

**DOLU KALIP VE REPLICAST CS YÖNTEMLERİ İLE DÖKÜMÜN ETIAL-160 Al-Si ALAŞIMI İÇİN KARŞILAŞTIRILMASI****Özgür KURTOĞLU, Habib SARIDİKMEN, NİLGÜN KUŞKONMAZ\****Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa-İSTANBUL***Geliş /Received: 29.07.2003 Kabul/Accepted: 03.03.2004****A STUDY ON THE COMPARISON OF ETIAL-160 Al-Si ALLOY CASTINGS PRODUCED BY FULL MOLD AND REPLICAST CS METHODS****ÖZET**

Dolu kalıp ve Replicast CS döküm yöntemleri alüminyum, dökme demir, bronz ve çelik dökümlerin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolu kalıba döküm yönteminin en çok tercih edilen kullanımında refrakter kaplı köpük model bağlayıcı içermeyen kuma yerleştirilerek, sıkıştırılmakta bundan sonra ise döküm esnasında köpük sıvı metal ile yer değiştirmektedir. Dolu kalıba döküm yöntemindeki, karbon alma ve katmer hataları başarılı ticari uygulamalar için engel yaratabilmektedir. Alternatif yöntemler köpük modellen dökümden önce ortadan kaldırılmasıdır. Replicast CS yönteminde, köpük modeller seramiğin çok sayıda tabakası ile kaplanırlar daha sonra köpük modellen döküm boşluğundan atılması için seramik kabuk yakılır. Seramik kabuklar bağlayıcısız kumla sıkıştırılarak desteklenir ve döküm yapılabilir. Bu çalışmada ETIAL-160 Al-Si alaşımının döküm deneyleri dolu kalıba ve Replicast CS yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Dolu Kalıp, Replicast CS, Etial -160**ABSTRACT**

Full Mold and Replicast CS casting methods have been used widely in producing aluminum, cast iron, bronze and steel castings. The most popular use of the Full Mold method places the refractory coated foam pattern in compacted unbonded sand and the foam replaced by the liquid metal during pouring. In the full mold casting method, the carbon pickup, lap and fold defects can create an obstacle for the successful commercial applications. Therefore, other methods to allow foam patterns in casting production required. The alternative methods are the elimination of the foam pattern before pouring. In the Replicast CS method, foam patterns are covered with several layers of ceramic coating and then ceramic shell can be fired in order to eliminate the foam pattern from casting cavity. The ceramic shells are backed by compacted unbonded sand and pouring can be done. In this study, casting experiments of ETIAL 160 Al- Si alloy have been made by using Full mold and Replicast CS methods.

**Keywords:** Full Mold, Replicast CS, Etial-160

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

## 1. GİRİŞ

Metal döküm sanayisi gelişmiş ülkelerin buldukları konuma ulaşmalarında kilit rol taşır. Tüm sanayi dalları direkt veya dolaylı biçimde üretim sistemlerinin bir parçası olarak döküm teknolojilerinden yararlanmaktadır. Döküm sanayisi günümüzde artık basit şekilli katma değeri düşük parçaların üretiminden vazgeçerek, karmaşık şekilli pompa, pervane, otomobil silindiri kafası tarzındaki ürünlere yönelmiştir. [1]

Ergimiş metalin köpük modeli buharlaştırması esasına dayanan dolu kalıba döküm yöntemi ve bu yöntemin kusurlarını gidermek amacıyla geliştirilmiş olunan Replicast CS tarzındaki yöntemler özellikle otomotiv, gemi ve makine imalat sanayilerine yönelik parçaların üretiminde kullanılmaktadır. [1,2]

Dolu kalıba döküm yönteminin en yaygın olan kullanımında, köpük modeller bağlayıcı içermeyen kum içerisine yerleştirilerek döküm yapılmaktadır. Bu yöntemde, köpük modellerin yapımında Polistiren ( PS ), Polimetilmetakrilat (PMMA) veya bunların ikisinin belirli oranlarda karıştırılması ile elde edilen ortaklaşım polimerleri kullanılır. [3]

Köpük modellerin üretimi iki ana kademe gerçekleştirilmektedir; ilk olarak önşişirme ile polimer taneleri hedeflenen yoğunluğa ulaştırılmaktadır, ikinci aşamada ise önşişirilmiş polimer taneleri kalıp içerisinde arzu edilen model şekline getirilmektedir. Önşişirme ve kalıplama aşamalarının arasında ise "olgunlaşma" ara kademesi mevcut olup, önşişirilmiş taneler uygun koşullar altında kalıplamaya gitmeden önce 2 saat süresince bekletilmektedir. Bu işlemin amacı önşişirmeden gelen polimer tanelerinin soğuması sırasında tane içindeki şişirici etken olan pentanın yoğunlaşması nedeniyle meydana gelen tane iç kesitlerinde ki negatif basıncın dengelenmesidir. Eğer önşişirilmiş taneler olgunlaştırma evresinden geçirilmez ise yassılaşmakta ve köpük modelin yüzey kalitesini bozabilmektedir. Olgunlaşmanın devamında ise önşişirilmiş polimer taneleri kalıp içerisine hava yardımıyla doldurulur. Kalıp ise genellikle Al esaslı bir alaşımdan yapılmış, üzerinde su buharının geçişine imkan veren hava deliklerinin bulunduğu bir düzendir. Kalıp içerisi yeterli miktarda önşişirilmiş polimer tanesi ile dolduktan sonra kalıbın yüzeyine su buharı yollar. Su buharının, kalıp içinden geçişi ile beraber önşişirilmiş polimer taneleri yumuşar ve taneler arası boşlukları dolduracak biçimde şişerler. En son kademe ise polimer taneleri birbirlerine kaynarak köpük modeli oluştururlar. Kalıplama aşamasının devamında köpük modelde oluşabilecek artık şişme sorununu ortadan kaldırmak için köpük modelin süratle soğutulması gerekmektedir, bu ise genellikle kalıbın arka yüzeyine su püskürtme veya vakum uygulama ile yapılabilmektedir. Kalıbın hedeflenen sıcaklığa inmesi ile beraber açılır. Köpük model, pnömatik veya mekanik bir itici vasıtasıyla dışarı çıkartılır. [2,3]

Köpük modeller genellikle bir çok parçadan meydana gelmektedir. Bu sebepten dolayı, köpük model ve yolluk sisteminin birleştirilmesinde yapıştırıcılardan yararlanır, yöntemin bu kademesine "köpük modelin toplanması" adı verilir. En yaygın köpük model yapıştırıcısı, sıcak ergimiş yapıştırıcıdır. Bu amaçla kullanılacak olan yapıştırıcıların özel bileşime sahip olmaları gerekir. Köpük model yapıştırıcılarının klasik sıcak ergimiş yapıştırıcılara göre daha düşük sıcaklıklarda kullanılabilir olması gereklidir. Köpük modellerin yapıştırılması aşamasında boyutsal kararlılığın devamlılığı ve ekleme kalitesinin istenen seviyede tutulabilmesi için otomatik makinelerden yararlanır. Yapıştırma ile beraber, köpük model döküm salkımı oluşturulur. [4]

Köpük döküm salkımı hazırlandıktan sonra genellikle refrakter bir kaplamaya tabi tutulur. Yapılan refrakter kaplama sıvı metalin kuma girişini engellemekte ve polimerinin pirolizi esnasında açığa çıkan sıvı ve gaz atıkların denetimli olarak uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Buna ilave olarak, refrakter kaplama kullanımı döküm sırasında sıvı metalin kalıba kesintili doldurulması halinde bağlayıcı içermeyen serbest kumun çökerek yolluğu tıkaması riskini engelleyecektir. Kaplamalar genellikle su bazlı olarak refrakter tozların kullanımı ile üretilmektedir. Uygulanması ise döküm salkımının üzerine boşaltma, daldırma veya püskürtme tekniklerinin birinin kullanımı ile yapılabilmektedir. Burada dikkat edilecek husus ise kaplama

## ***Dolu Kalıp ve Replicast CS Yöntemleri ile...***

refrakterinin taşıyıcı veya bağlayıcısının köpük malzeme ile uyumlu olmasıdır. Bu nedenle hidrokarbon ve klorlü çözücü içeren refrakter kaplama malzemesinin, PS esaslı köpük modellerde kullanımı uygun değildir. Kaplamadan sonra döküm salkımı tamamen kurutulmalıdır, yoksa döküm ürününde gözeneklilik ve yüzey hatalarının oluşma riski çok yüksektir. Kaplamanın ağdalığının belirlenmiş olması döküm salkımının her noktasında aynı özelliklere ve kalınlığa sahip bir refrakter kaplama eldesini mümkün kılmaktadır. Döküm salkımı üzerindeki kaplamanın kalınlığı; ağırlık tayini tekniği veya optik mikroskop altında inceleme yapılarak belirlenebilir. [2,4]

Köpük döküm salkımı, refrakter kaplamadan sonra tek parçalı bir döküm derecesi içerisine yerleştirilir ve bağlayıcı içermeyen kumla genellikle yağmurlama sistemi kullanılarak desteklenir. Kum doluş aşamasında döküm derecesine yüksek frekanslı titreşim verilerek kumun sıkışması sağlanır ki bu işleme "köpük modellen kumla desteklenmesi" denir. [3]

Döküm salkımı, kum ile desteklendikten sonra döküm işlemi yapılabilir. Döküm esnasında oluşabilecek olan kesinti, serbest haldeki kumun döküm boşluğunu tıkaması riskinde beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, döküm sırasında sabit ve devamlı döküm hızını sağlayacak olan otomatik döküm potalarının kullanımı gereklidir. [4]

Dökümden sonra parça, temizleme ve bitirme işlemlerine yollanır. Döküm kumu ise soğutulularak, sisteme geri verilir.

Replicast CS yönteminde ise hassas dökümdeki balmumu model yerine, köpük model kullanılmaktadır. Bu yöntemle, dolu kalıp yöntemi ile dökülen çeliklerde meydana gelen karbon parlaklığı ve karbon alma hataları giderilmektedir. Replicast CS yönteminde, köpük döküm salkımı refrakter ile kaplama yapıldıktan sonra tane boyutları yüksek olan refrakter tozlarla akışkan yataкта son kat kaplamaya tabi tutulurlar. Sonuçta elde edilen refrakter kaplama kalınlığı 3,2- 4,8 mm civarında olup, dolu kalıp uygulamalarındaki 0,25 - 0,5 mm civarındaki kalınlıklara göre oldukça yüksektir. Kaplama kurutulduktan sonra, döküm salkımı 925-1000 °C'ta ki fırında pişirilerek refrakter kaplama kabuğun sertleşmesi ve köpüğün yakılarak uzaklaştırılması sağlanır. Elde edilen refrakter kabuk, bağlayıcı içermeyen kuma yerleştirilip, desteklendikten sonra dökümü yapılmaktadır. Bu yöntem genellikle düşük karbonlu çelik alaşımların ve büyüklüğü hassas döküme uygun olmayan parçaların üretiminde kullanılabilir. [2, 3]

Bu çalışmada ETIAL-160 Al-Si alaşımının, dolu kalıp ve Replicast CS yöntemleri kullanılarak dökümü yapılmıştır. Deneysel çalışma sırasında refrakter kaplama uygulaması, döküm salkımının kumla desteklenmesi ve döküm işlemi üzerinde durulmuştur. Elde edilen yüzey kaliteleri ve meydana gelen döküm hataları gözlenmiş, döküm parçalarının iç yapı ve mikrosertlik değerleri incelenmiştir. Çalışma sırasında Replicast CS tekniğinin uygulanması için gerekli teknik ekipman imalat aşamasında olduğundan dolayı akışkan yataқта yapılan refrakter toz kaplama yerine dolu kalıpta döküm tarzındaki refrakter kaplama işlemi tekrarlanarak kaplama kalınlığının artırılması yoluna gidilmiştir.

## **2. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Deneysel çalışmada kullanılan köpük modellerin yapımında yurt içinde paketleme ve yalıtım amacıyla kullanılan köpük tabakalardan yararlanılmıştır. Özellikle yoğunluk ve temizlik bakımından uygun değerleri sunan köpük tabakalar yüksek hızda kesme özelliğine sahip kesme cihazı kullanılarak arzu edilen ölçülerde hazırlanmıştır. Köpük modellerin yapımında kullanılan malzemenin yoğunluğu 0,014268 g/cm<sup>3</sup> olup tüm deneysel çalışma sırasında aynı köpük malzemenin kullanılmasıdır. Çalışmada tek parçalı model kullanıldığından, her hangi bir köpük model toparlama işlemine gerek duyulmamıştır. Dolu kalıp ve Replicast CS döküm denemeleri sırasında aynı tip refrakter kaplama karışımı kullanılmıştır, tek farklılık ise kaplama tabakası sayısının yöntemlere göre değişmesi şeklindedir. Refrakter kaplama su bazlı zirkon esaslı bir karışım olup, kullanılan zirkon tozu Macina minerali SPA INZAGO, İtalya firmasından temin

edilen Silicato di Zirconio SZ6 ticari isimli üründür. Zirkon tozunun tane boyut dağılımı kuru elek analizi yapılarak belirlenmiş ve Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Zirkon tozunun tane boyut dağılımı

Elek Boyutları ( $\mu\text{m}$ )	Elek Fraksiyonu ( % )
+400 -500	68,02
+250 -400	5,91
+180 -250	3,17
+125 -180	15,38
+100 -125	4,81
+63 -100	2,21
+45 -63	0,51

Refrakter kaplama karışımında, zirkon tozlarının bağlanması ve köpük model üzerine kaplamanın yapışmasını sağlamak amacıyla kil kullanılmıştır.

Refrakter kaplama yapımında, öncelikle % 92,59 zirkon ve % 7,41 killik bir toz karışımını sağlayacak biçimde malzemeler tartılarak bir kap içerisine konmuş, kuru ortamdaki değirmende 70 dev/dak. hız ile 120 dakika karıştırılmıştır. Bu toz karışımında 1000 gr alınarak üzerine 450 ml saf su ve 7,5 ml % 0,6 sodyum hexametafosfat ( $\text{Na PO}_3$ )<sub>6</sub> ilave edilmiş, tüm karışım değirmende 70 dev/dak. hız ile 360 dakika karıştırılmıştır. Hazırlanan refrakter kaplamanın bulk yoğunluğu 2,13 – 2,15 g/cm<sup>3</sup> olarak tesbit edilmiştir. Köpük modellerin, refrakter ile kaplanmasından hemen önce kaplama karışımı mekanik karıştırıcıda 400 dev/dak. hızda ve 600 saniye süresince karıştırılmıştır. Refrakterle kaplama işlemi, köpük modelin karışıma daldırılması şeklinde yapılmış ve her bir refrakter kaplama tabakası için 120 saniye süresince köpük modeller kaplama karışımı içinde bekletilmiştir. Dolu kalıba döküm deneylerinde kullanılan köpük modeller için aralarda kurutma yapılarak bu işlem 4 defa tekrar edilirken, Replicast CS deneylerinde bu sayı 8’e çıkartılmıştır. Köpük modeller her kaplama tabakası uygulandıktan sonra 50 °C’teki etüvde 240 dakika bekletilerek kurutulmuştur. Refrakter kaplama uygulamasının bitiminde, 10x10x10 mm ölçülerinde hazırlanan köpük model numuneleride aynı refrakter karışımı ile aralarda kurutma yapılarak 8 kata kadar refrakterle kaplanmıştır. Her refrakter kaplama uygulamasından sonra kurutulan köpük model numunelerinin optik mikroskop altında kaplama kalınlığı ölçülmüştür. Çizelge 2’de elde edilen refrakter kaplama değerleri ortalama olarak verilmiştir.

**Çizelge 2.** Refrakter kaplama kalınlığının kaplama sayısı ile değişimi

Kaplama Sayısı	Kaplama Kalınlığı ( mm)
1	0,29
2	0,37
3	0,50
4	0,72
5	1,31
6	1,86
7	2,53
8	3,19

Replicast CS yönteminde ise dolu kalıba döküm yönteminden farklı olarak refrakter kaplama yapılarak elde edilen döküm salkımı, fırında 200 °C/saat’lik ısıtma rejimi ile 925 °C çıkartılmış, bu sıcaklıkta 30 dakika bekletilerek, köpük modelin döküm öncesinde uzaklaştırılması sağlanmıştır.

### *Dolu Kalıp ve Replicast CS Yöntemleri ile...*

Köpük modellerin kum ile desteklenmesinde Çizelge 3'te kuru elek analizi sonuçları verilmiş olunan silis kumundan yararlanılmıştır. Döküm kumunun kızdırma kaybı 450 °C/saat'lik ısıtma hızı ile 1000 °C'taki fırında 30 dakika bekletip, fırın içi soğutma yapılan numunenin ağırlık değişiminden gidilerek hesaplanmış olup ortalama kızdırma kaybı % 0,0062 olarak bulunmuştur. Dökümde kullanılan derece tek parça olup boyutları h (yükseklik) = 35 cm, R (çap) = 21 cm olan silindirik formadır. Derecenin toplam hacmi 12122 cm<sup>3</sup> olup, deneysel çalışmada sırasında sıkıştırma yapılmadan önce 30 cm'lik yüksekliğe kadar kum ile doldurulmuştur. Sıkıştırma öncesi kumun hacmi buna göre 10390 cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Kumun sıkıştırılması amacıyla Octagon marka titreşim cihazından yararlanılmış ve titreşim frekansı tüm deneylerde aynı kalacak biçimde sabitlenmiştir. Döküm kumunun sıkışma değerleri titreşim süresi ile beraber hacim azalmasından gidilerek hesaplanmıştır ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre ideal titreşim süresi 120 saniye olarak bulunmuş ve tüm deneysel çalışmada bu süre sabit tutulmuştur.

**Çizelge 3.** Silis kumu tane boyut dağılımı

Elek Boyutları ( µm )	Elek Fraksiyonu ( % )
+1000 –3000	0,7
+750 –1000	4,5
+500 –750	23,98
+400 –500	46,5
+250 –400	9,96
+180 –250	10,24
+125 –180	3,3
+100 –125	0,56
+63 –100	0,14
+45 –63	0,02

**Çizelge 4.** Titreşim süresinin, döküm kumunun sıkışma yüzde miktarı üzerine etkisi

Titreşim Süresi ( sn )	Hacim ( cm <sup>3</sup> )	Sıkışma Yüzde Miktarı ( % )
0	10390	-
30	10026	3,5
45	9974	4,0
60	9714	6,5
120	9662	7,0
180	9662	7,0

Döküm deneylerinde kullanılan Al-Si alaşımı ETIAL-160 olup, tüm deneysel çalışma süresince şarj malzemesine spektral analiz yapılarak kimyasal bileşim denetlenmiştir. Yapılan ETIAL-160'ın ortalama spektral analizlerin sonuçları Çizelge 5'te sunulmaktadır.

**Çizelge 5.** ETIAL-160 Al-Si alaşımının kimyasal bileşimi

Si ( % )	Fe ( % )	Cu( % )	Mn ( % )	Mg ( % )	Zn ( % )	Ti ( % )	Al ( % )
7,53	0,68	3,01	0,18	0,3	0,65	0,015	87,95

Sıvı metalde gaz giderme işleminde ticari adı 'Typhoon Superdega GP' olan heksakloreten tabletleri kullanılmıştır. Dökümden önce uygun boyutlarda kesilmiş olunan şarj malzemesi 60 °C'taki ultrasonik temizleme banyosunda, trikloretilen vasıtasıyla yüzey kirlerinden arındırılmıştır. Şarj malzemeleri daha sonra 150 °C'taki etüvde 2 saat süreyle kurutulmuştur. Gaz giderme işleminde kullanılacak olan heksakloreten 30 °C'taki etüvde 4 saat süreyle kurutulmuş

ve desikatörde depolanmıştır. Şarj ağırlığının % 0,02'si olacak biçimde tartılan hegzakloretan bir alüminyum folyeye sarılmış ve paslanmaz çelikten yapılmış gaz giderme çanı içine yerleştirilmiştir. Ergitme için Inductotherm marka VIP Minimelt tipi 9600 Hz yüksek frekanslı indüksiyon ocağı kullanılmıştır. Ergitme ve döküm potası olarak grafit potadan yararlanılmış olup, pota ergitme sürenin kısaltılması ve potadan gelebilecek nemin asgari seviye indirilmesi amacıyla dökümden 2 saat önce 250° C'lik etüvde ergitme anına kadar bekletilmiştir. Ergitme süresi yaklaşık olarak 6-8 dakika arasında değişmekte olup sıvı metalin sıcaklığı, daldırma tipi sıcaklık ölçerle tesbit edilmiştir. Sıvı metal sıcaklığı 750° C'a ulaştığında, gaz giderme çanı vasıtasıyla gaz giderme tableti sıvı metalle daldırılarak 20-30 saniye arasında bekletilip, gaz giderme yapılmıştır. Gaz giderme sonunda sıvı metal sıcaklığı ölçülmüş, sıcaklık 735 °C civarında iken döküm işlemine geçilmiştir. Tüm deneyler süresince döküm sıcaklığının ve gaz giderme işleminin süresinin sabit tutulmasına özen gösterilmesinin yanı sıra döküm esnasında sıvı metalin mümkün mertebe kesintisiz biçimde kalıba dolmasına özen gösterilmiştir. Parçalar derece içinde soğumaya bırakılmış daha sonra kumlama yapılarak ile yüzey temizliği sağlanmıştır. Şekil 1'de dolu kalıba döküm yöntemi kullanılarak dökülen parçanın görüntüsü verilmektedir. Döküm parçası üzerinde yapılan inceleme sonucunda köpük model yüzey kalitesinden kaynaklı olarak refrakter kaplamanın köpük taneleri arasındaki boşluklara girerek döküm ürününün yüzey kalitesinin olumsuz etkilediği gözlenmiştir. İlave olarak metalin bir çok bölgede refrakter kaplamayı delerek, kum ile temas ettiği gözlenmiştir ayrıca döküm ürünün yüzeyinde karbon hatalarında bulunmaktadır.



**Şekil 1.** Dolu Kalıba Döküm Yöntemi Kullanılarak Dökülen Parça

Şekil 2' de ise Replicast CS yöntemi ile dökülen parçanın görüntüsü verilmektedir. Bu parçanın üzerinde yapılan incelemede metalin kaplamayı delmesi, karbon hatası ve yüzey kalitesini olumsuz etkileyebilecek her hangi bir unsura rastlanmamıştır.

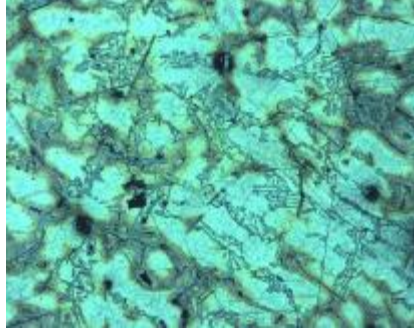
Şekil 3' te Dolu kalıba döküm ve Replicast CS döküm yöntemleri ile üretilmiş numunelerden alınan içyapı görüntüleri verilmiştir. Aynı numuneler üzerinde yapılan Vickers sertlik ölçümlerine göre dolu kalıba döküm yöntemi ile dökülmüş olunan numunenin ortalama sertliği 98 HV iken Replicast CS ile yapılan parçanın ortalama sertliği ise 89 HV olarak bulunmuştur. Şekil 3'te görülebileceği gibi Replicast CS döküm yönteminde refrakter kaplama kalınlığının diğer yöntemlere göre yüksek olması sonucunda yavaş soğuma meydana gelmiş dentritik hücre boyutu, ötektik koloni boyutu ve ötektik çubuklar arası mesafe artmıştır.

## ***Dolu Kalıp ve Replicast CS Yöntemleri ile...***

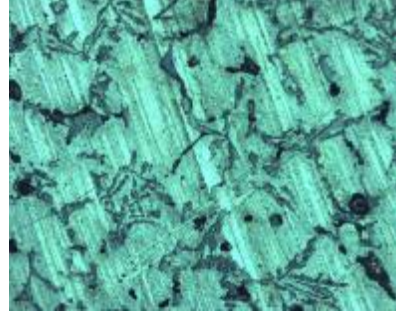
Sertlikler arasında kılarkin ilk nedeniyapısalıdır. Ayrıca artan katılşma hızı ile birlikte katı eriyik sertleşmesinin sertlik artışına katkısının da artacağı bilinmektedir.



**Şekil 2.** Replicast CS yöntemi ile dökülen parçanın görüntüsü



a) Dolu Kalıba Döküm



b) Replicast CS

**Şekil 3.** Dolu kalıp ve Replicast CS yöntemleri ile dökülmüş parçaların iç yapı görüntüleri ( x 100 )

## **4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

- Dolu kalıba döküm deneyleri sonucunda metalin kuma sızmasının sebebi olarak refrakter kaplamanın kalınlığının bu yöntem için yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca destek kumunda sıkıştırılmasının belirli bölgelerde yetersiz kalmış olabileceği görüşü bulunmaktadır. Bu amaçla refrakter tabaka kalınlığının 0,72 mm'den az olmayacak biçimde yapılması gerekmektedir.
- Dolu kalıba döküm yönteminde arzu edilen kalitesine ulaşmak için köpük modellerin yüzey kalitesinin artırılması zorunludur, aksi halde refrakter kaplama tanelerarası boşluklara girerek olumsuz bir durum yaratmaktadır.

- Dolu kalıba döküm yöntemi deneylerinde düşük seviyede kalmakla beraber yüzeyde karbon hatasında görülmektedir. Bu hatanın kaynağı, köpüğün pirolizin ürünü olan karbonun metal ve refrakter kaplama ara yüzeyine sıkışmış olmasıdır. Bunun önüne geçilmesi için refrakter kaplama gaz geçirgenliğinin yükseltilmesi gerekmektedir.
- Dolu kalıba dökümde karşılaşılabilecek en yaygın olan eksik dolma veya katmer hatalarına bu üründe rastlanmamıştır.
- Replicast CS yöntemi ile dökülen parçada yüzey kalitesi istenen seviyededir.
- Döküm kumunun sıkıştırılmasında belirli bölgelerde sıkışmanın istenilen seviyede olmaması nedeniyle sadece tabandan değil yanlarda dereceye titreşimi iletebilecek bir sistemin kurulması fikri oluşmuştur.
- Döküm işlemi üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmaması ve bu şekilde uygulamanın devamına karar verilmiştir.

### TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın yapılmasında maddi destek sağlayan D.P.T (22-DPT-07-02-01), Y.T.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (Proje No: 21-07-02-05) deneysel çalışmaların yapıldığı Y.T.Ü-Balkan İleri Döküm Teknolojileri Merkezine katkılarından dolayı teşekkür eder.

### KAYNAKLAR

- [1] Sarıdikmen H., Kuşkonmaz N., “ Dolu Kalıba ( Harcanabilen ) Modelle Döküm Yöntemin Teknolojik ve Ekonomik İncelemesi “, Metalurji, 130, 35-44, 2002.
- [2] Monroe R. W., “Expendable Pattern Casting “, American Foundrymen’s Soc. Inc., Des Plaines, 1992.
- [3] ASM Handbook, Vol. 15, Casting, 9th Edition, 1998.
- [4] Littleton H. E., Miller B. A., Sheldon D., Bates C.E., “ Lost Foam Casting-Process Control for Precision”, AFS Transactions, 124, 335- 346, 1996.