

A356 Alaşımında Sıvı Bekletme Zamanının Porozite Oluşumu Üzerine Etkisi

¹Muhammet Uludağ, ²Lokman Gemi

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

Özet

Bu çalışmada, A356 alaşımında soğuma hızı ve sıvı durumda bekletme süreleri deney parametreleri seçilerek porozite oluşumu incelenmiştir. Soğuma hızı farkını görebilmek için farklı kesit kalınlıklarına (10, 15 ve 20 mm) sahip basamak tipli kum kalıp tasarımı kullanılmıştır. Sıvı durumda tutma süresinin etkisini incelemek amacı ile de dört farklı sıvı durumda tutma süresi (30, 60, 120 ve 240 dakika) çalışılmıştır. Her tutma süresinde ve her kesitte porozite hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 60 dakika sıvı durumda tutma süresinin porozite oluşumunu azaltmak veya bifilmli temizlemek için optimum olduğu bulunmuştur. Porozitelerin sayı yoğunluğu değerlerinin sıvı kalitesini belirlemede kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, porozite çaplarının dağılımları en düzenli ve en düşük olarak 120 dakika bekleme süresinde elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: A356 alaşımı, Tutma süresi, Soğuma hızı, Porozite oluşumu, Porozite dağılımı

Abstract

In this study, porosity formation under conditions of different cooling rates and different holding time of melt in A356 alloy was examined. The sand mold that has different thickness (10, 15 and 20 mm) and is step type was used to see effect of cooling rate. Four different holding times (30, 60, 120 and 240 minutes) were studied to examine effect of holding time of the melt. Porosity calculations were done for both each thickness and each holding time. As a result, it was found that 60 minutes of holding time of the melt is the optimum value to decrease porosity or clean bifilms. It was concluded that number density of porosity can be used to determine casting quality. On the other hand, the result of porosity distribution that is steady and minimum was obtained from castings of 120 minutes holding time of the melt.

Key words: A356 alloy, Holding time, Cooling rate, Porosity formation, Porosity distribution

1. Giriş

Alüminyum alaşımları otomotiv ve havacılık başta olmak üzere endüstride çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu alaşımın endüstri tarafından tercih edilmesini ve çekici kılmasını sağlayan şüphesiz kolay dökülebilirlik, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı ve yüksek korozyon direnci gibi pek çok özelliğe sahip olmasıdır. Hafif metallerin üretim teknolojilerindeki gelişim sayesinde, bu yeni üretim yöntemleri ile geleneksel yöntemlere nazaran çok daha kaliteli malzeme üretmek mümkün olmaktadır [1]. Alüminyum alaşımlarının dökümlerinde en sık rastlanan ve giderilmesi çok da kolay olmayan en tehlikeli problemlerden birisi porozite içeriğidir. Bir dökümde porozite içeriği ne kadar fazla olursa o malzemenin nihai özellikleri o derecede düşük olmaktadır [2]. Uzun yıllardır üzerinde çalışılmış olmasına rağmen, dökümde oluşan porozitelerin tam olarak önüne

geçilememektedir. Porozitenin oluşum mekanizması ve önlenmesi üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır [3-7]. Son yıllarda, porozite oluşum mekanizmalarına farklı bir yaklaşım getirilmiş ve porozite oluşumundaki en önemli ve ana kaynak olarak çift filmler (bifilmler) Dışınar ve arkadaşları tarafından ileri atılmıştır. Sıvı alüminyum yüzeyinde Al_2O_3 oksit yapısı çok kısa süre içerisinde oluşmaktadır. Gerek potada gerekse kalıplara döküm esnasında türbülans sebebi ile bu oksit tabakası parçalanıp sıvı içerisine girebilmektedir. Türbülansın sıvı içerisine giren oksit parçacıkları üzerindeki şiddetine bağlı olarak bu oksitler defalarca katlanabilmekte çok küçük boyutlarda sıvı içerisinde askıda kalabilmektedirler. Bu katlanma esnasında içlerine bir miktar hava kalmaktadır. [2, 4, 8, 9]. Bu oksit filmler bifilm olarak isimlendirilmiş ve dökümde porozitenin ana kaynağı olarak gösterilmiştir. Bifilmlerin porozite oluşturabilmeleri için katılma esnasında açılmaları gerekmektedir. Bifilmlerin açılma mekanizmasını Campbell [1] üç etkene bağlamıştır. Bu etkenler; i- bifilmlerin sıvı içerisine girerken içine alarak beraberinde getirdikleri havanın bifilmlerin iç çeperine yaptığı basınç açılmayı kolaylaştırmaktadır. ii- katılma esnasında bifilmlerin çevresinde oluşan katılma çekmesi nedeniyle bifilmlerin dışındaki basınç azalmakta ve bu açılmayı kolaylaştırmaktadır. iii- özellikle dendritik katılma gösteren alaşımların katılması esnasında dendrit kollarının büyümesi esnasında bu kollar bifilmle çarparak açılmalarına yardımcı olmaktadır. Bifilmlerin poroziteyi oluşturarak malzeme özelliklerini etkilemesinin yanında diğer bir faktöre soğuma hızıdır. Artan soğuma hızı tane boyutunu, ikinci dendrit kolları arası mesafeyi, porozite miktarı ve dağılımını ciddi bir şekilde etkilemektedir [10].

Bu çalışmada, A356 alaşımının 10, 15 ve 20 mm olmak üzere üç farklı kesit kalınlığına sahip kalıp kullanılarak farklı soğuma hızlarında oluşan poroziteler incelenmiştir. Dökümlerden önce 30, 60, 120 ve 240 dakika olmak üzere dört farklı sıvı bekletme süresi kullanılmıştır.

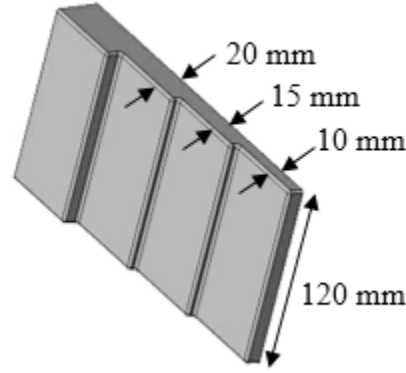
2. Deneysel çalışmalar

ETİ ALÜMİNYUM firmasından birincil olarak tedarik edilen ve bu çalışmada kullanılan A356 alaşımına ait kimyasal kompozisyon Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan 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.

Alaşımın ergitilmesinde 22 kg kapasiteye sahip SiC pota ve elektrikli direnç ocağı kullanılmıştır. Farklı kesit kalınlıklarına sahip basamak şeklindeki kum kalıba dökümler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kum kalıplara yapılan dökümlere ait temsili döküm parçası görüntüsü Şekil 1.'de sunulmuştur.

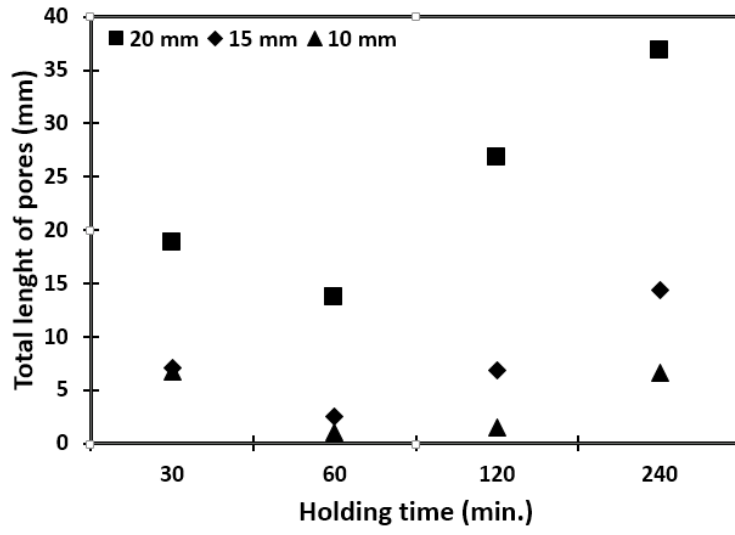


Şekil 1. Döküm parçasının şematik görüntüsü

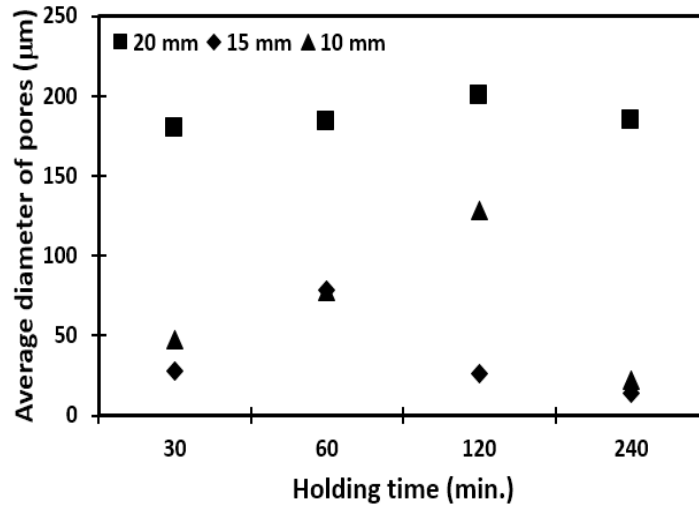
Dökümler 30, 60, 120 ve 240 dakika olmak üzere dört farklı sıvı bekletme sürelerinde ve $740 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ döküm sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de de görüldüğü gibi 10, 15 ve 20 mm olmak üzere döküm parçası farklı kesit kalınlıklarına sahiptir. Her kesitten porozite inceleme numuneleri elde edilmiş ve bu numunelerin yüzeyleri polisaj işlemine tabi tutulmuştur. Görünür hale getirilen numune yüzeyleri tarayıcı vasıtasıyla bilgisayar ortamına atılmıştır. Her kesitin aynı bölgelerinden alınan numune görüntüleri üzerinde görüntü analiz programı yardımı ile porozite hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Farklı sıvı bekletme sürelerinde ve farklı katılma hızlarında porozite oluşumunu incelemek amacı ile porozite çapı, porozite uzunluğu ve porozite sayı yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır

3. Bulgular ve Tartışma

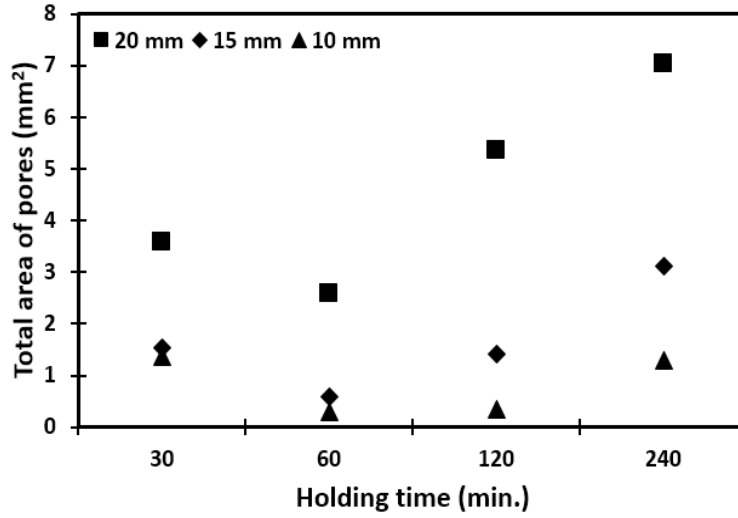
Sıvı durumda tutma süresinin porozite oluşum üzerinde etkisini incelemek amacı ile görüntü analiz programından elde edilen datalardan toplam porozite uzunluğu ve tutma süresi ilişkisi, ortalama porozite çapı ve tutma süresi ilişkisi, toplam porozite alanı ve tutma süresi ilişkisi ve porozite sayı yoğunluğu ve tutma süresi ilişkisi incelenmiş olup sonuçlar sırası ile Şekil 2, 3, 4 ve 5’de verilmiştir.



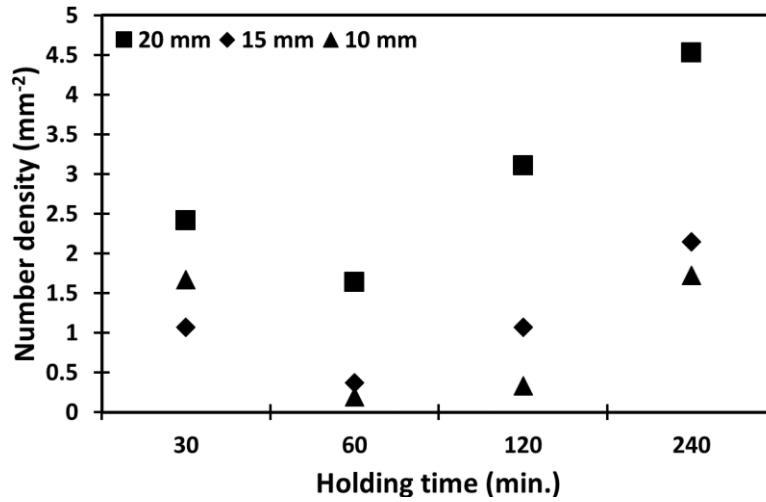
Şekil 2. Tutma süresi ile toplam porozite uzunluğu arasındaki ilişki



Şekil 3. Tutma süresi ile ortalama porozite çapı arasındaki ilişki



Şekil 4. Tutma süresi ile toplam porozite alanı arasındaki ilişki



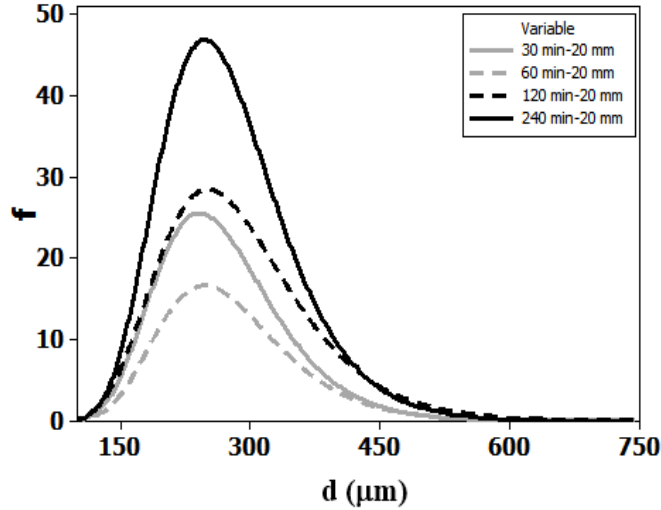
Şekil 5. Tutma süresi ile porozite sayı yoğunluğu arasındaki ilişki

Tüm sonuçlarda farklı kesit kalınlıklarına göre değişimler de görülebilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde tutma zamanının porozite oluşumunu etkilediği görülebilmektedir. Porozite uzunluğu 60 dakikaya kadar azalma eğiliminde fakat tutma süresi 60 dakikayı geçtikten sonra artma eğilimine geçmektedir. Bu sonuç tüm kesitlerde aynı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Dökümde porozite oluşumunun ana sebebi bifilmelerdir. Porozite uzunluklarındaki değişimler sıvı içerisinde dipten yüzeye, yüzeyden dibe, sağa veya sola doğru bifilmelerin hareketinden dolayı olabilir. Bifilmeler aslına oksit tabakasıdır ve bu oksitlerin yoğunluğu alüminyumun yoğunluğuna çok yakındır. Bu sebepten bifilmeler sıvı içerisinde çok rahat bir şekilde hareket edebilmektedirler. Bifilmelerin hareketi daha çok ya sıvı dibine doğru ya da yüzeye doğru olmaktadır. Bu da sıvı içerisindeki bifilm miktarında azalmaya sebep olmaktadır. Sıvıdaki bifilmeleri temizlemek için optimum bekleme süresi yaklaşık 60 dakika olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer 30 ile 120 dakika

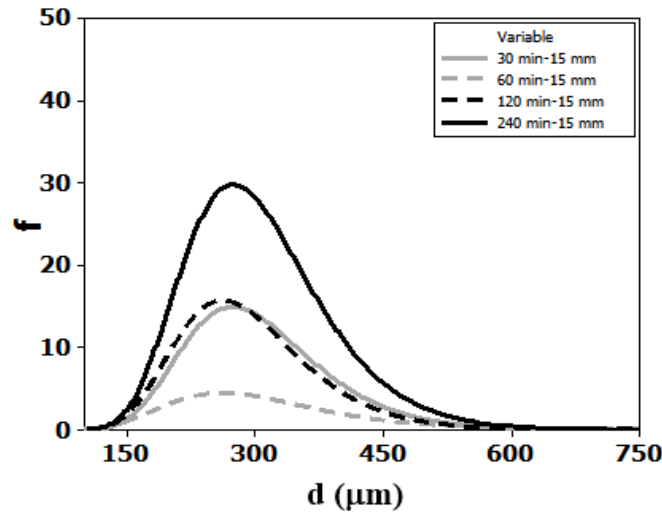
arasında daha detaylı bir çalışma gerçekleştirilirse bifilm temizliği için optimum süre kesin olarak elde edilebilir. Bu yorum A356 alaşımının 640 °C dökümleri için geçerlidir.

Ortalama çap sonuçları porozite uzunluk sonuçlarında farklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuma hızı arttıkça ortalama porozite çapı tutma süresine bağlı olarak azalmaktadır. Porozitelerin alanı ve sayı yoğunluklarındaki değişimler porozite uzunluklarındaki değişim ile aynı eğilimdedir. Bu iki sonuç da yukarıda yapılan yorumu desteklemektedir. Porozitelerin sayı yoğunluğu değerleri döküm kalitesi hakkında önemli bilgiler verme kapasitesini sahiptir. Porozite uzunluğu için de aynı şeyi söylemek mümkün görülmektedir. Çünkü porozite miktarı 60 dakika tutma süresine kadar azalmaktadır.

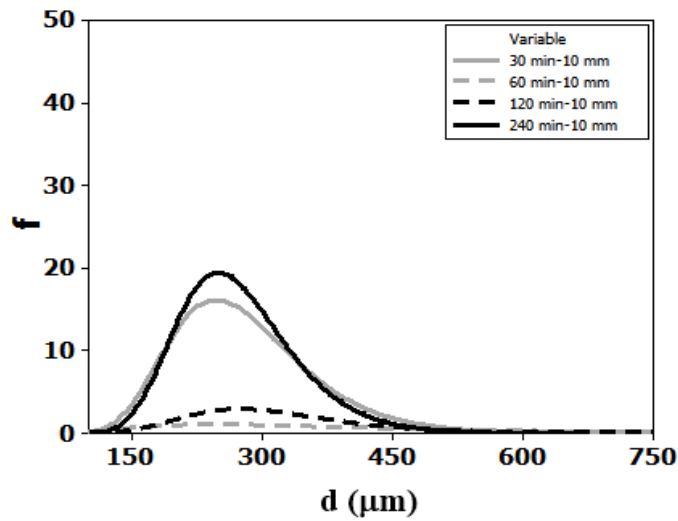
Kalıp kesit kalınlıkları baz alınarak farklı bekletme sürelerinde meydana gelen porozite çaplarının dağılımları istatistiksel olarak hesaplanmıştır. 20 mm kesit kalınlığına sahip lognormal dağılımları Şekil 6, 15 mm kesit kalınlığına ait lognormal dağılımları Şekil 7 ve 10 mm kesit kalınlığına ait lognormal dağılımları Şekil 8. sunulmuştur.



Şekil 6. 20 mm kesit kalınlığında oluşan porozite çaplarının lognormal dağılımları



Şekil 7. 15 mm kesit kalınlığında oluşan porozite çaplarının lognormal dağılımları



Şekil 8. 10 mm kesit kalınlığında oluşan porozite çaplarının lognormal dağılımları

Şekil 6 incelendiğinde sıvı halde tutma süresinin çap dağılımları üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Tutma süresi arttıkça porozite çap dağılımı daha istikralı bir hal almıştır. Bu değişim diğer kesit kalınlıkları için de geçerlidir. En düşük ortalama çap değerinin ise tüm kesit kalınlıkları için 240 dakika bekleme süresinde elde edildiğini hem bu lognormal dağılım grafiklerinden hem de Şekil 3'de verilen ortalama çap grafiğinden söylemek mümkün olmaktadır.

Sonuçlar

Soğuma hızı arttıkça ortalama porozite çapı tutma süresine bağlı olarak azalmaktadır.

Porozite uzunluğu 60 dakikaya kadar azalma eğilimde fakat tutma süresi 60 dakikayı geçtikten sonra artma eğilimine geçmektedir. Bu sonuç tüm kesitlerde aynı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen optimum tutma süresi 60 dakika civarlarındadır. Bu da sıvı metalin bifilmelerden arındırılacak optimum süre anlamına gelmektedir.

Porozitelerin sayı yoğunluğu değerleri döküm kalitesi hakkında önemli bilgiler verme kapasitesini sahiptir.

Tutma süresinin artması ile porozitelerdeki çapların dağılımı daha düzgün bir hal almaktadır. Bu da sıvı metal bekledikçe porozitelerin birbirine yakın çaplarda şekillendiğini göstermektedir.

Referanslar

- [1] Campbell, J., *Castings : [the new metallurgy of cast metals]*. 2003: Butterworth Heinemann.
- [2] Dispınar, 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.
- [3] Alexopoulos, N.D. and M. Tiryakiođlu, *On the uniform elongation of cast Al–7%Si–0.6%Mg (A357) alloys*. Materials Science and Engineering: A, 2009. **507**(1–2): p. 236-240.
- [4] Dispınar, D., S. Akhtar, A. Nordmark, M. Di Sabatino, and L. Arnberg, *Degassing, hydrogen and porosity phenomena in A356*. Materials Science and Engineering: A, 2010. **527**(16–17): p. 3719-3725.
- [5] Dışpınar, D. and J. Campbell, *Determination Of Aluminium Casting Quality Using Bifilm Index, in Metallurgical and Materials Congress*. 2004.
- [6] 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.
- [7] Tan, E., A.R. Tarakçılar, D. Dispınar, M. Colak, and R. Kayıkci, *Reproducibility of Reduced Pressure Test Results in Testing of Liquid Aluminum Gas Levels in International Advanced Technologies Symposium*. 2011. p. 321-324.
- [8] Dispınar, D. and J. Campbell, *Use of bifilm index as an assessment of liquid metal quality*. International Journal of Cast Metals Research, 2006. **19**(1): p. 5-17.
- [9] Dispınar, D. and J. Campbell, *Effect of casting conditions on aluminium metal quality*. Journal of Materials Processing Technology, 2007. **182**(1–3): p. 405-410.
- [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.