

YERÇEKİMİNE TERS DÖKÜM YÖNTEMİNİN DÖKÜM PARÇALARIN BESLEME ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Hasan HASIRCI ve Ferhat GÜL

Metal Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Beşevler, Ankara,
hasirci@gazi.edu.tr, fgul@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 28.03.2005; Kabul/Accepted: 18.05.2006)

ÖZET

Bu çalışmada, yaş kum kalıplar kullanılarak geleneksel yerçekimi (gravity casting) ve yerçekimine ters döküm (counter gravity casting) yöntemleri ile üretilen parçaların besleme özellikleri üzerine döküm sıcaklığı ve basıncın etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda Al-% 10 Si döküm alaşımı kullanılmıştır. Numuneler 600, 640 ve 690 °C sıcaklıklarda, 100, 200, 250, 300 ve 500 mmHg vakum seviyelerinde dökülmüştür. Sonuçlar, yerçekimine ters döküm yöntemiyle gelişmiş besleme özelliklerinin elde edildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yerçekimine ters döküm, yaş kum kalıp, besleme özellikleri.

EFFECTS OF COUNTER GRAVITY CASTING ON FEEDING PROPERTIES OF CASTING PARTS

ABSTRACT

In this study, effect of casting temperature and pressure on feeding properties of specimens produced by green sand mould traditional gravity casting and counter gravity casting was investigated. In experimental study Al - 10 % Si casting alloys was used. the specimens were poured at 600, 640 and 690 °C temperature, under 100, 200, 250, 300 and 500 mmHg vacuum level. the results showed that improved feeding properties were obtained by Counter Gravity Casting process.

Keywords: Counter gravity casting, green sand mold, feeding properties.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Üretilen döküm parçalar uzay ve otomotiv endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Metalik malzemeler sıvıdan katılaşmaya başladıklarında hacimce küçülürler. Bu durum döküm işlemlerinde katılaşma çekmesi olarak ifade edilmektedir. Katılaşma çekmesi, sıvı metal sıcaklığı, malzeme bileşimi, katılaşma ve döküm işlem şartlarına bağlı olarak değişim gösterir. Sıcaklıkla birlikte malzemelerin hacimce büyüme ya da küçülme oranları o malzemelerin genleşme ve büzülme miktarları ile ilişkilidir. Ancak, sıcaklığın artması, metal atomları arasındaki mesafenin de artmasına yol açtığından aynı kütledeki metalin kapladığı hacimde artış meydana gelmektedir. Bu durum yüksek sıcaklıklarda dökülen metal ve alaşımların kalıp içerisinde katılaşma sürecinde daha fazla büzülmesi anlamına gelmektedir. Büzülmenin

fazla olması da katılaşma sırasında döküm parçalarda çekme miktarının artmasına yol açmaktadır [1-8].

Döküm parçaların üretimi sırasında özellikle kalın kesitli parçalarda katılaşma çekmesinin karşılanması ya da katılaşma sırasında büzülerek metalin boşalttığı yerlerin doldurularak sağlam parçaların üretilebilmesi amacıyla genellikle besleyiciler kullanılmaktadır [1,3]. Döküm parça kesit kalınlığındaki artış sonucunda soğuma hızı azalmaktadır. Döküm sıcaklığının artması da aynı etkiye sebep olmaktadır. Bu sebeple besleyici ve besleme ihtiyacının azaltılması amacıyla kesit kalınlığı, döküm sıcaklığının azaltılması ve basınç yardımıyla (pres döküm) döküm işlemleri yaygın olarak uygulanan tekniklerdendir [3,9-11].

Al-Si alaşımlarının çekme ve besleme karakteristikleri konusunda yapılan çalışmalar bulunmaktadır

[2,3,12,13]. Bunlar genellikle basınçlı döküm işlemleri [1,10,11], alaşım elementlerinin etkileri, soğutucu kullanımı gibi etkilerin [1,2,14,15] incelenmesi şeklindedir. Ancak özellikle kullanılan kalıp malzemesi, soğuma şartları ve vakum uygulamasının etkileri konusunda çalışmalar bulunmamaktadır. Basınç yardımıyla (pres döküm) sıvı metalin kalıba sıkıştırılarak doldurulmasının da besleme ihtiyacının azaltılmasında önem taşıdığı göz önüne alındığında, bu yöntemin önemli avantaj sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer yandan vakum ile sıvı metalin yerçekiminin tersi yönde hazırlanan kalıplara doldurulduğu yerçekimine ters döküm yöntemi üretilen parçaların yapı ve özelliklerini olumlu yönde geliştirdiği bilinmektedir. Yerçekimine ters döküm yöntemi ile çok düşük döküm sıcaklıklarında üretim yapılabilir. Çekme boşluğu bulunmayan parça üretimi, döküm işlemlerinin temel amaçlarında birisidir. Bu nedenle hangi döküm yöntemi kullanılırsa kullanılsın üretilen parçaların her açıdan sağlam ya da diğer bir ifade ile amaca uygun olması istenir. Bu amaçlarla birçok teknik (basınçlı döküm), metalürjik işlem (tane inceltme ve modifikasyon) ve malzemeler (alaşım elementi ilavesi) kullanılmaktadır [11,12,15]. Bunlardan birisi de; burada olduğu gibi döküm işlemlerinde vakum uygulanmasıdır. Yerçekimine ters döküm konusundaki yayınlarda besleme konusunda çalışmaların olmaması önemli bir eksiklik oluşturmaktadır. Ancak besleme ile ilgili olarak basınçlı (pres) döküm konularındaki çalışmalar [3,9-11] incelendiğinde; basıncın avantaj sağladığı görülmektedir. Bu çalışmaların temel noktasını; çekme oluşan bölgelerin sıvı metal ile doldurulması sırasında basıncın etkilerinin tespit edilmesi oluşturmaktadır. Çalışmaların neticesinde, uygulanan basıncın artırılmasıyla dökümlerde çekmeye bağlı gözeneklerin azaldığı, hatta önlenemediği görülmektedir.

Yaş kum kalıplarda Al-% 10 Si alaşımının farklı döküm sıcaklıkları ve vakum seviyelerinde üretilmesi sırasında meydana gelen boşluk şeklindeki çekme miktarlarının tespit edilmesi ve elde edilen sonuçların geleneksel döküm ile karşılaştırılması amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

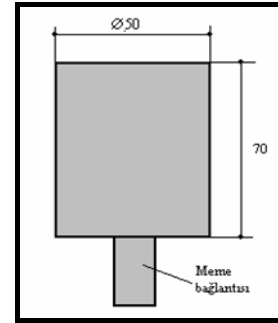
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL PROCEDURE)

Yerçekimine ters döküm yöntemi ile numune üretimi için elektrik direnç ergitme ünitesi kullanılarak sıvı metal hazırlanmıştır. Ergitme sırasında; ocak ve sıvı metalin sıcaklığı K-tipi ısı-çiftler yardımıyla ölçülmüştür. Döküm işlemlerinde, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen %10 Si içeren ticari Al-Si döküm alaşımı (ETİAL 171) kullanılmıştır. Çalışmada vakum ile yerçekimine ters döküm yapılabilmesi için çelik malzemeden özel olarak hazırlanmış olan boru tipi dereceler kullanılmıştır. Yerçekimi döküm işlemlerinde ise dökümhanelerde kullanılan

geleneksel çerçeve tipi dereceler kullanılmıştır. $\varnothing 50$ x 70 mm boyutlarında hazırlanan model (Şekil 1) kullanılarak yaş kum kalıp malzemesinde kalıplar hazırlanmıştır.

Tablo 1. Döküm işlemlerinde kullanılan Al -% 10 Si alaşımı kimyasal bileşimi (Table 1. Chemical analysis of Al-10Si alloy used in casting process)

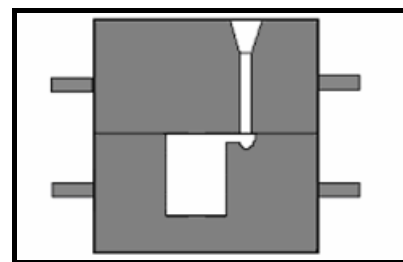
Element	Bileşim oranı (% ağırlık)
% Si	9.42
% Fe	0.38
% Cu	0.05
% Mn	0.431
% Mg	0.36
% Cr	0.015
% Ni	0.04
% Zn	0.06
% Ti	0.10
% Pb	0.011
% Al	Kalan



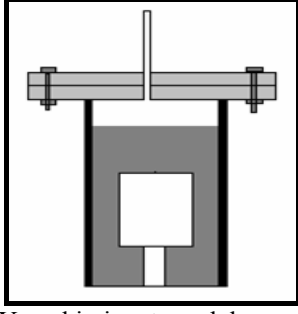
Şekil 1. Besleyici modeli (Figure 1. Model of feeder)

Yerçekimi ile döküm işlemi bir pota yardımıyla sıvı metalin hazırlanan kalıba doldurulması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Vakum ile yerçekimine ters döküm işlemleri ise hazırlanan özel bir düzenek kullanılarak yapılmıştır. Geleneksel yerçekimi yönteminde model Şekil 2'de görüldüğü gibi alt dereceye dikey pozisyonda yerleştirilmiş, dikey yolluk ve buna bağlı olan tek meme yardımıyla döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Yerçekimine ters döküm işlemlerinde ise; Şekil 3'te olduğu gibi dikey pozisyondaki modelin alt kısmından meme bağlantısı yardımıyla döküm işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Döküm işlemleri hazırlanan yaş kum kalıplar

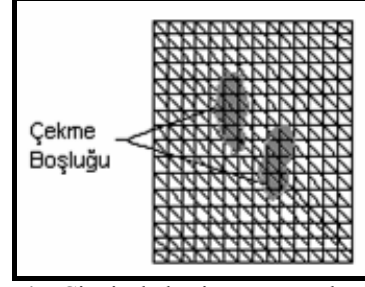


Şekil 2. Geleneksel döküm yöntemi kalıp tasarımı (Figure 2. Mold desing of traditional casting process)



Şekil 3. Yerçekimine ters döküm yöntemi kalıp tasarımı (Figure 3. Mold desing of counter gavity casting process)

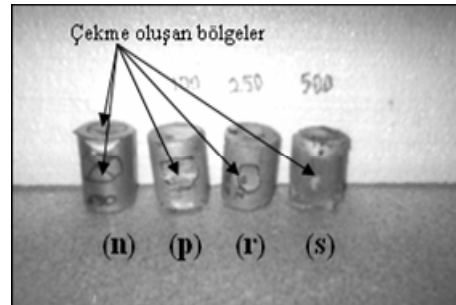
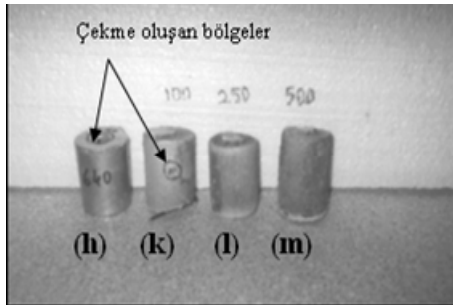
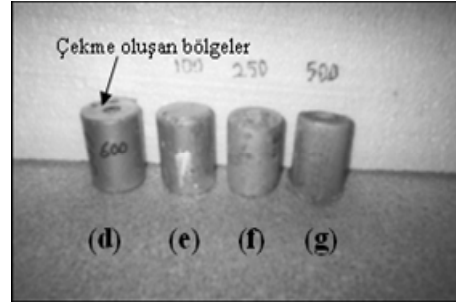
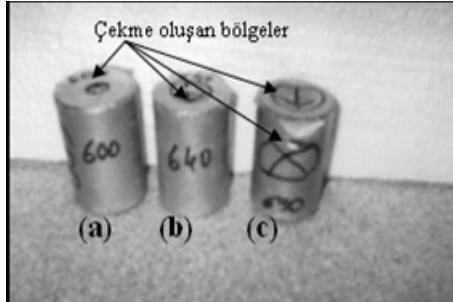
kullanılarak 600, 640 ve 690 °C sıcaklıklarda ve 100, 250 ve 500 mmHg vakum seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Döküm işlemleri sonucunda elde edilen parçalar kullanılarak önce parçanın dış kısmından, daha sonra ise dikey yönde ortalarından kesilen numuneler üzerinde meydana gelen boşlukların şekline bakılarak besleme konusundaki incelemeler gerçekleştirilmiştir. Meydana gelen çekme boşluklarının miktarları çizgisel kesişme metodu yardımıyla Şekil 4'te verilen skala kullanılarak numune dış ve iç yüzeylerinden ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar hacimsel anlamda çekmeyi ifade etmemektedir. Elde edilen sonuçlar incelenen numunenin yüzey alanına karşılık gelen çekme bölgesinin % cinsinden oranını göstermektedir. Elde edilen çekme miktarları geleneksel dökümde en yüksek sıcaklıkla diğer sıcaklıklar, yerçekimine ters döküm de ise geleneksel dökümde aynı döküm sıcaklığı baz alınarak vakum miktarının etkisi değerlendirilmiş ve değişim oranları belirlenmiştir.



Şekil 4. Çizgisel kesişme metodu skalası (Figure 4. Scale of lineer intercept method)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Al- 10 Si alaşımından üretilen parçalarda besleme ihtiyacının belirlenebilmesi amacıyla yerçekimine ters ve geleneksel yer çekimiyle dökümle üretilen numuneler kesilmeden önce elde edilen görüntüler Şekil 5'te, merkezlerinden dikey yönde kesilmiş görüntüleri ise Şekil 6'da verilmektedir. Kalın kesitli parçalarda çekme görüntüleri genellikle üst kısımdan çökme ve iç kısımlarda parça merkezi boyunca boşluk ya da gözenekler şeklinde olmaktadır. Üretilen numuneler incelendiğinde; geleneksel yöntemde döküm sıcaklığındaki artışa bağlı olarak çekme boşluklarının arttığı görülmektedir (Şekil 5.a-c). Döküm sıcaklığının 600 °C'den 690 °C'ye artırılması sonucunda çekme boşluk miktarında artış olmaktadır. Geleneksel yöntem ile üretimde bütün döküm sıcaklıklarında çekme boşluklarının olduğu ve buna bağlı olarak önemli oranda besleyici ihtiyacının bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, döküm sıcaklığının azalmasının kalın kesitli sağlam döküm



Şekil 5. a) 600, b) 640 ve c) 690 °C'de geleneksel döküm; 600 °C'de; d) geleneksel, e) 100, f) 250 ve g) 500 mmHg vakum, 640 °C'de; h) geleneksel, k) 100, l) 250 ve m) 500 mmHg vakum, 690 °C'de; n) geleneksel, p) 100, r) 250 ve s) 500 mmHg vakum ile döküm numuneleri (Figure 5. Specimens of traditional casting at a) 600, b) 640 and c) 690 °C, at 600 °C; d) traditional casting, e) 100, f) 250 and g) 500 mmHg with vacum, at 640 °C; h) traditional casting, k) 100, l) 250 and m) 500 mmHg with vacum, at 690 °C; n) traditional casting, p) 100, r) 250 and s) 500 mmHg with vacum)

parça üretiminde önemli oranda avantaj sağladığını göstermektedir.

Malzemeler genellikle döküm için ısı verilerek ergitilirler ve ergime sıcaklığından bir miktar daha yüksek sıcaklıkta dökülürler. Bu sıcaklığa ise döküm sıcaklığı denilmektedir [1,2]. Döküm sıcaklığının artması sonucunda atomlar arası mesafe de artmaktadır. Sıcaklığın artması ile birlikte atomlar birbirlerinde uzaklaşmakta ve atomlar arası bağlar zayıflayarak ergime işlemi sağlanmaktadır. Böylece malzemeler katı halden sıvıya dönüşmektedirler. Sıcaklık ne kadar fazla olursa bu atomlar arası mesafe de o kadar artmaktadır. Bu durum aynı kütleye sahip bir malzemenin daha yüksek bir sıcaklık ortamında daha fazla hacim kaplaması anlamına gelmektedir. Döküm işlemlerinde bu ve benzeri nedenlerden dolayı mümkün olan en düşük sıcaklıkta döküm yapılması tercih edilmektedir [1-8]. Sıvı metal kalıba doldurulup katılaşmaya bırakıldığında atomlar kendi denge noktalarına gelecek ve katıyı meydana getirecektir. Sıcaklığa bağlı olarak artan atomlar arası mesafe nedeniyle sabit hacimli kalıp içerisine doldurulabilen metal miktarı azalacaktır. Bu durumda katılaşma sonucunda meydana gelecek boşluk miktarı da artacaktır. Bunun sonucunda yüksek oranda besleme ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Çekme boşluğunun azaltılması için yapılabilecek en basit işlem ise sıcaklığın azaltılmasıdır.

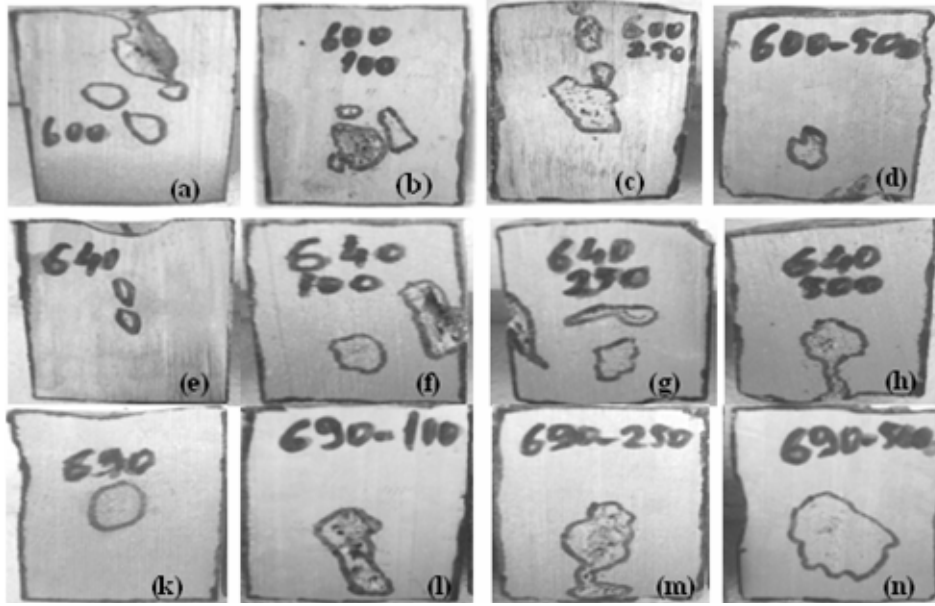
Diğer yandan basıncın atomlar arası mesafeye etkisi de bilinen bir gerçektir. Basıncın etkisiyle sıkıştırma sonucunda atomlar arası mesafe azalmaktadır [3,9-11]. Bu durumda sıvıdan katıya geçen malzeme içerisindeki atomlar arası mesafelerin azalması ile daha yüksek yoğunlukta malzeme üretilebilmektedir. Bu çalışmada döküm işlemlerinde vakum ile emme şeklinde negatif bir basınç uygulanmaktadır. Bu vakum nedeniyle daha yüksek yoğunluğa sahip parçalar üretilmekte ve bunun sonucunda ise yüksek mekanik özellikler elde edilebilmektedir [1,16-21]. Vakum uygulamasının katılaşmayı hızlandırması ve atomlar arası mesafeyi azaltarak yoğunluğu artırması nedeniyle çekme boşluğunun azaltılabileceği düşünüldüğü bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Diğer yandan yerçekimine ters döküm yöntemi ile üretilen numunelere bakıldığında, geleneksel yöntemde olduğu gibi döküm sıcaklığındaki azalma ile birlikte çekme miktarının azaldığı ve buna bağlı olarak besleme gereksiniminin de azaldığı tespit edilmiştir. 600 °C döküm sıcaklığında bütün vakumda seviyelerinde üretilen numunelerde ise çekme boşluklarının neredeyse bulunmadığı görülmüştür. Bu yöntemde sıcaklıktaki düşüşün yanında, uygulanan vakuma bağlı olarak besleme ihtiyacının azaldığı düşünülmektedir. Çünkü aynı sıcaklıkta, ancak farklı vakum miktarlarında üretilen numuneler incelendiğinde artan vakuma bağlı olarak çekme boşluklarının miktarı azalmaktadır (Şekil 5). Bu

sonuçlar; yerçekimine ters döküm yöntemi ile çok düşük sıcaklıklarda ve uygulanan vakum yardımıyla çekme boşluklarının giderilerek sağlam döküm parça üretiminin sağlanabileceğini ortaya koymaktadır. Döküm sıcaklığına bağlı olarak geleneksel yöntemde en düşük çekme miktarının 600 °C sıcaklıkta döküm sonucunda elde edilebildiği görülmektedir (Şekil 5.a). Düşük sıcaklıkta üst kısımda küçük miktarda çekme boşluğu (çökme şeklinde) görülürken, sıcaklığın artmasına bağlı olarak boşluk miktarı artmakta ve hatta 690 °C sıcaklıkta (Şekil 5.c) orta yan kısımda da boşluğun meydana geldiği görülmektedir. Bu sonuçlar döküm sıcaklığındaki artışın sağlam döküm parça üretiminde olumsuzluklara sebep olduğunu göstermektedir.

Vakum uygulaması sonucunda; geleneksel yöntemle kıyasla çekme boşluğu oluşumu ve miktarı da azalmaktadır. 600 °C sıcaklıkta döküm sonuçları incelendiğinde; geleneksel yöntem ile üretim sonucu yüzeyde çekme görülürken, uygulanan vakum seviyelerinin tümünde çekme oluşumu görülmektedir (Şekil 5.d-g). 640 °C'de ise 100 mmHg vakumda çekme bulunmasına rağmen, geleneksel yöntem sonucunda oluşan çekme miktarına kıyasla daha azdır. Ancak diğer vakum seviyelerinde parçaların yüzeylerinde kesinlikle çekme görülmemektedir (Şekil 5.h-m). 690 °C sıcaklıkta döküm sonucunda ise hem geleneksel, hem de tüm vakum seviyelerinde yüzeyde çekme meydana gelmiştir. Ancak uygulanan vakum sonucunda meydana gelen boşlukların geleneksel yöntemdeki boşluklara kıyasla daha küçük ya da az olduğu görülmektedir (Şekil 5.n-s). Sonuçlar, genel olarak düşük döküm sıcaklığı ve vakum uygulamaları sonucunda çekme miktarının azaltılabildiğini göstermektedir.

Diğer yandan, çekme oluşumunun sadece parça yüzeylerinde olmayıp, iç kısımda merkez bölgelerde de meydana geldiği bilinmektedir [1,2]. Bu amaçla üretilen numuneler dikey orta kısımlarından kesilerek iç kısımlarda meydana gelebilecek çekme boşlukları incelenmiştir. Elde edilen görüntüler Şekil 6'da verilmiştir. 600 °C sıcaklıkta döküm sonucunda üretilen numunelere bakıldığında (Şekil 5.a-d) geleneksel yöntemde üst kısımda boşluk ve çökme şeklinde çekme görülürken, vakum uygulaması sonucunda çekme miktarının çok az miktarda ve gözenekler şeklinde oluştuğu görülmektedir. Yüksek vakum seviyelerinde (500 mmHg) gözenek miktarının yok denilecek kadar azaltılabildiği görülmüştür. 640 °C sıcaklıkta döküm sonucunda meydana gelen çekme görüntüleri ve miktarları Şekil 6.e-h'de görülmektedir. Geleneksel döküm sonucunda üst kısımda çökme ve orta kısımda geniş bir alanda gözenek şeklinde çekme oluştuğu görülmektedir. Vakum uygulaması ile çekme şekli ve miktarı değişmektedir. Düşük vakum seviyelerinde (100 mmHg) kenar kısımda boşluk ve iç kısımda gözenek şeklinde çekme meydana gelirken, vakum miktarının



Şekil 6. Döküm numunelerinin merkezden kesilmiş fotoğrafları; 600 °C’de a) geleneksel, b) 100 mmHg, c) 250 mmHg ve d) 500 mmHg vakum, 640 °C’de e) geleneksel, f) 100 mmHg, g) 250 mmHg ve h) 500 mmHg vakum, 690 °C’de k) geleneksel, l) 100 mmHg, m) 250 mmHg ve n) 500 mmHg vakum (**Figure 6.** Photographs of cutting centerline of casting specimens; at 600 °C; a) traditional casting, b) 100, c) 250 ve d) 500 mmHg with vacuum, at 640 °C; e) traditional casting, f) 100, g) 250 ve h) 500 mmHg with vacuum, at 690 °C; k) traditional casting, l) 100, m) 250 ve n) 500 mmHg with vacuum)

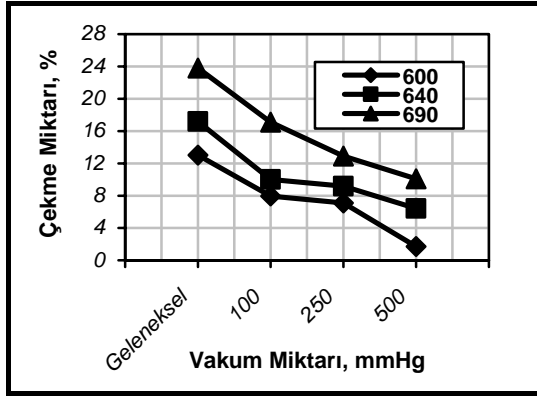
artmasıyla boşluk yerine daha çok iç kısımda gözenek biçiminde çekme olduğu görülmektedir. Ancak, vakum miktarındaki artışa (250 ve 500 mmHg) bağlı olarak çekme miktarının geleneksel yöntemle göre azaldığı görülmektedir. 690 °C sıcaklıkta üretilen numunelere bakıldığında (Şekil 6.k-n) çekme miktarının düşük döküm sıcaklıklarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. 690 °C’de iç kısımlarda meydana gelen çekme görüntüleri incelendiğinde üst ve yan kısımda çökme, iç kısımda ise gözenek biçiminde olduğu görülmektedir. Bu sıcaklıkta da diğer sıcaklık şartlarında olduğu gibi vakum uygulaması sonucunda çekme miktarının azaldığı tespit edilmiştir. 690 °C sıcaklıkta diğer döküm sıcaklıklarından farklı olarak vakum miktarının artırılmasına rağmen numunenin üst ve yan kısımlarında bulunan çökme şeklindeki (Şekil 5.n-s) çekme görüntüleri giderilememiştir. Ancak, bu çökmenin vakum miktarındaki artışla birlikte meme bağlantısının bulunduğu numunenin alt kısmına doğru kaydığı görülmektedir. Daha yüksek vakum seviyelerinde döküm yapılması durumunda çekmenin daha da azaltılabileceği elde edilen sonuçlardan görülebilmektedir. Yerçekimine ters döküm yöntemiyle kalın kesite sahip parçaların başarılı bir şekilde üretilebileceği elde edilen bu sonuçlardan görülmektedir.

Üretilen numunelerde meydana gelen çekme boşluklarının sayısal olarak ifade edilmesinin daha doğru olacağı düşünülerek yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler Tablo 2 ve Şekil 7-8’de verilmiştir.

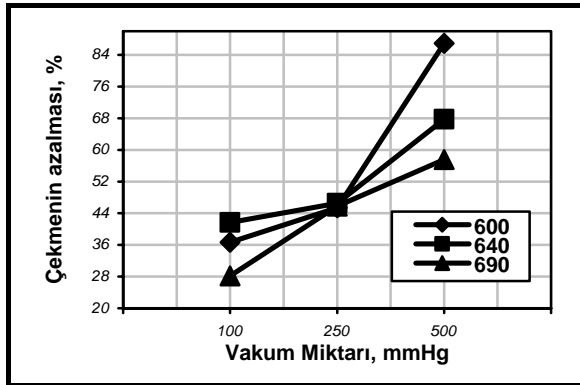
Tablo 2. Döküm sıcaklığı ve uygulanan vakum miktarına bağlı olarak çekme miktarının değişimi (**Table 2.** Variable of shrinkage cavity depending on pouring temperature and applied vacuum)

		600 °C	640 °C	690 °C
Geleneksel	% çekme miktarı	13,01	17,2	23,8
	% çekmenin azalması	45,33	27,73	--
100 mmHg vakum	% çekme miktarı	7,98	10,03	17,1
	% çekmenin azalması	36,66	41,68	28,15
250 mmHg vakum	% çekme miktarı	7,1	9,2	12,9
	% çekmenin azalması	45,42	46,51	45,79
500 mmHg vakum	% çekme miktarı	1,7	6,4	10,1
	% çekmenin azalması	86,93	67,79	57,56

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak çekme miktarı önemli oranda artmaktadır. Oluşan çekme boşluklarının miktarlarındaki değişimler döküm sıcaklığının etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla geleneksel dökümlerde sıcaklıklar arasındaki farklar ve yerçekimine ters döküm sonuçları ise geleneksel yöntemle aralarında meydana gelen farklar kullanılarak bulunmuştur. Geleneksel yöntemde en düşük ve en yüksek sıcaklığa bağlı olarak değişim miktarı yaklaşık % 34,29 oranında gerçekleşmiştir. Vakum uygulamasına bağlı olarak çekme miktarı



Şekil 7. Üretilen numunelerde meydana gelen çekme boşluklarının miktarları (Figure 7. Shrinkage cavity ratio of specimens)



Şekil 8. Üretilen numunelerde vakum uygulamasına bağlı olarak meydana gelen çekme miktarlarının azalması (Figure 8. % Decrease in shrinkage cavity of specimen depending on vacuum level)

büyük oranda azalmıştır. Her bir döküm sıcaklığı kendi içerisinde değerlendirildiğinde değişim oranları 600 °C'de % 86,93, 640 °C'de % 67,79 ve 690 °C'de ise % 54,04 şeklindedir. Bu sonuçlar döküm sıcaklığının azalması ve aynı zamanda vakum miktarının artması ile çekme miktarının büyük oranda azaltılabildiğini göstermektedir azaltılabildiğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

- 1) Aynı sıcaklık şartlarında geleneksel yöntemle kıyasla vakum uygulaması sonucunda çekme miktarında önemli oranda azalma meydana gelmiştir.
- 2) Geleneksel yöntemle üretilen numunelerde üst kısımda ve yüzeyde dışa açık şekilde çekme boşluğu, dikey ve yatay doğrultuda numunelerin merkez kısımda gözenekler meydana gelmiştir. Diğer yandan vakum uygulamasına bağlı olarak çekme miktarının azaldığı ve biçiminin de birçok numunede boşluk yerine çoğunlukla gözenek şeklinde oluştuğu görülmüştür.
- 3) 600 °C sıcaklıkta vakum uygulanması sonucunda çekme oluşumu ve miktarı büyük oranda

azaltılmıştır. Bu sıcaklıkta 500 mmHg vakum miktarında ise hemen hemen çekme yok denecek düzeydedir. Daha yüksek sıcaklıklarda dökümde ise vakum miktarındaki artışa bağlı olarak çekme miktarında azalma görülmüştür.

- 4) Çekme oluşumunun azaltılabilmesi ya da önlenmesi açısından düşük sıcaklık ve yüksek seviyede vakum ile döküm yapılmasının yarar sağlayacağı görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Rasmussen, N.W., "New Filling/Feeding Process Produces Vertically-Parted Aluminum Green Sand Castings" **Modern Casting**, 54-55, April 2000.
2. Kuo, Y.S., Chang, E. and Lin, Y.L., "The Feeding Effect of Risers on the Mechanical Properties of A201 Al Alloy Plate Casting" **AFS Transaction**, Cilt 89, No 159, 777-782, 1989.
3. Campbell, J. **Casting**, Butterworth-Heinemann, 120-300, 1999.
4. Güleyüpoğlu, S., "Casting Process Design Guidelines", **AFS Transactions**, Cilt 97, No 83, 869-876, 1997.
5. Kuo, J.H., Hsu, F.L. and Hwang, W.S., "Development of an Interactive Simulation System For the Determination of the Pressure-Time Relationship During the Filling in A Low Pressure Casting Process", **Science and Technology of Advanced Materials**, Cilt 2, 131-145, 2001.
6. Dash M., and Malkhlouf, M., "Effect of Key Alloying Elements on the Feeding Characteristics of Aluminum- Silicon Casting Alloys", **Journal of Light Metals**, Cilt 1, 251-265, 2001.
7. Li, K.D., Cheng, M.C. and Chang, E., "Effect of Pressure on the Feeding Behavior of A356 Alloy In Low-Pressure Casting" **AFS Transaction**, Cilt 01, No 026, 311-320, 2001.
8. Lee, Y.W., Chang, E., Lin, Y.L. and Yeh, C.H., "Correlation of Feeding and Mechanical Properties of A206 Aluminum Alloy Plate Casting" **AFS Transaction**, Cilt 90, No 187, 935-941, 1990.
9. Loper Jr, C.R. and Prucha, T.E., "Feed Metal Transfer in Al-Cu-Si Alloys" **AFS Transaction**, Cilt 90, No 165, 845-853, 1990.
10. Fuoco, R., Correa, E.R. and A. Bastos, M., "Effects of Grain Refinement on Feeding Mechanisms in A356 Aluminum Alloy" **AFS Transaction**, Cilt 98, No 78, 401-409, 1998.
11. Pan, E.N., Lin, C.S. and Loper Jr, C.R., "Effects of Solidification Parameters on the Feeding Efficiency of A356 Aluminum Alloy" **AFS Transaction**, Cilt 90, No 117, 735-746, 1990.
12. Taylor, J.A., Schaffer, G.B. and StJohn, D.H., "Shrinkage Porosity Formation in Iron-

- Containing Al-Si-Cu-Mg Casting Alloys”, **Proc. Inter. Conf. on Casting and Solidification of Light Alloys, Gold Coats, Australia**, 55-60, 30-31 August 1995.
13. Xiong, M. and Kuznetsov, A.V., “An Investigation of the Microporosity Formation in An Al-4.1 %Cu Alloy Casting in Microgravity and in Standard Gravity”, **Heat and Mass Transfer**, Cilt 38, 35-43, 2001.
 14. Dahle, A.K. and StJohn, D.H., “Rheological Behaviour of the Mushy Zone and Its Effect on the Formation of Casting Defects During Solidification”, **ACTA Metallurgica**, Cilt 47, No 1, 31-41, 1999.
 15. Knuutinen, A., Nogita, K., McDonald, S.D. and Dahle, A.K., “Porosity Formation in Aluminum Alloy A356 Modified with Ba, Ca, Y and Fb” **Journal of Light Metals**, Cilt 1, 241-249, 2001.
 16. Niu, X.P., Hu, B.H., Pinwill, I. and Li, H., “Vacuum Assisted High Pressure Die Casting of Aluminium Alloys”, **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 105, 119-127, 2000.
 17. Anon, “Turning the Gating World Upside Down”, Technical Paper, Hitchiner Manufacturing Co., (www.hitchiner.com), 2005.
 18. Ripkin, F. and Lipson, S., “Counter Gravity Casting of Aluminum Alloys in Green Sand Molds” **AFS Transactions**, Cilt 70, 581-592, 196).
 19. Lipson, S. and Ripkin, F., “Effect of Sections Thickness on the Tensile Properties of Thin-Section Aluminum Alloy Sand Casting” **AFS Transactions**, Cilt 69, 192-197, 1969.
 20. Chandley, G.D., “Making Casting Without Ladles or Sprues – The CLA Process” **AFS Transactions**, Cilt 28, 37-42, 1976.
 21. Shenefelt, J.R. and others, “Countergravity Casting of Thin-Wall Al A356, Part II: Result of Casting Characterization Studies” **AFS Transactions**, Cilt 101, 563-566, 1998.

