



## ETİAL 195 ALAŞIMINDA Sr MODİFİKASYONU VE TUTMA SÜRESİNİN Si MORFOLOJİSİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

### THE EFFECT OF Sr MODIFICATION AND HOLDING TIME ON Si MORPHOLOGY AND MECHANICAL PROPERTIES OF ETİAL 195 ALLOY

Muhammet ULUDAĞ<sup>1\*</sup>, Lokman GEMİ<sup>2</sup>, Muhammed Raşit ERYILMAZ<sup>1</sup>, Derya DIŞPINAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.  
uludag@selcuk.edu.tr, rasit.eryilmaz@gmail.com

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye.  
lgemi@selcuk.edu.tr

<sup>3</sup>Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.  
deryad@istanbul.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 16.12.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 20.01.2015

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2015.59932

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

#### Öz

Ötektik üstü Si içeren Al-Si alaşımları tipik olarak aşınmaya karşı direnç arzu edilen parçalarda uygulama alanı bulmaktadır. Aşınma direncini arttıran en temel parametre, Si morfolojisidir. Ötektik üstü alaşımlarda, Si yapısı döküm sıcaklığından etkin bir şekilde etkilenmektedir. Ancak, döküm sırasında oluşabilecek bifilm hataları Si için potansiyel heterojen çekirdek kaynağı olabilmektedirler. Bu doğrultuda bu çalışmada, 800 °C ergitme sıcaklığın farklı bekleme süreleri sonrasında dökümler yapılarak, sıvı metal içerisinde var olabilecek bifilmelerin Si morfolojisi üzerine etkisi incelenmiştir. Bifilm miktarı, sıvı metalden alınan vakum altında katılaşma testi sonrasında elde edilen numunelerin kesit alanındaki görüntü analizi ile tespit edilmiştir. Üretilen numunelerin mikroyapıları üzerinde de görüntü analizi yapılarak Si morfolojisindeki değişim incelenmiştir. Aynı zamanda her parametre için çekme testi yapılarak Si morfolojisi ile mekanik özellikler arası ilişki ortaya çıkarılmıştır

**Anahtar kelimeler:** ETİAL 195, Sr modifikasyonu, Si morfolojisi, Mekanik özellikler, Tutma süresi

#### Abstract

Hypereutectic Al-Si alloys are typically used in applications where wear resistance is required. The primary factor that determines the wear properties is the morphology of Si in these types of alloys. Pouring temperature is one of the ways to control Si size and shape. On the other hand, bifilm defects that may be present in the liquid can significantly alter the morphology of Si acting as a heterogeneous nucleant. Therefore in this work, castings were made at 800 °C with varying holding time and the effects of bifilm on the Si morphology was studied. Bifilm content was measured by Reduced Pressure Test and image analysis was used to characterize Si morphology. In addition, tensile tests were carried out to correlate Si morphology with mechanical properties.

**Keywords:** ETİAL 195, Sr modification, Si morphology, Mechanical properties, Holding time

## 1 Giriş

Ötektiküstü Al-Si alaşımları genelde yüksek aşınma direnci gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu alaşımların aşınma özelliği yanında iyi korozyon dayanımı özelliği de mevcuttur [1],[2]. Bu alaşımların mikroyapısı primer Si çekirdeklenmesiyle başlar ve ötektik ( $\alpha$ -Alüminyum dendrit + sekonder Si) faz oluşumu ile devam eder. Primer Silislerin boyut, şekil ve dağılımları mekanik özellikler üzerinde önemli rol oynar [3]. Ötektiküstü Al-Si alaşımlarında primer Silisler genelde kaba beşgen şekilli olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu geometrinin aşınma dayanımı üzerindeki büyük avantajından dolayı ötektik üstü alaşımlar piston ve benzeri uygulamalarda da kullanılmaktadırlar [4]. Ancak primer Silisler sayesinde yüksek aşınma direnci sağlanmasına rağmen süneklilik önemli derecede düşmektedir [5]. Bu yüzden Si modifikasyonu üzerine literatürde pek çok çalışma yapılmıştır [6]. Primer silisler, alaşım elementi ilave etme, ısıl işlem, ultrasonik titreşim ve soğuma hızı metotları ile modifiye edilebilirler [5]-[8]. Primer silis modifikasyonu aynı zamanda kalan ötektiğin de modifiye olmasını sağlamaktadır. Yanıcı ve çevre kirlenici etkilerinden dolayı P modifiye edici olarak pek tercih edilmemekte [5],[7] bunun yerine, son yıllarda primer silis modifiyesinde Sr kullanılmaktadır [9]. Ötektik üstü Al-Si

alaşımlarında ince, düzgün geometride ve homojen dağılmış primer ve ötektik Si fazları aşınma özelliklerinin yanında mekanik özellikleri de iyileştirebilmektedir. İnce ve homojen dağılmış Si fazlarıyla fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileştirilebilmesi için primer ve ötektik silisler inceltirilip modifiye edilmelidir [10].

Bu çalışmada ötektik üstü ETİAL 195 alaşımında sıvı halde bekleme süresinin ve Sr modifiyesinin Si morfolojisindeki etkisi incelenmiş ve buna bağlı mekanik özelliklerdeki değişimler araştırılmıştır. Bu çalışma 15. Uluslararası Malzeme Sempozyumunda sunulmuştur [11].

## 2 Materyal ve Metod

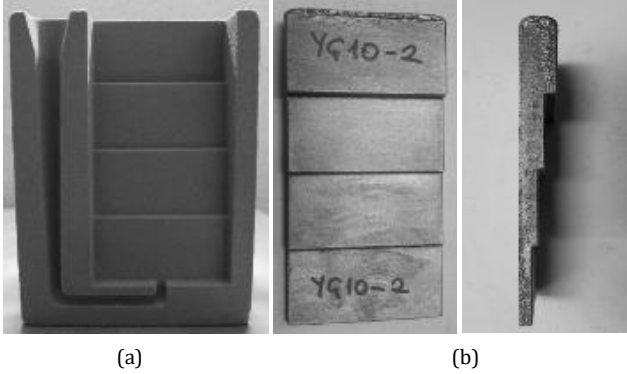
Deneyisel çalışmamızda primer olarak temin edilen ETİAL 195 (Al-17Si) külçeleri ergitilmiştir. Dökümlerde kullanılan ETİAL 195 alaşımın kimyasal bileşim aralığı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: ETİAL 195 alaşımının kimyasal bileşim aralığı.

Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Ti	Al
17.0-19.0	0.60	0.80	0.80	0.20	0.10	Kalan

Döküm sıcaklığı olarak 800 °C seçilmiş ve üç farklı bekleme süresinde 0 (ergidikten sonra hemen döküm), 1 ve 2 saat

alaşım sıvı halde bekletildikten sonra dökümler gerçekleştirilmiştir. Bu bekleme süresi parametrelerine ek olarak yine aynı sıcaklıkta ergime sonrası Sr ilave edilmiş ve modifiyeli dökük gerçekleştirilmiştir. Dökümler üç farklı kesit kalınlığına (10, 15 ve 20 mm) sahip basamak tipli dikey kum kalıplara yapılmıştır. Farklı kesit kalınlıkları kullanılmasındaki amaç farklı soğuma hızlarındaki Si morfolojisinin değişimini incelemektir. Deneysel çalışmada kullanılan kum kalıp ve kalıptan elde ettiğimiz döküm parçası örneği Şekil 1'de verilmiştir

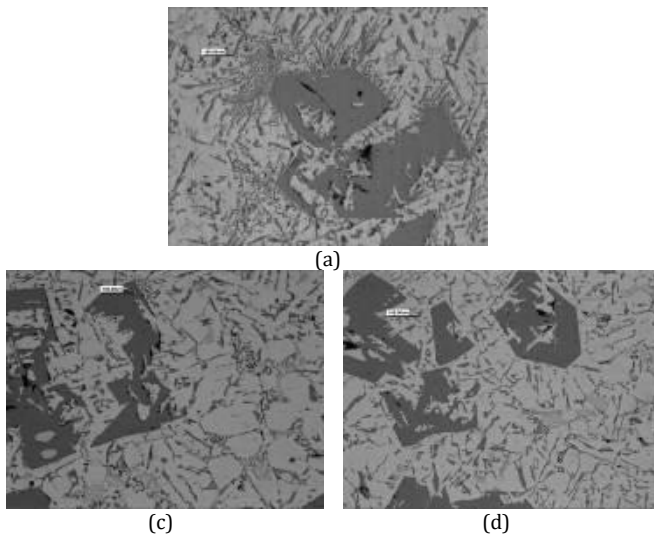


Şekil 1: Deneysel çalışmada kullanılan; (a) kum kalıp ve (b) dökümden elde edilen parça resimleri

Döküm parçalarının üç farklı kesitinden de hem mikroyapı inceleme hem de mekanik test numuneleri elde edilmiştir. Mikroyapı numunelerinin optik mikroskopta görüntüleri alındıktan sonra Clemex marka görüntü analiz programı yardımıyla Si morfolojisi incelenmiştir. Si morfolojisinden elde edilen verilerle mekanik test sonuçları ilişkilendirilmiştir.

### 3 Bulgular ve Tartışma

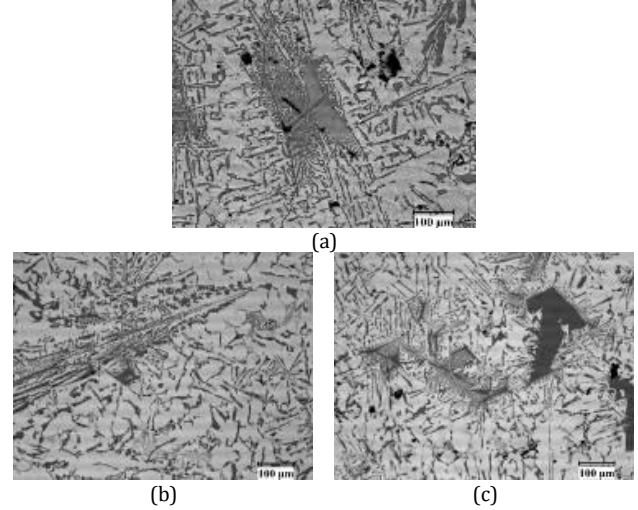
Farklı kesit kalınlıklarına sahip kum kalıplara yapılan dökümlerden elde edilen mikroyapı görüntüleri ergime sonrası (0 dk. bekleme) döküm için Şekil 2'de, 60 dk. bekleme için Şekil 3'te, 120 dk. bekleme için Şekil 4'te ve ergime sonrası + Sr ilaveli için de Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 2: Ergime sonrası hemen dökülen (0 dk. bekleme) döküm parçasına ait kesitlerin mikroyapıları. (a) 20 mm kesit, (b) 15 mm kesit, (c) 10 mm kesit.

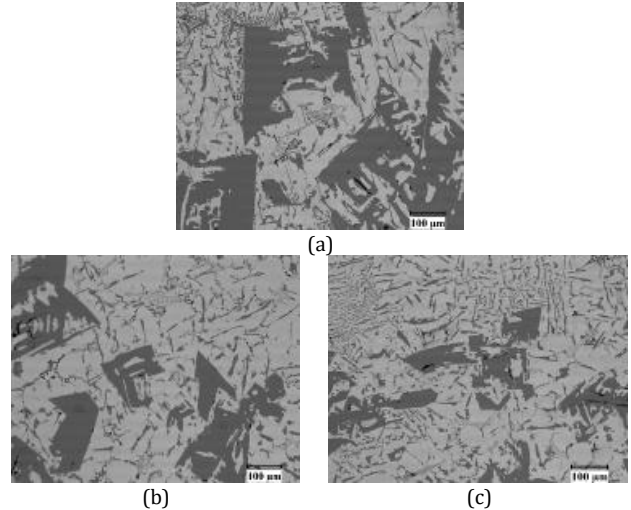
Ergime sonrası yapılan dökümden alınan mikroyapılar kesit

farkına göre incelendiğinde (Şekil 2) kesit kalınlığı azaldıkça primer silislerin küçüldüğü ve sayıca arttığı göze çarpmaktadır. Bunu yanında en ince kesitte primer silislerin daha düzgün bir geometride olduğu söylenebilir. Soğuma hızı arttıkça daha ince taneli yapı oluşmakla beraber ötektik silislerin küçülme ve sayıca artma eğiliminde olduğu gözlenmiştir.



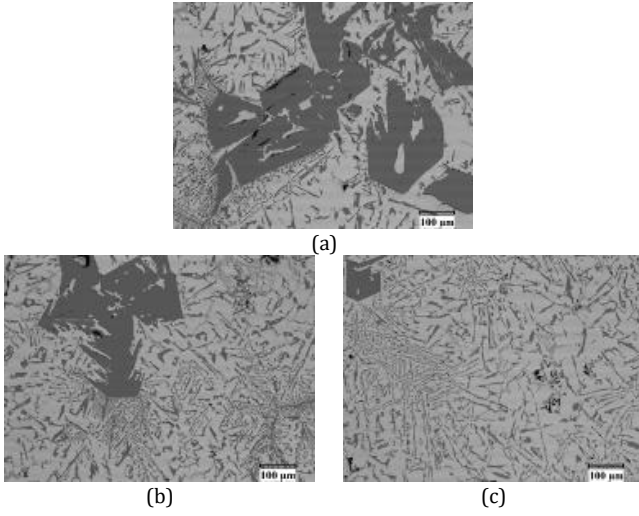
Şekil 3: Ergime sonrası 60 dk. bekleme sonrası dökülen döküm parçasına ait kesitlerin mikroyapıları. (a) 20 mm kesit, (b) 15 mm kesit, (c) 10 mm kesit

Sıvı halde 60 dk. bekleme süresinde oluşan mikroyapılar kesit kalınlığına göre ergitme sonrası elde edilen mikroyapılarla benzer özellik göstermekle beraber özellikle primer silislerde bekleme süresinin küçülme eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4: Ergime sonrası 120 dk. bekleme sonrası dökülen döküm parçasına ait kesitlerin mikroyapıları. (a) 20 mm kesit, (b) 15 mm kesit, (c) 10 mm kesit.

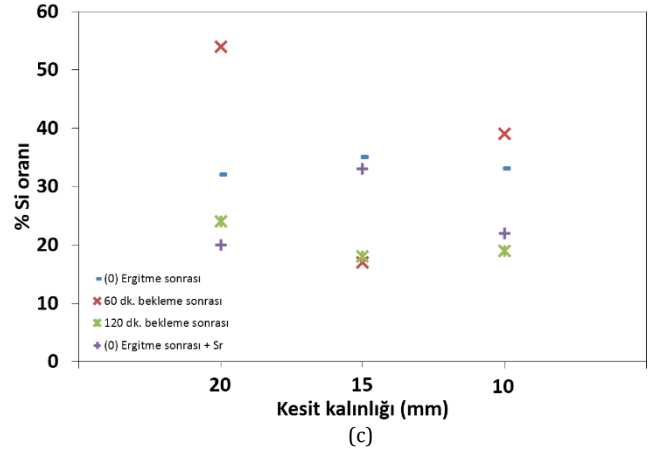
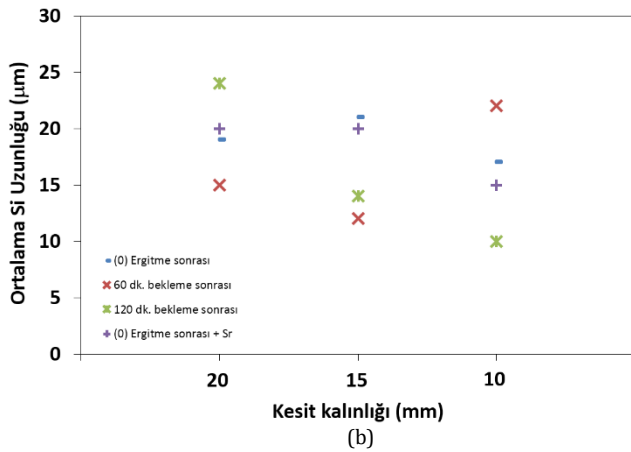
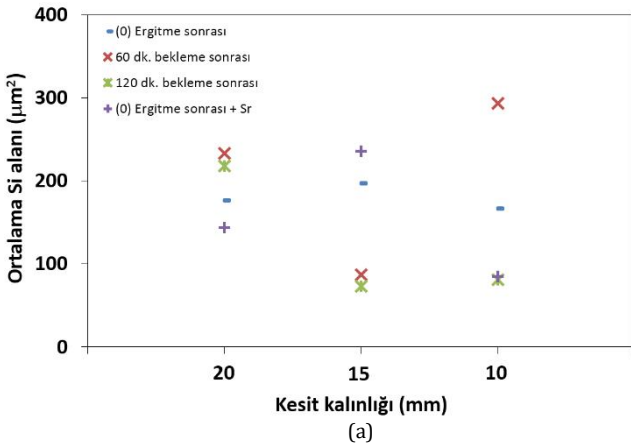
Deneysel çalışmamızın sıvı halde en uzun tutma süresi olan 120 dk. bekleme dökümlerinin mikroyapısında primer silisler daha karmaşık ve büyük geometride oluşmuştur. Kesit kalınlığına göre karşılaştırıldığında diğer bekleme sürelerinde de görüldüğü gibi soğuma hızı arttıkça hem primer silislerin küçüldüğü hem de daha ince taneli yapıların oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 5: Ergime sonrası hemen (0 dk. bekleme) ve Sr ilaveli dökülen döküm parçasına ait kesitlerin mikroyapıları.  
(a) 20 mm kesit, (b) 15 mm kesit, (c) 10 mm kesit.

Stronsiyum modifiyeli bekletilmesiz dökümde ilavesiz dökümlere nazaran ötektik silislerin daha homojen ve ince yapıda oluştuğu gözlenmiştir. Soğuma hızı dikkate alındığında ötektik silislerle beraber tane yapısının da küçüldüğü görülmüştür.

Bütün döküm parametrelerine ait kesit kalınlığı ile Si morfolojisi değişim grafikleri Şekil 6'da verilmiştir.

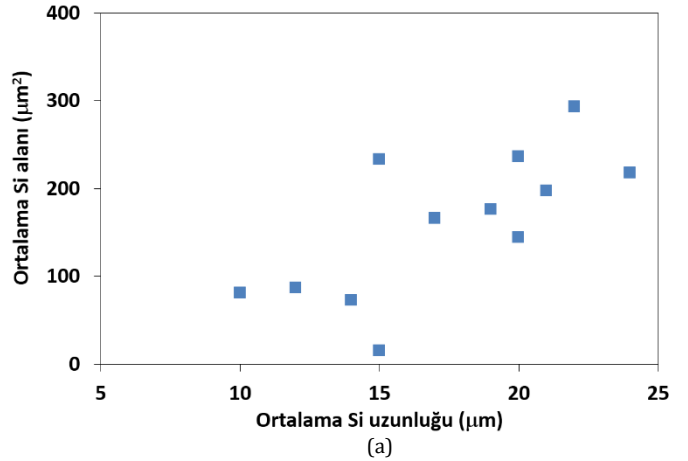


Şekil 6: Dört farklı bekleme süresine ait kesit kalınlığı ile; (a) ortalama Si alanı, (b) ortalama Si uzunluğu ve (c) % Si oranı ilişkisi.

Şekil 6'da verilen kesit kalınlığı ile ortalama Si alanı, ortalama Si uzunluğu ve % Si oranı ilişkisine ait grafikler incelendiğinde 120 dk. bekleme parametresi hariç diğer dökümlerde kesit kalınlığı ile yani soğuma hızı farkı ile Si morfolojisi arasında lineer bir ilişki bulunamamıştır. Fakat 120 dk. bekleme dökümünde soğuma hızı arttıkça Si morfolojisinde azalma gözlenmiştir.

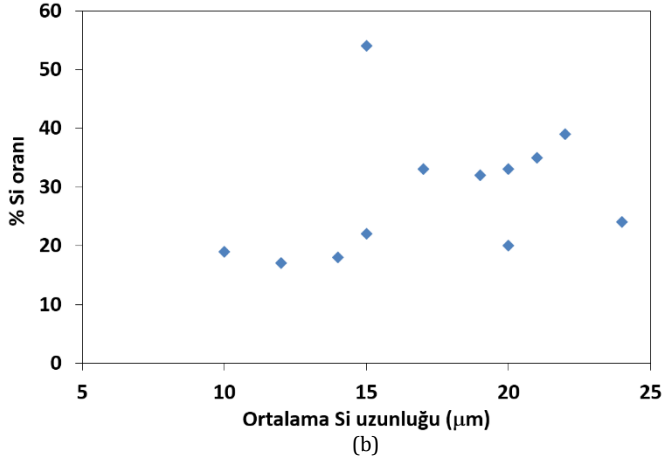
Ortalama Si uzunluğuna ile ortalama Si alanı ve % Si oranı grafikleri (Şekil 7) incelendiğinde, ortalama Si uzunluğu ile % Si oranı arasında lineere çok yakın bir ilişki görülürken bu ortalama Si uzunluğu ile ortalama Si alanı arasında görülmemiştir. Bunun muhtemel sebebi de farklı Si uzunluklarında çok farklı Si geometrilerinin oluşmasıdır. Yani dökümlerde oluşan primer silisler düzgün geometriye sahip olmayan şekil faktörü düşük yapılar sergilemişlerdir.

Çekme test sonuçlarına ait şekil 8'de verilen grafiklerde en optimum değerler 20 mm kesit kalınlığına sahip basamaklardan alınan numunelerde gözlenmiştir. Yavaş soğuma gösteren 20 mm kesitte primer silislerin kaba ve az oranda oluşmasının mekanik özellikleri iyileştirdiği düşünülmektedir. Diğer ince kesitlerde daha küçük yapıda fakat çok daha fazla sayıda oluşan primer silislerin çentik etkisi oluşturarak mukavemet ve % uzama değerlerinin iyileşmesine engel olduğu anlaşılmaktadır.

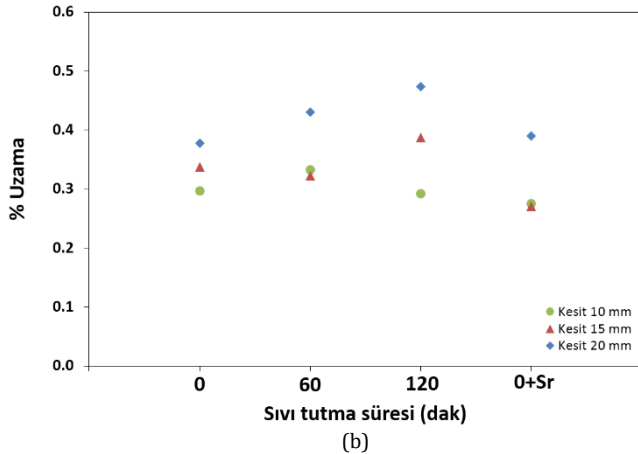
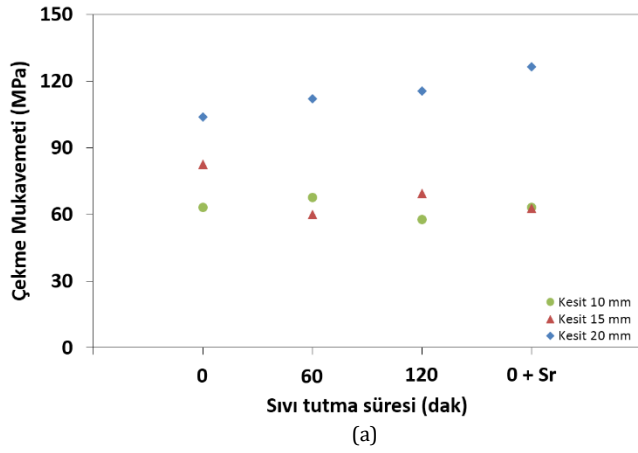


#### 4 Kaynaklar

- [1] Matsuura K, Kudoh M, Kinoshita H, Takahashi H. "Precipitation of Si Particles in a Super-Rapidly Solidified Al-Si Hypereutectic Alloy". *Materials Chemistry and Physics*, 81(2-3), 393-395, 2003.
- [2] Xu CL, Jiang QC. "Morphologies of Primary Silicon in Hypereutectic Al-Si Alloys With Melt Overheating Temperature and Cooling Rate". *Materials Science and Engineering: A*, 437(2), 451-455, 2006.
- [3] Li Q, Xia T, Lan Y, Zhao W, Fan L, Li P. "Effect of Rare Earth Cerium Addition on the Microstructure and Tensile Properties of Hypereutectic Al-20%Si Alloy". *Journal of Alloys and Compounds*, 562(1), 25-32, 2013.
- [4] Chien CW, Lee SL, Lin JC, Jahn MT. "Effects of Si<sub>p</sub> Size and Volume Fraction on Properties of Al/Si<sub>p</sub> Composites". *Materials Letters*, 52(4-5), 334-341, 2002.
- [5] Shi WX, Gao B, Tu GF, Li SW. "Effect of Nd on Microstructure and Wear Resistance of Hypereutectic Al-20%Si Alloy". *Journal of Alloys and Compounds*, 508(2), 480-485, 2010.
- [6] Zhao LZ, Zhao M, Song LJ, Mazumder J. "Ultra-Fine Al-Si Hypereutectic Alloy Fabricated by Direct Metal Deposition". *Materials & Design*, 56(1), 542-548, 2014.
- [7] Hu X, Jiang F, Ai F, Yan H. "Effects of Rare Earth Er Additions on Microstructure Development and Mechanical Properties of Die-Cast ADC12 Aluminum Alloy". *Journal of Alloys and Compounds*, 538(1), 21-27, 2012.
- [8] Ward PJ, Atkinson HV, Anderson PRG, Elias LG, Garcia B, Kahlen L, Rodriguez-ibabe JM. "Semi-Solid Processing of Novel MMCs Based On Hypereutectic Aluminium-Silicon Alloys". *Acta Materialia*, 44(5), 1717-1727, 1996.
- [9] Kang HS, Yoon WY, Kim KH, Kim MH, Yoon YP. "Microstructure Selections in the Undercooled Hypereutectic Al-Si Alloys". *Materials Science and Engineering: A*, 404(1-2), 117-123, 2005.
- [10] Li Q, Xia T, Lan Y, Li P, Fan L. "Effects of Rare Earth Er Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Hypereutectic Al-20% Si Alloy". *Materials Science and Engineering: A*, 588(1), 97-102, 2013.
- [11] Uludağ M, Gemi L, Eryılmaz MR, Dışpınar D. "Etial 195 Alaşımında Sr Modifikasyonu ve Tutma Süresinin Si Morfolojisi Ve Mekanik Özelliklere Etkisi". *15<sup>th</sup> International Materials Symposium*, Denizli, Turkey, 15-17 October 2014.



Şekil 7: Ortalama Si uzunluğu ile; (a) ortalama Si alanı ve (b) % Si oranı ilişkisi.



Şekil 8: Sıvı tutma süresi ile; (a) çekme mukavemet ve (b) % uzama ilişkisi.