

A356 Alaşımında Katılma Hızı ve Sıvı Durumda Bekletme süresinin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi

¹Muhammet Uludağ, ²Lokman Gemi, ³Derya Dışpınar

¹Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh., Selçuk Üniversitesi, Türkiye, uludag@selcuk.edu.tr

²Seydişehir M.Y.O., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye, lgemi@konya.edu.tr

³Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh., İstanbul Üniversitesi, Türkiye, deryad@istanbul.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, A356 alaşımının farklı katılma hızlarında ve farklı bekletme sürelerinde mekanik özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken stronsiyum modifikasyonu da ayrıca incelenmiştir. Dökümlerde, metal eridikten sonra stronsiyum ilavesi gerçekleştirilmiş ve bu stronsiyum ilavesinden sonra 20, 40, 60 ve 120 dakika beklenilmiştir. Sıvı durumda beklemeler sonrasında dökümler farklı kesit kalınlıklarına sahip basamak tipli kum kalıplara gerçekleştirilmiştir. Üç farklı kalınlıktaki basamaklarda hem mikroyapı hem de mekanik özelliklerin incelenmesi yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile katılma hızı ile mekanik özellikler ve bekleme süresi ile de stronsiyum modifikasyonunun etkisi arasında ilişki kurmak mümkündür. A356 alaşımında, katılma hızı arttıkça mekanik özellikler iyileşmekte ve sıvı durumda bekleme süresi arttıkça da özellikle 60 dakikadan sonra stronsiyum modifikasyonu zayıflamaktadır. Bu çalışmadan elde edilen en önemli sonuç ise hem mekanik özellikler hem de stronsiyum etkinliği için sıvı durumda en fazla 60 dakika beklenilmesi gerektiğidir.

Anahtar kelimeler: A356 alaşımı, Katılma hızı, Tutma süresi, Mekanik özellikler, Sr modifikasyonu

Abstract

In this study, changes in mechanical properties of A356 alloy was examined under conditions that are different solidification rates and different holding times. With this examination, strontium modification was also investigated. In the castings, strontium was added after the alloy melting, and then the liquid alloy was waited for 20, 40, 60 and 120 minutes. Alloy was poured into a sand mold that has steps after holding time. Microstructure and mechanical properties were investigated on all samples from there different thickness. It is possible that the relationship between solidification rate and mechanical properties, holding time and strontium modification can be obtained with the results of this study. As the solidification rate increases, mechanical properties of A356 alloy can be improved. On the other hand, as the holding time increases after 60 minutes, strontium modification gets worse. The most important conclusion of the present study is that the maximum holding time is 60 minutes for both mechanical properties and effectiveness of strontium modification.

Key words: A356 alloy, Solidification rate, Holding time, Mechanical properties, Sr modification

1. Giriş

Düşük ağırlık, yüksek mekanik özellikler, korozyon direnci ve iyi elektrik iletkenliğine sahip olan alüminyum alaşımları endüstri tarafından talep edilmekte ve bu talep günden güne artmaktadır [1-4]. Alüminyum alaşımlarında mekanik özellikler başta olmak üzere alaşım özelliklerini iyileştirme amaçlı birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birisi de master alaşımı ilavesidir.

*Corresponding author: Address: Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh., Selçuk Üniversitesi, TÜRKİYE, E-mail adres: uludag@selcuk.edu.tr, Phone: +903322232027

Mikroyapıyı modifiye etmek amacı ile stronsiyum master alaşımının alüminyum alaşımlarına ilave edildiği uzun zamanlardan beri bilinmektedir. Stronsiyum modifikasyonu alüminyum alaşımlarında mekanik özellikleri iyileştiren en önemli proseslerden bir tanesidir. Alüminyum alaşımlarına stronsiyum ilave edilmesinin ana amacı silis morfolojisini kaba yapıdan ince yapıya dönüştürmektir. Stronsiyum modifiyeli alaşımlarda silisler kaba ve uzun morfolojiden küçük ve ince bir morfolojiye dönüşmektedirler. Stronsiyum ilavesi sadece mekanik özellikleri iyileştirmek amacı ile değil aynı zamanda besleme kabiliyetini artırarak porozite miktarını azaltmak için de uygulanmaktadır [5]. Ötektik altı alaşımlar ötektik silis partiküllerine sahip alüminyum alaşımlarındandır ve bu partiküller mukavemeti, sünekliği, kırılma tokluğunu ciddi bir şekilde etkilemektedirler. Bu partiküllerin mikroyapıya dağılımları üzerine [6, 7] ve sıvının ara yüzey özellikleri ile akışkanlığını iyileştirme üzerine [8, 9] bazı çalışmalar yapılmıştır. Mekanik özellikleri artırma yollarından birisi soğuma hızını artırmaktır. Soğuma hızı artarak mekanik özellikler için son derece tehlikeli olan porozite miktarı azaltılabilir. Soğuma hızı ne kadar yüksekse, mikroyapıda oluşan taneler o derece küçük olmaktadır. Bu küçük tanelerin arasında sıkışıp kalan porozitelerin büyüebilmesi ve mekanik özellikleri düşürmesi imkânsızlaşmaktadır [10].

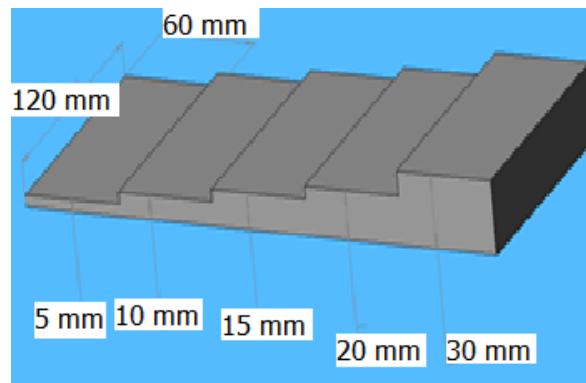
Bu çalışmada, stronsiyum modifiyeli A356 alaşımında dört farklı sıvı durumda tutma süresi (20, 40, 60 ve 120 dakika) ve üç farklı katılma hızı (yavaş, orta ve hızlı) kullanılarak mekanik özelliklerde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

2. Deneysel çalışmalar

Bu çalışmada birincil olarak kullanılan alüminyum silisyum alaşımlarından A356 alaşımına ait kimyasal kompozisyon Tablo 1’de verilmiştir. Alaşımın eritilmesinde 22 kg kapasiteye sahip SiC pota ve elektrikli direnç ocağı kullanılmıştır. Farklı kesit kalınlıklarına sahip basamak tipli kum kalıp tasarımı bu çalışmada denenmiştir. Deneylerde kullanılan basamak tipli kum kalıptan elde edilen döküm parçalarının temsili görüntüsü şematik olarak Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. A356 alaşımının kimyasal kompozisyonu

Alaşım	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
A356	6.80	0.19	0.003	0.001	0.30	0.011	0.108	Kalan

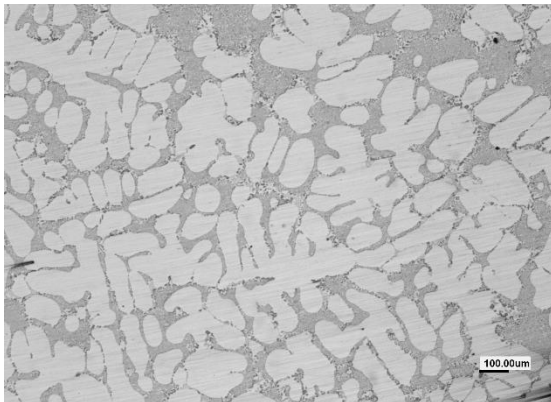


Şekil 1. Döküm parçasının şematik gösterimi

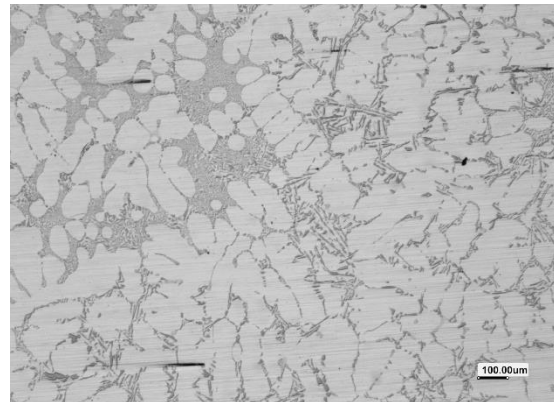
Potada ergitilen alaşıma stronsiyum ilavesi yapıldıktan sonra deney parametresi olarak seçilen sıvı durumda bekleme süreleri kadar beklendikten sonra dökümler gerçekleştirilmiştir. Deney parametresi olarak belirlenen bekleme süreleri 20, 40, 60 ve 120 dakikadır. Her bekleme süresine ait dökümler gerçekleştirilmeden önce sıcak ölçümleri gerçekleştirilmiş ve döküm sıcaklığının $740 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olmasına dikkat edilmiştir. Kum kalıba gerçekleştirilen dökümlerin üç farklı kalınlığa sahip kesitlerinden (10, 15 ve 20 mm) numuneler elde edilmiştir. Kalıp üzerinde var olan kesit kalınlıkları 10 mm hızlı, 15 mm orta ve 20 mm yavaş döküm hızını temsil edecek şekilde sınıflandırılmıştır. Her kesit kalınlığına ait döküm parçalarından mikroyapı numuneleri elde edilmiştir. Bu numuneler metalografik numune inceleme işlemlerine tabi tutularak mikroskop yardımı ile incelenmiş ve mikroyapı görüntüleri alınmıştır. Yine her kesit için döküm parçasından mekanik test numuneleri elde edilmiştir. mikroyapının kesit farkına göre incelendiği bu çalışmada mekanik özellikler de hem kesit farkına hem de sıvı durumda tutma süresine göre incelenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

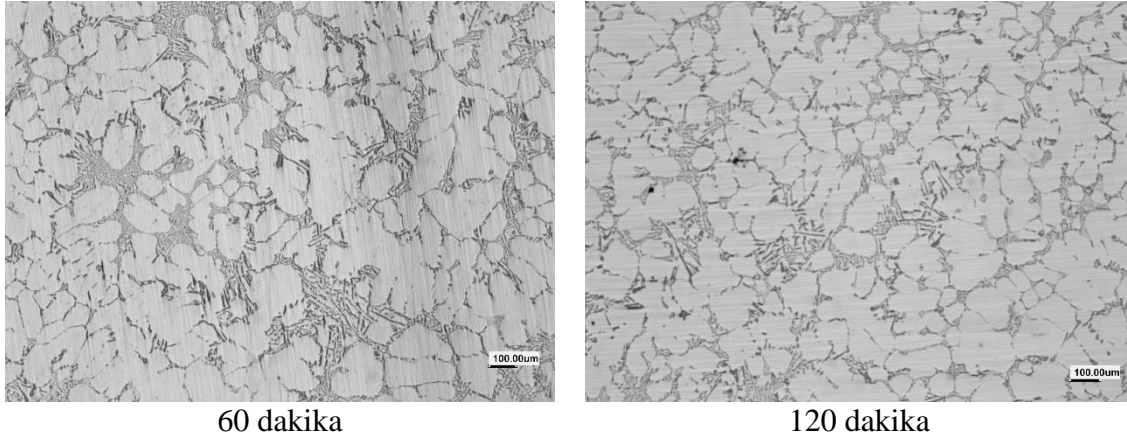
Her sıvı durumda tutma parametresinde ve her katılaşma hızında mikroyapı incelemeleri gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sonucu elde edilen mikroyapı sonuçlarından yavaş katılaşmaya ait görüntüler temsili olarak Şekil 2’de sunulmuştur. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde sıvı durumda bekleme süresinin mikroyapı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Sıvı durumda bekleme süresi arttıkça, stronsiyum modifikasyonu kötüleşmekte ve ikinci dendrit kolları arası mesafe küçülmektedir. Sıvı metale ilave edilen stronsiyum zamana bağlı olarak etkisini yitirmektedir. Stronsiyum modifikasyonu 40 dakika sıvı durumda bekleme süresine kadar etkili olmakta ve bu süreden sonra etkisinin zamanla azaldığı görülmektedir. Bu noktada, stronsiyum modifikasyonu için maksimum bekleme süresi 40 ile 60 dakika arasında bir değerde olduğu söylenebilir. 120 dakikalık sıvı durumda bekleme süresinde neredeyse hiç modifikasyon yok gibidir. Bunun anlamı stronsiyum zamanla sıvı içerisinde pota dibine doğru batma eğilimindedir.



20 dakika

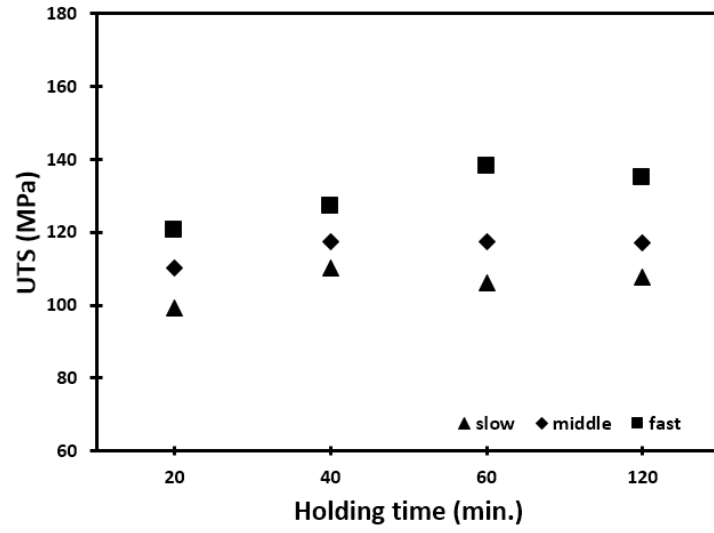


40 dakika

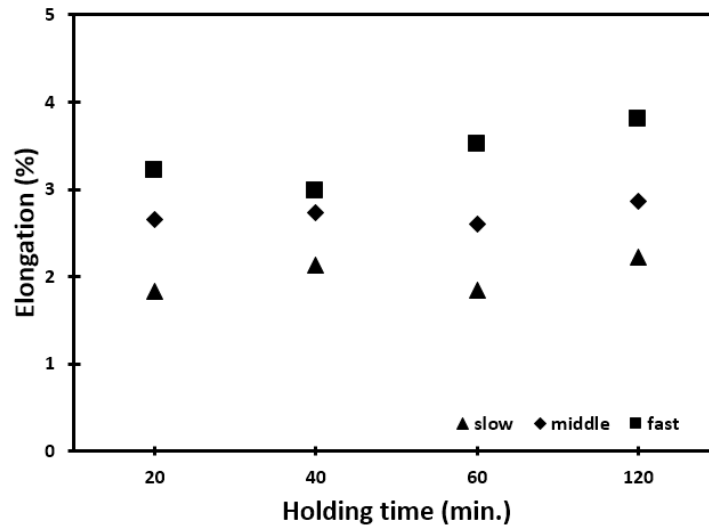


Şekil 2. Farklı kesit kalınlıklarında meydana gelen mikroyapı değişimleri

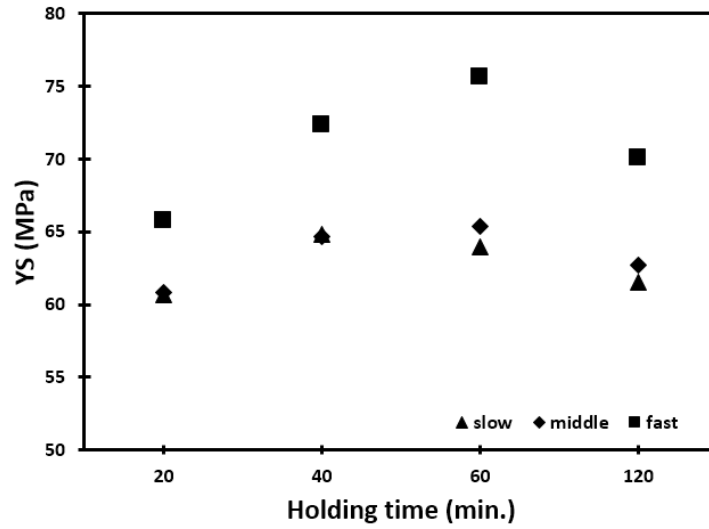
DeneySEL çalışmadan elde edilen mekanik test numunelerine çekme testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar çekme mukavemeti için Şekil 3, yüzde uzama için Şekil 4 ve akma mukavemeti içinde Şekil 5’de verilmiştir. Her üç sonuç içinde ilk olarak yapılacak yorum katılaşma hızlarına göre mekanik özelliklerin değişimi üzerine olacaktır. Katılaşma hız arttıkça hem çekme mukavemeti, hem uzama hem de akma mukavemeti artmaktadır. Bunun sebebi de, hızlı katılaşan dökümden tanelerin küçük ve tane sınırlarının çok olmasının porozite oluşumu üzerine etkisi ile alakalıdır. Taneler ne kadar küçük ve tane sınırları ne kadar fazla ise porozitelerin büyümesi o kadar azalmaktadır. Küçük taneli dökümlerde poroziteler açılıp büyüyemeyeceğinden dolayı küçük boyutlarda yapıda kalacaktır. Bu da porozitenin malzemede çatlak etkisi oluşturup mukavemetini düşürmesini bir nebze olsun azaltacaktır. Diğer taraftan sadece hızlı katılaşma sonuçları ele alınacak olunursa, mekanik test sonuçlarında optimum bekletme süresinin 60 dakika olduğu görülmektedir. Bu süreye kadar mekanik özellikler iyileşmekte ve bu süreden sonra düşüşe geçmektedir. Bu bulgu da yukarı bahsedilen modifikasyon etkisi ile ilgilidir. Stronsiyumun modifikasyon etkisinin azaldığı 120 dakika bekletme dökümlerinde, bu etki ile beraber beslenebilirlik de azalmaktadır. Bu azalışlar kuşkusuz porozite oluşumunu tetiklemede ve mekanik özellikleri düşürmektedir. Diğer katılaşma hızlarında ise 40 dakika ve 60 dakika bekletme sürelerine ait sonuçlar hemen hemen aynı çıkmıştır. Katılaşmanın yavaş olması demek porozitelerin açılmaları için gerekli zamanı bulabilmeleri demektir. Hem modifikasyon etkisi hem de bu bahsettiğimiz porozite açılımı için gerekli zaman etkisi birlikte düşünüldüğünde, bu iki bekletme süresinde benzer sonuçların elde edilmesi hiç de şaşırtıcı olmayacaktır.



Şekil 3. Bekleme zamanı ve katılma hızına göre çekme mukavemetleri



Şekil 4. Bekleme zamanı ve katılma hızına göre uzama sonuçları



Şekil 5. Bekleme zamanı ve katılaşma hızına göre akma mukavemetleri

Hem modifikasyon işleminde hem de sıvı durumda bekletme durumunda elde edilen sonuçlar değerlendirilirken katılaşma hızı faktörü kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır. Yavaş ve orta hızlı katılaşma dökümlerine ait sonuçların yakın çıkması ve hızlı katılaşma dökümlerine ait sonuçlarda diğer iki katılaşmaya göre ciddi farkların oluşması kesit kalınlığı ile alakalıdır. Deneysel çalışmada kullanılan A356 ötektik altı alaşımı için 10 mm kesitte oluşan katılaşma hızı ile 15 mm kesitte oluşan katılaşma hızları arasında çok ciddi bir fark olmadığı fakat 20 mm kesitte is ciddi farkların olduğu bu sonuçlardan anlaşılmaktadır. Çalışmalarda gaz giderme işleminin yapılmadığı ve potadaki sıvı içerisinde oldukça faz porozite ile dökümlere başlandığı düşünüldüğünde sıvı metalin kendi kendini temizlediği söylenebilmektedir. Porozitenin ana kaynağının sıvı içerisinde var olan ya da kalıba döküm esnasında oluşan oksit yapılar diğer bir isimle bifilmelerin olduğu Dışpınar tarafında ileri sürülmüştür. Bu bifilmelerin yoğunluğu alüminyum alaşımının yoğunluğuna çok yakın olduğundan dolayı sıvı içerisinde kaldıkları ve zamanla dibe doğru battıkları düşünülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 60 dakikadan sonra bifilmelerin temizlenmediği ve hatta sayılarının arttığı söylenebilmektedir. Zaman ilerledikçe yeni bifilmelerin oluştuğu durum ise diğer bir sebeptir. Elde edilen bu bulgulardan bifilmelerin malzeme kalitesi üzerinde çok etkili olduğu ve bu etkinin de sıvı durumda bekletme zamanının da bir fonksiyonu olduğu sonucuna varılmaktadır.

Sonuçlar

A356 alaşımında katılaşma hızı ile mikroyapı ve mekanik özellikler arasında bir ilişki vardır. Katılaşma hızı arttıkça mikroyapı ince taneli oluşur ve mekanik özellikler de artar.

Katılaşma hızının porozite oluşumu üzerinde çok ciddi bir etkisinin olduğu ve bu etkinin de porozitelerin açılıp büyümediği sonucuna varılmaktadır. Açılıp büyüemeyen poroziteler döküm özelliklerini düşürecek çatlak görevi görememektedirler.

Bekleme zamanı hem porozite oluşumu hem de stronsiyum modifikasyonu üzerinde etkilidir. Sıvı durumda bekletme zamanı 60 dakikayı geçtiğinde porozite oluşumu artmakta ve mekanik özellikler düşmektedir. Diğer taraftan yine aynı süreden sonra modifikasyon da azalmaktadır. Modifikasyonun azalması aynı zamanda beslemenin de azalması ve ötektik silislerin daha kaba yapıda olması anlamına gelmektedir. Bu her iki durumda poroziteyi artırıcı ve dolayısıyla mekanik özellikleri düşürücü bir rol oynamaktadır.

Referanslar

1. Campbell, J., *Castings : [the new metallurgy of cast metals]*. 2003, Butterworth Heinemann.
2. 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.
3. Dey, A.K., et al., *Mechanical and wear properties of rheocast and conventional gravity die cast A356 alloy*. Materials Science and Engineering: A, 2006. **435-436**(0): p. 521-529.
4. 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.
5. 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.
6. Benzerger, 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. 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.
9. 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.
10. Hosseini, V.A., S.G. Shabestari, and R. Gholizadeh, *Study on the effect of cooling rate on the solidification parameters, microstructure, and mechanical properties of LM13 alloy using cooling curve thermal analysis technique*. *Materials & Design*, 2013. **50**(0): p. 7-14.