

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ  
LABORATUAR DENEY FÖYÜ**

**DÖKÜM DENEYİ**

**Prof. Dr. Sultan ÖZTÜRK  
Arş. Gör. Dr.Kürşat İCİN**

**TRABZON  
2022**

## 1. Deneyin Amacı

Döküm yoluyla parça şekillendirme işlemlerine uygun özellikte kum karışımının hazırlanması ve kum kalıplama işleminin öğrenilmesi.

## 2. Teorik Bilgi

Döküm, model kullanılarak elde edilen kalıp boşluğuna ergitilen metalin dökülmesi, dökülen metalin katılaşması ve oda sıcaklığına kadar soğuması ve döküm parçasının kalıptan çıkartılması işlemlerini içeren bir imalat yöntemidir.

### 2.1. Döküm Kalıpları

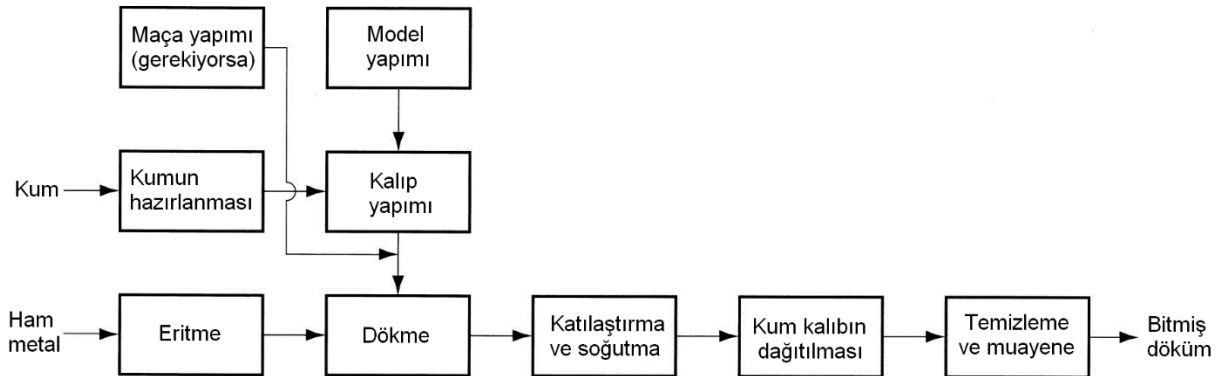
Metal dökümlerde kalıplar tek kullanımlık veya çok kullanımlık olarak imal edilir. Tek kullanımlık kalıpta her yeni bir döküm için yeni bir kalıp gerektirir. Kalıp yapmak için gerekli olan zaman döküm yapmak için gerekli olan süreden genellikle daha fazladır. Bu yöntemlerden biri olan kum kalıplama işleminde basit geometrideki parçaların üretimi için saate 400'den fazla kalıp ve döküm yapılabilir. Çok kullanımlık kalıpta ise kalıp malzemesi metal gibi dayanıklı bir malzemeden imal edilir. Çok kullanımlık kalıpların, tek kullanımlık kalıplara göre en önemli üstünlüğü yüksek üretim miktarlarında kullanılmasıdır.

Döküm yönteminde kullanılan kalıplama yöntemleri:

- Kum kalıplama
- Kabuk kalıplama
- Vakum kalıplama
- Köpük kalıplama
- CO<sub>2</sub> ile kalıplama vb.

### 2.2. Kum Kalıplama

Döküm yoluyla imal edilen parçaların büyük bir kısmı kum kalıplama işlemi kullanılarak şekillendirilirler. Kum kalıba döküm, sıvı metalin kum kalıp boşluğuna dökülmesi ve katılaşma işleminin tamamlanmasından sonra kum kalıbın kırılarak döküm parçasının çıkartılması ile yapılır.



Şekil 1. Kum kalıba döküm işlemi akış şeması

Kum kalıplama işleminde kullanılan karışım üç farklı bileşenden meydana gelir. Bunlar;

- Refrakter özelliği taşıyan kum taneleri,
- Kum içerisinde doğal olarak bulunan veya sonradan belirli oranlarda eklenen bağlayıcı,
- Bağlayıcı etkisi ile kum tanelerini bir birine bağlayan ve kumu uygun bir kalıp malzemesi haline getiren sudur.

Genellikle kum kalıplama işleminde kullanılan harmanın bileşimde hacimsel olarak %90 kum, % 7 bağlayıcı madde ve %3 oranında su bulunur. Bağlayıcı olarak kil kullanıldığında nemli olan kalıp boşluğu yüzeyleri kurutulursa daha düzgün yüzeyler elde edilir.

Kalıp kumuna yapılan diğer ilavelerin temel amacı kalıp kumu özelliklerini geliştirmek için yapılır. Örneğin;

1. Silis tozu sıcak mukavemeti arttırmak.
2. Demir oksit sıcak mukavemeti arttırmak.
3. Fuel oil akışkanlık ve plastiklik özelliğini arttırmak.
4. Mısır unu yağ ve kuru mukavemeti arttırmak.
5. Pülverize kömür döküm sıcaklığında kum tanelerinin çevresinde gaz filmi oluşturarak birbirine kaynaşmasını engeller böylelikle kumun yeniden kullanılabilmesini sağlar.
6. Grafüt tozu döküm yüzey kalitesini arttırmak için kullanılır çünkü yüksek yüzey gerilimi sayesinde sıvı metalin ıslatma özelliğini düşürür.
7. Perlit alümina silikat minerali olan perlit sayesinde yüksek sıcaklık kararlılığı artar.

#### A) Modeller

Dökülecek parçaların benzeri ve boyutu biraz daha büyük olan, kuma gömülerek sıvı metalin döküleceği kalıp boşluğunu oluşturan parçalara **model** denir.

Model yapımında dikkat edilmesi gereken hususlar;

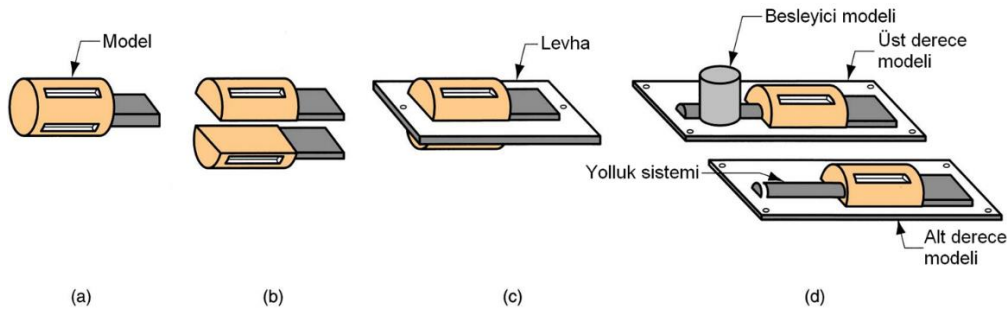
1. **Çekme Payı:** Modeller, dökülecek metalden biraz büyüktür. Çünkü dökümü yapılacak olan sıvı metal katılaşırken kendini çeker ve parçanın boyutları küçülür ve bu nedenle modellerin çekme payı kadar büyük yapılması gerekir.
2. **İşleme Payı:** Teknik resimlerde boyutlar parçaların işlenmiş şekillerine göre verilir. Kuma dökülen parçaların çoğu da mutlaka talaş kaldırılarak işlenir. Bu nedenle modeller işleme payı kadar büyük yapılır. Çekme payı çok verilirse işçilik artar, az verilirse işleme için cidar kalınlığı yetmeyebilir. Bu yüzden en uygun işleme payı verilmelidir.

Yükseklik (mm)	Eğiklik (°)	Yükseklik (mm)	Eğiklik (°)
0-10	3	400-500	3
10-18	2	500-630	3,5
18-30	1,5	630-800	4,5
30-50	1	800-1000	5,5
50-80	0,75	1000-1250	7
80-100	0,5	1250-1600	11
180-250	1,5	1600-2000	9
250-315	2	2000-2500	13,5
315-400	2,5	2500-3150	17
Maça Başı Eğikliği			
Yükseklik (mm)		Eğiklik (°)	
70'e Kadar		5	
70'den Çok		3	

Döküm Malzemesi	Çizgisel Kendini Çekme (%)	
	Sınır Değerler	Ortalama
Lamel Grafittli Dökme Demirler	0,5 - 1,3	1,0
Küresel Grafittli Dökme Demirler	0,8 - 2,0	1,2
Çelik Döküm	1,5 - 2,5	2,0
Manganlı Çelik Döküm	2,3 - 2,8	2,3
Al Döküm Alaşımları	0,8 - 1,5	1,2
Mg Döküm Alaşımları	1,0 - 1,5	1,2
Elektrolitik Bakır Dökümü	1,5 - 2,1	1,9
Cu - Sn Döküm Alaşımları (Bronz Döküm)	0,8 - 2,0	1,5
Cu - Sn - Zn Döküm Alaşımları (Kızıl Döküm)	0,8 - 1,6	1,3
Cu - Zn Döküm Alaşımları (Pirinç)	0,8 - 1,8	1,2
Zn Döküm Alaşımları	1,1 - 1,5	1,3
Beyaz Metal Dökümü (Pb, Sn)	0,4 - 0,6	0,5

Şekil 2. Modele verilmesi gereken çekme ve yüzey eğiklikleri

3. **Modellerin Konik Yapılması:** Kenarları dik olan modeller kalıptan çıkarılırken temas yüzeyi fazla olduğu için kalıp yüzeyi bozulabilir. Bunun için temas yüzeyini azaltmak gerekir. Bunun için de modeller sıyrılma doğrultusunda, model yüksekliği esas alınarak belirli derecelerde eğimli yapılırlar.



Şekil 3. Levhalı model

## B) Kalıp Kumları

Kum kalıp yapımında kullanılan silika en ucuz kalıp kumudur ve çelik dökümü gibi yüksek sıcaklık gerektiren dökümler için uygundur. Silikaya katılan ve kum tanelerini bir birine bağlayan kil genellikle clay veya bentonittir.

Zirkon, olivin, silikat kumları ısıl genişleme katsayısı düşük olması sebebiyle dökümhanelerde tercih edilen diğer kalıp kumlarıdır. Soğuma hızının artırılması için kalıp kumu olarak yüksek ısıl iletkenliğe sahip kromit kullanılır.

Kalıp kumları yeşil kum, kuru kum ve cidarı kurutulmuş kalıp kumları olarak sınıflandırılır.

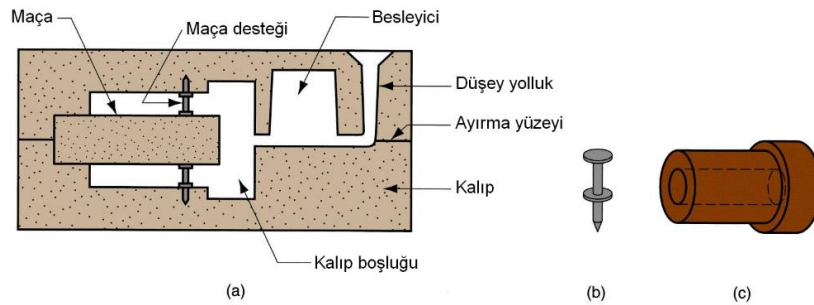
1. **Yeşil Kum Kalıp:** bu kalıp; kum kil ve sudan oluşur ve yeşil kelimesi kalıp kumunun nemli olduğunu ifade eder. Bu kalıp kumları optimum düzeyde esneklik, gaz geçirgenliği ve yeniden kullanılabilirlik özelliğine sahiptirler.
2. **Kuru Kum Kalıp:** organik bağlayıcılar kullanılarak imal edilirler ve 200 – 300 °C arasında fırında pişirilirlir. Pişirme işleminin amacı kalıp sertliğini ve mukavemetini artırmaktır. Yeşil kalıba nazaran daha iyi boyut hassasiyeti sağlanır ve üretim kapasitesi düşüktür.
3. **Cidarı Kurutulmuş Kalıp:** Bu kalıplar yeşil kum kalıp olarak üretilir ancak kalıp boşluğunu oluşturan yüzeylerin 10 – 20 mm derinlikte ısıtılarak kurutulması ile elde edilir. bu yüzeylerin mukavemetini artırmak için karışıma özel bağlayıcılar katılır.

### C) Maçalar

Döküm parçaların iç boşluklarını veya modelin kumdan sıyrılması sırasında bozulabilecek kalıp kısımlarını oluşturmak için kullanılan kalıp elemanlarına maça denir. Maça malzemeleri çoğunlukla kumdur. Fakat bu kumlar kalıp kumundan farklıdır. En önemli farkta kalıp kumundaki kil yerine bağlayıcıların kullanılmasıdır.

İnorganik malzemelerden imal edilen; yanmaz yüksek sıcaklıklara dayanıklı maçalar, %2 ateş kili, %0,5 – 2 bentonit, %30 silis, %1 – 2 demir oksit harmanlanarak üretilir. Maça kumlarında su da bulunur, fakat su bağlayıcı görevi yapmaz. Fakat su katılmadığı takdirde bağlayıcılar görev yapmaz. Maça yapımı sırasında az su katılırsa maçalar piştikten sonra istenen özellik elde edilemezken, çok su katılırsa pişme süresi uzar, yüzeyde kabuklaşma olur ve bağlayıcılar katmerleşir. Bağlayıcıların özelliklerini ortaya çıkartmak için maçaların 2 ile 6 saat süreyle 200-250 °C sıcaklıkta pişirilmesi gerekir. Böylece sertleşmiş dayanıklı maçalar meydana gelir. Az pişen maçalar sarı, çok pişen maçalar koyu sarı-kahverengi renktedir.

Maçalar döküm esnasında sıvı metalin içinde kalırlar Sıvı metal maçanın üzerine ağırlığının 3-5 katı kadar bir kaldırma kuvveti etkisi uygular. Maça üzerine etki eden kaldırma kuvveti (F); basit olarak sıvı metal ağırlığı ile maça ağırlığı arasındaki farkın yerçekimi kuvveti ile çarpılması ile bulunur. İşte maçalara etki eden bu kuvveti karşılayacak şekilde desteklenmesi gerekir. Bunun için maçalar maça başlarıyla ve içlerinde teller yerleştirilerek asılmak suretiyle desteklenir.



Şekil 4. Maçanın kalıp boşluğu içinde desteklenmesi

Döküm sonrası maça kaynaklı hatalar;

1. Maçaların Yapışması: Maça kendisi, maça sandığından yapılırken sandığa yapışabilir. Bunun önüne geçmek için önceden yüzeyine benzin sürülür.
2. Maçalarda Karıncalaşma: Gaz geçirgenliği az olan maçaların yüzeyinde karıncalaşma oluşur.
3. Maçaların Yüzmesi: Maça başı yeterli yapılmayan, iyi şekilde desteklenmeyen maçalar, sıvı metalin içinde yüzebilir.
4. Maçaların Kırılması: Maçalarda yeterli mukavemet yoksa sıvı metal maçayı kırabilir.
5. Maçalarda Damarlar: Maçanın üzerindeki küçük çatlaklara sıvı metal girerek parça yüzeyinde çıkıntılı damarlar meydana gelmesine sebep olurlar.
6. Maçaların Çatlaması: Pişirme sırasında maçada çatlama olmuşsa o maça kesinlikle kullanılmamalıdır.

### 2.3. Metalin Isıtılması

Dökülecek olan metalin ergime sıcaklığına kadar ısıtılması için verilmesi gereken ısı miktarı (1) denklemi ile bulunur.

$$H_1 = C_s(T_m - T_o) \quad (1)$$

Ergime sıcaklığındaki metalin katı halden sıvı hale geçmesi için ergime ısısı ( $H_f$ ) kadar ısı verilmesi gerekir.

Sıvı haldeki metalin döküm sıcaklığına ulaşması için gerekli olan ısı miktarı (2) denklemi ile bulunur.

$$H_2 = C_L(T_p - T_m) \quad (2)$$

Yoğunluğu  $\rho$  ve hacmi  $V$  olan metalin döküm sıcaklığına ulaşması için verilmesi gereken toplam ısı miktarı (3) denklemi ile bulunur.

$$H = \rho V(H_1 + H_f + H_2) \quad (3)$$

$C_s$ : katın metalin öz ısısı,  $T_m$ , metalin ergime sıcaklığı,  $T_o$ ; oda sıcaklığı,  $C_L$ , sıvı metalin öz ısısı,  $T_p$ , metalin döküm sıcaklığı

### 2.4. Metalin Kalıba Dolma Süresi

Sıvı metalin kalıba dolma hızı Bernoulli denklemi ile bulunur. Sıvı metalin il hızı sıfır olmak üzere tabandaki hızı;

$$v = \sqrt{2gh} \quad (4)$$

Süreklilik denklemine göre;  $Q = A_1V_1 = A_2V_2$  olur. Bu denklemde  $Q$  sıvı metalin debisi,  $V$  ise kalıp boşluğunun hacmini göstermektedir.

Kalıp boşluğunun hacminin dolması için gerekli süre,  $t = \frac{V}{Q}$  ile bulunur.

## 2.5. Metalin Katılma Süresi

Sıvı metalin döküm sıcaklığından itibaren tamamen katı hale dönüşüncüye kadar geçen süreye katılma süresi denir ve katılma süresi toplam döküm hacmine ve toplam yüzey alanına bağlıdır.

$$T = C_m \left( \frac{V}{A} \right)^2$$

Bu denklemde T katılma süresi, V, toplam hacim, A toplam yüzey alanı, ve C<sub>m</sub> kalıp sabitini ifade etmektedir.

## 2.6. Tasarım İncelemeleri

- Yolluk, rezervuar ve maça uygun şekilde tasarlanmazsa kumda erozyon ve kumun parçaya yapışması söz konusu olur.
- Homojen bir şekilde yapılmayan sıkıştırma tolerans değerlerini değiştirir.
- Derecelerin kalıplama sırasında iyi hizalanmaması sonucu sızma ve tolerans hataları oluşur.
- Modelin kalıptan çıkabilmesi için uygun çıkma eğimi verilmelidir.
- Keskin köşelerden kaçınılmalıdır.
- Parça tasarımında küçük değişiklikler yapılarak gereksiz maça kullanımından kaçınılmalıdır.
- Yolluk tasarımı, kalıp ve parça göz önüne alınarak yapılmalıdır.

## 3. Deneyin Yapılışı

### A) Kalıp Kumunun Hazırlanması

- Kalıp kumunun elenmesi
- Bağlayıcının ilave edilmesi
- Karışımın nemlendirilmesi

### B) Kalıbın Hazırlanması

- Tezgâh üzerinin temizlenmesi
- Alt derecenin tezgâh üzerine sabitlenmesi
- Modelin alt yarımının derece içerisine yerleştirilmesi
- Model üzerine grafit tozunun serpilmesi
- Kum doldurma ve sıkıştırma işleminin yapılması
- Alt derecenin ters çevrilmesi
- Alt derece üzerine üst derecenin sabitlenmesi
- Model üst yarımın, alt yarımı üzerine kitlenmesi
- Model üzerine grafit tozu sürülmesi
- Besleyici veya çıkıcı, yolluğun yerleştirilmesi
- Kum doldurma ve sıkıştırma işleminin yapılması
- Alt ve üst derecenin bir birinden ayrılması
- Model, yolluk ve çıkıcının çıkartılması

- Yolluk ağızı açılması
- Kalıpta oluşan bozuklukların düzeltilmesi
- Alt ve üst derecenin birleştirilmesi ve döküme hazır hale gelmesi

## 5. Kaynaklar

1. Yazıcıoğlu, O., Borat, O., Demetgül, M., İmalat yöntemleri”, Seçkin yayın evi, Birinci Baskı, 2014, Ankara.
2. Aydın, M., Gavas, M., Yaşar, M., Altunpark, Y., “Üretim yöntemleri ve imalat teknolojileri”, Seçkin yayın evi, Birinci Baskı, Nisan, 2011, Ankara.
3. Groover, P. M., “Fundamentals of modern manufacturing”, 4th Edition.