



International Advanced Researches & Engineering Congress-2017
http://iarec.osmaniye.edu.tr/
Osmaniye/TURKEY
16-18 November 2017

Permanent Mold Casting Simulation and Experimental Investigation of AA 7075 Aluminum Alloy

Hakan GÖKMEŞE^{1*}, Şaban BÜLBÜL², Hüseyin ARIKAN³ and Onur GÖK⁴

¹ Konya Necmettin Erbakan University, Seydişehir Ahmet Cengiz Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya, 42370, Turkey

^{2,3,4} Konya Necmettin Erbakan University, Seydişehir Ahmet Cengiz Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Konya, 42370, Turkey

* Corresponding author. Tel.: +90 539 876 15 47, Fax.: +90 332 582 04 50, E-mail address: hgokmese@konya.edu.tr

Abstract

In this research paper, permanent mold casting technology which is an important special casting method in the casting of aluminum alloys especially has been studied in light alloys. In this respect, mostly preferred AA 7075 aluminum alloy in automotive, aerospace and defense industries was used in experimental studies. In the permanent mold casting technology of AA 7075 aluminum alloy, permanent mold design, casting temperature and distribution simulation and casting practices were applied at 800°C. After casting practice of AA 7075 aluminum molten liquid metal, microstructural characterization, tensile tests and hardness measurements were made. Depending on the solidification process, micro porosity formation slightly was determined especially on primary alpha triple grain boundaries.

Anahtar Kelimeler: Casting, Permanent Mold, Aluminum, AA 7075, Mechanical properties

AA 7075 Alüminyum Alaşımının Kokil Kalıba Döküm Simülasyonu ve Deneysel Olarak İncelenmesi

Özet

Bu çalışmada, hafif alaşımlar başta olmak üzere özellikle alüminyum alaşımlarının dökümünde önemli bir özel döküm yöntemi olan, kokil kalıp döküm teknolojisi çalışılmıştır. Bu bakımdan otomotiv, havacılık ve savunma sanayisinde çoğunlukla tercih edilen AA 7075 alüminyum alaşımı deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. AA 7075 alüminyum alaşımının kokil kalıba uygulanan döküm teknolojisinde, kokil kalıp tasarımı, döküm sıcaklık dağılımı simülasyonu ve 800°C’ de döküm deneyleri yapılmıştır. AA 7075 alüminyum ergiyik sıvı metalinin döküm uygulaması sonrası mikro yapısal karakterizasyonu, çekme ve sertlik testi ölçümleri yapılmıştır. Katılaşma işlemine bağlı olarak özellikle birincil alfa üçlü tane sınırlarında az da olsa mikro porozite oluşumları tespit edilmiştir.

Keywords: Döküm, Kokil kalıp, Alüminyum, AA 7075, Mekanik özellikler

1. Giriş

Sanayideki büyüme ve rekabetin artmasına paralel olarak, her geçen gün daha karmaşık parça, makine ve sistemlerin, daha hızlı, kolay ve ucuz bir şekilde imalatına ihtiyaç duyulmakta, bu da çok farklı ve yeni imalat teknolojilerinin geliştirilmesine öncülük etmektedir [1, 2]. Bu bakımdan alüminyum döküm alaşımları bütün döküm prosesleri ile çok geniş bir kompozisyon aralığında üretilebilir. Bu alaşımlar bileşim ve üretim prosesine bağlı olarak farklı

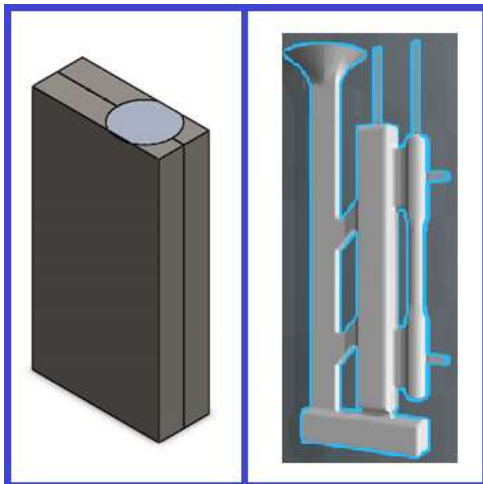
mühendislik özellikleri gösterirler. Alüminyum alaşımları kum, kokil, hassas döküm, basınçlı döküm, pres döküm gibi yöntemler dışında sıkıştırılmalı döküm, yarı-katı gibi yöntemlerle de üretilebilirler [3-6]. Uzun ömürlü metal kalıplar alüminyum ve alaşımlarının dökümünde önemli bir imkandır. Kokil kalıba döküm teknolojisi; iyi bir dökülebilirlik, düşük döküm sıcaklığı, hızlı kabuk oluşumu ve alüminyumun kalıba minimum zararla döküm yapılabilmesi açısından çoğunlukla hafif alaşımların dökümünde tercih edilmektedir [7]. Alüminyum ve

alaşımlarının sağladığı üstün özellikler sebebiyle, tüketimleri büyük bir hızla artmakta ve her geçen gün yeni kullanım alanları açılmaktadır. Bugün alüminyum ve alaşımları sahip olduğu özellikleri itibarıyla endüstride kullanılan en önemli yapı ve mühendislik malzemelerinden birisi halini almıştır. Saf haldeyken yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon direnci gibi özelliklere sahipken, alaşımlama ile bu özellikler çok daha geniş bir spektruma yayılarak yaygın bir kullanım alanına sahip olmuştur. Bugün endüstride geniş çaplı olarak 100' ün üstünde alüminyum alaşımı kullanılmaktadır. Diğer alaşım elementlerinin alüminyum ile alaşım oluşturmaları; dayanıklılık ve sertliği artırır. Alüminyum alaşımlarının yapılmasında en çok kullanılan metaller bakır, silisyum, mangan, magnezyum ve çinkodur. Bu metaller alaşımdan beklenen özelliğe göre tek tek ya da birlikte alüminyuma katılırlar [8, 9]. Çinko ile alaşımlandırılan AA 7075 alüminyum alaşımının başlıca kullanım alanları; askeri ve uçak sanayi, yüksek mukavemet gerektiren bileşenler, kauçuk ve plastik kalıplar, kayak direkleri, yüksek mukavemet istenilen makine parçaları, otomotiv sanayi, perçin, nükleer uygulamalar gibi oldukça yaygındır [10-12].

Gerçekleştirilen bu çalışmada, üç farklı alüminyum alaşımının dökümü, mikroyapı ve mekanik özellikleri kokil döküm teknolojisi öncülüğünde, tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen kokil kalıp kullanılarak araştırılmıştır.

2. DeneySEL Çalışmalar

Bu çalışmada özel döküm yöntemleri arasında hafif alaşımların özellikle alüminyum alaşımlarının dökümünde çoğunlukla kullanılan kokil kalıp teknolojisi çalışılmıştır. Bu bakımdan kokil kalıp döküm uygulamalarında kullanılmak üzere metalik kalıp ASTM B108 [13] standardı olarak tanımlanan çekme test çubuğu kalıbı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çekme çubuk kalıp tasarımı

Şekil 1' de tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen kokil kalıp döküm uygulamalarında, AA 7075 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. AA 7075 alüminyum alaşımının kokil kalıba 3 adet döküm işlemi, 800°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bir bilgisayar programı yardımıyla döküm işleminde, sıcaklık geçiş dağılım simülasyonları yapılmıştır. Döküm işlemleri sonrası alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonun belirlenmesi amacıyla, döküm işlemleri öncesi spektral analizi yapılmıştır. Spektral analiz uygulamaları ise spectralab marka M5 model analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

AA 7075 alüminyum alaşımının mikroyapısal karakterizasyonu incelemeleri, optik (metalurji) mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Döküm parça katılma işlemi sonrası, mikroyapı görüntülerinin belirlenmesi amacıyla genel metalografi çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla döküm numunelerine zımparalama, parlatma işlemlerini takiben dağlama işlemi uygulanmıştır. Döküm numunelerinin dağlama işleminde ise keller çözeltisi (0.5 HF-1.5HCl-2.5HNO₃-95.5 H₂O) kullanılmıştır. Döküm işlemi sonrası elde edilen deney numunelerinin çekme testleri ise, DARTEC marka M9000 model 600 kN' luk Universal Test cihazında TS EN ISO 6892-1 standartlarına göre yapılmıştır. AA 7075 Alüminyum alaşımının döküm uygulaması sonrası yapılan sertlik ölçümleri, REICHERTER marka BL 3 model deney cihazında TS 139-1 EN ISO 6506-1 0 standartlarına göre yapılmıştır. Deney numunelerinin sertlik ölçümleri, 0.5 mm² bilye ucu ve 500 kg yük uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

3. DeneySEL Sonuçlar

AA 7075 alüminyum alaşımının kokil kalıba döküm işlemleri öncesinde, ergiyik haldeki sıvı metalden alınan örnek üzerinden gerçekleştirilen spektral analiz sonucu Tablo 1' de verilmiştir. Tablo 1' de verilen spektral analiz sonucu incelendiğinde, AA 7075 alüminyum alaşımındaki temel alaşım elementinin %5.40 değeri ile Zn alaşım elementini doğruladığı görülmektedir.

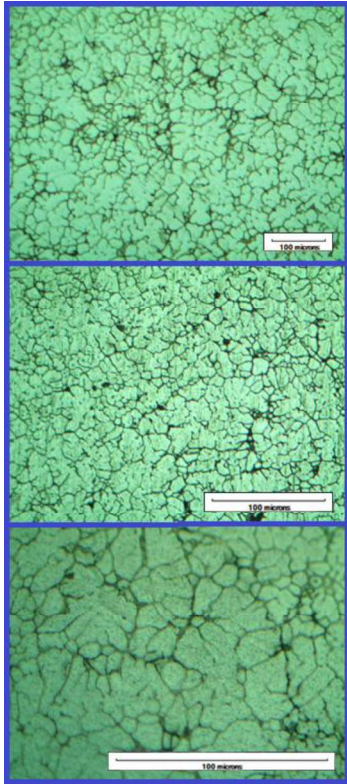
Tablo 1. AA 7075 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
89.10	0.37	0.38	1.70	0.17	2.56
Zn	Ni	Cr	Ti	Zr	
5.40	0.01	0.16	0.02	0.04	



Şekil 2. Döküm işlemi ve sonrası çekme çubuğu

AA 7075 alüminyum alaşımının 800°C’ de kokil kalıba gerçekleştirilen döküm işlemi sonrası elde edilen, dikey ve yatay yolluk, besleyici ve çekme çubuğu birlikteliğinden elde edilen döküm sonrası katılaşma sonucu elde edilen malzeme görüntüsü Şekil 2’ de gösterilmiştir. Aynı zamanda katılaşma sonrası yolluk ve besleyici bölgesinden kesilen ve çekme standardına göre hazırlanan çekme çubuğu görseli de yine bu şekil üzerinde verilmiştir. AA 7075 alüminyum alaşımında ergitme işlemini takiben 800°C’ de kokil kalıp içerisine yapılan döküm uygulaması neticesinde elde edilen mikro yapı görüntüleri Şekil 3’ de verilmiştir.



Şekil 3. AA 7075 alaşımının mikroyapı görüntüleri

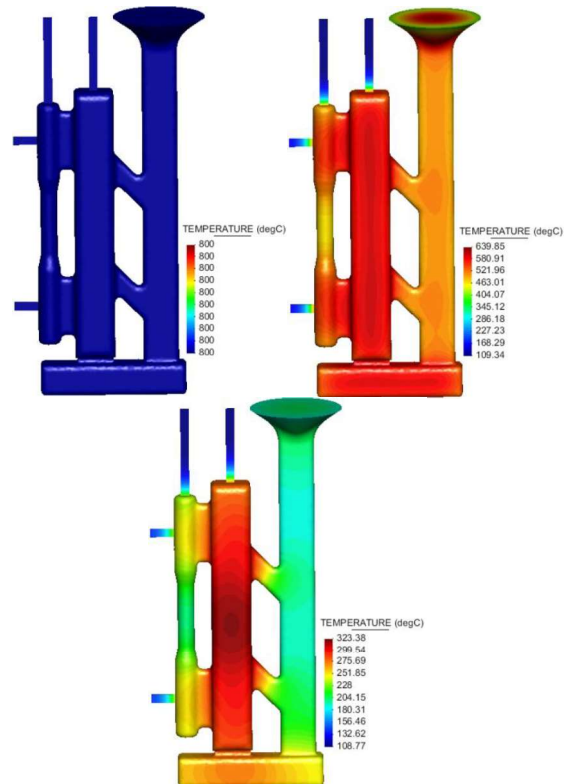
Şekil 3’ deki AA 7075 alüminyum alaşımının artan büyütme oranlarında elde edilen ve katılaşma sonucu sergilediği mikroyapıları incelendiğinde, birincil (primer) alfa tanelerinin oluşturduğu mikroyapı net bir şekilde görülmektedir. Elde edilen döküm sonrası katılaşmaya

bağlı olarak ortaya çıkan tane yapısının aynı zamanda çoğunlukla eş aksel tane yapısında olduğu belirtilebilir. Az da olsa katılaşmaya bağlı olarak mikroporozitelerin varlığı görülmektedir. Mikroporozitelerin çoğunluğu özellikle üçlü bileşim veya temas halinde olan primer alfa sınırlarında olduğu söylenilebilir. Kokil kalıba gerçekleştirilen döküm deneyleri sonrası uygulanan çekme ve sertlik testi sonuçları elde edilen mekanik özellikler, Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. AA 7075 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri

Yüzde Uzama	Çekme Dayanımı	Sertlik
(%)	(N/mm ²)	(HB)
7	125.9	80

AA 7075 alüminyum alaşımının Tablo 2’ de verilen çekme ve sertlik testi sonuçları incelendiğinde, sırasıyla %7 yüzde uzama ve 125.9 N/mm² çekme dayanımının yanı sıra 80HB sertlik değeri sergilediği tespit edilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları neticesinde 800°C’ döküm işlemi sonrası döküm parça yolluk ve besleyici bölgesindeki sıcaklık dağılımları Şekil 4’ te gösterilmiştir.



Şekil 4. AA 7075 alaşımının döküm sıcaklık dağılımı

Şekil 4' te verilen AA 7075 alüminyum alaşımlarının döküm işlemi sırasında kalıp içerisindeki sıcaklık dağılımı incelendiğinde, sıvı metalin kalıp ile ilk bulunduğu nokta ve çekme çubuğunun olduğu son bölgedeki ısı geçişleri ve sıcaklık dağılımı açık bir şekilde görülmektedir. Sıvı metalin katılaşma işlemine doğru Termal gerilme ve ısı dağılımı açısından ciddi bir farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Hemen hemen tüm metal ve alaşımları bazı seramik ve polimer malzemelerin üretimlerinin aşamasında bir sıvıdır. Sıvı, katılaşma sıcaklığının altına ΔT kadar soğutulduğunda katılaşma serbest enerjisindeki azalma ile gerçekleşir. Bu bakımdan katılaşma süresi içerisinde ortaya çıkan yapı ve oluşum, mekanik özellikleri etkiler ve istenilen özellikleri elde etmek için başka işlemlerde ihtiyaç duyulabilir.

4. Sonuçlar

AA 7075 alüminyum alaşımlarının kokil kalıp döküm teknolojisi üzerine yapılan simülasyon ve deneysel çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

Kokil kalıba dökülen AA 7075 alüminyum alaşımlarının, metalik kalıbı kusursuz bir şekilde doldurduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bilgisayar programı aracılığı ile, kokil kalıbın içerisinde ergiyik sıvı metalin kalıbı doldurması sırasında sergilediği termal geçiş simüle edilmiştir. Mikroyapısal homojenliğin görüntülediği ve çoğunlukla eş eksenel birincil alfa tanelerinin oluşturduğu mikroyapı görüntüleri tespit edilmiştir. Malzeme mekanik özellikleri açısından, 125.9 N/mm² çekme dayanımının yanı sıra 80HB sertlik değeri tespit edilmiştir.

Kaynaklar

1. Orhan A, Gür A.K., Çalgılı U., "Al Matrisli B4C Takviyeli Kompozitlerin Sıcak Presleme Yöntemiyle Üretimi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (4) 8-1, 2007.
2. Chee FT and Mohamad RS. Effect of hardness test on precipitation hardening aluminium alloy 6061-T6. Chiang Mai Journal of Science. 2009; 36(3):276-86
3. Hatice Merve BAŞAR, Nuran DEVECİ AKSOY, "Recovery Applications Of Waste Foundry Sand", Journal of Engineering and Natural Sciences, 30, 205-224, 2012.
4. Adithya Parthasarathy, Avinash L., Varun Kumar K.N, Basavaraj Sajjan, Varun S., "Fabrication and

Characterization of Al-0.4%Si-0.5%Mg - SiCp Using Permanent Mould Casting Technique", Applied Mechanics and Materials, Vol. 867, pp 34-40, 2017.

5. P. Kannan and K. Balasubramanian, "Analysis of Crown Shrinkage in Gravity Die Cast Aluminium Alloy LM 13 Piston", Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(35), DOI: 10. 17485 / ijst/2015 /v8i35 /80092, 2015.
6. J. Barbosa, H. Puga, "Ultrasonic melt processing in the low pressure investment casting of Al alloys", Journal of Materials Processing Technology 244, 150–156, 2017.
7. Material and Coating Improvements Target Increased Life Span and Reduced Cost of Permanent Molds" Metal Casting, 2013.
8. Andre Lee, Yang Lu, Allen Roche, Tsung-Yu Pan, "Influence of Nano-Structured Silanols on the Microstructure and Mechanical Properties of A4047 and A359 Aluminum Casting Alloys", International Journal of Metalcasting, Volume 10, Issue 3, pp 338–341, 2016.
9. Diah Kusuma Pratiwi, Nurhabibah Paramitha Eka Utami, "Effect of ageing time 200 °C on microstructure behaviour of AlZn-Cu-Mg cast alloys", MATEC Web of Conferences , 01008 , 2017.
10. Isadore A. D., Aremo B., Adeoye M. O., Olawale O. J., Shittu M. D., "Effect of Heat treatment on Some Mechanical Properties of 7075 Aluminium Alloy", Materials Research, 16 (1) : 190-194, 2013.
11. Vannan E., Vizhian P., "Microstructure and Mechanical Properties of as Cast Aluminium Alloy 7075/ Ba salt Dispersed Metal Matrix Composites", Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 2 : 182-193, 2014.
12. Kılıçlı V., Akar N., Erdoğan M., Kocatepe K., "Tensile Fracture Behavior of AA7075 Alloy Produced by Thixocasting", Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 26 : 1222-1231, (2016).
13. Wang Y., Neff D., Schwam D., Zhu X., Chen C., "Optimization of Permanent Mold Mechanical Property Test Bars in A356 Alloy Using A New Mold Design", International Journal of Metalcasting, 26-38, 2013.