

SIKIŞTIRMALI DÖKÜM YÖNTEMİ KULLANILARAK ETİAL-160 Al-Si ALAŞIMINDAN BOMBA GÖVDESİ PROTOTİPİNİN ÜRETİLMESİNDE KALIP BASINCININ VE BASINÇ UYGULAMA SÜRESİNİN İNCELENMESİ**Murat ÜNDEY¹, Habib SARIDİKMEN², NİLGÜN KUŞKONMAZ^{2*}**¹*Oyak Renault, Nilüfer-BURSA*²*Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa-İSTANBUL*

Geliş /Received: 29.07.2003 Kabul/Accepted: 03.03.2004

THE ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF PRESSURE AND APPLICATION PERIOD IN SQUEEZE CAST PROTOTYPED ETIAL-160 Al-Si ALLOY BOMB BODIES**ÖZET**

Ticari önemi olan metal şekillendirme işlemleri ya tamamen sıvı metallerin ya da tamamen katı metallerin kullanıldığı işlemlerdir. Metal döküm yöntemlerinin kullanımı ürünlerin kalitelerinin geliştirilmesi imkanı sunmaktadır. Yöntemin tam olarak uygulanabilmesi için sıkıştırılmış döküm ve yarı-katı metal dökümü işlemlerinin değişkenlerinin tam olarak belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada Al-Si alaşımında sıkıştırılmış döküm yöntemi ile prototip bomba gövdesi üretimi incelenmiştir. Bu deneysel çalışma ile sıkıştırılmış döküm yönteminin tam olarak uygulanabilmesi için sıkıştırılmış döküm değişkenlerinin tam olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sıkıştırılmış Döküm, Etial-160**ABSTRACT**

Metal forming processes of commercial importance employ either fully solid metals or liquid metals. The use of metal casting processes offers opportunities to improve the products qualities. In this study, producing of prototyped bomb body from Al-Si alloy by squeeze casting method has been investigated. For applying the squeeze casting process exactly, the variations of squeeze casting processes have been determined by this experimental study.

Keywords: Squeeze Cast, Etial-160**1. GİRİŞ**

Sıkıştırılmış döküm, basınçlı dökümle kapalı kalıpta dövmenin bir bileşimidir. Döküm işlemindeki sıvı metalin kalıbı doldurması ve dövme işlemindeki dikey pres hareketinin bir araya gelmesiyle oluşmuş melez bir yöntem olarak ortaya çıkar. [1]

Yaygın düşüncenin aksine sıkıştırılmış döküm yeni bir yöntem değildir. Bu konudaki ilk referans 1819'da James Hollingrake tarafından alınan patenttir. Bununla birlikte 20. yüzyılın ikinci yarısına kadar önemli bir gelişme gözlenmemiştir. 1931'de alüminyum-silisyum

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail: kkonmaz@yildiz.edu.tr ; tel: (0212) 449 1639

alaşımlarında basıncın etkisi incelenmiş, sonra Sovyetler Birliği'ndeki gelişmelerle 1975'de Plyatskii tarafından sıkıştırılmalı döküm konusunda ilk sayılabilecek bir kitap yayınlanmıştır [2, 3]. Sovyetler Birliği'ndeki gelişmelere paralel olarak 1965-1970 yıllarından itibaren Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Japonya da çalışmalar başlamış ve bu tarihi gelişimin sonucu olarak 1974'de ilk ticari uygulamaya geçilmiştir [4].

Sıkıştırılmalı Dökümün ana prensibini, doğru ölçülmüş hacimdeki sıvı metalin istenilen sıcaklıktaki kalıba konması ve üst kalıbın inerek veya pistonun yukarı çıkarak metalin katılması esnasında basınç uygulaması oluşturur. Son yıllarda yöntem iki ana gruba ayrılmıştır, direkt ve dolaylı yöntem. Yöntem basit ve ekonomik bir yöntem olup yüksek üretim oranlarında otomatikleştirilmiş üretim potansiyeline sahiptir. Yüksek boyutsal tamlık ve yüzey düzgünlüğü parçaların talaşlı işleme ihtiyacını en aza indirir. Diğer döküm yöntemlerine nazaran uygulanan yüksek basınçtan dolayı gözenek oranı azaltılmış ve küçük taneli mikroyapıya sahip parçalar üretilebilir. Günümüzde pistonlar, jantlar, rulman parçaları, bilezikler, bağlantı milleri, varil başlıkları, fren diskleri, dökme demirden bomba kılıfları gibi parçalar bu teknikte üretilmektedir.

Sıkıştırılmalı döküm işleminin çeşitli aşimlarla en kaliteli şekilde gerçekleştirilebilmesi için yöntemdeki değişkenlerin ürün üzerindeki etkilerini tam olarak bilmesi gereklidir. Sıkıştırılmalı döküm işlemine etki eden değişkenler olarak döküm anındaki metal sıcaklığı, sıvı metal kalitesi, kalıp sıcaklığı, basınç uygulanma anına kadar geçen süre, uygulanan basınç ve bekleme zamanı, kalıp malzemesi ve kalıp tasarımı sayılabilir.

Sıkıştırılmalı döküm işleminde genellikle yanlış anlaşılabilir noktalardan biri döküm ve dövme aşimlarının ikisinde işlem için uygun olduğudur. Bu ifade ürün eğer düz bir yüzey veya çubuk şeklinde ise doğrudur. Parçalar karmaşılaşmaya başladığı zaman aşım seçimi önem kazanır [5,6].

Uygulama çeşitli fiziksel ve mekanik özelliklere sahip aşimların geniş bir aralığına ihtiyaç duyar. Bu gereksinimleri karşılayabilmek için, bir alüminyum aşım grubu geliştirilmiştir. Çizelge 1 de sıkıştırılmalı dökümde kullanılan alüminyum döküm aşimları Çizelge 2 de ise sıkıştırılmalı dökümde kullanılan alüminyum dövme aşimları verilmiştir.

Çizelge 1. Sıkıştırılmalı dökümde kullanılan döküm tipi alüminyum aşimları [5,6]

Aşım Kodu	Kimyasal Bileşim (% ağı.)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn
LM 6	11,5-13,5	0,6	0,1	0,4	0,1	-	0,1
LM 18	4,5-6	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
LM 24	7,5-9,0	1	3,0-4,0	0,5	0,3	0,2	0,1

Bu araştırmada ETİAL-160 Al-Si aşımı kullanılarak sıkıştırılmalı döküm yöntemi ile bomba gövdesi prototipi için etken parametreler kalıp basıncı ve süresidir. Bu parametrelerden kalıp basıncının ve süresinin etkisi metalografik olarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

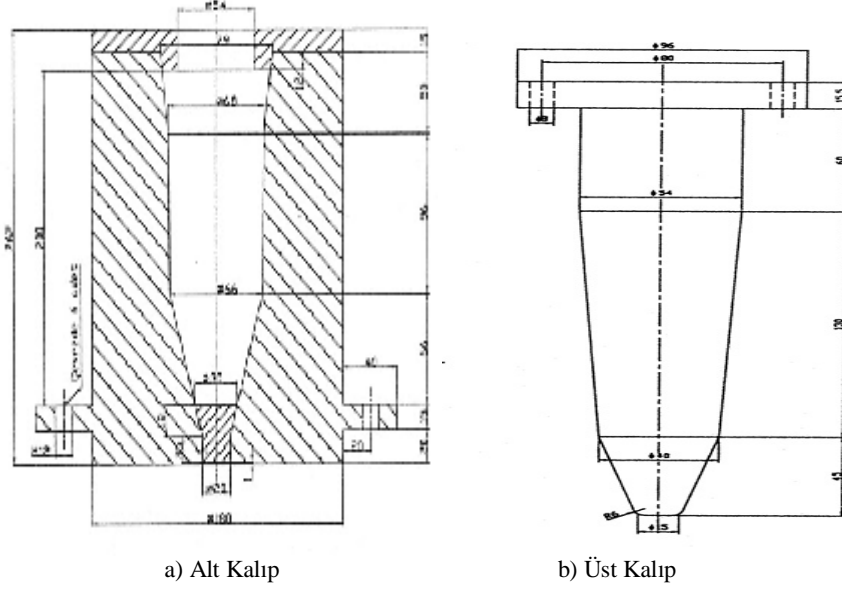
Deneysel çalışma içerisinde kullanılacak olan Al-Si aşımının seçimi esnasında aşımın hem sıkıştırılmalı hem de yarı-katı metal dökümünde kullanılabilir ve yurt içerisinde kolaylıkla temin edilebilir olması kriterleri göz önüne alınmıştır. İyi yüzey kalitesi amaçlanan parçaların basınçlı dökümünde yoğun biçimde tercih edilen ETİAL-160 aşımı yukarıda belirtilen hususlar göz önünde tutularak deneysel çalışma için seçilmiştir. Tüm deneysel süreçte Çizelge 2'de kimyasal bileşimi verilmiş olunan ETİAL-160 aşımı kullanılmıştır.

Bomba gövdesi prototipi üretilmesi deneylerinde kullanılan kalıplar TS 3920'ye göre 1.2344 malzeme numarası tanımlanan X 40 Cr5Mo1V sıcak iş takım çeliğinden tasarıma uygun olarak imal ettirilmiş ve uygun ısı işlem sürecinden geçirilerek sertleştirilmiştir. Araştırma sırasında kullanılan üst ve alt kalıpların teknik çizimi Şekil 1'de gösterilmektedir.

Sıkıştırılmış Döküm Yöntemi Kullanılarak...

Çizelge 2. Deneysel çalışmada kullanılan Al-Si (ETIAL-160) alaşımın kimyasal bileşimi.
(% ağırlık)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
7,53	0,68	3,01	0,18	0,3	0,65	0,015



Şekil 1. Alt ve üst kalıpların teknik gösterimi (Değerler mm. verilmiştir.)

Sıkıştırılmış döküm deneylerinde kalıplar BN esaslı bir kalıp ayırıcı ile kaplanmaktadır. Al-Si alaşımının dökümü sırasında gaz gidermesi işlemi ise hekzakloreten esaslı gaz giderici tabletlerle yapılmıştır. Döküm işleminden önce ETIAL-160 alaşımını külçelerinden ergitme potasına şarj edilebilecek boyutlarda parçalar kesilmiştir. Kesim esnasında veya öncesinde yağlanan ve kirlenen şarj malzemesinin üretilecek döküm parçasında sorun yaratmaması amacıyla ultrasonik temizleyici ile trikloretilen banyosu içerisinde 30 dakika ile temizlenmesi sağlanmıştır. Dökümde kullanılacak olan şarj malzemeleri ve ergitme yapılacağı grafit döküm potası dökümden önce 200 °C'taki etüvde 2 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kalıp ayırıcı kaplamanın uygulandığı alt ve üst kalıplar pres üzerinde döküm öncesi pozisyonlarında merkezlenerek hazır hale getirilmiştir. Merkezleme işleminden sonra elektrik dirençli kalıp ısıtma fırını, üst ve alt kalıpların çevresine yerleştirilerek döküm anında kalıpların sıcaklıkları 210 °C olacak bir ısıtma rejimi ile ısıtma işlemi yapılmıştır. Deneysel çalışmadaki tüm sistem hazırlandıktan sonra etüv içerisinde 200 °C'ta kurutma işleminde bekletilen grafit pota ve 1020 gramlık şarj malzemesi induksiyon ocağının içine yerleştirilir. Ergitme işleminde 9600 Hz'lik yüksek frekanslı bir induksiyon ocağı kullanılmıştır. Ergitme süresi yaklaşık olarak 6 ile 8 dakika arasında değişmektedir. Ergitme esnasında sıvı metal sıcaklığı daldırma tipi sıcaklık ölçüm cihazı ile ölçülmüştür, sıvı metalin sıcaklığı 750 °C'ta ulaştığı anda şarj malzemesin ağırlığının % 0,002'si olacak biçimde tartılmış olunan gaz giderme tableti içeren paslanmaz çelikten yapılmış çan sıvı metal içerisine daldırılarak 10-15 saniye beklenerek gaz giderme işlemi tamamlanmıştır. Sıvı metalin sıcaklığı tekrar ölçülerek 730 °C'ta ergitmenin yapıldığı grafit pota ile döküm işlemine yapılmıştır. Döküm sırasında sıvı

metal kalıp dışına sıçratılmadan ve kalıp duvarlarına çarpmadan mümkün olduğu kadar hızlı bir biçimde yapılmasına mutlak özen gösterilmiştir. Sıvı metal alt kalıbın içerisine boşaltılır boşaltılmaz, üst kalıp indirilerek önceden tesbit edilmiş süre ve basınç değerlerinde yük uygulanmıştır. Hidrolik presin belirlenen yüke ulaşması için geçen süre 3 saniyedir. Çizelge 3'te sıkıştırma süreleri, basınç değerleri ve döküm parçalarının numune numaraları verilmiştir.

Çizelge 3. Sıkıştırma basınç, süreleri ve numune numaraları

Numune Numarası	Uygulanan Pres Basıncı (ton)	Basınç Uygulama Süresi (saniye)
6	-	20
8	20	5
11	20	17
9	40	5
10	40	17

Sıkıştırma işlemin bitiminde sonra üst kalıp yukarı kaldırılarak , döküm parçası alt kalıbın dışına alınmıştır. Bu çalışma sırasında sıkıştırma basıncı gören parça ile basınç görmeyen parçalar arasındaki farkı kıyaslamak amacıyla basınç yapılmayan bir döküm uygulamasında yapılmıştır. Basınç uygulanmayan deneyde sıvı metal alt kalıba döküldükten sonra üst kalıp aşağı indirilmiş ama yükleme yapılmamıştır, 20 saniyelik bir bekleme süresinin sonunda üst kalıp kaldırılmış, döküm parçası kalıp dışına çıkartılmıştır. Şekil 2'de sıkıştırılmalı döküm yöntemi ile üretilmiş basınç görmüş ve görmemiş parçaların gösterilmektedir.

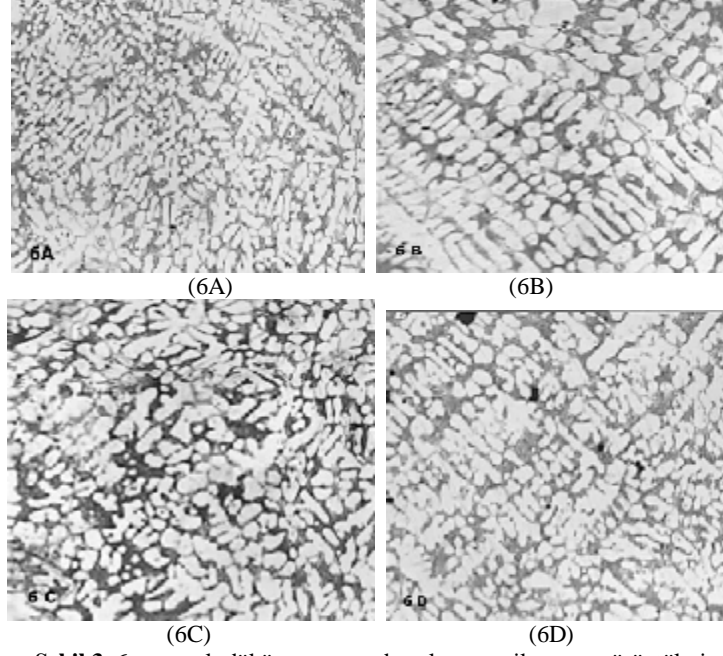


Şekil 2. Sıkıştırılmalı döküm yöntemi ile üretilmiş bomba gövdesi prototipleri, basınç görmüş (a) ve görmemiş (b) halde

Döküm deneyleri sonucunda elde edilen döküm parçaların yüzey kaliteleri gözlenmiş ve herbirinden aynı bölgeler olmak üzere 4 farklı noktadan mikroyapı incelemesi amacıyla numune hazırlanarak, % 0,5'lik HF ile dağlanmış ve 100x büyütmede mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir. Numunelerin mikroyapı resimlerinde isimlendirme amacıyla kullanılan harfler A'dan D'ye doğru kalıbın üst bölgesinden yani açık ağız tarafından kapalı buruna yani alt bölgeye doğru gidişi ifade etmektedir. D harfi numunelerin tam burun bölgesindeki iç yapıyı yansıtmaktadır.

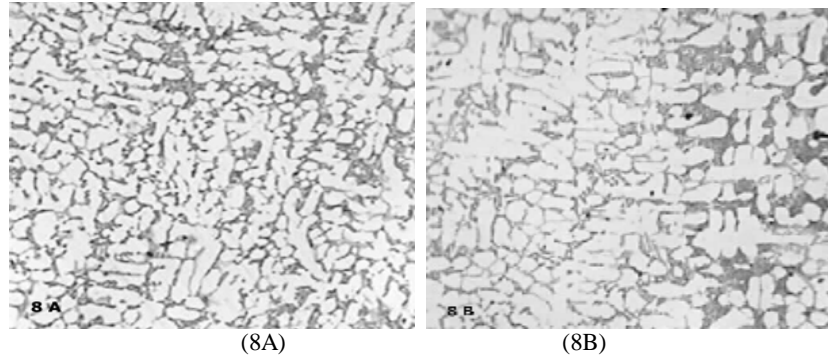
4. SONUÇLAR

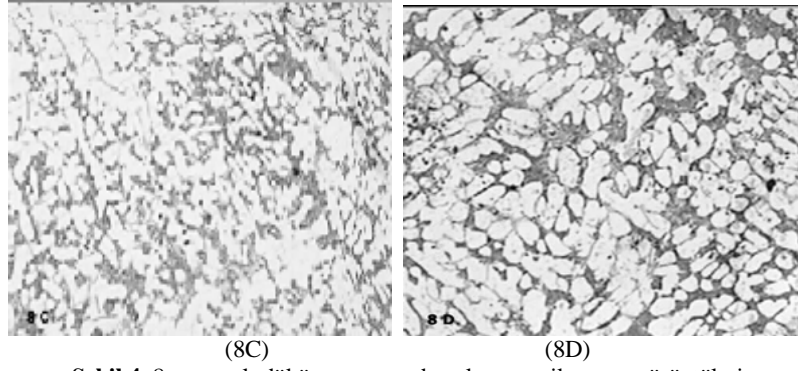
Numune numarası 6 olan döküm parçasına yapılan inceleme sonucunda parçanın hem iç hemde dış yüzeyinde pürüzlü bir yapı fark edilmiştir. Bu duruma ilave olarak numunenin iç yüzey kısmında gaz gözenekliliği net olarak gözlenmiştir, uç kısımda ise bir çekme boşluğu vardır. Gaz gözeneklerinin parçanın üst kısmına ilerledikçe büyüdüğü görülmektedir. Bu döküm parçasından alınan mikroyapı görüntüleri ise Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 6 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri

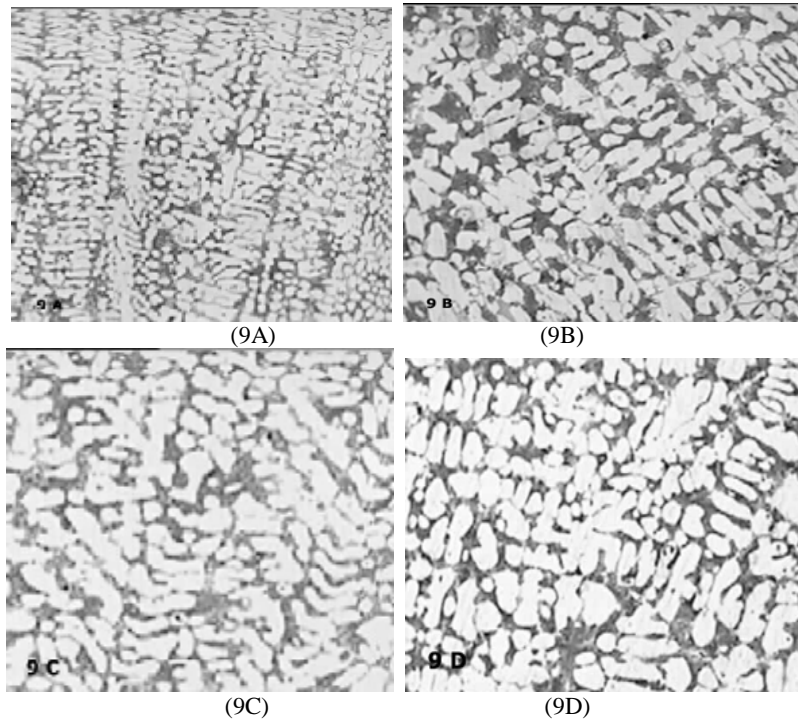
8 numaralı parça yüzeyinde ise küçük ama çok fazla miktarda gözenek bulunmaktadır. İç yüzeyde ise 6 numaralı parça tarzında gözenekli bir yapı vardır. Yine 6 numaralı döküm numunesine benzer bir durum olarak gözenekler üst kısma doğru büyüme eğilimi taşımaktadır. 8 numaralı numunenin mikroyapı görüntüsü de Şekil 4'de gösterilmektedir.





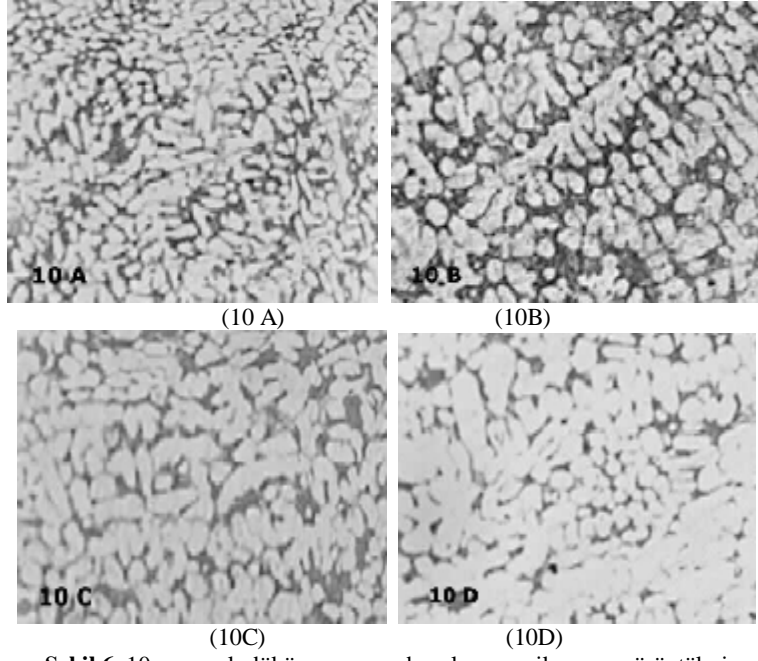
Şekil 4. 8 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri

9 numaralı parçada iç yüzey kalitesi dış yüzey kalitesine göre oldukça düşük seviyededir, gaz gözenekleri bulunmakta ama sayısında bir azalma mevcuttur. Şekil 5'te 9 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri verilmiştir.

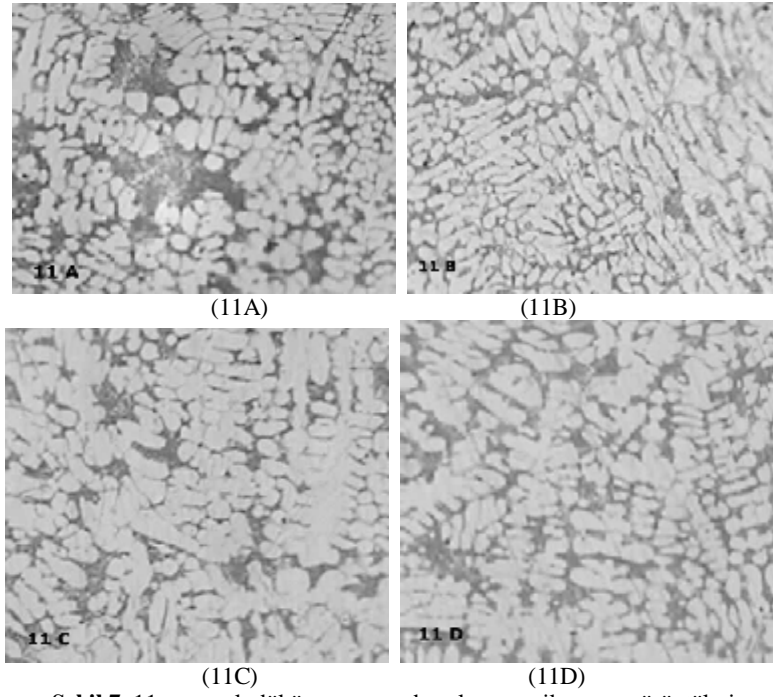


Şekil 5. 9 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri

Döküm sonunda elde edilen 10 numaralı parçada üzerinde yapılan incelemede hem iç hemde dış yüzey kalitesinde hedeflenen pürüzsüz ve boşluksuz yüzey elde edilmiştir. Aynı oluşum 11 numaralı döküm parçasında gözlenmektedir. Her iki döküm parçasında yüzey kaliteleri birbirlerine yakın ve hedeflenen düzeydedir. İki numunede de gaz gözenekliği bulunmamaktadır. Şekil 6 ve 7 sırasıyla 10 ile 11 numaralı numunelerin mikroyapılarını sunmaktadır.



Şekil 6. 10 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri



Şekil 7. 11 numaralı döküm parçasından alınmış mikroyapı görüntüleri

Mikroyapı incelenmesinde ise sadece yerçekimi etkisiyle yani basınç uygulanmayan 6 numaralı numunede diğer numunelere göre daha fazla sayıda mikro gözenek tesbit edilmiştir. 40 tonluk bir pres basıncı altında dökülen 9 ve 10 parçalarda dendritik hücre yapısının daha ince olduğu gözlenmektedir. Ayrıca tüm parçaların optik mikroyapı resimlerinde gözlenen ortak özellik A bölgesindeki numunelerde daha ince bir dendritik hücre yapısı, B bölgesinde ise kalın bir dendritik hücre yapısı görülmekte daha sonra C bölgesinde dendritik yapı tekrar inceliyor D bölgesinde kalınlaşmaktadır. Bu durum söz konusu bölgelerdeki kesit kalınlıklarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. A bölgesinde kesit kalınlığının ince olmasına karşın B bölgesinde kesit kalınlaşmakta, C bölgesinde tekrar inceliyor D bölgesinde tekrar kalınlaşmaktadır. Sonuç olarak modülü düşük olan katılma hızı düşüktür bunun neticesinde soğuma hızı veya büyüme hızı düşmekte ve buna paralel olarak dendritik hücre boyutu artmaktadır.

Sıkıştırılmalı döküm işleminin başarı ile uygulanabilmesi için döküm sıcaklığı, kalıp sıcaklığı, kalıp ayırıcısı tipi, uygulama basıncı ve süresi gibi bir çok etkenin dikkatle izlenmesi gerekmektedir. Sonuç olarak 20 veya 40 tonluk bir pres basıncının uygun süre ki bu süre minimum 17 saniye olmalıdır uygulanması durumunda hedeflenen döküm parçası yüzey ve mikroyapı kalitesinin elde edilebildiği bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın yapılmasında maddi destek sağlayan D.P.T(Proje No: 98-DPT-07-02-01), ve deneysel çalışmaların yapıldığı Y.T.Ü-Balkan İleri Döküm Teknolojileri Merkezine katkılarından dolayı teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Clegg, A.J., "Precision Casting Processes", Pergamon Press, United Kingdom,1991, 200-207.
- [2] Morton, J.R. ve Barlow, J., "Squeeze Casting: From a Theory to Profit and a Future", The Foundrymen, January, 1994,23-28.
- [3] Franklin, J.R. ve Das, A.A., "Squeeze Casting – A Review of the Status", British Foundrymen,1984, 150-158.
- [4] Lynch, R.F., Olley, R.P. ve Gallagher, P.C.J., "Squeeze Casting of Aluminum", AFS Transactions,1975, 220-226.
- [5] Williams, G. ve Fisher, K.M., "Squeeze Casting of Aluminum-Alloy Components", Metals Technology, July, 1981,263-267.
- [6] Williams, G., "Squeeze Form Combines Casting With Forging", Foundry Trade Journal, February 2,1984, 66-71.