

Arş. Gör. Habib SARIDİKMEN (*)
Arş. Gör. Murat ÖNDEY (*)
Yard. Doç. Dr. Nilgün KUŞKONMAZ (**)
(*) Yıldız Teknik Üniversitesi-Fen
Bilimleri Enstitüsü
(**)Yıldız Teknik Üniversitesi-Metalurji
ve Malzeme Müh. Böl.

Dolu kalıba döküm teknolojisi

ÖZET

Köpük modellerin kullanımı metal dökümlerin üretiminde döküm işleminin geliştirilmesi fırsatını yaratmıştır. Dolu kalıba döküm teknolojisinde model bağlı olmayan kuma yerleştirilmekte ve sıvı metal döküm sırasında köpük modelin yerini doldurmaktadır. Proses karmaşık alüminyum , bronz, pirinç, dökme demir ve çelik parçalarının iyi yüzey kalitesinde dökümlerinde başarılı biçimde uygulanmaktadır.

1. GİRİŞ

Metal döküm sanayisi gelişmiş ülkelerin buldukları konuma ulaşmalarında kilit rol taşıyan bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm sanayi dalları direkt olarak veya dolaylı biçimde üretim sistemlerin bir parçası olarak döküm teknolojilerinden yararlanmaktadır. Özellikle otomotiv sanayisinde yaşanan gelişmelere paralel biçimde, döküm sanayisinde önemli atılımlar kaydedilmiştir. Döküm sanayisi günümüzde artık basit şekilli katma değeri düşük ürünlerin üretiminden vazgeçerek, karmaşık şekilli pompa, pervane, silindir kafaları tarzında katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi yönüne gitmektedir.

Ergimiş metalin köpük modeli buharlaştırması esasına dayanan dolu kalıba döküm yöntemi üzerine ilk patent 15. Nisan.1958'te H.F. Shroyer tarafından alınmıştır. H.F. Shroyer'in yaptığı ilk denemelerde polistiren yalıtım plakalarından işlenerek köpük modeller yapılmış ve etrafı bağlayıcı kumla doldurularak döküm yapılmıştır. Bu yöntem günümüzde halen büyük parçaların dökümünde kullanım alanı bulmaktadır. H.F. Shroyer patentini sonradan Grunzweig & Hartmann Company firmasına satmış ve yöntem 1962'de A. Wittmoser tarafından ticari kullanıma uygun hale getirilmiştir. Aynı yıl içinde M. Flemings bağlayıcı içermeyen serbest kumda polistiren modeller yardımıyla heykel dökümünü gerçekleştirmiştir. M. Flemings uzun süre yöntemin ticari kullanımına ilgi duyan kuruluş bulamamış sadece Ford ve Rockefeller Fonları heykel döküm uygulamaları amacıyla yöntemin araştırma geliştirme sürecine mali destek sağlamışlardır. 1987 yılında M. Flemings AFS Silver Anniversary'de dolu kalıba döküm yönteminde gelinen noktayı şöyle ifade etmektedir; "1970'lerin sonunda otomotiv sanayisine parça üreten dökümhanelerde genel maliyetlerin azaltılması ve otomotiv parçalarının ağırlıklarının düşürülmesi gerektiği için dolu kalıba döküm yöntemine olan ilgi çarpıcı biçimde artmıştır".[1,2,3]

Dolu kalıba döküm teknolojisinde öncü kuruluş General Motors Company'dir. GM, yöntemle ilgili ilk patentin alındığı 1958 yılında Warren Michigandaki teknoloji geliştirme merkezinde dolu kalıba döküm teknolojisi üzerine çalışmalara başlamıştır. 1981'de firma 4.3 L V6 dizel otomobil motorlarındaki alüminyum silindir kafalarının üretiminde dolu kalıba döküm teknolojisini kullandığı dökümhanesini devreye almıştır. 1989 yılında ise GM silindir kafalarının üretimde tek yöntem olarak dolu kalıba döküm teknolojisine geçiş yapmıştır. 1994'e gelindiğinde ise GM 8 aylık araştırma sonunda ki bu çalışmada 70 uzman toplam 6000 saat görev almıştır; alüminyum motor blok ve silindir kafaların üretimde bütün olarak dolu kalıba döküm teknolojisini kullanımına karar vermiştir. GM sadece 1998-1999 yılları arasında toplam 280 milyon dolarlık bir yatırım programını devreye alarak yeni nesil kamyonlardaki silindir bloklarının ve kafalarının üretilmesinde dolu kalıba döküm teknolojisini kullanmaya başlamıştır. [3,4]

Avrupada ise dolu kalıba döküm teknolojisinin gelişmesi A.B.D'ye göre oldukça geçtir. 1993 yılında CAGIVA GROUP bünyesindeki "Ferriere e Fonderie di Dongo" firması, Vulcan Eng. Comp. ile ortak olarak dökümhanesinin karlılığını ve verimini artırmak amacıyla 100 milyon dolarlık bir yatırım programı dahilinde dolu kalıba döküm teknolojisini kullanarak otomotiv parçalarının üretimine başlamıştır. [5]

Dolu kalıba döküm tekniği literatürlerde birçok farklı isimle karşımıza çıkar; bunların arasında kaybolan köpük, buharlaşan model dökümü, boşluksuz döküm, buharlaşan köpük dökümü, dolu kalıp, Styrocast™, Foamcast™, Styropur™ ve Policast™ örnek verilebilir. 1990'da AFS prosesi tanımlamak için "Harcanan Model Döküm" (Expendable Pattern Casting) adının kullanılmasına karar vermiştir. [1]

2. DOLU KALIBA DÖKÜM

YÖNTEMİ

Döküm parçasının dolu kalıba döküm yöntemi ile üretimine karar verilmiş ise üretim sırasında kullanılacak olan ekipmanlar, kalıplar ve üretim parametrelerin dikkatle belirlenmesi şarttır. Özellikle köpük model kalitesi ki burada modellerde elde edilecek olan yüzey ve genel karakteristikler belirleyici unsurlardır, üretim sonundaki döküm parçasının kalitesini belirlemektedir. Köpük modellerin üretiminde kullanılacak olan kalıpların basit veya karmaşık olarak tasarımı yapılmış olabilir. Karmaşık bir döküm parçası üretimi yapılacak ise köpük modelin kesitleri ayrı ayrı üretilerek son aşamada birleştirilmekte ve nihai köpük modelli oluşturulmaktadır. Prototip veya az sayıda parça üretimi için köpük blokları kesilerek işleme yoluyla modellerin üretimi yapılabilir. Dolu kalıba döküm yöntemi şu işlem basamaklarından oluşmaktadır;

- Köpük tanelerin üretimi,
- Buhar vasıtasıyla köpük tanelerin ön şişirilmesi,
- Ön şişirilmiş köpük tanelerin kalıplar içinde arzu edilen şekle getirilmesi,
- Köpük model parçaların bir araya getirilerek yapıştirılması,
- Köpük modelle aynı malzemeden imal edilmiş olan yolluk ve besleyici sisteminin modelle birleştirmesi ile beraber döküm salkımın oluşturulması,
- Köpükten yapılmış olan döküm salkımın sıvı refrakterle kaplanması ve kurutulması,
- Refrakterle kaplı köpük döküm salkımın döküm derecesi içine yerleştirilmesi ve bağlayıcı içermeyen kumla döküm derecesin doldurulması,
- Ergimiş metalin döküme hazırlanması ve döküm işlemin gerçekleştirilmesi,
- Döküm parçasının katılmasından sonra kaplama refrakterin yüzeyden uzaklaştırılması ve parçanın temizlemesi. [1]

2.1 KÖPÜK MODEL

MALZEMELERİ

Köpük modellerin üretimde kullanılan en yaygın malzeme polistirendir. Polistiren, ham petrol ve doğal gazdan üretilen, % 92 karbon ve % 8 hidrojenenden oluşmuş hidrokarbon polimeridir. Polistiren köpük parçalarının üretimde kullanılmakta olup genişletici gaz olarak % 4-8 pentan içermektedir. Önşişirilmiş polistiren 1930 yılında ilk defa bulunmuş ama yaygın kullanımı 1954 yılına kadar başlamamıştır. Tablo 1'de önşişirilmiş polistiren tanelerin ticari olarak yaygın kullanılan çeşitleri ve boyutları verilmiştir. Genel olarak köpük modellerin yüzeylerinde daha yüksek kalite sundukları ve ince kesitli model yapımına imkan verdikleri için T ve X tane tipleri dolu kalıba döküm teknolojisinde tercih edilmektedir. [1,2]

Köpük modellerin yapımında polistiren esaslı malzemelerden yararlanılması özellikle düşük karbonlu veya alaşımli çeliklerin dökümünde karşılaşılabilen polistirenin pirolizi sonucu oluşan karbonun çelik bünyesine geçişi riskinden dolayı sınırlamalara sahiptir. Köpük malzemesindeki polistiren döküm sırasında buharlaşarak stiren haline gelmekte ve sonraki aşamada ise stirenin parçalanması ile beraber dökme demir veya çelik döküm

parçasının yüzeylerine kalın karbon filmi oluşmasına neden olmaktadır. Polistirende meydana gelen sınırlamalardan dolayı köpük modellerin üretimi için alternatif polimer esaslı malzemeler denenmiştir. Bu amaçla poliüretan ve polietilen köpük model üretiminde kullanılmış ama başarılı olunmamıştır.[1,6]

Polimetilmetakrilat (PMMA) ise polistiren yerine kullanılan en yaygın alternatif köpük malzemesidir. Döküm uygulamalarında önşişirilmiş PMMA'ın birçok başarılı ticari kullanımı karşımıza çıkmaktadır. Önşişirilmiş PMMA tanelerinden yapılmış modellerin kalıptan çıkarıldıktan sonra polistiren imal edilmiş olan köpük

TANE TİPİ	U.S. ELEK BOYUTU	AFS (gfn)	BOYUT (in.)
A	10-20	8	0,079-0,033
B	16-30	13	0,047-0,023
C	25-45	24	0,028-0,014
T	36-60	38	0,020-0,010
X	45-70	43	0,014-0,008

modellere göre % 70-75 civarında daha düşük küçülme değerlerine sahip olması önemli bir avantajdır. Tablo 2'de 1399 °C'ta polimerlerin sahip oldukları karbonlaşma miktarları verilmiştir.[1]

Genelde dolu kalıba döküm yönteminde üç tip polimer kullanılmaktadır bunlar sırasıyla öñşirilmiş polistiren, öñşirilmiş PMMA ve bu iki polimerin karışımlarıdır. Öñşirilmiş polistiren, üç polimer tipi içinde en ucuz olanıdır ve genelde alüminyum parçaların dökümünde köpük malzemesi olarak tercih edilmektedir. PMMA ve ortak karışım polimerleri ise demir esaslı malzemelerin dökümünde kullanım alanına sahiptir. Ortak karışım polimerinin fiyatı ise öñşirilmiş polistirenin 3 katı iken, PMMA'nın fiyatı ise polistirenin 8 katına çıkmaktadır. [7]

MALZEME ADI	KARBONLAŞMA MİKTARI (%)
Öñşirilmiş PS	35-50
Polipropilen	11-14
Polietilen	11-14
Öñşirilmiş PMMA	4-6
Öñşirilmiş PS-PMMA	6-35

2.2 KÖPÜK MALZEMELERİN ÖÑŞİRİLMESİ

Köpük modellerin yapımı aşamasını iki ana bölümde sınıflandırılabilir; birinci aşamada polistiren tanecikleri öñşirilmesi vasıtasıyla arzu edilen köpük malzemesi yoğunluğuna ulaşılır, ikinci aşamada ise öñşirilmiş polistirenlerin uygun biçimde tasarımı yapılmış olan kalıplar içinde şekillendirilmesi sağlanır. Bu iki aşama literatürlerde yöntemin “ BEYAZ YÜZÜ ” olarak adlandırılmaktadır ve nihai döküm ürünlerin kalitesini belirleyen temel aşamalardır. [1,4]

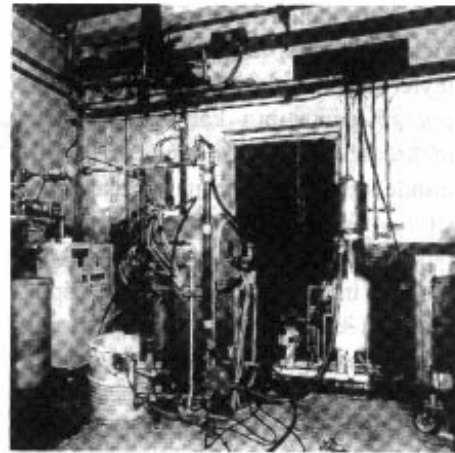
METAL	DÖKÜM SICAKLIĞI (°C)	Öñşirilmiş Polistiren Köpük Modellerin Yoğunlukları (gr/cm ³)
Alüminyum	705-790	0,024-0,027
Pirinç/Bronz	1040-1260	0,02-0,0216
Gri Dökme Demir	1370-1455	≤ 0,02
Çelik	1595-1650	≤ 0,0176

Polistiren taneleri ham halde 0,6-0,7 gr/cm³ yoğunluğa sahiptir, polistirenin köpük model yapımında kullanılması için Tablo 3'teki biçimde yoğunluğunun 0,016-0,027 gr/cm³'e düşürülmesi gerekmektedir. [2]

Öñşirme işleminin başarı ile yapılabilmesi için şişirme gazı olarak kullanılan pentanın miktarının % 4'ten az olmaması gerekmektedir, ideal pentan miktarı % 4-8 aralığıdır. [1]

Öñşirme işleminde ham haldeki polistiren taneleri önceden ısıtılmış bir odaya sokularak ısının eşit dağılımının sağlanması için hareket halinde bir süre tutulur. Polistiren taneleri yumuşayarak bünyelerinde bulunana gaz genişleyerek tanelerin çapını büyütür, polistiren tanelerinin hacimi 10-40 katı aralığında artar. Malzeme öñşirme işleminden sonra yoğunluğu ölçümüne tabi tutulur. Aynı döküm kalitesinin devamlılığını sağlamak için köpük malzemesinin yoğunluğunun % ± 2 seviyesinde sabit tutulması gerekmektedir.[2]

Öñşirme uygulamasında iki tip makine yaygın kullanım alanına sahiptir. Bunlar vakum-kuru ve direkt-buhar öñşirici olarak adlandırılmaktadır. Direkt-buhar öñşirme ekipmanı çoğu ticari uygulamada tercih edilmektedir. Sistemde polistiren taneleri direkt olarak su buharı ile temas halinde ısıtılmaktadır bu da sıcaklık kontrolünün vakum-kuru



Şekil 1. Fata Alüminum Tarafından Yapılmış Öñşirme Makinesi. [8]

makinesine göre daha hassas yapılabilme olanağını üreticiye sağlamaktadır. [1]

Önşirme işleminden sonra polistiren taneleri hemen kalıplanmaz, taneler soğutularak kararlı hale gelmesi sağlanır. Bu işlemin amacı tanelerin içindeki pentandan kaynaklanan iç kesitteki negatif basıncın ortadan kaldırılmasıdır. Uygulama 1-5 m³'lük bekletme siloları kullanılır, önşirilmiş polistiren tanelerin silolara aktarılması pnömatik olarak gerçekleştirilir. Şekil 1'de Fata Alüminum tarafından yapılmış önşirme makinesi gösterilmektedir. [1,8]

2.3 KÖPÜK MODELLERİN ÜRETİLMESİ

Önşirme ve kararlaştırma işlemlerinden sonra köpük taneleri kalıpta istenen şekile getirilecek biçimde köpük model üretimi yapılır, bu işleme "Model Kalıplama" denir. Model kalıplama aşaması dolu kalıba döküm yönteminin kalitesini belirleyen önemli bir kriterdir. [1]

Kalıp, köpük modellerin üretiminde kullanılan en önemli ekipmandır. Dolu kalıba döküm işleminde köpük modellerin imalatının yapıldığı kalıpların tasarımı ve yapımı karmaşık bir süreçtir ve diğer endüstriyel işlemler gibi eğitimli uzman kişiler tarafından yapılmalıdır. Tasarımı ve imalatı doğru yapılmış bir kalıp ile kötü kalite bir kalıplama makinesinde dahi yüksek niteliklerde köpük modellerin üretimi yapılabilir. Kalıbın fiyatı dolu kalıba döküm yönteminin ekonomisindeki ana girdi maliyetini oluşturmaktadır, genelde kalıplar yüksek kalitedeki alüminyum alaşımlarından talaşlı imalat veya elektro - erozyon yoluyla üretilmektedirler. Kalıpların yapımında alüminyum alaşımlarının kullanımı sebebi kalıplama işleminde hızlı ısı transferi yardımıyla kalıplama çevriminin en kısa sürede tamamlanması ile üretim hızını artırılmasının sağlanmasıdır. Kalıp kesit kalınlığı 6-10 mm arasında değişim göstermektedir. Kalıp tasarımı yapılırken dolum tabancası ve hava çıkışı için uygun yerlerin belirlenmesi mutlak gerekmektedir. [4,9]

Model kalıplama işlemi beş ana kademedен oluşur; ön ısıtma, doldurma, kaynatma, soğutma ve çıkarma. Kalıplama çevriminin ilk ana kademesinde kalıp içerisi su buharı ile ısıtılarak kalıp içerisinde önceki uygulamalardan kalmış olabilecek su uzaklaştırılır çünkü kalıp içinde bulunan su kalıplama aşamasında köpük modellerin boşluklar içererek üretilmesine neden olmaktadır. Önısıtma işlemi sırasında kalıp içindeki sıcaklık 93 °C'a kadar çıkmaktadır. [4]

Önısıtmadan sonra kalıp kapatılır ve kalıp boşluğu önşirilmiş polistiren taneleri ile doldurulur, bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken husus kalıp yüzeyinde bulunan hava çıkış deliklerinden yararlanılarak kalıp içindeki havanın tahliyesi sağlanmalıdır. Bunun devamında ise iki tane kaynama aşaması gerçekleştirilecektir.[2,4]

Kalıp boşluğu polistiren taneleri ile doldurulduktan sonra buhar çevrimi başlar. Kalıp boşluğu içinde buharın akışı çevrimin kaynama aşamasıdır. Buharın geçişi ile beraber polistiren taneleri ısınarak genişler ve yumuşayarak birbirlerine kaynar sonuçta kalıbın içerisini dolduran köpük model şekillendirilmiştir. Tipik olarak işlem yaklaşık 10 saniyede tamamlanırken, 15 psi'lik bir basınç sistemde kullanılmaktadır. [1,2]

Kalıplamadaki kaynama aşamasından sonra köpük modelin kalıp içerisinde soğutulmasına imkan verilmelidir. Bu işlemde amaç kalıplama çevriminin kaynama bölümünde kalıplanan parçanın iç basıncının azaltılmasıdır aksi halde parça kalıptan çıkartılınca genişlemeye devam edecektir. Artık şişme adı verilen bu olgunun önlenmesi için kalıp arka yüzeyine yaklaşık olarak 12°C'taki soğuk su basınçlı olarak püskürtülerek, kalıbın sıcaklığı 26-60°C'a düşürülür. [1,2,4]

Soğutmadan sonra köpük model kalıptan dışarı alınmaya hazırdır, pres açılarak köpük model mekanik veya pnömatik bir sistem vasıtasıyla dışarı çıkartılır. Köpük modelin kalıptan çıkartılması sırasında bazen silikon esaslı kalıp ayırıcılarından yararlanılabilir ama bu tip ayırıcıların kullanımı köpük modellerin yüzey kalitelerini olumsuz yönde etkilemekte sonraki aşamalarda köpük modelin refrakterle kaplanmasında sorunlar doğurabilmektedir. [1,2]

Tipik bir köpük model üretimindeki kalıplama çevrim zamanları Tablo 4'te verilmiştir, tabloda görüldüğü üzere işlemlerin içerisinde en uzun süreyi soğutma evresi almaktadır.

Köpük modellerin kalıplanmasından kullanımına kadar geçen zamana olgunlaşma adı verilmektedir. Kalıplamadan sonra köpük

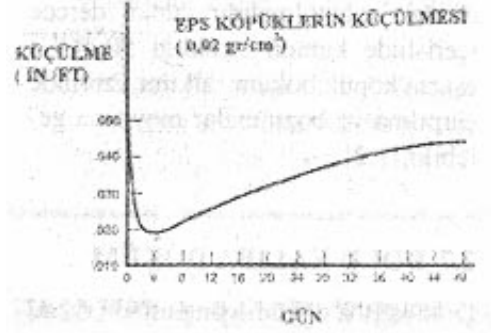
Kalıp Kapatma	5 sn
Kalıbın Doldurulması	5 sn
Kaynama	20 sn
Kalıp Soğutma	50 sn
Kalıp Açma	5 sn
Çıkartma	5 sn
Toplam Süre	90 sn

model kesitlerinde hızlı biçimde boyutsal değişimler görülmektedir ve bu değişimler yavaşlamasına karşın yaklaşık olarak 30 gün kadar devam etmektedir. Şekil 2'de önşişirilmiş polistirenin günlük boyut değişimi gösterilmiştir.[1]

2.4 KÖPÜK MODELLERİN TOPLANMASI

Kalıplama ve olgunlaşma evrelerini başarı ile geçmiş olan köpük modelleri toplanmalı ve döküm salkımı haline getirilmelidir. Bu aşamda aşırı titiz çalışılmalı ve boyutsal bir olumsuzluğun yaratılmaması üzerinde hassasiyet gösterilmelidir. Köpükmodel parçalarının bir araya getirilmesi aşamasında sıcak ergimiş yapıştırıcılardan yararlanılabilir. Bu tip yapıştırıcılar yaklaşık 93 °C civarında yumuşamaya ve 104-126 °C'ta ergimeye başlar genel olarak uygulama sırasında 121-204 °C arasındadırlar. [1]

Aynı boyutlarda ve ekleme kalitesinin tuturulması için otomatik veya yarı otomatik yapıştırma tercih edilmelidir. Prototiplerde ve az sayıda parça üretiminde elle yapıştırma yapılabilir. Kullanılan yapıştırıcı model köpüğüne uygun ve dökümde hata oluşmasına imkan vermeyecek özelliklere sahip olmalıdır. [1]



Şekil 2. Önşişirilmiş Polistirenin Günlük Boyut Değişimi [1]

2.5 DÖKÜM SALKIMININ REFRAKTERLE KAPLANMASI

Döküm salkımının toplanması yolluk ve besleyicilerin köpük modele yapıştırılması ile biter. Metal dökümün yapılmadan önce döküm salkımının refrakter ile kaplanması gerekmektedir. Refrakter kaplama genel itibarıyla prosesdeki bazı önemli kontrolleri sağlamaktadır. Refrakter kaplamanın iki önemli yararı vardır; öncelikle döküm sırasında kum ve metalin arasında engelleyici bir bariyer olarak görev alır, ikincisi ise döküm sırasında köpük modelin piroliz ile parçalanması sonucunda oluşan ürünlerin kontrolü olarak kuma geçişinin sağlanmasıdır. Eğer refrakter kaplaması yeterli bir bariyer görevi taşımaz ise metalin kum içine penetrasyonu riski vardır ayrıca kaplama piroliz ürünlerinin kuma geçişine imkan vermez ise döküm ürününde gözenek veya karbon filmi oluşma riski bulunmaktadır. Refrakter kaplamanın üçüncü görevi ise köpük modelin döküm sırasında ergimiş metal ile temas etmesi sonucunda oluşan sıvı parçalanma ürünlerini soğurmaktır. Kaplamanın son görevi ise yalıtımı sağlamaktır. Kaplama yüksek veya düşük ısı iletkenliğe sahip olarak seçilebilir. Özellikle alüminyum dökümünde refrakter kaplama soğuk metal hatalarının oluşmasını engellemek için yüksek yalıtımlıkta seçilebilir. [1,2,10]

Dolu kalıba döküm yönteminde kullanılan refrakter kaplamalar çeşitli malzemelerin karışımından oluşmaktadır. Kaplamada esas olarak refrakter özelliğine sahip tozlar ki bunlar silika, alümina, mullit veya zirkon tarzındaki malzemeler, dağıtıcı, bağlayıcı, tiksotropiklik özelliğini sağlayan etken madde ve taşıyıcı ile uygun bileşimde karıştırılması hazırlanmaktadır. [8,11]

Refrakter kaplamanın yoğunluğu ve köpük modellere uygulanması yöntemi elde edilecek olan kaplamanın kalınlığını belirlemede etken hususlardır. Genel olarak ideal refrakter kaplama kalınlığı 0,25-0,5 mm arasında değişmektedir özellikle döküm sıcaklığı yüksek tutulursa kaplama kalınlığıda artırılmalıdır. Refrakter kaplamanın kalınlığının artırılması yardımıyla ergimiş metal ile kum arasında yalıtımı sağlayan bir bariyer oluşmaktadır. [8]

Refrakter kaplamanın döküm salkımına uygulanması normal olarak döküm salkımının refrakter kaplama banyosu içine daldırılması ile sağlanır ayrıca püskürtme, fırça yardımıyla döküm salkımının kaplanması teknikleride kullanılabilir. Refrakter ile kaplanan döküm salkımı 60 °C'ta veya daha düşük bir sıcaklıklarda 1-10 saat arasında kurutulur daha yüksek sıcaklıklarda yapılacak olan kurutma işlemi döküm salkımında hasarlara neden olabilir. Bazı uygulamalarda mikrodalga fırınlardanda kurutma işleminde yararlanılabilir bu sayede yüksek hızlı bir kurutma elde edilebilir. [1]

2.6 KÖPÜK DÖKÜM SALKIMININ KUMLA DESTEKLENMESİ

Klasik döküm yöntemlerine benzer biçimde dolu kalıba döküm yönteminde kum temel kalıplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Köpük döküm salkımı refrakter ile kaplandıktan sonra tek parçalı bir derece içerisine yerleştirilir ve bağlayıcı içermeyen kumla etrafı doldurulur. Bağlayıcısız kum genellikle yağmurlama sistemi ile dereceye doldurulur. Yağmurlama derecenin yavaş biçimde dolması sağlayarak kumun yana doğru hareket ile köpük döküm salkımının bozulmasını engeller. Doldurma sırasında derece yüksek frekanslı bir sıkıştırma sistemi ile yanlardan veya tabandan titreştirilerek sıkıştırılır. [1,2]

Dolu kalıba döküm yönteminde silika kumu kullanılmaktadır. Yöntemde kullanılan kumlar çeşitli şekillerde olabilir ama yaygın olarak yarı köşeli veya yuvarlak taneli kumlar tercih edilir. Kumun geçirgenliği önemli bir kriterdir çünkü döküm sırasında oluşan gaz veya sıvı formdaki plastik artık ürünlerin hızla kumdan geçebilmesi ve dışarı atılması gereklidir. Farklı döküm uygulamaları için farklı boyutlardaki kumlar kullanılabilir. Genellikle AFS tane inceliği 35-3 demir esaslı alaşımlar için AFS 45-3 ise demir dışı metaller için kullanılabilir. Kum tekrardan kullanılmadan önce mutlaka soğutulmalıdır çünkü derece içerisinde kumun sıcaklığı 50 °C' ı aşarsa köpük döküm salkımı üzerinde çarpılma ve bozulmalar meydana gelebilir.[1,2]

2.7 DOLU KALIBA DÖKÜM

Dolu kalıba döküm yönteminde metal dökümü aşaması klasik yöntemlere benzer olmasına rağmen hatasız döküm parçası üretilmesi için çok hassas çalışılması gerekmektedir. Genel ticari uygulamalarda dökümden döküme olan değişimleri engellemek için otomatik döküm sistemlerinden yararlanılmaktadır.

İnce kesitli parçaların dökümü sırasında yüksek metal basıncı ve kaplama geçirgenliği ergimiş metalin kalıbı daha hızlı doldurmasını sağlamaktadır. Eğer ergimiş metalin kalıp içerisine doldurulması sırasında kesinti olursa destek kumu dağılarak kalıbın çökmesine neden olabilmektedir ancak döküm hızı yüksek tutulursa kalıpta çökme ve dağılma riski ortadan kaldırılabilir. Bu nedenlerden dolayı döküm sırasında mutlaka döküm havuzunun dolu tutulması ile artı bir metal basıncının muhafaza edilmesi gerekmektedir. [1,2,12]

Ergimiş metallen kalıbı doldurmaya başlaması ile beraber köpük modelde artan sıcaklık ile beraber parçalanma eğilimi içerisine girmiştir. Yolluk sistemi bu aşamada köpük modellenin parçalanması sonucu oluşabilecek olan piroliz ürünlerinin döküm hatalarına neden olmadan atılmasını sağlamakla görevlidir. Eğer köpük modellenin pirolizi sonucu oluşan ürünler döküm boşluğundan dışarıya atılamaz ise yapıda gözeneklilik, eksik dolma, karbon parlaması ve katmer oluşumu tarzında hataların oluşmasına neden olabilirler. Bunun önüne geçilebilmesi için metal döküm sıcaklığının, döküm hızının, köpük model geometrisinin, yolluk tasarımının, refrakter kaplama ve kum özelliklerinin, derecenin şeklinin, kullanılan köpük model malzemesinin doğru seçilmiş olması gerekmektedir. [1,11]

Döküm sıcaklığı köpük modellenin pirolizi sonucu oluşacak olan ürünlerin tiplerini belirlemektedir. Alüminyum dökümlerinde kritik döküm sıcaklığı 740-780 °C arasındadır, bu sıcaklığın altında döküm yapılırsa piroliz ürünleri genelde sıvı fazda olacaktır. Eğer döküm sıcaklığımız bu değerlerin üzerinde tutulursa gaz fazında oluşacak olan piroliz ürünlerinin miktarı daha fazla olacaktır. Alüminyum'da döküm sıcaklığı düşük tutulursa oluşan ürünlerin kalıp boşluğundan dışarı hızlı biçimde atılabilmesi tamamen refrakter kaplamanın geçirgenliği ve metal statik basıncına bağımlı olarak değişmektedir. Aksi koşullarda yani döküm sıcaklığı gereken değerin üzerinde yüksek tutulmuş ise aynı biçimde işlemi kontrol eden parametreler olarak refrakter kaplamanın geçirgenlik değeri ile metal statik basıncı karşımıza çıkar. [13]

Dökme demirin dolu kalıba dökümü yönteminde kalıp çökmelerini engelleyecek biçimde hızlı yapılması gerekmektedir. Dökme demir döküm uygulamalarında düşey veya yandan kalıp doldurmayı sağlayan yolluk tasarımları kullanılırsa döküm yüzeylerindeki karbon parlaması hatası asgari seviyeye çekilebilmektedir ama bu durumda döküm parçasının iç kısımlarında hata oluşma riskine karşı dikkat etmek gereklidir. Oluşacak olan piroliz ürünlerinin miktarı kullanılan köpük modellenin kesit kalınlığı ile doğru orantılı biçimde artış kaydetmektedir. Eğer önşişirilmiş polistiren köpük modellerin yapımında kullanılmış ise dökme demir uygulamalarında sorunsuz çalışabilmek için köpük modellerin kesit kalınlıklarının 6,4 mm'den daha fazla olmamasına özen göstermek gereklidir. [1]

Alüminyum döküm uygulamalarında ise döküm mümkün mertebe yavaş yapılmalı, yolluk kesiti geniş tutulmalıdır. Döküm parçasının tasarımında ise keskin kenarlardan ve ani kesit değişimlerinden kaçınılmalıdır. Alüminyumun dolu kalıba döküm uygulamasında en çok karşılaşılabilecek hatalar eksik dolma ve katmer oluşumlarıdır. [1]

3. SONUÇ

Dolu kalıba döküm yöntemi dünyada giderek artan bir hızda kullanılmaktadır. Sadece A.B.D’de bu teknolojinin kullanımı ile yapılan döküm üretimi 1997 yılında 140.676 ton a ulaşmıştır. Araştırmalar göstermiştir ki dolu kalıba döküm teknolojisi alüminyum için 2007, dökme demirde 2009 ve çelikte ise 2013 yılında Pazar payı olarak olgunluk seviyesine ulaşacağı öngörülmektedir. Eğer bu teknoloji yurdumuzda kullanılmaya başlanırsa özellikle otomotiv, gemi, demiryolu ve makine ekipmanları üretiminde özellikle dış pazarlara yönelik yeni bir ekonomik gelişme sağlanabilecektir.

4. KAYNAKLAR

1. Monroe R. W., “Expendable Pattern Casting”, American Foundrymen’s Society, Inc., Des Plaines, 1992
2. ASM Handbook, Vol. 15, Casting, 9th Edition, 1988
3. Lessiter M. J., “ A Look Back at the 20th Century – Lost Foam Casting”, Modern Casting, Vol. 90, Number 11, 54-55, 2000
4. Smith B. V., Biederman S., “Examining Lost Foam’s White Side”, Vol. 90, Number 8, 30-34, 2000
5. Petitbon E.U., “Successful Results From Lost Foam Castings”, AFS Proceedings International Conference on Lost Foam – Showcasing the Process”, Birmingham, October 27-29, 133-164, 1998
6. Campbell J., “Castings”, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 1995
7. Littleton H., Bates C. E., “Recent Advances In Understanding And Controlling The Lost Foam Casting Process”, AFS Proceedings International Conference on Lost Foam – Showcasing the Process”, Birmingham, October 27-29, 169-198, 1998
8. Fata Aluminum, “Company Profile Lost Foam Technology ”, 44, Turin, Italy
9. Austin T. E., “Tooling for Lost Foam Casting”, AFS Proceedings International Conference on Lost Foam – Showcasing the Process”, Birmingham, October 27-29, 57-61, 1998
10. Dudenhofer R. A., “Coatings for Lost Foam Casting Production-Use and Control in the Foundry”, AFS Proceedings International Conference on Lost Foam – Showcasing the Process”, Birmingham, October 27-29, 82-95, 1998
11. Warner M. H., Miller B. A., Littleton H. E., “Pattern Pyrolysis Defect Reduction in Lost Foam Castings”, AFS Transactions, Vol 106, May 10-13, 777-785, 1998
12. Ramsay C. W., Askeland D. R., Lawrence M. D., “Some Observations and Principles for Gating of Lost Foam Castings”, AFS Transactions, Vol 106, May 10-13, 349-356, 1998
13. Askeland D. R., Tsai H. L., Fu J., “Mold Filling in Thin-Section Castings Produced by the EPC Process”, AFS Transactions, Vol 103, April 23-26, 817-828, 1995