANAYİ A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

#### Referanslar

1. Casari, D., M. Merlin, and G.L. Garagnani, *A comparative study on the effects of three commercial Ti-B-based grain refiners on the impact properties of A356 cast aluminium alloy*. Journal of Materials Science, 2013. **48**(12): p. 4365-4377.
2. Haghayeghi, R., H. Bahai, and P. Kapranos, *Effect of ultrasonic argon degassing on dissolved hydrogen in aluminium alloy*. Materials Letters, 2012. **82**(0): p. 230-232.
3. Dispinar, D., et al., *Degassing, hydrogen and porosity phenomena in A356*. Materials Science & Engineering A. **527**: p. 3719-3725.



4. Campbell, J., *An overview of the effects of bifilms on the structure and properties of cast alloys*. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2006. **37**(6): p. 857-863.
5. Campbell, J., *Castings : [the new metallurgy of cast metals]*. 2003, Butterworth Heinemann.
6. Dispinar, D. and J. Campbell, *Porosity, hydrogen and bifilm content in Al alloy castings*. Materials Science and Engineering: A, 2011. **528**(10–11): p. 3860-3865.