

LM28 Alaşımının Farklı Döküm Sıcaklığının Si Morfolojisine Etkisi

¹Muhammet ULUDAĞ, ²Lokman GEMİ ve ³Derya DIŞPINAR

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Konya, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Konya, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, LM28 alaşımında farklı sıcaklıklarda değişen silisyum morfolojisindeki değişimler araştırılmıştır. Silisyum morfolojisini inceleme amaçlı farklı kesit kalınlıklarına sahip basamak tipli dikey kum kalıplara dökümler yapılmıştır. Her dökümün farklı kesitinden mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Dökümler iki farklı parametre olarak 725 °C ve 800 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın döküm kalitesine etkisini incelemek amacıyla her dökümden RPT (Reduced Pressure Test) numuneleri alınmıştır. Sonuç olarak, farklı döküm sıcaklıklarının döküm kalitesine etkisi bifilm indeksi çıkarılarak araştırılmıştır. Mikroyapının döküm sıcaklığına bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döküm, Döküm sıcaklığı, Si morfolojisi, Bifilm, LM28

Abstract

In this work, LM28 alloy was used to investigate the change in the Si morphology by casting at different temperatures. In addition, step mould design was used where various section thicknesses were produced by sand mould to see the effect of cooling rate. Microstructural investigation was carried out on each of the sections. Two melt temperatures were selected: 725 °C and 800 °C. To check the effect of melt quality on the Si morphology, reduced pressure test (RPT) samples were collected and bifilm index was measured from every castings. As a result, morphological changes of Si was characterised by means of pouring temperature and melt cleanliness.

Keywords: Casting, Casting temperature, Morphology of Si, Bifilm, LM28

1. Giriş

Ötektik üstü Al-Si alaşımları havacılık, otomotiv ve askeri uygulamalarda özellikle aşınmaya karşı direncin arandığı uygulamalarda oldukça tercih edilen malzemelerdir. Bu alanlarda tercih edilmelerini sağlayan sahip oldukları düşük ısıl genleşme katsayısı, düşük yoğunluk ve iyi döküm kabiliyeti gibi özellikleridir [1, 2]. Örneğin, Lasa [3], kompozit fren diskleri ile ötektik üstü Al-Si alaşımlarının aşınma özelliklerini kıyaslamıştır ve primer Si kristallerinin boyutlarının artması ile aşınma direncinin arttığını göstermiştir. Bu alaşımlar, yüksek korozyon direnci gösterdikleri için aynı zamanda denizcilik sektöründe de çeşitli uygulama alanı bulmaktadırlar.

Genel olarak, ötektik üstü Al-Si alaşımlarının mikro yapıları birincil silisyum partikülleri ile α -Al ve Si'un ötektik yapısından oluşmaktadır [4]. Bu alaşımların endüstriyel uygulamalarını artırma amaçlı hızlı soğutma, çeşitli alaşım elementleri ekleme ve aşırı ısıtma işlemi gibi metodlar

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

birincil silisleri inceltmek için kullanılmıştır [2].

Chang [5] V şeklindeki dikey bir kalıpta, nadir toprak elementleri ilavesi ile Si morfolojisindeki değişimleri incelemiştir ve mikroyapısal değişimin, soğuma hızına bağlı olarak, özellikle de ötektik sıcaklığındaki düşme ile ilişki olduğunu göstermiştir. Chen [6] de benzer şekilde nadir toprak elementi ilavesi yansira fosforun da etkisini incelemiştir ve artan P miktarı ile birlikte nadir toprak elementlerin modifikasyon etkisinin arttığını göstermiştir.

Bazı araştırmacılar ise [7-9] sıvı metali elektromanyetik olarak karıştırarak, primer Si morfolojisindeki değişimleri incelemiştirlerdir. Karıştırma etkisi arttıkça, kavitasyon artması sonucu, katılma sırasında primer silislerin neredeyse tamamının ince ve homojen olarak dağılması ve ötektiğe yakın bir kompozisyon elde edildiğini öne sürmüşlerdir.

Matsuura [1], 20 nm boyutundaki Si kristallerini kompozit üretir gibi Al-Si alaşımına dışarıdan ilave etmiştir ve aşırı hızlı soğuma ile katılma sonrasında ince lifli Si dağılımı sağlayarak, sertlik değerinde önemli artışlar elde etmiştir.

Xu [10] yaptığı çalışmada, aşırı ısıtma ve soğuma hızına bağlı olarak Si morfolojisindeki değişimleri araştırmıştır. Artan soğuma hızı ile birlikte, primer Si boyutlarının etkili olmasa da az oranlarda düşüş gösterdiğini bulmuştur. Ancak sonuç olarak, soğuma hızı ile Si rafinasyonu arasında bir ilişki olmadığını önermiştir.

Bu doğrultuda, bu çalışmada, yüksek Si içeren LM28 alaşımının farklı kesit kalınlıklarına sahip kum kalıplara dökümleri gerçekleştirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda (725⁰C ve 800⁰C) farklı soğuma hızlarında Si morfolojisinin değişimi araştırılmıştır. Döküm kalitesi ile Si morfolojisi arası ilişki çıkarılmıştır.

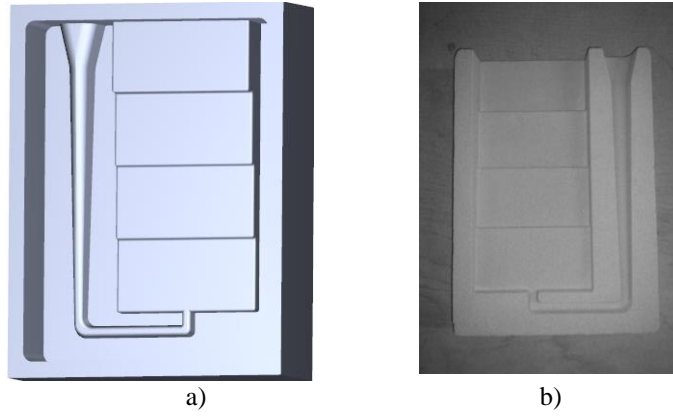
2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada kullanılan LM28 alaşımının kimyasal bileşim aralığı Tablo 1. de verilmiştir. Deneysel dökümlerinin ergitme işlemleri elektrikli direnç ocağında SiC potada yapılmıştır.

Tablo 1. Deneyde kullanılan LM28 alaşımının kimyasal bileşim aralığı

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
17,00-19,00	0,60	0,8-1,50	0,20	0,8-1,30	0,20	0,10	Kalan

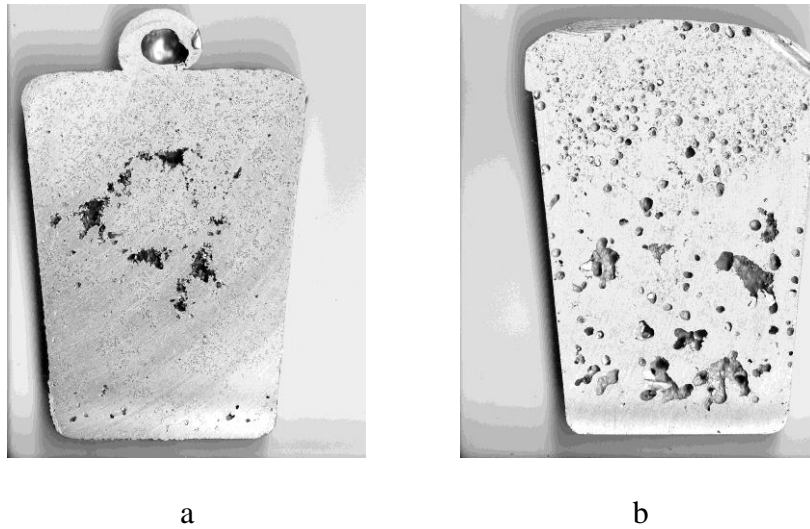
Bu çalışmada farklı kalınlıklara sahip basamak kalıp modelinden yapılmış kum kalıplar kullanılmıştır. Basamaklar 10, 15 ve 20 mm kalınlıklarında 120 mm uzunluğunda tasarlanmıştır. Dikey döküm yönteminin kullanıldığı basamak kalıbın en üstünde bulunan 30 mm kalınlığındaki en büyük basamağın besleyici görevi görmesi amaçlanmıştır. Bu basamak da incelemeye tabi tutulmuştur. Çalışmamızda kullanılan basamak kalıp modeli ve kalıp görüntüsü Şekil 1. de verilmiştir.



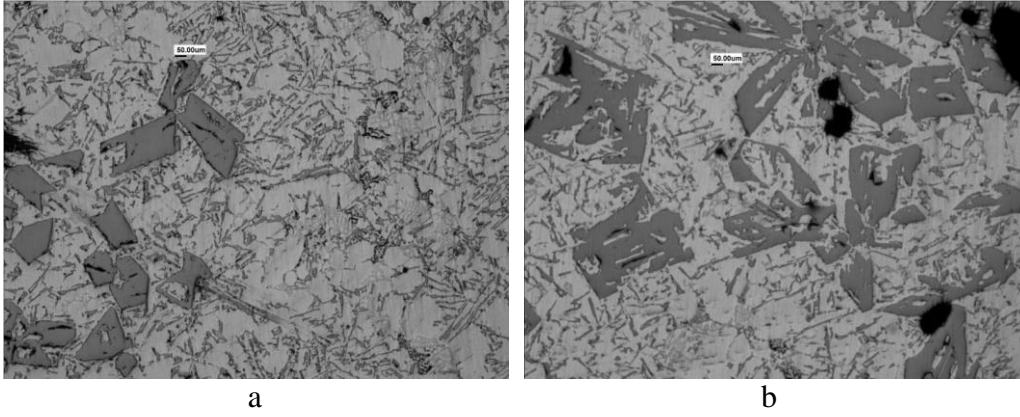
Şekil 1. a) Dökümlerde kullanılan kalıp modeli b) Kalıp resmi

Dökümler 725°C ve 800°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Döküm kalitesini (bifilm indeksi) belirlemek amacıyla sıvı metalden numuneler alınmış ve 0,8 bar vakum altında katılaştırılmıştır. Elde edilen numunelerin makro inceleme için hazırlandıktan sonra görüntüleri alınmıştır. Görüntü analiz programı yardımıyla bifilm indeksleri çıkarılmıştır.

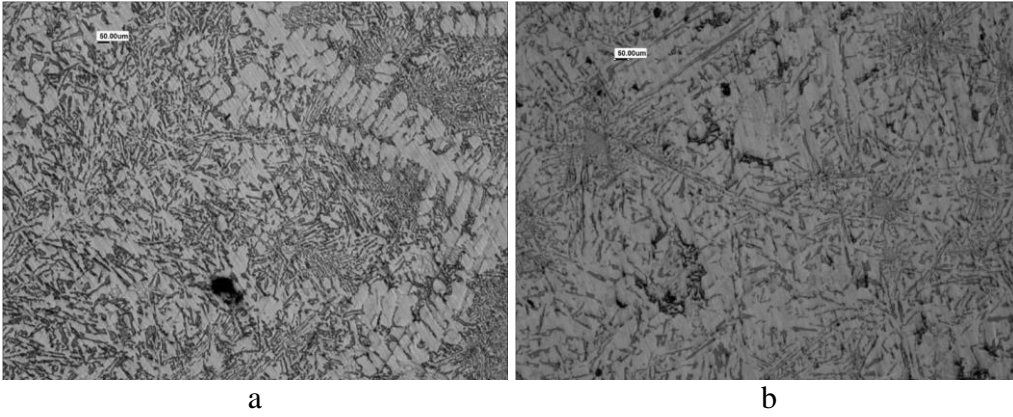
3. Bulgular



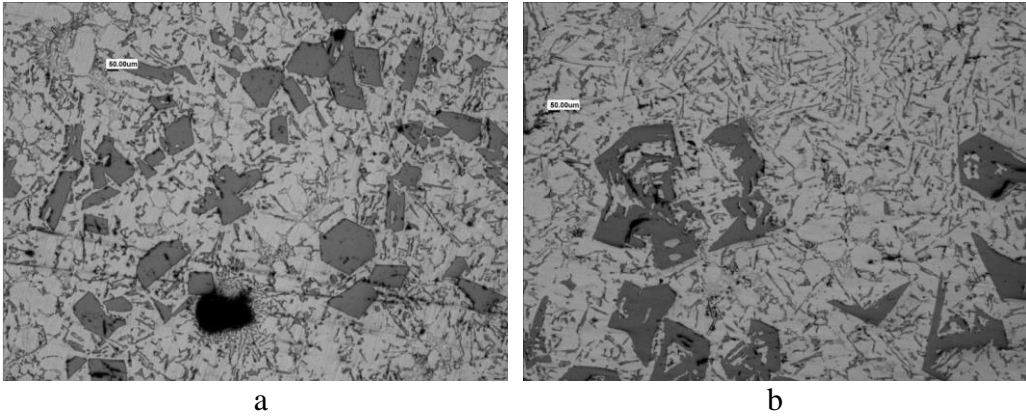
Şekil 2. Sıvı metalden alınan vakum altında katılaştırma numunesi.
a) 725°C döküm sıcaklığı, b) 800°C döküm sıcaklığı



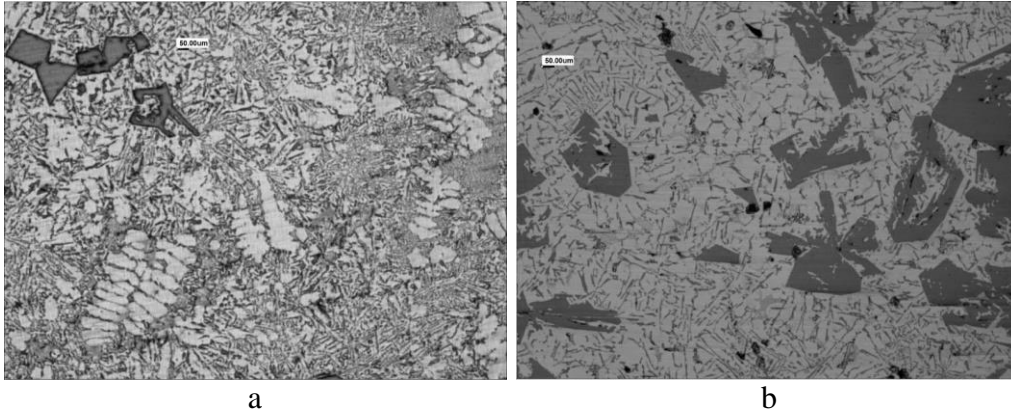
Şekil 3. 30 mm kalınlığındaki kesit alanına sahip parçaların mikroyapısı
a) 725⁰C döküm sıcaklığı, b) 800⁰C döküm sıcaklığı



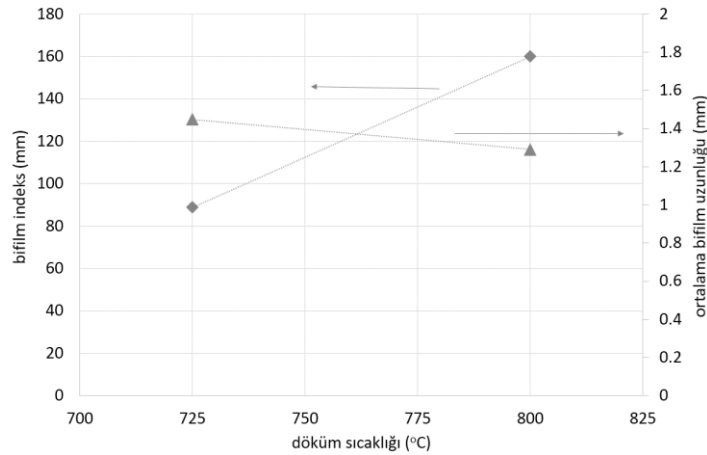
Şekil 4. 20 mm kalınlığındaki kesit alanına sahip parçaların mikroyapısı
a) 725⁰C döküm sıcaklığı, b) 800⁰C döküm sıcaklığı



Şekil 5. 15 mm kalınlığındaki kesit alanına sahip parçaların mikroyapısı
a) 725⁰C döküm sıcaklığı, b) 800⁰C döküm sıcaklığı



Şekil 6. 10 mm kalınlığındaki kesit alanına sahip parçaların mikroyapısı
a) 725⁰C döküm sıcaklığı, b) 800⁰C döküm sıcaklığı



Şekil 7. Döküm sıcaklığı ile bifilm indeksi (sol eksen-elmas) ve ortalama bifilm uzunluğu (sağ eksen-üçgen) değişimi

4. Tartışma

Al-Si alaşımlarında Si morfolojisinin oluşum mekanizmaları üzerine çok çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemli parametrelerden birisi de döküm sıcaklığıdır. Fiziksel özelliği itibarıyla Si kristalleri düşük termal genişleme ve yüksek ısı kapasitesi (düşük iletkenlik) vardır. Dolayısıyla, özellikle ötektik üstü oranda yüksek Si içeren alaşımlarda, ergitme yapılar yapılmaz döküme geçilmez ve bir süre sıvı durumda bekletme gerçekleştirilir. Bu durumda, döküm sonrasında Si morfolojisinde değişiklikler gözlemlenir. Bu çalışmada, bekleme süresi yerine, sıcaklığın artırılması ile Si morfolojisindeki değişim incelenmiştir. Farklı kesit kalınlıklarına sahip, dikey basamak tipli bir kalıba yapılan döküm ile farklı soğuma hızları oluşturulması hedeflenmiş ve bu parametrelerin Si değişimine etkisi araştırılmıştır. Al-Si faz diyagramına göre,

ötektik üstü Si bileşiminde, soğuma sırasında ilk olarak primer Si kristalleri çökelmektedir. Dolayısıyla, sıvı metal içerisinde bulunabilecek herhangi bir heterojen çekirdek kaynağı, oluşabilecek Si yapısını etkileyebilmektedir. Bu amaçla bu çalışmada, döküm öncesinde RPT numuneleri alınarak, sıvı metalin bifilm içeriği tespit edilmiştir. Şekil 7’de görüldüğü gibi, 725°C’de yapılan dökümlerin bifilm indeksi değeri 80 mm civarında iken 800°C’de yapılan dökümlerde bu değer 120 mm seviyelerinde yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, mikroyapısal değişimler ile kıyaslandığı zaman, Şekil 3-5 arası görüldüğü gibi, 800°C’deki dökümlerde daha karmaşık şekillerde primer Si kristalleri göze çarpmaktadır. Diğer tarafta, düşük bifilm indeksli 725°C’deki dökümlerde ise, blok halinde Si kristalleri beşgen geometriye sahip içi dolu klasik yapısındadır. Dolayısıyla, artan bifilm indeksi ile daha kompleks Si kristalleri oluştuğu görülmektedir. Özellikle de Şekil 3b’de görüldüğü gibi, parça parça şekillerde ve süreksiz olan Si kristalleri, heterojen çekirdek kaynağı görevi görebilen bifilm üzerinde çökerek daha boşluklu ve karmaşık yapıda oluşmuşlardır. Fakat basamak kalınlığına göre mikroyapısal farklılıklar çok ciddi bir değişim göstermemektedir. Şekil 3-5 arası mikroyapılar incelenecek olunursa, Si morfolojisindeki değişimlerin çok belirgin farklılıklar içerdiği söylenemez. Benzer sonuçlar Xu [10] tarafından da bulunmuştur.

Sonuçlar

Al-Si alaşımlarında metal kalitesi ile mikroyapı arasında bir ilişki vardır.

Ötektik üstü Al-Si alaşımlarında bifilm indeksi yükseldikçe Si morfolojisi blok yapısından karmaşık boşluklu bir morfolojiye dönüşüm göstermektedir.

Referanslar

- [1] Matsuura, K., et al., *Precipitation of Si particles in a super-rapidly solidified Al-Si hypereutectic alloy*. Materials Chemistry and Physics, 2003. **81**(2-3): p. 393-395.
- [2] Xu, C.L. and Q.C. Jiang, *Morphologies of primary silicon in hypereutectic Al-Si alloys with melt overheating temperature and cooling rate*. Materials Science and Engineering A, 2006. **437**: p. 451-455.
- [3] Lasa, L. and J.M. Rodriguez-Ibabe, *Wear behaviour of eutectic and hypereutectic Al-Si-Cu-Mg casting alloys tested against a composite brake pad*. Materials Science and Engineering: A, 2003. **363**(1-2): p. 193-202.
- [4] Baiqing, X., et al., *The study of primary Si phase in spray forming hypereutectic Al-Si alloy*. Journal of Materials Processing Technology, 2003. **137**(1-3): p. 183-186.
- [5] Chang, J., I. Moon, and C. Choi, *Refinement of Cast Microstructure of Hypereutectic Al-Si Alloys Through the Addition of Rare Earth Metals*. Journal of Materials Science, 1998. **33**(20): p. 5015-5023.
- [6] Chen, C., et al., *Influences of complex modification of P and RE on microstructure and mechanical properties of hypereutectic Al-20Si alloy*. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2007. **17**(2): p. 301-306.

- [7] Abramov, V.O., et al., *Hypereutectic Al-Si based alloys with a thixotropic microstructure produced by ultrasonic treatment*. Materials & Design, 1997. **18**(4–6): p. 323-326.
- [8] Lu, D., et al., *Refinement of primary Si in hypereutectic Al–Si alloy by electromagnetic stirring*. Journal of Materials Processing Technology, 2007. **189**(1–3): p. 13-18.
- [9] Radjai, A., K. Miwa, and T. Nishio, *An investigation of the effects caused by electromagnetic vibrations in a hypereutectic Al-Si alloy melt*. Metallurgical and Materials Transactions A, 1998. **29**(5): p. 1477-1484.
- [10] Xu, C.L. and Q.C. Jiang, *Morphologies of primary silicon in hypereutectic Al–Si alloys with melt overheating temperature and cooling rate*. Materials Science and Engineering: A, 2006. **437**(2): p. 451-455.