

**Bu kitaba sığmayan  
daha neler var!**



Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!



Kişiselleştirilmiş Öğrenme ve Raporlama



Canlı Ders

Zengin İçerik



Sosyal Etkileşim



Puan ve Armalar



EBA Portfolyo



www.eba.gov.tr



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA  
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.  
PARA İLE SATILAMAZ.**

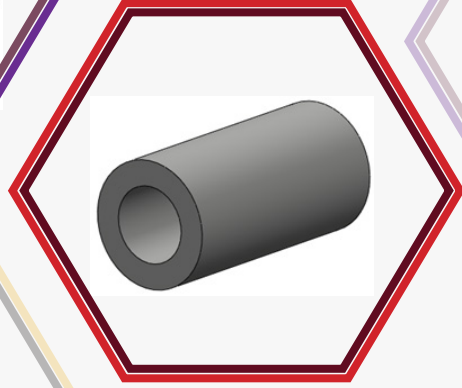
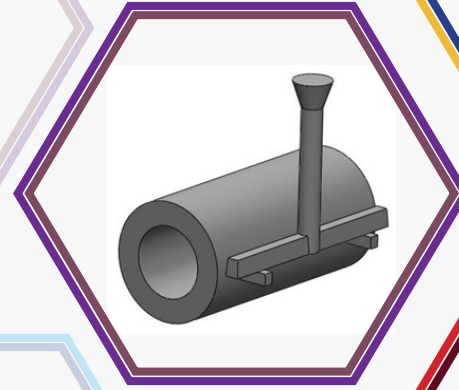
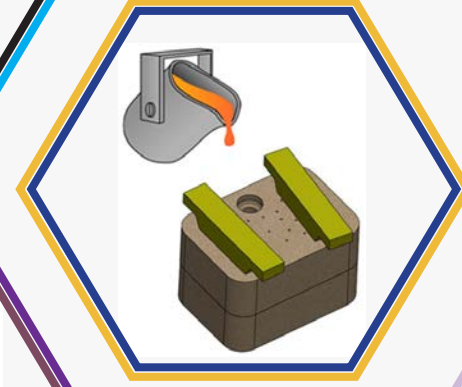
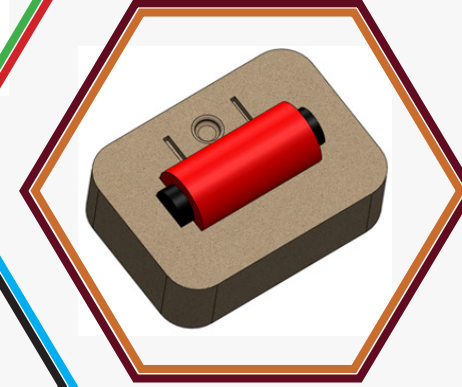
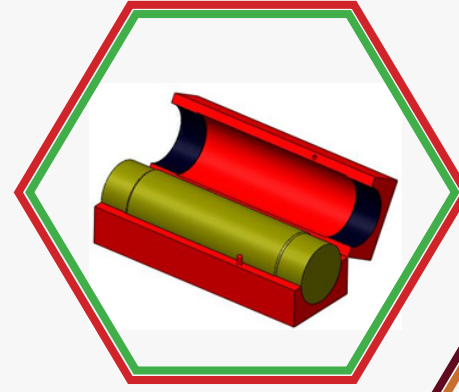
Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

**MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ  
METALÜRJİ TEKNOLOJİSİ ALANI**

# MESLEK TEKNOLOJİSİ

# 10

## DERS KİTABI



METALÜRJİ TEKNOLOJİSİ ALANI

MESLEK TEKNOLOJİSİ

10 Ders Kitabı



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



**MESLEKÎ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ**  
**METALÜRJİ TEKNOLOJİSİ ALANI**

# **MESLEK**

# **TEKNOLOJİSİ**

# **10**

**DERS KİTABI**

**YAZARLAR**  
**BEKİR COŞAR**  
**YUSUF AYGÜZER**



**DEVLET KİTAPLARI**

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....	8003
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....	1931

Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin,soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

## **HAZIRLAYANLAR**

### **Dil Uzmanı**

Mehmet YAPICI

### **Program Geliştirme Uzmanı**

Seçkin Seçil BAŞARAN

### **Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı**

Neslihan KOSER

### **Rehberlik Uzmanı**

Fatma Gül ARMAĞAN

### **Görsel Tasarım Uzmanı**

Dr. Songül Esin EROL

**ISBN: 978-975-11-6316-5**

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.





## İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;  
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.  
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;  
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!  
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl!  
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.  
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!  
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.  
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,  
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.  
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,  
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;  
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.  
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;  
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:  
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.  
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:  
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?  
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!  
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,  
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:  
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.  
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-  
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,  
Her cerâhamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,  
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;  
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!  
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.  
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;  
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

**Mehmet Âkif Ersoy**

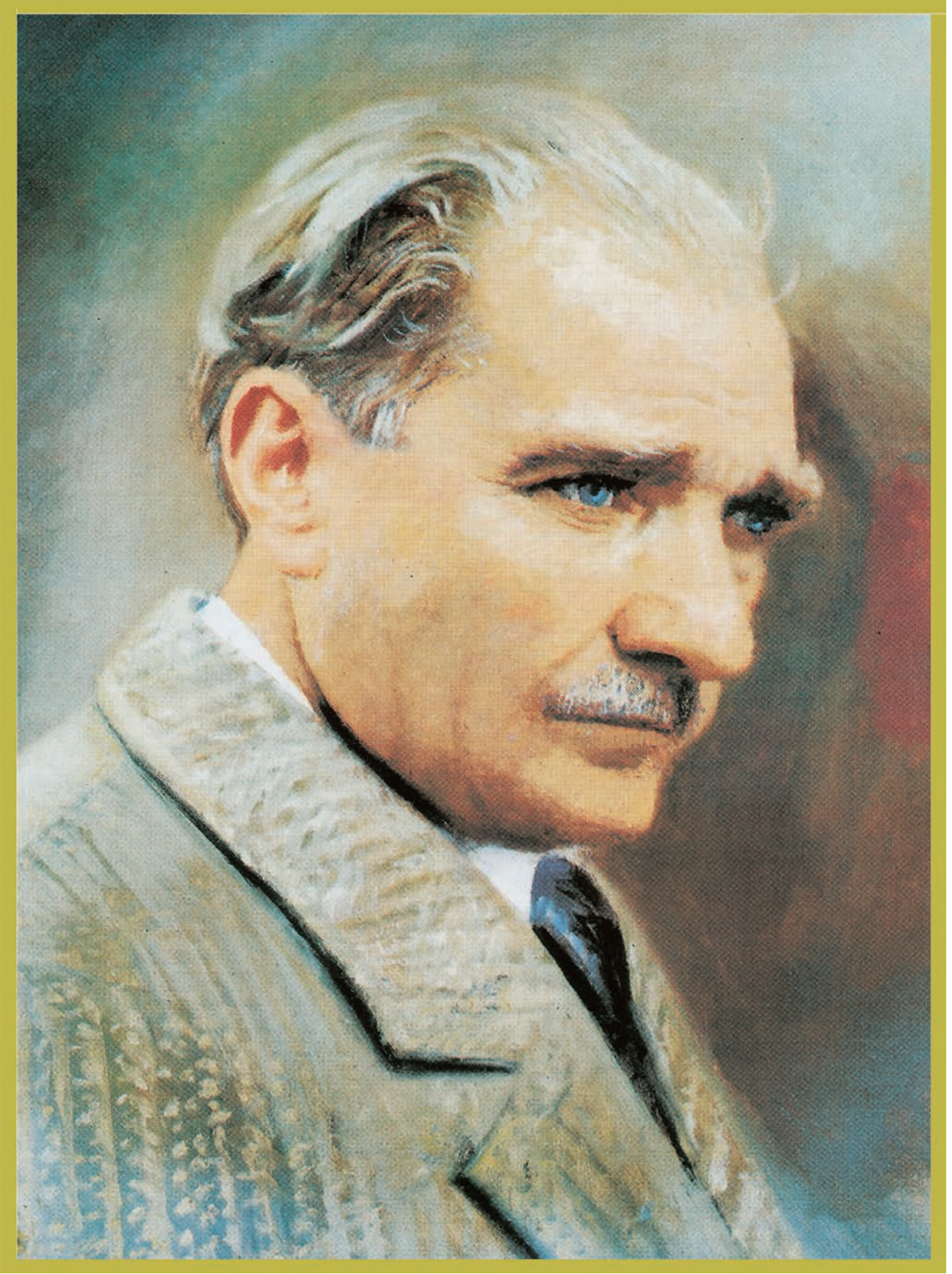
## GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaid bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK





# İÇİNDEKİLER

Kitap Tanıtımı.....14

## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No

1. Maça Yapımı.....	17
1.1. Maça Kumu.....	16
1.1.1. Maçanın Tanımı.....	16
1.1.2. Maça Kumunda Bulunması Gereken Özellikler.....	17
1.1.3. Maça Kumlarına Katılan Katkı Maddeleri.....	18
1.2. Maça İskeleti.....	18
1.3. Maçada Bulunması Gereken Özellikler.....	19
1.3.1. Maça Sandığı.....	19
1.3.2. Maça Başı.....	20
1.4. Mumlu İp.....	20
1.5. Maça Ceketİ.....	21
1.6. Maçaların Boyanması.....	21
1.6.1. Boya Çeşitleri.....	21
1.6.1.1. Karbonlu Maddeler.....	21
1.6.1.2. Madeni Toz Refrakter Malzemeler.....	22
1.6.2. Maça Boyama Yöntemleri.....	22
1.7. Maçaların Kurutulması.....	22
1.7.1. Kurutmanın Önemi.....	22
1.7.2. Maça Kurutma Fırını.....	23
Ölçme ve Değerlendirme.....	24



## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No

2. Reçineli Maça.....	27
2.1. Reçineli Maça Kumu.....	28
2.1.1. Reçineli Maça Kumunun Bileşimi.....	28
2.1.1.1. Reçine Çeşitleri.....	29
2.1.1.2. Sertleştiriciler.....	29
2.2. Reçineli Kum ile Maça Yapma.....	30
2.2.1. Reçineli Maça Yönteminin Üstünlükleri.....	31
2.2.2. Reçineli Maça Yönteminin Zayıflıkları.....	31
Ölçme ve Değerlendirme.....	32



## 3. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No

3. Cam Sulu Maça.....	33
3.1. Cam Sulu Maça Kumu.....	34
3.1.1. Cam Sulu Maça Kumunun Bileşimi.....	34
3.1.2. Cam Sulu Maça Kumunun Özellikleri.....	35
3.2. Cam Sulu Maça Kumu ile Maça Yapma.....	35
3.2.1. Cam Sulu Maça Yönteminin Üstünlükleri.....	36
3.2.2. Cam Sulu Maça Yönteminin Zayıflıkları.....	36
Ölçme ve Değerlendirme.....	37



## 4. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No



4. Bezir Yağlı Maça.....	39
4.1. Bezir Yağlı Maça Kumu Hazırlama.....	40
4.1.1. Bezir Yağlı Maça Kumunun Bileşimi.....	40
4.1.2. Bezir Yağlı Maça Kumunun Özellikleri.....	40
4.2. Bezir Yağlı Kum ile Maça Yapma.....	40
4.2.1. Bezir Yağlı Maça Yapımı Yönteminin Üstünlükleri.....	41
4.2.2. Bezir Yağlı Maça Yapımı Yönteminin Zayıflıkları.....	41
4.3. Bezir Yağlı Maçayı Pişirme.....	41
4.3.1. Maçayı Tavaya Alma.....	41
4.3.2. Maçayı Pişirme.....	42
4.4. Maça Yapıştırıcısı Hazırlama.....	43
Ölçme ve Değerlendirme.....	44

## 5. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No



5. Makinede Maça Yapma.....	45
5.1. Sıcak Kutu Yöntemi.....	46
5.1.1. Maça Yapma Makinelerinin Çeşitleri.....	48
5.1.1.1. Kumu El ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri.....	48
5.1.1.2. Kumu Sonsuz Vida ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri.....	48
5.1.1.3. Kumu Püskürtme ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri.....	48
5.2. Soğuk Kutu Yöntemi.....	49
5.2.1. Soğuk Kutu Maça Yapma Yöntemi.....	49
5.2.2. 3D Yöntemi ile Maça Yapma.....	50
5.2.3. Maça Yapma Makinelerinin Bakımları.....	52
Ölçme ve Değerlendirme.....	53

## 6. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No



6. Maçalı Kalıplar.....	57
6.1. Yağlı Grafit.....	58
6.2. Kalıba Maça Yerleştirme.....	58
6.2.1. Kalıba Maça Yerleştirmede Dikkat Edilecek Noktalar.....	59
6.2.2. Sıvı Metal Basıncının Dengelenmesi.....	59
6.2.2.1. Ağırlıklar.....	60
6.2.2.2. Kelepçeler.....	61
6.2.2.3. Sürgüler.....	61
6.2.2.4. Bağlama Civataları.....	62
6.3. Maça Desteği.....	62
Ölçme ve Değerlendirme.....	64

## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No



7. Taşıma Potaları.....	65
7.1. Taşıma Potasını Astarlama.....	66
7.1.1. Taşıma Potaları Çeşitleri.....	67
7.1.1.1. El Potaları.....	67
7.1.1.2. Vinç Potaları.....	68
7.1.1.3. Arabalı Potalar.....	69
7.1.1.4. Özel Potalar.....	69
7.2. Taşıma Potasını Boyayarak Kurutma.....	70
7.2.1. Taşıma Potalarını Boyarken ve Kuruturken Dikkat Edilecek Noktalar.....	70
7.2.2. Kapasitelerine Göre Pota Ölçüleri.....	71
Ölçme ve Değerlendirme.....	72

## 8. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No



8. Endüksiyon Ocağı.....	75
8.1. Endüksiyon Ocağı Tanıtımı.....	76
8.1.1. Elektrikli Ocaklar.....	76
8.1.1.1. Elektrik Direnç Ocakları.....	77
8.1.1.2. Ark Ocakları.....	78
8.1.1.3. Endüksiyon Ocakları.....	80
8.2. Endüksiyon Ocağında Kontroller.....	85
8.2.1. Endüksiyon Ocağını Çalıştırmadan Yapılması Gereken Kontroller.....	85
8.2.2. Endüksiyon Ocağında Oluşabilecek Hatalar ve Çözümleri.....	85
8.2.2.1. Ocak Ortasında Cüruf Birikimi.....	86
8.2.2.2. Soğutma Esnasında Astarlarda Çatlak Oluşumu.....	86
8.2.2.3. Ocaklardan Refrakter Aşınımı.....	87
8.2.2.4. Karbon Yedirme.....	87
8.2.2.5. Astarın Tabakalanması ve Kabuklanması.....	87
8.2.3. Endüksiyon Ocağında Alınabilecek Güvenlik Önlemleri.....	88
8.2.3.1. Topraklama Kaçağı Koruması.....	89
8.2.3.2. Kısa Devre Koruması.....	89
8.2.3.3. Ocak Yan Koruyucu.....	89
8.2.3.4. Ocak Astarının İncelmesinin Tespit Edilmesi.....	89
8.3. Endüksiyon Ocağını Çalıştırma.....	90
8.3.1. Endüksiyon Ocağı İlk Çalıştırma.....	90
8.3.2. Endüksiyon Ocağının Astarının Sinterlenmesi.....	91
Ölçme ve Değerlendirme.....	93

## 9. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No

9. Gri (Esmer) Dökme Demir.....	95
9.1. Dökme Demir.....	96
9.1.1. Demir ve Elde Edilmesi.....	96
9.1.1.1. Demir Filizlerinin Tanıtılması.....	96
9.1.1.2. Ham Demirin Elde Edilmesi.....	97
9.1.1.3. Demir Alaşımlarının Üstünlükleri.....	98
9.1.2. Dökme Demirin Tanıtılması.....	98
9.1.2.1. Dökme Demir Çeşitleri.....	98
9.1.2.2. Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi.....	99
9.1.2.3. Dökme Demirin Yapı Bileşenleri (Mikro Yapısı).....	99
9.1.2.4. Karbon- Silisyum ve Soğuma Hızının Mikro Yapıya Etkileri....	100
9.1.2.5. Dökme Demir Özellikleri.....	101
9.1.2.6. Dökme Demirlerin Kalıp Kumu.....	101
9.2. Gri (Esmer) Dökme Demir.....	102
9.2.1. Gri Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi.....	102
9.2.2. Gri Dökme Demirin Bileşiminde Bulunan Elementler.....	102
9.2.3. Gri Dökme Demirin Yapı Bileşenleri (Mikro Yapısı).....	103
9.2.4. Gri Dökme Demire Katılan Elementler ve Etkileri.....	105
9.2.5. Gri Dökme Demirin Mekanik Özellikleri.....	106
9.2.6. Gri Dökme Demirlerin Isıl İşlemleri.....	107
9.2.7. Gri Dökme Demirin Özellikleri.....	107
9.2.8. Gri Dökme Demirin Kullanıldığı Yerler.....	108
9.2.9. Gri Dökme Demirlerin Normlarla Gösterilmesi.....	108
9.2.10. Gri Dökme Demirin Ergitilmesi.....	109
Ölçme ve Değerlendirme.....	110



## 10. ÖĞRENME BİRİMİ

Sayfa No

10 Kimyasal Analizler.....	115
10.1 Sıcaklık Ölçme (Pirometre).....	116
10.1.1. Daldırmalı Pirometre (Isıl Çift).....	116
10.1.2. Optik (Lambalı) Pirometre.....	117
10.1.3. Işınmalı Pirometre.....	117
10.2 Metal Analizi.....	117
10.2.1. Metal Analizi İçin Numune Hazırlama.....	118
10.2.2. Spektrometre ile Analiz.....	119
10.2.2.1. Analiz Prensibi ve Kısımları.....	120
10.2.3. Karbon – Silis Analiz Cihazı.....	121
Ölçme ve Değerlendirme.....	123



Kaynakça.....	125
Cevap Anahtarı.....	127



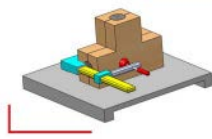
# KİTAP TANITIMI

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

## 1. ÖĞRENME BİRİMİ | MAÇA YAPIMI

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin görselini gösterir.



Öğrenme biriminin konu başlıklarını gösterir.

### KONULAR

- 1.1 MAÇA KUMU
- 1.2 MAÇA İSKELETİ
- 1.3 MAÇADA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER
- 1.4 MUMLU İP
- 1.5 MAÇA CEKETİ
- 1.6 MAÇALARI BOYAMA
- 1.7 MAÇALARI KURUTMA

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Maça kumunun özellikleri
- Maça iskeletinin görevi
- Maçanın özellikleri
- Mumlu ipin görevi
- Maça iskeletinin görevi
- Maçaları boyamanın amacı
- Maçaları kurutmanın önemi

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

Öğrenme biriminin hazırlık çalışmalarını gösterir.

### MAÇA YAPIMI

#### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

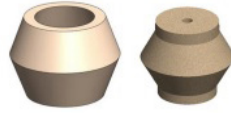
Atölyenizde veya işletmelerde bir boru parçasının nasıl yapıldığını gözlemleyiniz. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

#### 1.1. MAÇA KUMU

Döküm kalıplarında bazen maça kullanmak gerekir. Maça yapmak için de özel olarak maça kumu hazırlanır.

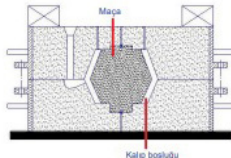
#### 1.1.1. Maçanın Tanımı

Dökümü yapılacak parçalarda (Görsel 1.1) delik veya boş çıkması istenen yerlere konan uygun ölçülerde hazırlanmış kum kümesine maça (Görsel 1.2) denir. Bir maça, kumdan veya metalden olabilir. Görsel 1.3'te maçanın kalıptaki görevi anlatılmaktadır.



Görsel 1.1: Dökümü istenen parça

Görsel 1.2: Maça



Görsel 1.3: Maçanın kalıptaki görevi

Maça yapımında çok çeşitli maça kumları kullanılmaktadır. Maça kumunun, kalıp kumundan yapılan maça kumu, reçineli kum, cam sulu kum ve bezir yağlı kum gibi birçok çeşidi vardır. Bu öğrenme biriminde bazı katkı maddeleri ilave edilerek kullanılan maça kumlarından bahsedilecektir. Diğer maça kumu çeşitlerine sonraki öğrenme birimlerinde değinilecektir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

### MAÇA YAPMA YÖNTEMLERİ

Maça yapım süresi maça büyüklüğüne göre değişmekle beraber çok kısadır. Ayrıca iskelet kullanmaya gerek yoktur. Maçanın sertleşmesini sağlamak için genellikle amin veya karbondioksit gazı kullanılır.

**BİLGİ KUTUSU**

Soğuk kulu yönteminde sertleştirici olarak kullanılan amin gazının kendine has, kuvvetli ve kötü bir kokusu vardır. İnsan sağlığına zararı olduğu için bu gazı kullanırken iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat etmek gerekir.

**5.2.2. 3D Yöntemi ile Maça Yapma**

Son zamanlarda üç boyutlu yazıcı ile katmanlı üretim metodu gelişmeye başlamıştır. Döküm sektörü de bu yöntemi kullanarak maça ve kalıp yapımına başlamıştır. 3D yöntemi, model ve maça sandığı ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Özellikle çok karmaşık ve klasik yöntemle yapılması zor maçaların yapımını, maça sandığına gerek olmadan, kolayca yapma fırsatı yakalamıştır. Üstelik reçneli bağlayıcı sistemlerin kullanılması sayesinde ısıtmaya ya da gaz geçirmeye gerek kalmadan hızlı bir şekilde kullanıma hazır maçaların üretimi mümkün hale gelmiştir.

**BİLGİ KUTUSU**

3D yazıcıların çalışabilmesi için her şeyden önce 3 boyutlu bir tasarıma ihtiyaç vardır. Bilgisayar ortamında AutoCAD, Solidworks, 3DMax gibi bir CAD programıyla yazdırılacak cisim tasarlanır. Bu programlar sayesinde oluşturulan üç boyutlu model, 3D yazıcıya gönderilir ve baskı sürecine geçilir. Bir malzeme seçimi yapılır. Yazdırma komutuyla tasarımı yapılan model, katmanlar halinde üst üste serilerek oluşturulur.

3D yönteminde öncelikle yapılacak maçanın bilgisayarda üç boyutlu çizimi yapılır. Bu çizim 3D yazıcıya aktarılır. Maça kumu, 3D yazıcıya bağlı maça makinesinde hazırlanır. Önce hazneye silis kumu ve belli oranda sertleştirici konur ve hazne karıştırılır. Hazırlanan bu karışım, makine çalıştırınca 3D yazıcının yayma başlığına gelir. Hazırlanan reçne, 3D yazıcının püskürtme başlığına doldurulur. Yayma başlığı, yazdırma komutuyla kum karışımı düz bir zemine belli bir kalınlıkta yayar. Sonra makinenin püskürtme başlığı, düz zemine yayılan silis-sertleştirici karışımının üzerine istenen maçanın şekline uygun olarak reçneli püskürtür. Püskürtülen reçne, istenen şekle uygun olarak silis kanelelerini birbirine bağlar. Sertleştiricinin etkisiyle sertleşme olur. Kum serme başlığı kumu tekrar serer, püskürtme başlığı reçneli püskürtür ve bir kat daha oluşur. Bu şekilde kat kat eklenerek istenen maça elde edilir. Görsel 5.11, 12, 13, 14, 15, 16 'da 3D yazıcı ile maça üretiminin aşamaları gösterilmiştir. Görsel 5.17 de 3D maça yapma makinesi görülmektedir.

58

Öğrenme biriminin bilgi kutularını gösterir.

Öğrenme biriminin ölçme ve değerlendirme sorularını gösterir.

### REÇNELİ MAÇA

**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME**

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak cevaplarınızı bırakılan boşluklara yazınız.

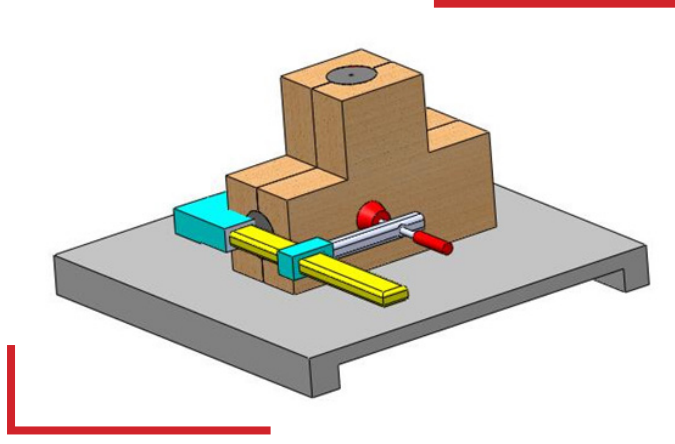
1. Reçneli maça kumunun bileşimini ve yapılışını açıklayınız.  
.....
2. Reçnelilerin sertleştirilme yöntemlerini karşılaştırarak yazınız.  
.....
3. Reçneli maça kumunda sertleştirme amacıyla asit kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktaları açıklayınız.  
.....
4. Reçneli maça yapımında dikkat edilmesi gereken noktaları belirterek reçneli maça yapımını açıklayınız.  
.....
5. Reçneli maça yönteminin üstünlükleri ve zayıflıklarını açıklayınız.  
.....

Cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.

59

# 1. ÖĞRENME BİRİMİ

## MAÇA YAPIMI



## KONULAR

- 1.1. MAÇA KUMU
- 1.2. MAÇA İSKELETİ
- 1.3. MAÇADA BULUNMASI  
GEREKEN ÖZELLİKLER
- 1.4. MUMLU İP
- 1.5. MAÇA CEKETİ
- 1.6. MAÇALARI BOYAMA
- 1.7. MAÇALARI KURUTMA

## NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Maça kumunun özelliklerini
- Maça iskeletinin görevini
- Maçanın özelliklerini
- Mumlu ipin görevini
- Maça ceketinin görevini
- Maçaları boyamanın amacını
- Maçaları kurutmanın önemini





## MAÇA YAPIMI



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

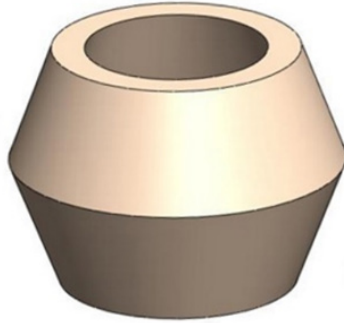
Atölyenizde veya işletmelerde bir boru parçasının nasıl yapıldığını gözlemleyiniz. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

#### 1.1. MAÇA KUMU

Döküm kalıplarında bazen maça kullanmak gerekir. Maça yapmak için de özel olarak maça kumu hazırlanır.

##### 1.1.1. Maçanın Tanımı

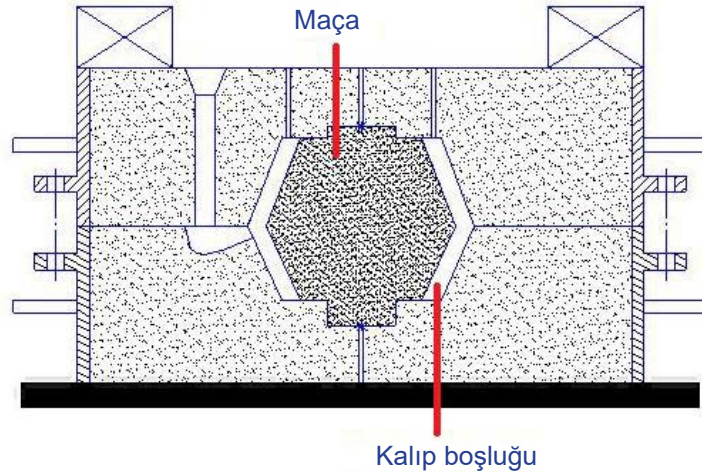
Dökümü yapılacak parçalarda (Görsel 1.1) delik veya boş çıkması istenen yerlere konan uygun ölçülerde hazırlanmış kum kütlesine **maça** (Görsel 1.2) denir. Bir maça, kumdan veya metalden olabilir. Görsel 1.3' te maçanın kalıptaki görevi anlatılmaktadır.



Görsel 1.1: Dökümü istenen parça



Görsel 1.2: Maça



Görsel 1.3: Maçanın kalıptaki görevi

Maça yapımında çok çeşitli maça kumları kullanılmaktadır. Maça kumunun; kalıp kumundan yapılan maça kumu, reçineli kum, cam sulu kum ve bezir yağlı kum gibi birçok çeşidi vardır. Bu öğrenme biriminde bazı katkı maddeleri ilave edilerek kullanılan maça kumlarından bahsedilecektir. Diğer maça kumu çeşitlerine sonraki öğrenme birimlerinde değinilecektir.

### 1.1.2. Maça Kumunda Bulunması Gereken Özellikler

#### Şekil Alabilmeli

Maça yapılırken kum, maça sandığına sıkıştırılır. Sıkıştırılan kum, maça sandığının şeklini düzgünce alabilmeli ve kolayca bozulmamalıdır. Maça kurutulduktan ya da pişirildikten sonra da şeklini koruyabilmelidir.

#### Gaz Geçirgen Olmalı

Maçanın çevresi sıvı metal ile sarıldığında oluşan gaz, maça kumunun gözeneklerinden dışarı atılmalıdır. Bu gazın maça içinden kolayca çıkabilmesi için maça kumunun gaz geçirgenlik özelliğine sahip olması gerekir. Kumun tane iriliği arttıkça gaz geçirgenlik özelliği artar. Maça kumunun gaz geçirgenliği maça kumunda kullanılan bağlayıcıların özellikleriyle de ilgilidir.

#### Yaş Dayanımı Olmalı

Maça kurutulmadan veya pişirilmeden önce yaş dayanımına sahip olmalıdır. Aksi hâlde maça sandığından çıkarıldığında maça tavaşına alınırken veya bir yerden başka bir yere taşınırken bozulur. Maçanın yaş dayanımını artırmak için ilave katkı maddeleri ve maça iskeleti kullanılır.

#### Kuru Dayanımı Olmalı

Bir maça genellikle kurutularak veya pişirilerek kullanılır. Bu işlemden sonra açık havada bekleyen maça ufalanmamalı, çatlammamalı ve kırılmamalıdır. Aksi durumda yıpranan maça, dökümü yapılan parçanın hatalı çıkmasına neden olur.

#### Isıya Dayanabilmeli

Maça, döküm esnasında sıvı metalin yüksek ısıyla karşı karşıyadır. Isıya dayanımı iyi olmayan maça, sıvı metalin ısıyla döküm parçaya yapışır. Bu durum, dökümü yapılan parçanın kirli ve hatalı çıkmasına sebep olurken maça kumunun gaz geçirgenliğini de azaltır. Bu sorunun oluşmaması için maça kumunun iri ve yuvarlak taneli olması gerekir.

#### Sıvı Metalin Basıncına Dayanıklı Olmalı

Ergimiş metal, kalıba dökülüp maça ile temas ettiğinde maçaya basınç uygular. Basınca dayanımı az olan maçada kalıp içinde kırılma, çatlama ve eğilme gibi hatalar oluşur. Böyle bir sonuçla karşılaşmamak için yapılan maça, mutlaka basınca dayanıklı olmalıdır.

#### Sıvı Metalin Çekmesine Uygun Esneklikte Olmalı

Sıvı metaller ısı kaybettiğinde sıvı hâlden katı hâle geçer. Bunun sonucunda metallerde hacimce küçülme meydana gelir. Bu küçülme maçaya basınç uygular. Maçanın bu basınç esnasında bir miktar esnemesi beklenir. Bu esneklik olmazsa dökümü yapılan parçada çatlamlar ve iç gerilmeler meydana gelebilir.

#### Döküm Sırasında Az Gaz Oluşturmalı

Maça kumuna katılan katkı maddeleri belirli sıcaklıklarda yanar. Bu yanan katkı maddeleri maçada gaz oluşturur. Bu gaz dışarı atılmadığında kalıp içinde gaz boşlukları meydana getirir. Bu boşluklar, dökümü yapılan parçanın hatalı çıkmasına neden olur. Bu yüzden maça kumunda kullanılan katkı maddeleri en az gaz oluşturanlardan seçilmelidir.

#### Dökümden Sonra Kolay Dağılabilmeli

Maçanın büyük bir kısmı dökümü yapılan parçanın içinde kalır. Döküm sırasında sıvı metalin basıncı maçayı daha da sıkıştırır. Maçanın kolay boşaltılması, maça kumuna katılan katkı maddelerinin cins ve miktarına bağlıdır. Maça kumunun dökümden sonra kolay dağılabilmesi işçilik süresini de azaltır.



### **Ekonomik Olmalı**

Yukarıda maddelerle belirtilen özelliklerin yanında maça kumlarından beklenen bir özellik de ucuz olmasıdır. Bunun için aynı özelliklerde ama daha ucuz katkı maddeleri tercih edilmelidir. Ancak ucuz katkı maddeleri öncelikle insan sağlığına ve dökümü yapılan parçaya zarar vermemelidir.

### **1.1.3. Maça Kumlarına Katılan Katkı Maddeleri**

#### **Silis (Kuars)**

Doğada yaygın olarak bulunan silisyum dioksittir. Dökümcülükte kullanılan silisyumun kristalleşmiş şekli olan kuvardır. Bu madde 1700 °C'a kadar dayanır. Maça kumlarında % 80'den fazla bulunur. Silisin bağlayıcılık özelliği yoktur.

#### **Kil**

Silis kumuna katılan kil, kum tanelerinin etrafını sarar; su ile birleşince, şişerek taneleri birbirine bağlar. Taneler küçük olduğu için gaz geçirgenliği azdır. Yapay kumlarda % 2-5 oranında kullanılır.

#### **Kömür Tozu**

Taş kömürünün öğütülüp, elenip istenilen tane iriliğine getirilmesiyle kullanılır. Kömür tozu, döküm esnasında yanarak maça ile sıvı metal arasında ince bir film tabakası oluşturur ve sıvı metalin maçaya yapışmasını engeller. Dökümü yapılan parçaların daha temiz olmasını sağlar. Maça kumlarında % 8'e kadar kullanılır.

#### **Ağaç Testere Talaşı**

Ağaç testere talaşı; döküm parçalarda daha temiz yüzey elde etmek, gaz geçirgenliğini ve genleşme yeteneğini arttırmak için kullanılır. Döküm sırasında yanan talaş, sıvı metalle maça yüzeyi arasında film tabakası oluşturarak dökümü yapılan parçaya temiz bir yüzey verir. Ayrıca maça kumunun gaz geçirgenliğini artırır. Ağaç testere talaşı maça kumuna % 0,5-2 oranında katılır.

#### **Su**

Maça kumlarına katılan kuru maddeler homojen oluncaya kadar karıştırıldıktan sonra bu karışıma su ilave edilir. Su, kum içindeki kilin şişmesine ve silis tanelerinin birbirine bağlanmasına yardımcı olur. Maça kumlarında % 3-5 oranında kullanılır.

### **1.2. MAÇA İSKELETİ**

Maça, kalıp içerisinde etrafını saran sıvı metalin basıncına dayanıklı olmalıdır. Ayrıca maçanın yaş dayanımının yüksek olması gerekir. Maçanın bu dayanım özelliklerine sahip olmasını sağlamak için maça yapımı sırasında içine metal çubuklar konur. Bu metal çubuklara **maça iskeleti** (Görsel 1.4) denir. Görsel 1.5'te maça iskeleti için ölçü alınacak maça sandığı görülmektedir.



**Görsel 1.4:** Maça iskeleti



**Görsel 1.5:** Maça sandığı



Maça iskeleti, maçanın bir yerden başka bir yere taşınmasını kolaylaştırır. Bunun yanında maça kalıba yerleştirildiğinde maçanın dağılıp bozulmasını da engeller. İskeletin daha sağlam ve etkili olması için etrafına tel sarılır, ıslatılır veya üzerine şamot çamuru sürülür.

İskeletler genellikle metal çubuklardan yapılır. İşin özelliğine ve büyüklüğüne göre profil borular da kullanılabilir. Bunlara maça kumunun tutuculuğunu arttırmak için özel ilaveler de yapılabilir.

### 1.3. MAÇADA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Maçanın kalıpta çok önemli görevleri vardır. Bu nedenle çeşitli özelliklere sahip olması gerekir.

#### Maçanın Dayanımı Yüksek Olmalı

Maça yaş veya kuru olarak kullanılabilir. Ufak sarsıntı ve çarpmalarda bozulmamalıdır. Kuru maçalar, yaş maçalara göre daha dayanıklıdır.

#### Maçanın Gaz Geçirgenliği İyi Olmalı

Döküm sırasında etrafı sıvı metalle sarılan maçanın gaz geçirgenliği iyi olmalıdır. Bunun için iri taneli kumlar tercih edilir. Ayrıca maçanın hava kanallarının iyi açılması gerekir.

#### Maça Isıya Dayanıklı Olmalı

Maçanın ısıya dayanımında kum tane iriliği kadar bağlayıcılar da önemlidir. Döküm sırasında bağlayıcılar özelliğini kaybetmemeli, maça ufalanıp dağılmamalı ve maçanın şekli bozulmamalıdır.

#### Maça Döküm Anında Esnek Olmalı

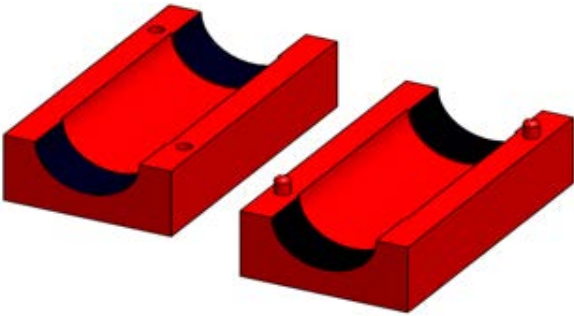
Maça, sıvı metalin katılaşması sırasında metalin çekmesine uygun esneklikte olmalıdır. Aksi durumlarda çatlamlar oluşur ve dökümü yapılan parça hatalı çıkar.

#### Maça Nem Almamalı

Maça yapıldıktan sonra hemen kullanılmayacaksa uygun ortamlarda depolanmalıdır. Depolama esnasında havadan nem almamalıdır. Nemi yüksek maça, döküm esnasında fazla gaz çıkardığı için dökümü yapılan parçaya zarar verebilir.

#### Dökümden Sonra Kolay Dağılmalı

Dökümden sonra kalıplar bozulunca dökümü yapılan parçanın içinde kalan kum kütlesi kolayca boşaltılabilmelidir. Bu, maça kumlarına katılan bağlayıcı maddelere bağlıdır.



Görsel 1.6: Maça sandığı

#### 1.3.1. Maça Sandığı

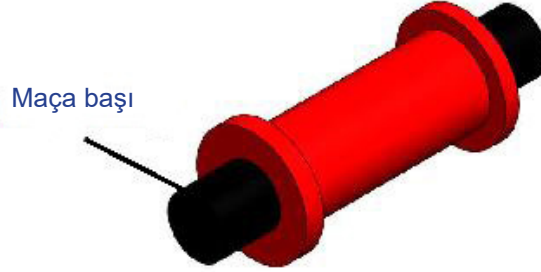
Maçanın yapılmasını sağlayan kutuya **maça sandığı** denir (Görsel 1.6). Maça sandığı modelci tarafından ağaç, metal ve plastik malzemeden tasarlanarak yapılır.



## MAÇA YAPIMI

### 1.3.2. Maça Başı

Maça başı, maçanın kalıp içerisinde dengeli oturtulmasını sağlamak için modele yapılan ek parçadır. Maça başı, aynı zamanda maça ve kalıp kaynaklı gazların kalıp dışına atılmasını da sağlar. Maça başı, modelde siyah renkte gösterilmiştir. Modelin kalıp boşluğunu oluşturacak kısımları dökülecek metalin çeşidine göre boyanır (Görsel 1.7).



Görsel 1.7: Maçalı model

### 1.4. MUMLU İP

Yapılan maçaların içerisinde oluşan gazları dışarı atmak için kanallar oluşturmak gerekir. Bu kanallar maçaya bazen şiş çekerek bazen de maçanın içine delikli boru yerleştirilerek oluşturulur.

Bazı maçaların şeklinden dolayı kanal açmak zordur. Bu nedenle maçanın şekline uygun bir ipin üzeri mum ile kaplanır. Maçanın yapım aşamasında gazları dışarı atmak için bu mumlu ip (Görsel 1.9) kullanılır. Maçanın kurutulması ya da pişirilmesinde mum erir. Böylece mumun bıraktığı boşluk aracılığı ile maçanın gazları dışarı atılır.

Burada kullanılan mum, arıların petek yapımında kullandığı bal mumudur (Görsel 1.8). Bal mumu 62-65 °C'ta erir. Bu yöntemde kullanılan ip, sıcaktan pek etkilenmeyen pamuk ipliği olmalıdır.



Görsel 1.8: Bal mumu



Görsel 1.9: Mumlu ip uygulaması



## 1.5. MAÇA CEKETİ

Maça sandıklarının ölçülerine uygun olarak yapılan ağaç veya metal çerçevelere **maça ceket**i denir (Görsel 1.10).

Basit maçaların plakalara alınmaları kolaydır ancak profilli ve dayanımı az olan maçalar, kurutmak veya pişirmek için plakaya alınırken kolay bozulur. Bu bozulmayı önlemek için maça sandığı açılır. Daha sonra maça üzerine bir miktar yüzey ayırıcı serpilerek maça ceketi konur. Ceketin içi kalıp kumu ile biraz sıkıştırılıp, ters çevrilerek maça kumu yatağa alınır (Görsel 1.11).

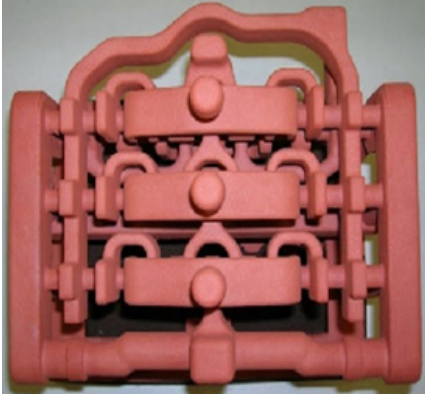


Görsel 1.10: Maça ceket



Görsel 1.11: Cekete alınmış maça

## 1.6. MAÇALARIN BOYANMASI



Görsel 1.12: Boyanmış maça

Maçaların ısıya karşı dayanımını artırmak, daha temiz bir yüzey elde etmek ve dökümü yapılan parçadan kolay çıkmasını sağlamak için maçalar boyanır. Sonrasında kurutmak için fırına konur ya da açık havada kurumaya bırakılır. Boyanan maçalar **100 °C**'ta kurutularak daha temiz yüzeyler elde edilir (Görsel 1.12).

Değişik isimlerde maça boyaları yapılırsa da yaygın olarak grafit boyalar kullanılır. Grafit boyalar, kullanılması en kolay ve ucuz olanıdır.

### 1.6.1. Boya Çeşitleri

Maçaların boyanmasında karbonlu ve madeni toz refrakter malzemeler kullanılır.

#### 1.6.1.1. Karbonlu Maddeler

Maçaların boyanmasında kullanılan karbonlu maddeler, kömür tozu ve grafitir.

##### Kömür Tozu

Döküm kalıp kumlarında da kullanılan kömür tozu, taş kömürünün öğütülüp, elenerek istenilen tane iriliğine getirilmesiyle elde edilir. Kömür tozu, su ile karıştırılarak maçaların boyanmasında kullanılır.



### Toz Grafit

Grafit, yumuşak özellikli bir karbon minarelidir. Döküm sanayisinde kalıp ve maçaların boyanmasında yaygın olarak kullanılır. Toz grafit, su veya alkol ile karıştırılarak maça boyası hazırlanır. İçine tutuculuğunu artırmak için kil de ilave edilebilir. Grafit esaslı boyalar, genelde dökme demirden dökülecek parçanın kalıp ve maçalarının boyanmasında kullanılır.

### 1.6.1.2. Madeni Toz Refrakter Malzemeler

Madeni toz refrakter malzemeler; zirkon, silikat ve talktan oluşur.

#### Zirkon

Çok yüksek ergime sıcaklığına sahip asidik, yüksek sıcaklıklara dayanıklı (refrakter) bir malzemedir. Zirkon, öğütülerek toz hâline getirilir. Toz hâline gelen zirkona dökümcülükte **zirkon unu** adı verilmektedir. Zirkon, su veya alkol ile karıştırılarak maça boyası hazırlanır. Bu boya, çelikten dökülecek parçanın maçasının boyanmasında kullanılır.

#### Silikat

Doğada yaygın olarak bulunan silikatlar tüm minarelerin içinde bulunur. Silikat tozu, kok veya grafitle karıştırılarak ağır işlerin dökümünde kullanılır.

#### Talk

Pek çok ticari malzeme de kullanılan magnezyum silikattır. Ateşe tutulduğunda yanmaz, parlak ve serttir.

### 1.6.2. Maça Boyama Yöntemleri

Maça boyama yöntemlerini; fırça, sifon ve daldırma ile boyama olmak üzere üç başlıkta toplamak mümkündür.

#### Fırça ile Boyama

Maçanın büyüklüğüne uygun fırça seçilir. Hazırlanan boya, fırça ile maçanın yüzeyine sürülür. Boyanacak maça sayısı az olduğunda kullanılmaya uygun bir yöntemdir.

#### Sifon (Püskürtme) ile Boyama

Boyanın basınçlı hava ile maçanın üzerine püskürtülmesi yöntemidir. Boyanacak maça sayısının çok olduğu durumlarda kullanılır.

#### Daldırma ile Boyama

Daha çok pişirilerek elde edilen maçaların boyanmasında kullanılan bir yöntemdir. Pişirilen maça; boyanın içerisine daldırılır, çıkarılır. Daha sonra maça, bir kancaya asılarak ya da maça başı üzerine oturtularak kuruması beklenir.

## 1.7. MAÇALARIN KURUTULMASI

Döküm parçaların sağlam olarak elde edilebilmesi için maçaların kurutulması gerekir.

### 1.7.1. Kurutmanın Önemi

Maçanın içindeki nemin alınmasına **kurutma** denir. Kurutmadan sonra maçanın özelliklerinde iyileşme olur. Kurutmanın etkisiyle maçadan ayrılan suyun bıraktığı boşluklar, maçanın gaz geçirgenliğini ve sertleşerek dayanımını artırır. Döküm anında sıvı metal maçaya nüfuz edemez, böylece temiz bir yüzey oluşur.

Doğal ve yapay kumdan yapılan maçalar hemen boyanır. Boyanan maçalar ısı kontrollü fırına konur. Fırın sıcaklığı kademeli olarak 100 °C'a kadar yükseltilecek maçaların içindeki nemin dışarı atılması sağlanır. Yağlı kumlardan yapılan maçalar **180-220 °C**'ta pişirildikten sonra boyanmalı ve **80-100 °C**'ta kurutulmalıdır.

### 1.7.2. Maça Kurutma Fırını

Maçaların hızlı ve seri yapılması gerektiği durumlarda maça, kurutma fırınında **80°C ile 100°C** arasında çok daha kısa sürede kurutulur. Maça kurutma fırını, bezir yağlı maçaların pişirilmesinde de kullanılır (Görsel 1.13).



**Görsel 1.13:** Maça kurutma fırını

Fırın büyüklüğüne göre raflara konan her maçanın fırın ısısından eşit olarak yararlanması sağlanmalıdır. Aynı veya birbirine yakın büyüklükteki maçalar, aynı raflara konmalıdır. Maça kurutma fırınının ısı kaybı engellenmelidir.

Tek tip imalat yapan atölyelerde paletli bantlı (sürekli) pişirme sistemleri kurulmuştur. Maçalar, bant üzerinde fırına sürülür ve pişirilerek dışarı alınır.

Maça kurutma fırınlarının en ideali elektrik enerjisi ile çalışandır. Sıcaklık kontrolleri çok kolaydır ve zaman ayarlaması istendiği anda değiştirilebilir. Elektrik enerjisi ile çalışan maça kurutma fırınlarının yapım maliyeti yüksektir ancak maçaların gaz geçirgenlik, sağlamlık ve diğer özelliklerinin kontrollü kurutma veya pişirme işlemine de bağlı olduğu unutulmamalıdır. Maça kurutma fırınlarının sıvı, gaz ve katı yakıtla çalışan çeşitleri de vardır.



A) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Dökülecek parçada boş ve delik çıkması istenen yerlere konulan kum kütlesi aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Model
  - B) Maça
  - C) Kalıp
  - D) İskelet
  - E) Maça sandığı
2. Döküm sırasında maçada oluşan gazların kolayca dışarı çıkmasını sağlayan maça kumu özelliği aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Yaş dayanımı
  - B) Kuru dayanımı
  - C) Gaz geçirgenliği
  - D) Isıya dayanımı
  - E) Sıvı metalin basıncına dayanıklılığı
3. Maça kumlarına aşağıdakilerden hangisi katılmaz?
  - A) Su
  - B) Kil
  - C) Kömür tozu
  - D) İspirto
  - E) Testere talaşı
4. Maçaların kalıp içine oturduğu kısma verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Maça başı
  - B) Kalıp başı
  - C) Destek
  - D) Yatak
  - E) İskelet
5. Maçaların dayanımını artırmak için maçanın içine yerleştirilen metal çubuğun adı aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Şiş
  - B) Firkete
  - C) İskelet
  - D) Kanca
  - E) Çivi

**6. Maçanın bozulmaması için maça sandıklarının ölçülerine uygun yapılan ağaç veya metal çerçeve aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Plaka
- B) Maça sandığı
- C) Maça ceket
- D) Kalıp
- E) Model

**7. Maçaların içindeki nemin alınmasına verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Tavlama
- B) Isıtma
- C) Sağlamlştırma
- D) Kurutma
- E) Pişirme

**8. Aşağıdakilerden hangisi maçada bulunması gereken özelliklerden biri değildir?**

- A) Maçanın dayanımı olması
- B) Maçanın gaz geçirgenliğinin iyi olması
- C) Maçanın ısıya dayanıklı olması
- D) Dökümden sonra kolay dağılması
- E) Maçanın beklerken nem alması

**9. Aşağıdakilerden hangisi maçaların boyanma nedenlerinden biri değildir?**

- A) Temiz yüzey elde etmek
- B) Isıya dayanımı artırmak
- C) Kuru dayanımı artırmak
- D) Güzel görünmesini sağlamak
- E) Dökümden sonra kolay dağılmasını sağlamak

**10. Mumlu ip uygulamasının amacı aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Maçayı kalıba bağlamak
- B) Maça gazının dışarı atılmasını sağlamak
- C) Maçanın kolay dağılabilmesini sağlamak
- D) Maçanın ısı dayanımını arttırmak
- E) Maçanın şekil almasını sağlamak

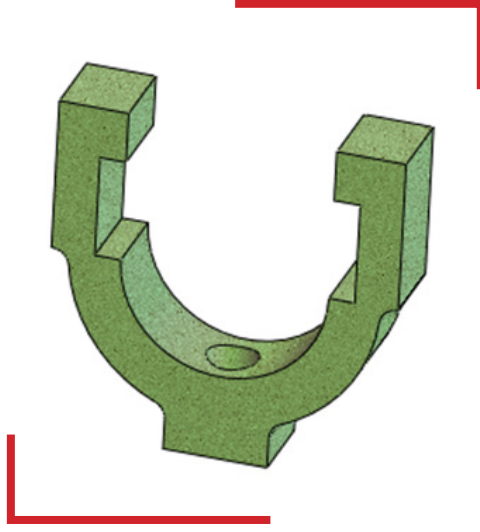
**11. Maçanın neminin uzaklaştırılması için aşağıdakilerden hangisi kullanılmalıdır?**

- A) Yer ocağı
- B) Kupol ocağı
- C) Kurutma fırını
- D) Ekmek fırını
- E) Mutfak fırını



## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

## REÇİNELİ MAÇA



### KONULAR

- 2.1. REÇİNELİ MAÇA KUMU
- 2.2. REÇİNELİ KUM İLE  
MAÇA YAPMA

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Reçineli maça kumunun özelliklerini
- Reçineli maçanın özelliklerini





## REÇİNELİ MAÇA



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Atölyenizde veya işletmelerde maça yapımına denk geldiniz mi? Gözlemlerinizi sınıfta paylaşınız.

### 2.1 REÇİNELİ MAÇA KUMU

Reçineli maça yapım yöntemi maça ve kalıp yapımına uygun olduğu için döküm sektöründe çok tercih edilmektedir.

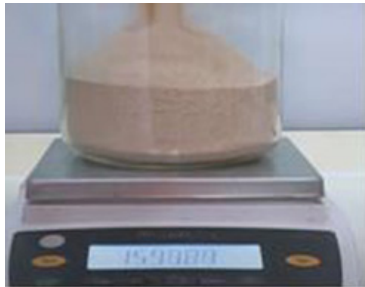
#### 2.1.1. Reçineli Maça Kumunun Bileşimi

Reçineli maça kumunun ana maddesi silis kumudur. Silis tanelerini birbirine bağlamak için reçine kullanılır. Silis tanelerini saran reçinenin de sertleştirilmesi gerekir. Reçinenin sertleştirilmesi için asit, gaz ve ısıtma yöntemleri kullanılabilir.

Yıkamış, kurutulmuş silis kumuna kum miktarının % 1,5 ile 3,5'i kadar reçine; reçine miktarının % 25'i ile % 60'ı kadar da sertleştirici katılır. Reçineli maça kumu hazırlığı sırasında dikkat edilmesi gereken nokta silis üzerine önce sertleştirici daha sonra da reçinenin katılmasıdır. Reçineli maça kumu bileşiminde kullanılacak maddelerin oranları aşağıda görülmektedir.



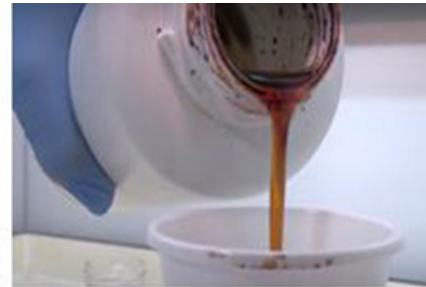
Katılacak sertleştiricinin oranını belirlerken parçanın büyüklüğüne ve çalışma ortamının sıcaklığına dikkat edilmelidir. Hazırlanan reçineli maça kumunun uzun süre saklanması uygun değildir. Bu nedenle kum, az miktarda ve gerektiğinde hazırlanmalıdır.



**SİLİS**



**SERTLEŞTİRİCİ**



**REÇİNE**

**Görsel 2.1:** Reçineli maça kumu bileşenleri



### 2.1.1.1. Reçine Çeşitleri

Reçineli maça kumunda kullanılan reçineler üç çeşittir. Havada, gazla, ısıyla sertleşen reçineler.

#### 1. Havada Sertleşen Reçineler

Furan ve alkali fenolik reçineler olmak üzere ikiye ayrılır.

##### Furan Reçineler

Furan reçineleri; fenol formaldehit ve üre formaldehit kimyasal maddelerinin furfural alkol ile karıştırılması ile hazırlanır. Furan reçinelerinde sertleştirici olarak asit kullanılır. Demir ve demir dışı metallerin dökümünde kullanılabilir. Furan reçineleri ile yapılan maçaların dayanım değerleri yüksektir. Bu maçalar döküm sonrasında kolaylıkla dağılır ve uzun süre bekletilebilir. Bu reçinelerden yapılan maçaların % 90-95 oranında geri dönüşümü mümkündür.

##### Alkali Fenolik Reçineler

Alkali fenolik reçinelerde ester esaslı sertleştiriciler kullanılır. Kullanılan sertleştirici aşındırıcı değildir. Bu reçineler ile yapılan maçalar yüksek dayanıma sahiptir. Demir ve demir dışı metallerin dökümünde kullanılabilir. Çevreye verdiği atık gaz değerleri düşüktür.

#### 2. Gaz ile Sertleşen Reçineler

Gaz ile sertleşen reçineleri; alkafen, betanol ve poliüretan olmak üzere üç başlıkta toplamak mümkündür.

##### Alkafen Reçineler

Her tür metalin dökümüne uygun reçinelerdir. Bu reçineler, karbondioksit gazı ile sertleştirilir. Bu tür reçineler ile yapılan maçaların dayanımı ve yüzey kalitesi yüksektir. Ancak karmaşık şekilli maçaların yapımına ve uzun süre bekletilmeye uygun değildir. Geri kazanımı kısıtlıdır.

##### Betanol Reçineler

Betanol reçineler, metil gazı ile sertleştirilmektedir. Soğuk kutu yöntemine uygundur. Bu tür reçineler ile yapılan maçadan çevreye zehirli gazlar yayılmaz. Uzun süre bekletilmeleri mümkündür.

##### Poliüretan Reçineler

Poliüretan reçineler, soğuk kutu yönteminde amin gazı ile sertleştirilmektedir. Bu reçinelerden yapılan maçalar, yüksek dayanıma sahiptir. Maça yüzeyleri düzgündür. Ancak amin gazı çevre ve çalışanlar için zararlıdır.

#### 3. Isı ile Sertleşen Reçineler

Isı ile sertleşen reçineleri, sıcak kutu reçineleri adı altında incelemek mümkündür.

##### Sıcak Kutu Reçineleri

Sıcak kutu reçineleri, 180-220 °C'ta pişirilerek sertleştirilmektedir. Bu tür reçinelerden yapılan maçanın yüzeyi düzgün ve dayanımı yüksektir. Bu reçineler ile maça yapmak için özel maça sandığına ihtiyaç vardır. Ayrıca pişirmede kullanılan enerji nedeniyle maliyet artmaktadır.

### 2.1.1.2. Sertleştiriciler

Havada sertleşen reçinelerde sertleştirici kullanılır. Sertleştiriciler, genellikle asit karakterlidir. Sertleştirici olarak **fosforik** ve **paratoluen sulfonik asit** kullanılır.



## REÇİNELİ MAÇA

Reçineli maça kumlarında sertleştirici kullanılmasının nedeni maçaların hızla sertleştirilerek kısa zamanda kullanılmak istenmesidir. Sertleşme süresi hava sıcaklığına ve maça boyutlarına göre değişkenlik gösterir. Havanın sıcak olduğu günlerde daha az, havanın soğuk olduğu günlerde daha fazla sertleştirici kullanılmalıdır.

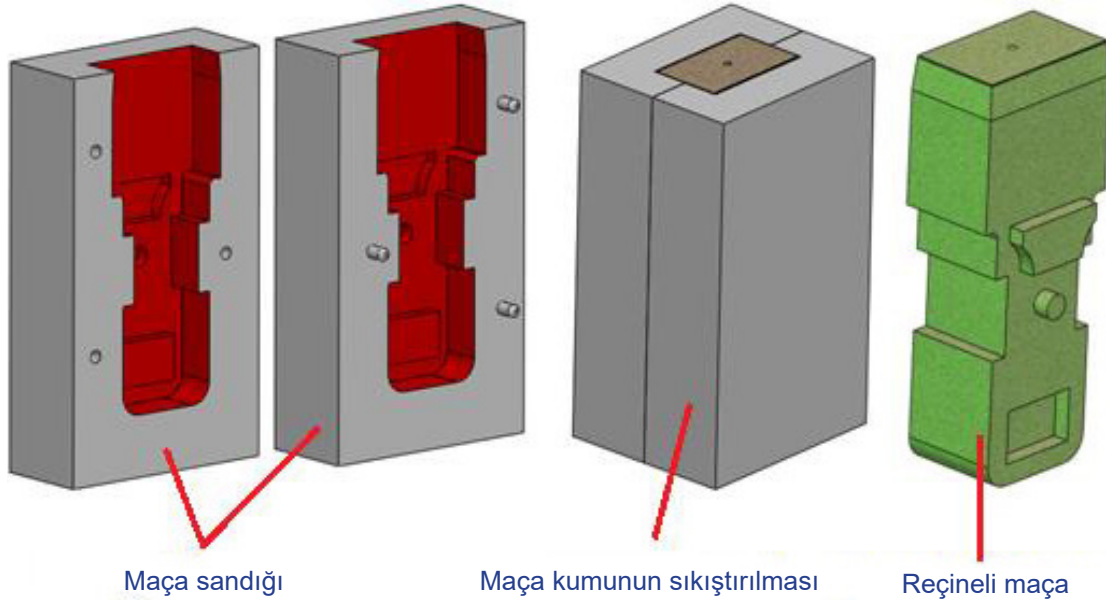


### BİLGİ KUTUSU

Sertleştirme için kullanılan asitler içilmemeli, yiyeceklerden uzak tutulmalı ve bu asitlerin cilde temasından kaçınılmalıdır. Cilde temas hâlinde o bölge bol su ile yıkanmalıdır. İşlem sırasında kesinlikle lastik eldiven giyilmeli ve koruyucu maske takılmalıdır.

### 2.2. REÇİNELİ KUM İLE MAÇA YAPMA

Reçineli maça kumu, bileşimine katılan maddelerin etkisiyle çok çabuk sertleşir. Bu nedenle önceden maça sandığı hazır edilmelidir. Hazırlanan maça kumu, maça sandığına tekniğe uygun olarak sıkıştırılır. Maça sandığı hemen açılmaz. Maça kumunun sertleşmesi beklenir. Bekleme süresi maçanın büyüklüğüne göre değişir. Maçanın rengi, açık bejden yeşile doğru dönmeye başlayınca maça çıkarılır. Görsel 2.2'de reçineli maçanın yapılışı görülmektedir.



Görsel 2.2: Reçineli maçanın yapılışı

Reçineli maçanın diğer maça kumu çeşitlerine göre üstün olduğu ve zayıf kaldığı yönleri vardır. Döküm sektörü kendi şartlarını dikkate alarak bu yöntemlerden birini seçer.

### 2.2.1. Reçineli Maça Yönteminin Üstünlükleri

- Maçanın dökümden sonra kolay dağılması
- Sıvı metalin dökümü sırasında az gaz oluşması
- Maçanın yüzey düzgünlüğünün iyi olması
- Maça iskeleti ihtiyacını ortadan kaldırması ya da azaltması
- Kullanılan maça kumunun %90-95 oranında tekrar kullanılabilmesi

### 2.2.2. Reçineli Maça Yönteminin Zayıflıkları

- Maçanın sertleşmesinin beklenmesi
- Asitli ortamda çalışma güçlüğü
- Maça yapımında hızlı davranmak zorunluluğu
- Pişirmeli sistem tercih edildiğinde ek maliyet oluşması



### BİLGİ KUTUSU

Reçineli maçanın dökümden sonra tekrar kullanılması, israf edilmemesi çok önemlidir. Dökümden sonra bozulan kalıptan çıkarılan reçineli maça, atık durumundadır. Bu kullanılmış maça atılırsa içindeki reçine ve asit kalıntıları doğaya zarar verir ayrıca işletme için yeni maça kumu ihtiyacı doğar. Bu nedenlerle ek tesis kurularak kullanılmış maça geri dönüştürülebilir. Böylece hem doğa hem de işletme sahibi kazanmış olur.



## REÇİNELİ MAÇA



### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak cevaplarınızı bırakılan boşluklara yazınız.

1. Reçineli maça kumunun bileşimini ve yapılışını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Reçinelerin sertleştirilme yöntemlerini karşılaştırarak yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Reçineli maça kumunda sertleştirme amacıyla asit kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktaları açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

4. Reçineli maça yapımında dikkat edilmesi gereken noktaları belirterek reçineli maça yapımını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

5. Reçineli maça yönteminin üstünlükleri ve zayıflıklarını açıklayınız.

.....

.....

.....

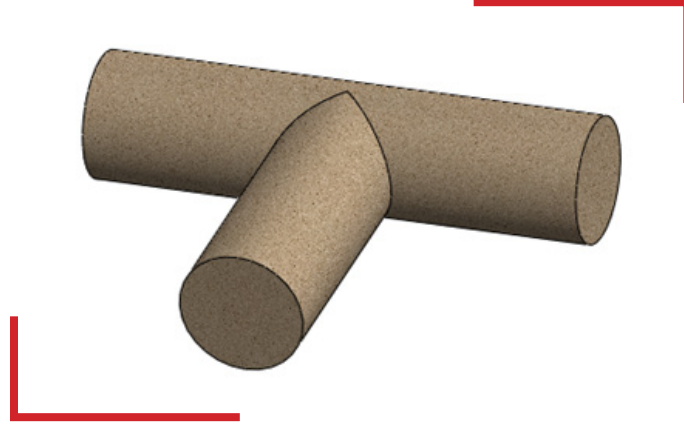
.....

.....

Cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.

# 3. ÖĞRENME BİRİMİ

## CAM SULU MAÇA



### KONULAR

- 3.1. CAM SULU MAÇA KUMU
- 3.2. CAM SULU MAÇA KUMU İLE MAÇA YAPMA

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Cam sulu maça kumunun özelliklerini
- Cam sulu maçanın özelliklerini





## CAM SULU MAÇA



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Sosyal hayatımızda cam suyunun kullanım alanlarını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

### 3.1. CAM SULU MAÇA KUMU

Maça yapımında kullanılan bir kum çeşidi olan cam sulu maça kumu aynı zamanda kalıp kumu olarak da kullanılmaktadır. İlk olarak 1950'lerde kullanılmaya başlanmış ve günümüzde hâlâ kullanılmaktadır.

#### 3.1.1. Cam Sulu Maça Kumunun Bileşimi

Cam sulu maça kumu, silis ile cam suyunun karışımından oluşmaktadır. Cam suyu diğer adıyla sodyum silikat, toz ve sulu çözelti olarak karşımıza çıkar. Maça yapımında sulu çözelti hâlindeki cam suyu kullanılır. Cam suyu, silis tanelerini birbirine bağlamak için kullanılır. Maçanın dökümden sonra kolay dağılmasını sağlamak için cam sulu maça kumuna bir miktar toz grafit katılabilir. Silis ile cam suyu yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir. Görsel 3.1'de cam suyu ve silis kumu görülmektedir.



Görsel 3.1: Cam suyu ve silis kumu



Dökümü yapılacak olan parçanın özelliğine uygun olarak seçilen silis kumuna, % 4-10 oranında cam suyu ilave edilir. Bir miktar toz grafit de ilave edilmek istenirse bunu, cam suyunu katmadan önce yapmak gerekir. Karışımı karıştırma süresi 3-5 dakikadır (Görsel 3.2). Hazırlanan cam sulu maça kumu, kısa sürede kullanılmalıdır. Çünkü hava ile temas ettiğinde sertleşerek maça yapımına uygunluğunu kaybedebilir.

Görsel 3.2: Maça kumu karıştırıcısı

**CAM SULU MAÇA KUMU BİLEŞİMİ**  
**SİLİS** kumuna % 4-10 oranında **CAM SUYU**

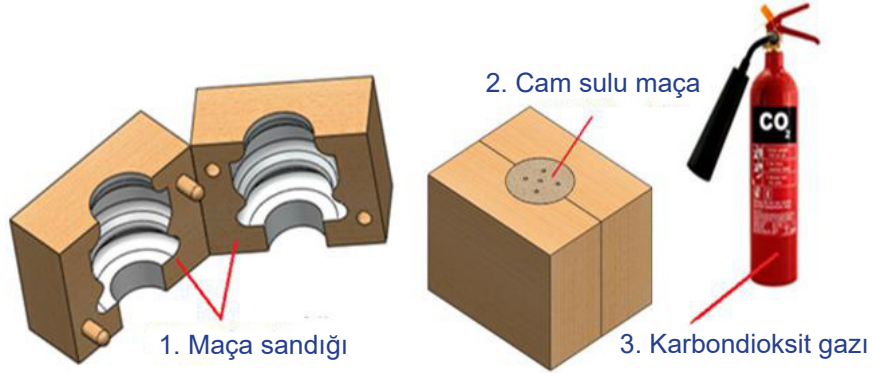
#### 3.1.2. Cam Sulu Maça Kumunun Özellikleri

Cam sulu maça kumunun hazırlanması kolay ve ucuzdur. Gaz ve gazlama cihazlarının da temini kolay ve ucuzdur. Geleneksel ve modern yöntemler ile hazırlanabilir. Cam suyu; havada veya kurutma fırınında, asitle ve karbondioksit gazı (CO<sub>2</sub>) ile sertleşebilme özelliğine sahiptir. Sektörde daha çok karbondioksit gazı ile sertleştirme yöntemi tercih edilmektedir.

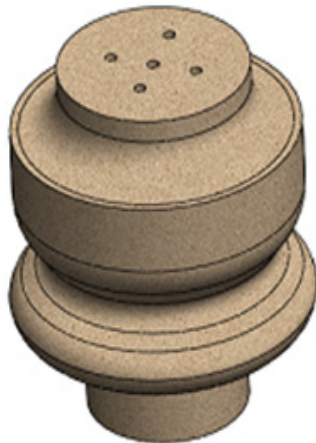
Cam sulu maça kumunun dökümden sonra dağılması oldukça zordur. Kumun maça yapımına uygunluğunu korumak için kum, kapalı kaplarda kısa süre saklanmalı ya da nemli bir bez ile üzeri kapatılmalıdır. Maça kumu, kısa sürede kullanılmazsa hava ile temas ederek sertleşir ve şekil alma özelliğini kaybeder.

#### 3.2. CAM SULU MAÇA KUMU İLE MAÇA YAPMA

Hazırlanan kum, tekniğe uygun olarak maça sandığına sıkıştırılır. Daha sonra hazırlanan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı maça sandığının üzerine getirilir. Gaz, 3-4 atmosfer basıncı ile kısa bir süre maçanın içinden geçirilir. Böylece maçanın sertleşmesi sağlanmış olur (Görsel 3.3). Sertleşen maça sandıktan çıkarılır (Görsel 3.4) .



**Görsel 3.3:** Cam sulu maçanın yapılışı



**Görsel 3.4:** Cam sulu maça



### 3.2.1. Cam Sulu Maça Yönteminin Üstünlükleri

- Maçanın klasik ya da modern bir işletmede kolaylıkla yapılabilmesi
- Maçanın maça sandığından çıkarılınca hemen kullanılabilmesi
- Maça maliyetinin pişirme yöntemiyle yapılanlara göre düşük olması
- Bu yöntemde iskelet kullanmaya gerek olmaması
- Maçanın kuru dayanımının ve gaz geçirgenliğinin iyi olması
- Maça yapımında kullanılan bileşikler ve karbondioksit gazının çalışanlar ve çevre için zararlı olmaması

### 3.2.2. Cam Sulu Maça Yönteminin Zayıflıkları

- Maçanın dökümden sonra boşaltılmasının zor olması
- Maçanın nem alma özelliği fazla olduğu için maçaların bekletilememesi
- Maça kumunun saklanması özel dikkat gerektirmesi
- Bekletilmek zorunda kalınan maçaların kurutma fırınında kurutulmasının gerekmesi





## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Cam sulu maça kumu bileşiminde aşağıdakilerden hangileri vardır?
  - A) Silis ve alçı
  - B) Silis ve cam suyu
  - C) Cam suyu ve alçı
  - D) Reçine ve silis
  - E) Reçine ve alçı
2. Cam sulu maça kumunda silis tanelerini birbirine bağlamak için aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
  - A) Reçine
  - B) Alçı
  - C) Cam suyu
  - D) Su
  - E) Bezir yağı
3. Cam sulu maça kumu ile yapılan maça, dökümden sonra kolay dağılmamaktadır. Bu sorunu çözmek için maça kumuna aşağıdakilerden hangisi katılmalıdır?
  - A) Kil
  - B) Su
  - C) Alçı
  - D) Demir tozu
  - E) Toz grafit
4. Aşağıdakilerden hangisi cam suyunun sertleşmesini sağlar?
  - A) Kükürtdioksit
  - B) Azot
  - C) Doğal
  - D) Karbondioksit
  - E) Metan
5. Aşağıdakilerden hangisi cam sulu maça yönteminin üstünlüklerinden biri değildir?
  - A) Maça sandığından çıkarılınca hemen kullanılabilmesi
  - B) İskelet kullanmaya gerek olmaması
  - C) Maçanın dökümden sonra kolay boşaltılabilmesi
  - D) Kuru dayanımının güçlü olması
  - E) Gaz geçirgenliğinin iyi olması



## CAM SULU MAÇA

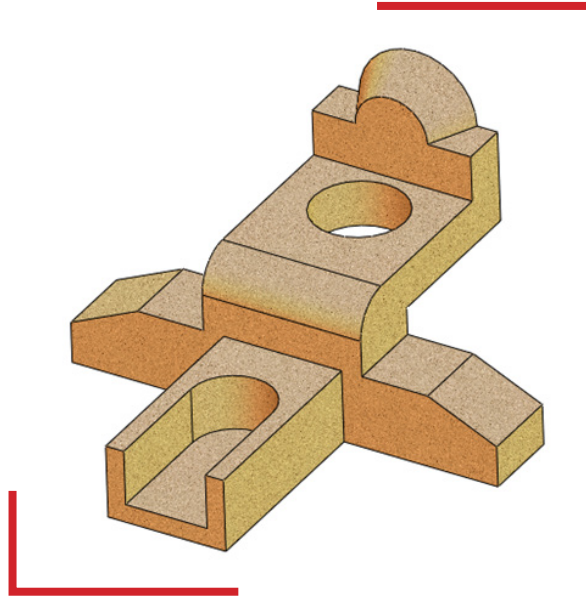
6. Aşağıdakilerden hangisi cam sulu maça yönteminin zayıflıklarından biri değildir?

- A) Maçanın uzun süre bekletilince nem alması
- B) Maça kumunu saklamanın zor olması
- C) Bekletilen maçayı kurutma zorunluluğunun olması
- D) Maçanın gaz geçirgenliğinin çok kötü olması
- E) Dökümden sonra maçayı boşaltmanın zor olması

**Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**

# 4. ÖĞRENME BİRİMİ

## BEZİR YAĞLI MAÇA



### KONULAR

- 4.1. BEZİR YAĞLI MAÇA KUMU HAZIRLAMA
- 4.2. BEZİR YAĞLI KUM İLE MAÇA YAPMA
- 4.3. BEZİR YAĞLI MAÇAYI PİŞİRME
- 4.4. MAÇA YAPIŞTIRICISI HAZIRLAMA

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Bezir yağlı maça kumunun bileşimini
- Bezir yağlı maçanın özelliklerini
- Bezir yağlı maçayı pişirmenin önemini
- Maça yapıştırıcısının görevini





## HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Bezir yağı deyince aklınıza ne geliyor? Fikirlerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

### 4.1. BEZİR YAĞLI MAÇA KUMU HAZIRLAMA

Bezir yağlı maça kumu, maça yapımında tercih edilen kum çeşitlerinden biridir. Bu tür maça kumunun ana maddesi silistir. Silis tanelerini bağlayıcı olarak bezir yağı ve kil kullanılır. Kumun gaz geçirgenliğini ve dayanımını arttırmak için buğday (mısır) unu ve talaş da kuma ilave edilir.

#### 4.1.1. Bezir Yağlı Maça Kumunun Bileşimi

Bezir yağlı maça kumu bileşimi Tablo 4.1'de verilmiştir. Maça kumunun ana bileşeni olan silis, karıştırıcıya yüklenir. Daha sonra kil ve buğday (mısır) unu silise ilave edilir. Kuru karışım homojen oluncaya kadar karıştırılır. Bu karışıma önce bezir yağı (Görsel 4.1) ve bir süre sonra da su ilave edilerek maça kumu hazırlanır.



Görsel 4.1: Bezir yağı

Tablo 4.1: Bezir Yağlı Maça Kumu Bileşimi

Silis	% 92-95
Bezir yağı	% 3,5-5
Kil	% 0,5-1
Buğday (mısır) unu	% 0,5-1,5
Su	% 0,5-1

#### 4.1.2. Bezir Yağlı Maça Kumunun Özellikleri

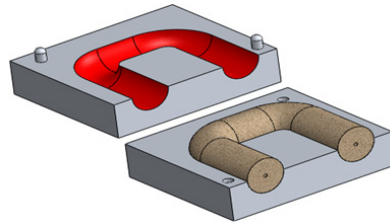
Bezir yağlı maça kumunun en belirgin özelliği akıcılığının çok iyi olmasıdır. İnce kesitli maçaların yapımına uygundur. Yaş dayanımı zayıf olmasına rağmen piştikten sonra kuru dayanımı mükemmeldir. Karıştırıcıda hazırlanan kum, maça yapımı için uzun süre bekletilebilir.

### 4.2. BEZİR YAĞLI KUM İLE MAÇA YAPMA

Bezir yağlı maça kumunun maça sandığına yapışmasını engellemek için maça sandığını mazotlu üstüğü ile temizlemek gerekir. Gerekliyorsa iskelet hazırlanıp kullanılabilir (Görsel 4.2). Hazırlanan maça kumu, maça sandığının içine sıkıştırılır. Yapılan maçanın havasını almak için yeterli sayıda kanal açılması gerekir. Maça sandığı takalanarak açılır (Görsel 4.3).



Görsel 4.2: Boru maça iskeleti



Görsel 4.3: Bezir yağlı maça

### 4.2.1. Bezir Yağlı Maça Yapımı Yönteminin Üstünlükleri

- Bu yöntemle hazırlanan maçanın uzun süre stokta bekletilebilmesi
- Maçanın pişirildikten sonraki dayanımının oldukça yüksek olması
- Özellikle ince kesitli maçaların yapımına uygun olması
- Dökümü yapılan parçanın temiz yüzeyli olmasını sağlaması
- Bu yöntemle yapılan maçanın dökümden sonra kolayca dağılabilmesi

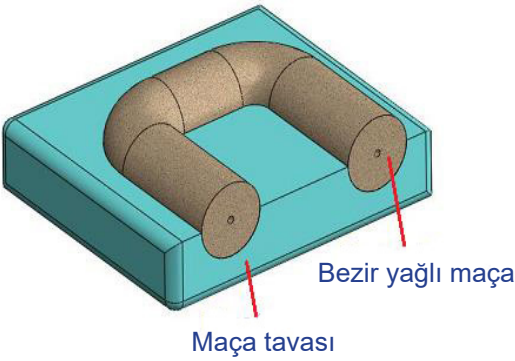
### 4.2.2. Bezir Yağlı Maça Yapımı Yönteminin Zayıflıkları

- Bu yöntemle hazırlanan maçanın yaş dayanımının zayıf olması
- Sıvı metalin kalıba dökümü sırasında fazla gaz oluşturması
- İskelet, tava veya ceket yapmanın ek maliyet oluşturması
- Maça yapımı sırasında çevreye kötü koku yayılması
- Gaz geçirgenliğini artırıcı önlemlerin gerekmesi

### 4.3. BEZİR YAĞLI MAÇAYI PİŞİRME

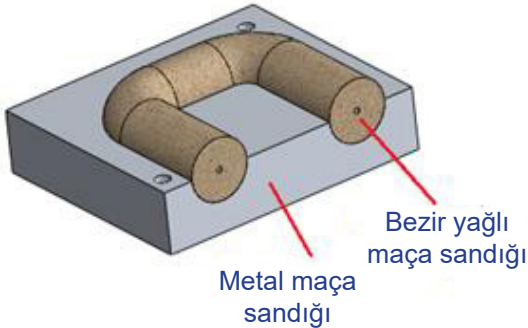
Bezir yağlı maça, pişirilme esnasında fırın sıcaklığına dayanıklı bir kaba alınmalıdır.

#### 4.3.1. Maçayı Tavaya Alma



Görsel 4.4: Maçanın tavaya alınması

Bezir yağlı maçadan yapılan maçaların yaş dayanımları oldukça zayıftır. Bu nedenle maça, normal bir plaka üzerine alınamaz. Bu maçaların pişmesi için dikkatlice fırına taşınması gerekir. Maçanın şeklinin ve ölçülerinin bozulmaması için Görsel 4.4'teki gibi maça tavası hazırlanmalıdır. Maça tavasının şekli ve ölçüleri, maça sandığının aynısı olmalıdır. Maça tavası, maça sandığının üzerine yerleştirilir. Daha sonra maça sandığı ters çevrilerek maça tavaya alınmış olur. Maçanın fırında pişme sıcaklığı 180-220 °C arasında olduğu düşünüldüğünde bu işlemde kullanılan tava, 220 °C ısıya kadar dayanıklı olmalıdır.



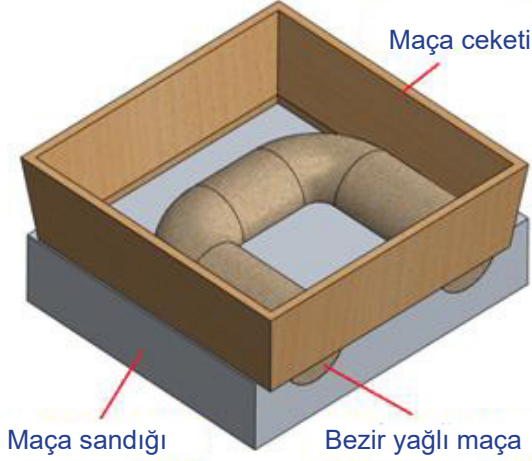
Görsel 4.5: Maça metal maça sandığında

Bazı işletmeler, maça tavası maliyetinden tasarruf etmek için maça sandığını metalden yapar. Dolayısıyla alüminyum maça sandığına sıkıştırılan maça, Görsel 4.5'teki gibi doğrudan pişirme fırınına taşınır.

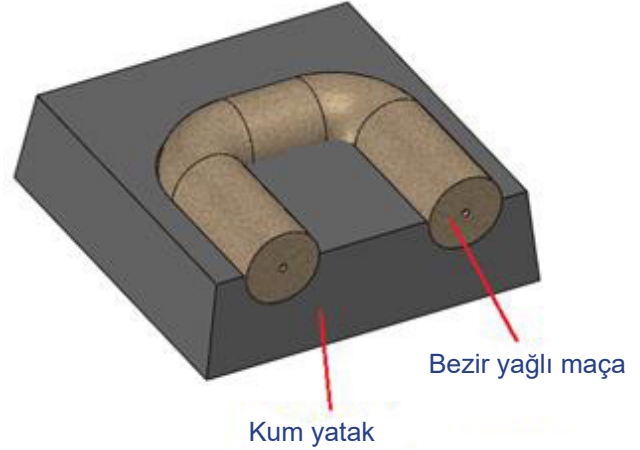


## BEZİR YAĞLI MAÇA

Bezir yağlı maça yapıldıktan sonra tava maliyetinden kurtulmak için ağaçtan veya metalden ceket yapılabilir. Hazırlanan ceket, maça sandığının üzerine yerleştirilir. Bezir yağlı maçanın şeklini bozmadan ceketin içine dolgu kumu konarak sıkıştırılır. Ceket ve maça sandığı ters çevrilerek bezir yağlı maça, kum yatağına alınır. Bu işlemler Görsel 4.6 ve 4.7’de görülmektedir.



**Görsel 4.6:** Ceketin maça sandığının üzerine yerleştirilmesi



**Görsel 4.7:** Maçanın kum yatağına alınması

### 4.3.2. Maçayı Pişirme

Yaş dayanımı oldukça düşük olan bezir yağlı maçanın pişirilerek dayanımının yükseltilmesi gerekir. Bu nedenle hazırlanan maça şekli ve ölçüleri bozulmadan fırına yerleştirilir. Fırın sıcaklığı 180-220°C olacak şekilde ayarlanır. Bezir yağlı maçanın fırında kalma süresi çok önemlidir. Rengi kahverengiye döndüğü zaman maça, fırında soğumaya bırakılmalıdır. Açık sarı renkli olması az pişmesi demektir. Bu durumda maçanın fazla gaz oluşturması söz konusudur. Maçanın renginin siyaha yakın olması da istenmez çünkü böyle bir durumda maça, özelliklerini kaybetmiş olur (Görsel 4.8).



**Görsel 4.8:** Bezir yağlı maçanın pişirilmesi

### 4.4. MAÇA YAPIŞTIRICISI HAZIRLAMA

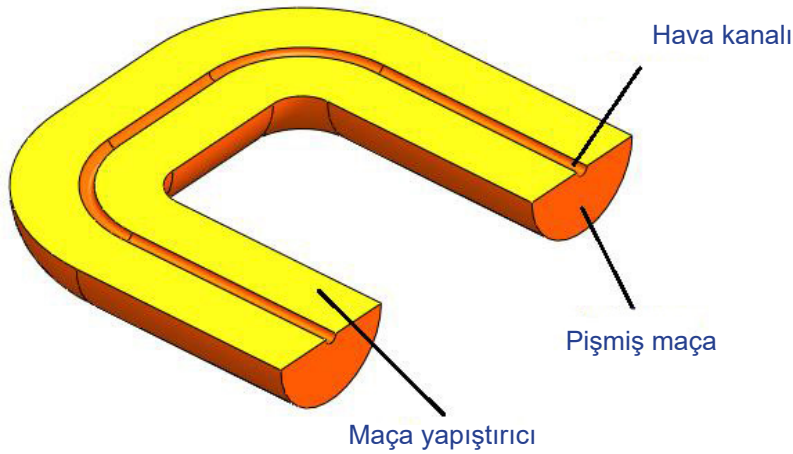
Bazı maçalar, tek aşamada yapılamayacak kadar karmaşık olabilir ya da maçıyı parça parça yapmanın daha kolay olduğu düşünülebilir. Böyle durumlarda parça parça yapılan maçalar pişirilir. Pişirilen maçalar, ölçüye ve şekle uygun olarak maça yapıştırıcısı ile birleştirilir.

Maça yapıştırıcıları özel olarak hazırlanabilir. Tablo 4.2'de maça yapıştırıcısının bileşimi görülmektedir. Piyasada bulunan hazır maça yapıştırıcıları da kullanılabilir.

**Tablo 4.2:** Maça Yapıştırıcısının Bileşimi

Talk (pudra)	% 40
Cam suyu	% 34
Ateş toprağı (şamot)	% 13.5
Sıcak su	% 12.5

Hazırlanan maça yapıştırıcısı, maçanın yapıştırılacak yüzeylerine sürülür (Görsel 4.9). Yapıştırıcının yüzeylere aynı kalınlıkta sürülmesine dikkat edilmelidir. Maçalar birleştirildikten sonra dışarı sızan fazla yapıştırıcı, üstüğü veya bez parçasıyla temizlenmelidir. Maça yapıştırıcısını sürerken hava kanalını yapıştırıcıyla kapatmamak gerekir.



**Görsel 4.9:** Bezir yağlı maçaya yapıştırıcı sürülmesi





### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

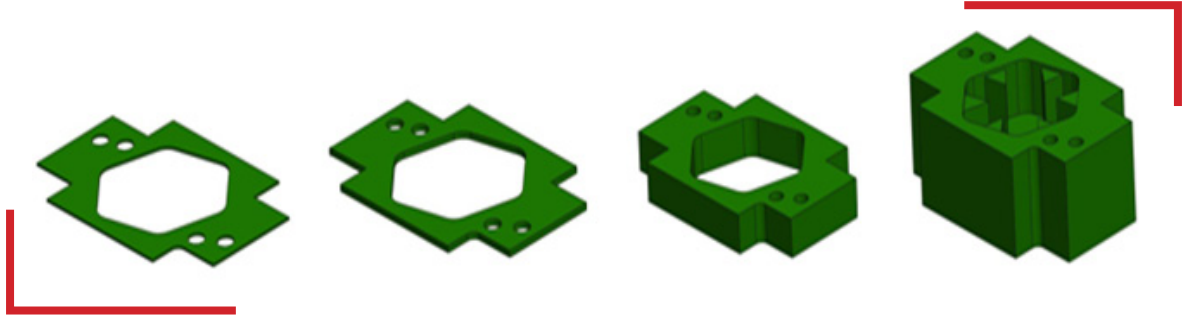
Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- 1. Bezir yağının maça kumuna katılma amacı aşağıdakilerden hangisidir?**
  - A) Maçanın gaz geçirgenliğini artırmak
  - B) Maçanın yaş dayanımını artırmak
  - C) Silis tanelerini birbirine bağlamak
  - D) Kil tanelerini birbirine bağlamak
  - E) Buğday ununu birbirine bağlamak
- 2. Aşağıdakilerden hangisi bezir yağlı maçanın üstünlüklerinden değildir?**
  - A) Kuru dayanımının güçlü olması
  - B) İnce kesitli maçaların yapımına uygun olması
  - C) Dökümü yapılan parçanın temiz olmasını sağlaması
  - D) Dökümden sonra kolayca dağılması
  - E) Gaz geçirgenliğinin zayıf olması
- 3. Aşağıdakilerden hangisi bezir yağlı maçanın zayıflıklarından değildir?**
  - A) Maçaların yaş dayanımının zayıf olması
  - B) Yapımının diğer yöntemlere göre maliyetli olması
  - C) Yapımı sırasında çevreye kötü koku yayması
  - D) Pişirildikten sonra kuru dayanımının güçlü olması
  - E) Döküm sırasında fazla gaz oluşturması
- 4. Maça yapıştırıcısı bileşiminde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?**
  - A) Talaş
  - B) Talk
  - C) Cam suyu
  - D) Ateş toprağı
  - E) Sıcak su
- 5. Bezir yağlı maçanın tavaya alınmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**
  - A) Yaş dayanımının zayıf olması
  - B) Kuru dayanımının iyi olması
  - C) Gaz geçirgenliğinin düşük olması
  - D) Metalin çekmesine karşı esnek olmaması
  - E) Isıya karşı dayanımının düşük olması

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.

# 5. ÖĞRENME BİRİMİ

## MAKİNEDE MAÇA YAPMA



### KONULAR

- 5.1. SICAK KUTU YÖNTEMİ
- 5.2. SOĞUK KUTU YÖNTEMİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Sıcak kutu yöntemini
- Soğuk kutu yöntemini





### HAZIRLIK ÇALIŞMASI



1. Maça yapımı daha hızlı ve kaliteli nasıl yapılabilir?
2. Okulunuzda veya çevrenizdeki işletmelerde maça yapımını gözlemleyiniz. Edindiğiniz bilgilere göre maça yapımında hangi yöntemlerin kullanıldığını sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

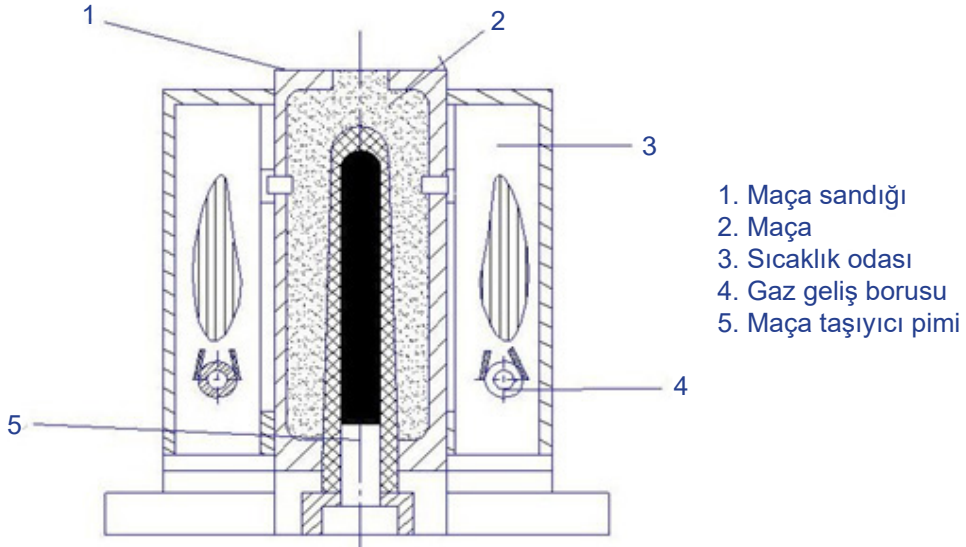
### 5.1 SICAK KUTU YÖNTEMİ

Günümüzde her alanda üretim çok hızlanmıştır. Hızlı üretimin yanında standart kaliteli ürün istenmektedir. Elle yapılan üretimde belirli kalite ve standartları sağlamak oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle çok sayıda, aynı sıklıkta ve ölçülerde maça yapmak için makineler yapılmıştır. Makinede maça yapımı çok sayıda yapılması şartıyla, maliyet olarak elle yapıma göre daha ucuzdur. Makinede maça yapma sıcak ve soğuk kutu yöntemi olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir.

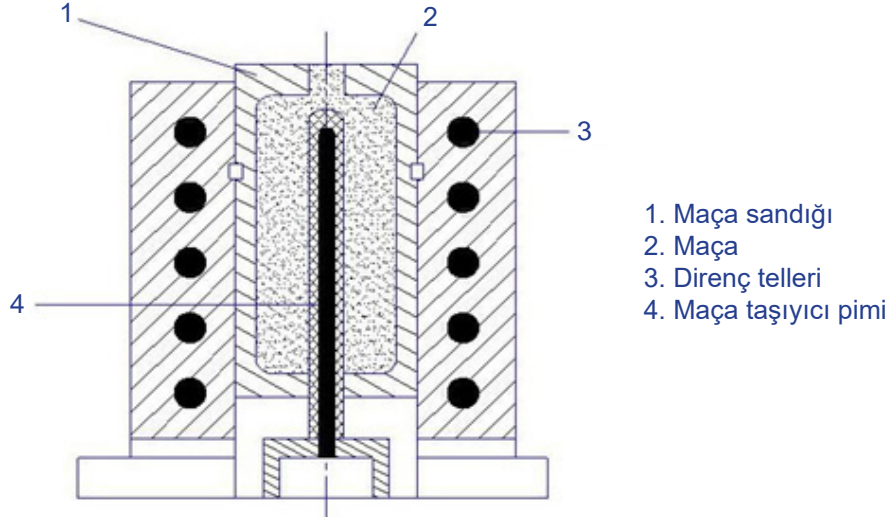
Sıcak kutu yönteminde, makinede basınçlı hava ile sıkıştırılan maçanın aynı maça sandığı içerisinde ısı verilerek pişmesi sağlanır. Maça kumu, ısı ile sertleşen sıcak kutu reçine ile silisten oluşur. Bu yöntemde kullanılan maça sandığı metal olmalıdır. Çünkü maça kumunun pişme sıcaklığı 180-220 °C'tir. Maça sandığının şeklinin ve yapısının bozulmadan bu sıcaklığa uzun süre dayanması gerekir.

Bu sıcaklığı elde etmek için iki yöntem kullanılır.

- a) Gaz ile ısıtma (Görsel 5.1)
- b) Elektrikle ısıtma (Görsel 5.2)



**Görsel 5.1:** Gaz ile ısıtılan maça sandığı



**Görsel 5.2:** Elektrik ile ısıtılan maça sandığı

İnce kesitli maçalarda pişirme sistemli maça yapımı tercih edilir. Çünkü bu sistemle üretilen maçaların kalıp içerisindeki sıvı metal basıncına dayanımı diğerlerine göre daha yüksektir.



**Görsel 5.3:** Pişmiş maça

Pişirme sistemli maça yapma makinelerinde kullanılan metal maça sandığı, makinenin tablasına bağlanır. Kullanılacak reçineli maça kumu, makinenin silosuna doldurulur. Kum püskürtme başlığı, maça sandığı üzerine uygun şekilde ayarlanır. Maça sandığı, maça kumunun pişme sıcaklığına kadar gaz ya da elektrikle ısıtılır. Hazırlanan kum, basınçla maça sandığı içine doldurulur. Maça sandığına açılan hava boşaltma süzgeci (ventil) ile basınçlı havanın tahliyesi sağlanır. Maçanın pişme zamanına kadar beklenir ve maça sandığı açılır. Görsel 5.3'te görülen pişmiş maça, bir taşıyıcı pim üzerinde dışarıya çıkarılır.

### Hava Boşaltma Süzgeci

Hazırlanan maça kumu, basınçlı hava ile maça sandığı içerisine gönderilir. Maça sandığı kum ile dolarken havanın dışarı çıkması gerekir. Aksi hâlde basınçlı hava, girdiği yerden kumun bir kısmını alarak çıkmak isteyecektir. Bu durumda maça sandığının içi tamamen kumla dolmaz ve maça yapılamaz. Bu nedenle maça sandıklarının içinden dışına doğru delikler açılır. Bu deliklere Görsel 5.4'teki hava boşaltma süzgeci (ventil) yerleştirilir. Böylece basınçlı hava bu süzgeçlerden dışarı çıkar. Kum, maça sandığının içinde kalır ve maça elde edilir.



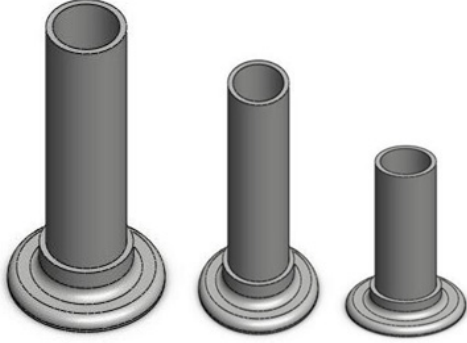
**Görsel 5.4:** Hava boşaltma süzgeci



## 5.1.1. Maça Yapma Makinelerinin Çeşitleri

Bu makineler; kumu el ile sıkıştırılan, kumu sonsuz vida ile sıkıştırılan, kumu püskürtme ile sıkıştırılan maça yapma makineleri olmak üzere üç başlıkta incelenir.

### 5.1.1.1. Kumu El ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri



Görsel 5.5: Kovanlar

Silindirik veya prizmatik maçaların yapımına uygun bir maça yapma makinesidir. Bunun için değişik çapta ve boyda kovanlar (Görsel 5.5) ayrıca bunlara uygun pistonların olması gerekir.

Yapılması istenen maçaya uygun kovan ve piston aparatı makineye bağlanır. Kum, kovanın içine doldurulur. Dişli sistemine hareket veren volan, el ile döndürülür. Volanın döndürülmesi ile piston kovanın içindeki kumu sıkıştırır. Hava kanalı açılan maça, kovandan dışarı alınır.

### 5.1.1.2. Kumu Sonsuz Vida ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri



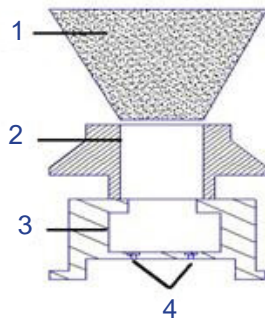
Görsel 5.6: Çeşitli ölçülerde kovanlar ve makineye takılması

Genellikle silindirik maçaların yapımında kullanılır. Yapılması istenen ölçüdeki maçaya uygun kovan, Görsel 5.6'daki gibi makineye bağlanır. Önceden hazırlanan maça kumu makinenin silosuna doldurulur. Kum buradan sonsuz vidanın üzerine iner. Elle ya da elektrikle döndürülen vida, kumu ileri doğru iterek kovanın içerisinde sıkıştırır. Kovanın içindeki maça, maça çapına uygun oluklu saclar üzerine alınır. Bu makineler günümüzdeki kıyma ve sucuk doldurma makinelerine çok benzer.

### 5.1.1.3. Kumu Püskürtme ile Sıkıştırılan Maça Yapma Makineleri

Günümüzde en çok kullanılan ve en gelişmiş maça yapma makineleridir.

Maça sandığı makinenin tablasına bağlanır. Maça kumu Görsel 5.7'deki kum ünitesine doldurulur. Kum püskürtme başlığı, maça sandığının üzerine indirilir.



1. Maça kumu
2. Kum püskürtme başlığı
3. Maça sandığı
4. Hava boşlatma süzgeçleri (ventil)

Görsel 5.7: Kum püskürtme makinesi kesiti

Basınçlı hava girişi açılarak basınçlı hava verilir. Havanın etkisi ile kovandaki kum, maça sandığı içerisine sıkıştırılır (Görsel 5.8). Kumı sıkıştıran hava, maça sandığı üzerinde bulunan hava boşaltma süzgeçlerinden dışarı atılır.

Bu makineler, çeşitli büyüklükteki maçaların yapımına uygun olmakla beraber bunların maça yapma kapasiteleri teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişmektedir. Bu maça makineleri 6-8 atmosfer basıncında (Atü) çalışır.



**Görsel 5.8:** Kumun püskürtülerek doldurulması

### 5.2 SOĞUK KUTU YÖNTEMİ

Sektörde en çok tercih edilen yöntemlerden biri olup hızlı ve kaliteli üretim amacına uygundur. Soğuk kutu yönteminde reçine bağlayıcı olarak kullanılır. Serleşme ile istenen şekil oluşturularak maçanın elde edilmesidir. Soğuk kutu maça yapma yönteminde reçineyi sertleştirme işlemi gaz ile yapılmaktadır. 3D [three dimensions/ tiri daymenşins (üç boyutlu)] maça yapma yönteminde reçineyi sertleştirme işlemi sıvı sertleştirici ile gerçekleştirilmektedir.

#### 5.2.1. Soğuk Kutu Maça Yapma Yöntemi



**Görsel 5.9:** Soğuk kutu yöntemiyle yapılmış maça

Maça sandığı makinenin ilgili aparatına bağlanır. Aparata bağlanan maça sandığı kapatılır. Önceden hazırlanan reçineli maça kumu, makinenin silosuna yerleştirilir. Kum püskürtme başlığı, maça sandığının üzerine gelecek şekilde ayarlanır. Basınçlı hava açılarak kumun maça sandığını doldurması sağlanır. Maça sandığına açılan hava boşaltma süzgeci ile basınçlı havanın tahliyesi yapılır. Kum püskürtme başlığı çekilerek gaz verme başlığı maça sandığının üzerine getirilir. Gaz girişi açılarak maçanın sertleşmesi sağlanır. Maça sandığı açılır ve sertleşmiş olan maça dışarıya çıkarılır (Görsel 5.9) . Maça sandığı basınçlı hava ile temizlenerek kum ve gazlar uzaklaştırılır. Maça yapım işlemine yeniden başlanır.





## MAKİNEDE MAÇA YAPMA

Maça yapım süresi maça büyüklüğüne göre değişmekle beraber çok kısadır. Ayrıca iskelet kullanmaya gerek yoktur. Maçanın sertleşmesini sağlamak için genellikle amin veya karbondioksit gazı kullanılır.



### BİLGİ KUTUSU

Soğuk kutu yönteminde sertleştirici olarak kullanılan amin gazının kendine has, kuvvetli ve kötü bir kokusu vardır. İnsan sağlığına zararlı olduğu için bu gazı kullanırken iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat etmek gerekir.

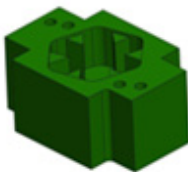
### 5.2.2. 3D Yöntemi İle Maça Yapma

Son zamanlarda üç boyutlu yazıcı ile katmanlı üretim metodu gelişmeye başlamıştır. Döküm sektörü de bu yöntemi kullanarak maça ve kalıp yapımına başlamıştır. 3D yöntemi, model ve maça sandığı ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Özellikle çok karmaşık ve klasik yöntemle yapılması zor maçaların yapımını, maça sandığına gerek olmadan, kolayca yapma fırsatı yakalanmıştır. Üstelik reçineli bağlayıcı sistemlerin kullanılması sayesinde ısıtmaya ya da gaz geçirmeye gerek kalmadan hızlı bir şekilde kullanıma hazır maçaların üretilmesi mümkün hâle gelmiştir.



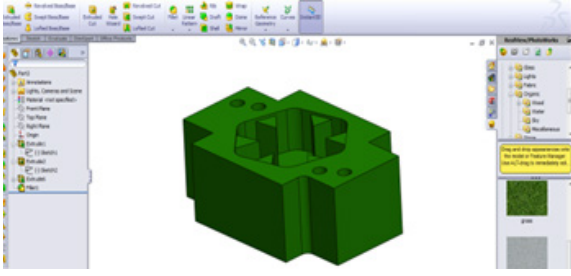
### BİLGİ KUTUSU

3D yazıcıların çalışabilmesi için her şeyden önce 3 boyutlu bir tasarıma ihtiyaç vardır. Bilgisayar ortamında [AutoCAD](#), Solidworks, 3DsMax gibi bir CAD programıyla yazdırılacak cisim tasarlanır. Bu programlar sayesinde oluşturulan üç boyutlu model, 3D yazıcıya gönderilir ve baskı sürecine geçilir. Bir malzeme seçimi yapılır. Yazdırma komutuyla tasarımı yapılan model, katmanlar halinde üst üste serilerek oluşturulur.

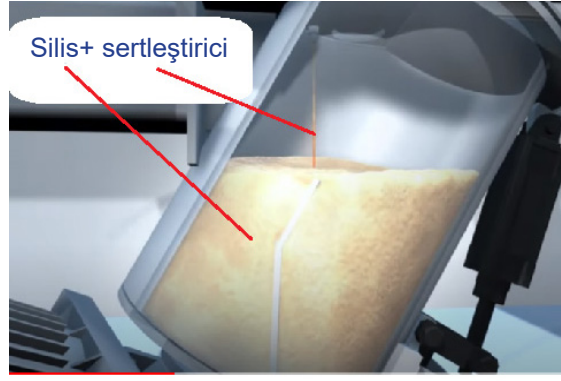


3D yönteminde öncelikle yapılacak maçanın bilgisayarda üç boyutlu çizimi yapılır. Bu çizim 3D yazıcıya aktarılır. Maça kumu, 3D yazıcıya bağlı maça makinesinde hazırlanır. Önce hazneye silis kumu ve belli oranda sertleştirici konur ve hazne karıştırılır. Hazırlanan bu karışım, makine çalıştırılınca 3D yazıcının yayma başlığına gelir. Hazırlanan reçine, 3D yazıcının püskürtme başlığına doldurulur. Yayma başlığı, yazdırma komutuyla kum karışımı düz bir zemine belli bir kalınlıkta yayar. Sonra makinenin püskürtme başlığı, düz zemine yayılan silis-sertleştirici karışımının üzerine istenen maçanın şekline uygun olarak reçineyi püskürtür. Püskürtülen reçine, istenen şekle uygun olarak silis tanelerini birbirine bağlar. Sertleştiricinin etkisiyle sertleşme olur. Kum serme başlığı kumu tekrar serer, püskürtme başlığı reçineyi püskürtür ve bir kat daha oluşur. Bu şekilde kat kat eklenerek istenen maça elde edilir. Görsel 5.11,12,13,14,15,16 'da 3D yazıcı ile maça üretiminin aşamaları gösterilmiştir. Görsel 5.17'de 3D maça yapma makinesi görülmektedir.

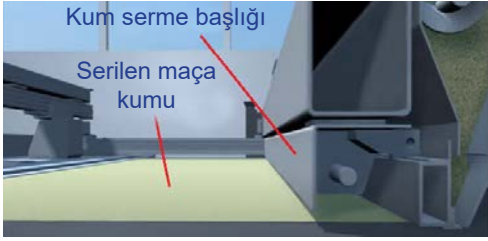




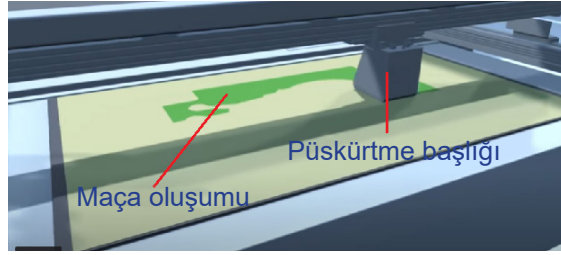
**Görsel 5.10:** Maçanın tasarımı



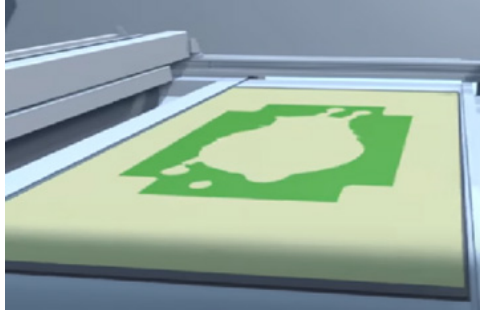
**Görsel 5.11:** Sertleştiricinin silise eklenmesi



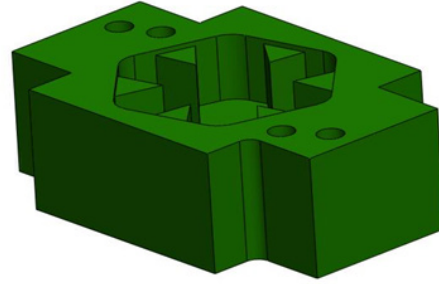
**Görsel 5.12:** Maça kumunun serilmesi



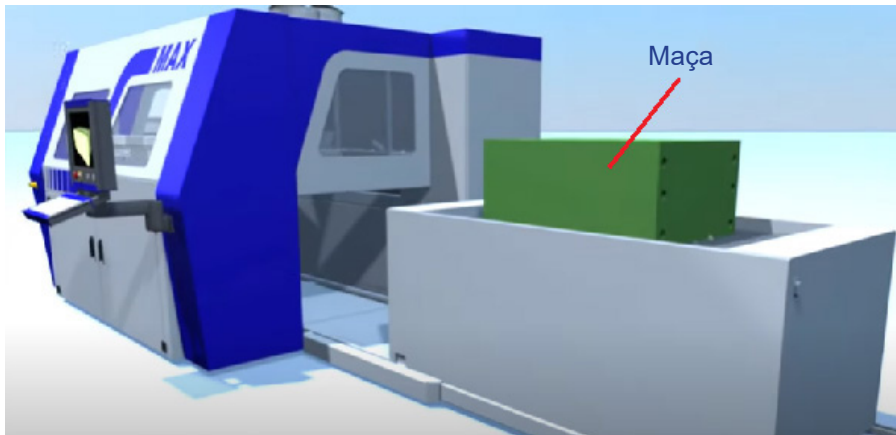
**Görsel 5.13:** Reçinenin püskürtülmesi



**Görsel 5.15:** Maçanın oluşumu



**Görsel 5.16:** 3D ile yapılmış maça



**Görsel 5.17:** 3D maça yapma makinesi



### 5.2.3. Maça Yapma Makinelerinin Bakımları

Maça yapma makinelerinde çok çeşitli kumlarla maça yapılmaktadır. Bu kumlarda; bezir yağı, reçine, sertleştirici ve diğer katkı maddeleriyle beraber az da olsa su kullanılmaktadır. İş bittiğinde yağlı madde kalıntılarının ve makine içinde kalan kumların hemen temizlenmesi gerekir. Gecikme durumunda makine içinde sertleşen kısımların temizlenmesi zorlaşır. Makine temizliğinin iyi yapılmaması verimi düşürür. Maça yapma makinelerinde verimli bir çalışma yapabilmek için aşağıdaki maddelere uygun bakım yapılmalıdır.

- Çalışmanın sonunda maça yapma makinesi ve makinenin çevresi maça kumlarından temizlenmelidir.
- Makinenin kum deposundaki, basınç odasındaki ve üfleme ağızları içindeki maça kumları tamamen temizlenmelidir.
- Basınçlı hava tesisatında hava kaçağı olmamalıdır.
- Hareketli kısımlar makinenin bakım talimatına göre yağlanmalı, özelliğini kaybetmiş yağlar değiştirilmelidir.
- Kullanılan maça sandıkları, kovanlar ve diğer takımlar temizlenerek yerlerine konulmalıdır.
- Isıtma sistemi gaz veya elektrikle çalışan maça yapma makinelerinde pişirme sıcaklığı devamlı kontrol edilmelidir.
- Gaz ile ısıtılmalı makinelerde gaz tesisatı devamlı kontrol edilmeli ve çalışma bitince vanalardan makineye gaz girişi kesilmelidir.
- Elektrik kablosu, fiş ve bağlantı uçları sık sık kontrol edilmelidir.
- Maça sandıkları üzerindeki hava boşaltma süzgeçleri sık sık temizlenmelidir.
- Makinede çalışılmadığı zamanlarda üzeri örtülmelidir.
- Kullanılan makinenin kataloğunda belirtilen bakım talimatı dikkate alınmalıdır.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. **Makinede maça yapma yöntemi ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

- A) Çok hızlı maça yapılır.
- B) Sayısı az olan maçalar için ekonomik değildir.
- C) Bütün maçalar standart ölçülerdedir.
- D) Bütün maçalar aynı sıklıktadır.
- E) Çok sayıda yapılacak maçalar için maliyeti düşüktür.

2. **Kumu el ile sıkıştırılan maça yapma makineleri ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi doğru değildir?**

- A) Silindirik ve prizmatik maçaların yapımına uygundur.
- B) Değişik çapta ve boyda kovan olması gerekir.
- C) Her türlü maçanın yapımına uygundur.
- D) Volanın döndürülmesi el ile yapılır.
- E) Piston kovanın içindeki kumu sıkıştırır.

3. **Kumu sonsuz vida ile sıkıştıran maça yapma makineleri için aşağıdakilerden hangisi doğru değildir?**

- A) Genellikle silindirik maçaların yapımına uygundur.
- B) Sonsuz vidaya hareket elle ve elektrikle verilir.
- C) Bu makine kıyma veya sucuk doldurma makinelerine benzer.
- D) Genellikle karmaşık maçaların yapımına uygundur.
- E) İstenilen çapa uygun kovan olması gerekir.

4. **Maça yapma makinesinde kumun maça sandığı içerisine püskürtülmesini sağlayan basınçlı unsur aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Hava
- B) Su
- C) Kum
- D) Gaz
- E) Reçine

5. **Basınçlı havanın maça sandığından tahliye edilmesi aşağıdakilerden hangisinin görevidir?**

- A) Kum hazırlama ünitesi
- B) Maça sandığı
- C) Kum püskürtme başlığı
- D) Kompresör
- E) Hava boşaltma süzgeci



## MAKİNEDE MAÇA YAPMA

6. Kumu püskürtme ile sıkıştıran maça yapma makinelerinde kullanılan atmosfer basınç değeri aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 1-2 Atü  
B) 2-3 Atü  
C) 6-8 Atü  
D) 8-10 Atü  
E) 10-12 Atü
7. Sıcak kutu maça yapma makinesinde maçaların pişmesi için istenen sıcaklık aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 150-180 °C  
B) 180-220 °C  
C) 400-450 °C  
D) 470-650 °C  
E) 660-750 °C
8. Sıcak kutu maça makinelerinde istenilen sıcaklığa ulaşmak için aşağıdaki yöntemlerden hangi ikili tercih edilir?
- A) Elektrik-Kömür  
B) Gaz-Benzin  
C) Kömür-Benzin  
D) Elektrik-Gaz  
E) Gaz-Kömür
9. Soğuk kutu maça yapma makinesinde maçanın sertleşmesini sağlayan yöntemlerden hangi ikili tercih edilir?
- A) Amin-azot dioksit  
B) Kükürt dioksit-Metan  
C) Karbon dioksit-Amin  
D) Metan-Etan  
E) Argon-Etan
10. Maça yapma makinelerinin bakımı için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
- A) Basınçlı hava tesisatında hava kaçağı olmamalıdır.  
B) Elektrik kablosu, fiş ve bağlantı uçları sık sık kontrol edilmelidir.  
C) Kullanılan makinenin kataloğunda belirtilen bakım talimatı dikkate alınmalıdır.  
D) Maça sandıkları üzerindeki hava boşaltma süzgeçlerinin sık sık temizlenmesine gerek yoktur.  
E) Gaz ile ısıtılmalı makinelerde gaz tesisatı devamlı kontrol edilmelidir.





**3. Maça yapma makinelerinin verimli çalışabilmesi için bakımında dikkat edilmesi gereken hususları yazınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

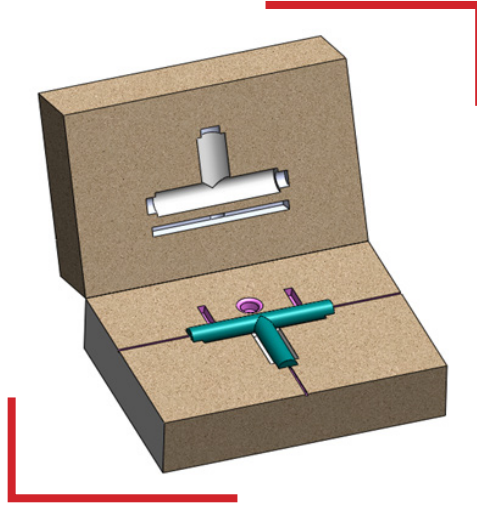
.....

.....

**Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**

# 6. ÖĞRENME BİRİMİ

## MAÇALI KALIPLAR



### KONULAR

- 6.1. YAĞLI GRAFİT
- 6.2. KALIBA MAÇA YERLEŞTİRME
- 6.3. MAÇA DESTEĞİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Yağlı grafit kullanmanın amacını
- Kalıba maça yerleştirme yöntemini
- Maça desteğinin kalıptaki görevini







## MAÇALI KALIPLAR



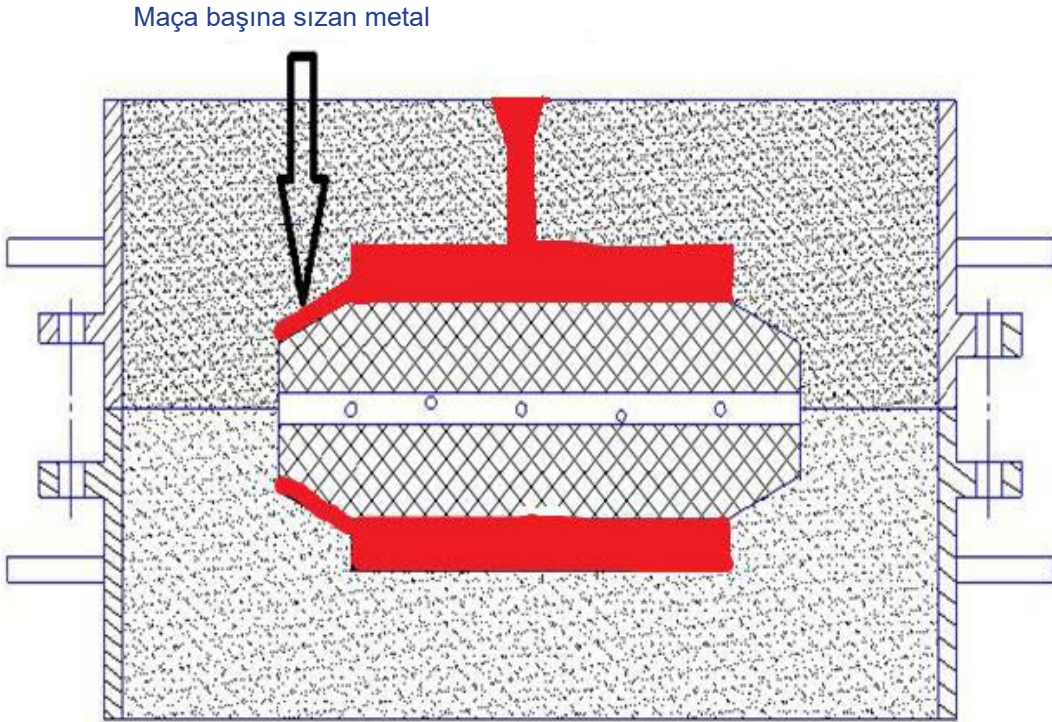
### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Sıvıların kaldırma kuvveti deyince aklınıza ne geliyor?
2. Okulunuzda ve çevrenizdeki işletmelerde maça desteği kullanımını gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla tartışarak değerlendiriniz.

### 6.1 YAĞLI GRAFİT

Önceden hazırlanan maça, kalıba yerleştirilir. Maça başı ölçüleri ile kalıptaki ölçüler birbirini tam olarak karşılamayabilir. Dolayısıyla maça başında bir boşluk oluşabilir (Görsel 6.1). Sıvı metal, kalıbı doldurmaya başlayınca maça başındaki bu boşluktan dışarı sızmaya çalışır. Bu sızıntıyı önlemek için maça başına ve kalıp yüzeyine yağlı grafit sürülür.

Yağlı grafit; **toz grafit** ile **makine yağı** karıştırılarak hazırlanır. Bu karışım macun kıvamında olmalıdır.

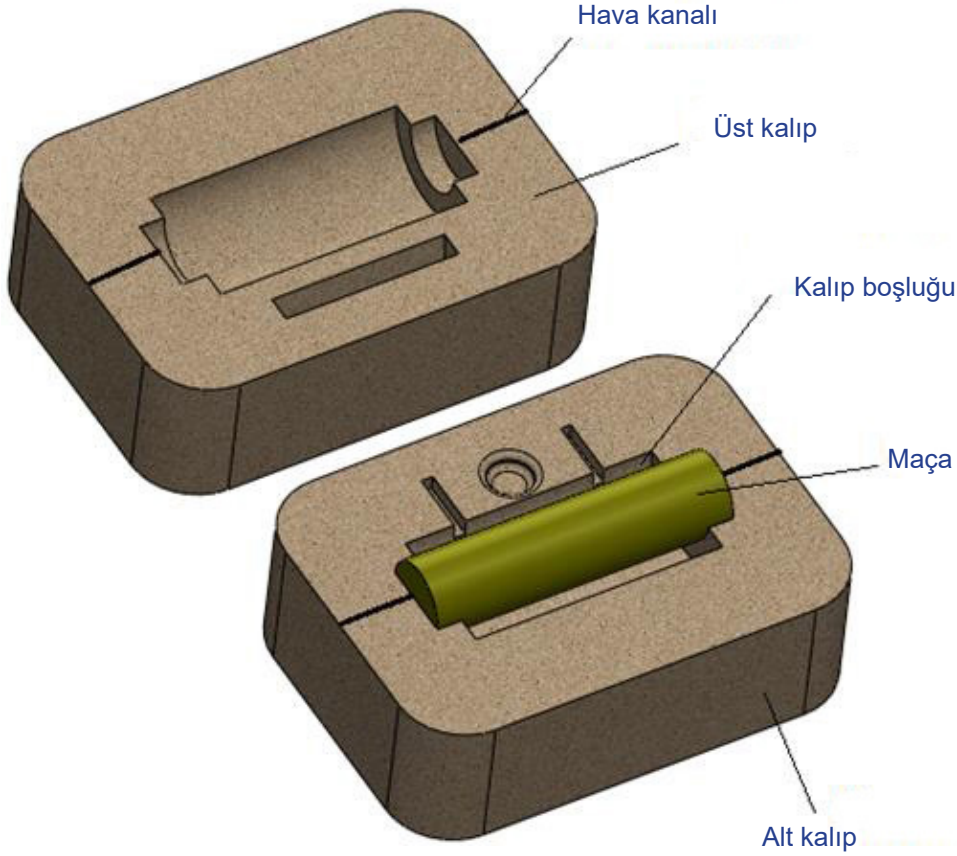


Görsel 6.1:Maça başına sızan metal

### 6.2. KALIBA MAÇA YERLEŞTİRME

Dökümü yapılacak parçanın sağlam olarak elde edilmesi temel amaçtır. Bunun önemli koşullarından biri maçanın kalıba uygun bir şekilde yerleştirilmesidir.

Modelin maçası, tekniğe uygun olarak hazırlanır. Sonra dökümü istenen model kalıplanır. Önceden hazırlanan maça kalıptaki yerine



Görsel 6.2: Kalıba maça yerleştirme

### 6.2.1. Kalıba Maça Yerleştirmede Dikkat Edilecek Noktalar

- Maça ölçüleri ile kalıp ölçüleri kontrol edilmelidir.
- Maça başı, kalıptaki yerine tam oturmuyorsa fazlalıklar giderilmelidir.
- Et kalınlığını dengelemek için kil hamuru ile ölçü kontrolü yapılmalıdır.
- Belirlenen ölçüye uygun maça desteği hazırlanmalı ve kullanılmalıdır.
- Kalıp kapatılıp açılarak maçanın kalıpla uyumu kontrol edilmelidir.
- Maça başından gaz çıkışı için kanal açılmalıdır.
- Sıvı metalin maça başından kalıp dışına sızmasını engellemek için yağlı grafit sürülmelidir.

### 6.2.2. Sıvı Metal Basıncının Dengelenmesi

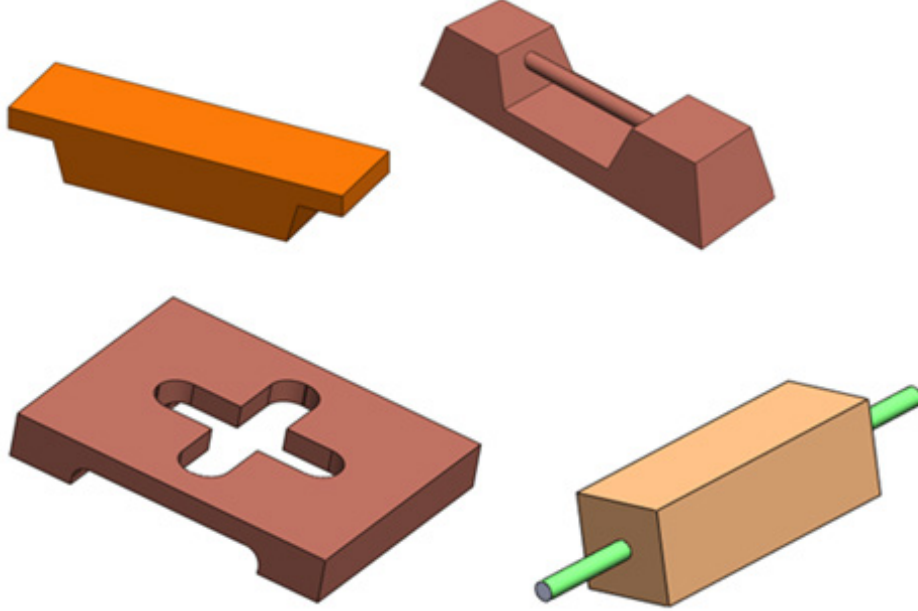
Ergitilen sıvı metal, hazırlanan kum kalıplara dökülür. Sıvı metal, kalıp içinde kalıp gazlarının da etkisiyle basınç oluşturur. Bu basınç, üst dereceyi yukarı doğru kaldırmaya çalışır. Sıvı metal, alt ve üst derecenin arasından dışarı sızmaya başlar. Böyle bir durumda kalıp boşluğu tam olarak doldurulamaz ve dökümü yapılan parça eksik çıkar ayrıca sızan bu metal çalışanlar için büyük bir tehlike oluşturur. Bu nedenle sıvı metal basıncının dengelenmesi gerekir. Sıvı metal basıncını dengelemek için ağırlık yükleme, kelepçe takma, sürgü takma ve bağlama civataları kullanılır.



## MAÇALI KALIPLAR

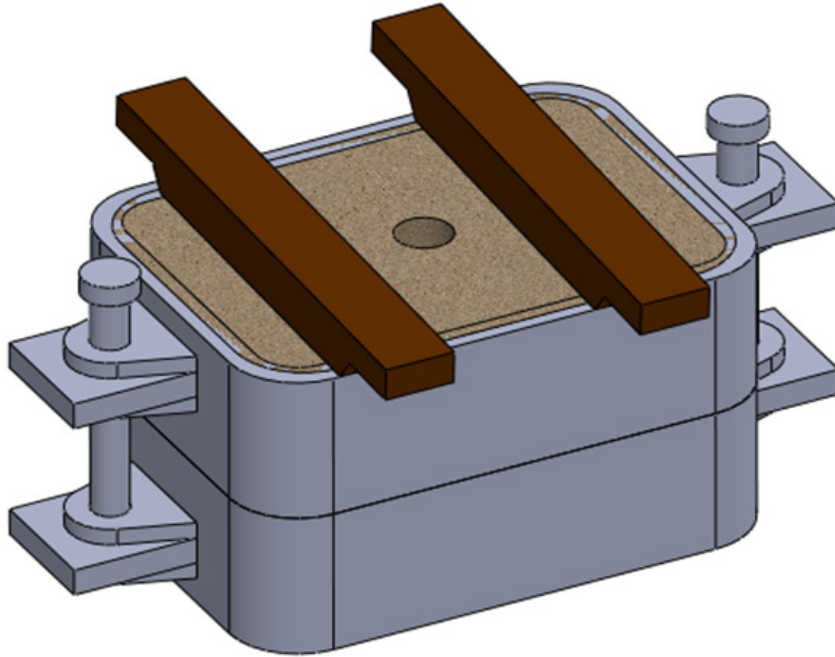
### 6.2.2.1. Ağırlıklar

Sıvı metalin kalıba dökümü sırasında oluşan kaldırma kuvvetini dengelemek için derecelerin üzerine konan metal parçalarına **ağırlık** denir. Görsel 6.3'te ağırlık çeşitleri görülmektedir.

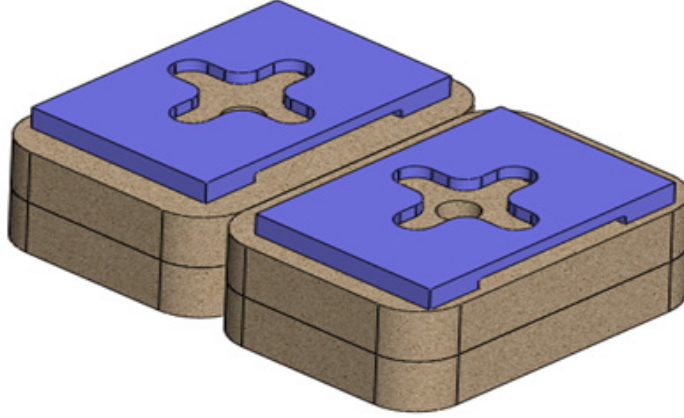


Görsel 6.3: Ağırlık çeşitleri

Ağırlık kalıba dökülen sıvı metal katılaşıncaya kadar derecelerin üzerinde kalmalıdır. Ağırlık genellikle dökülen parça ağırlığının 3-5 katı olmalı; havşa, besleyici ve çıkıcıyı kapatmayacak şekilde konmalıdır (Görsel 6.4 ve 6.5 ).



Görsel 6.4: Dereceye ağırlık yüklenmesi



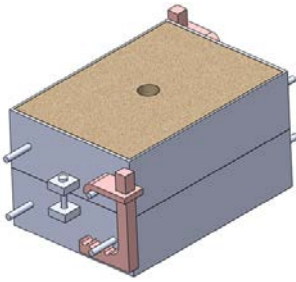
Görsel 6.5: Dereceye ağırlık yüklenmesi

**UYARI**

Ağırlık yükleme sırasında yük kaldırma kurallarına çok dikkat edilmelidir.



Görsel 6.6: Ağır yük taşıma kuralı

**6.2.2.2. Kelepçeler**

Kelepçeler, derece saplarına karşılıklı ve aynı anda takılarak kullanılır. Kelepçenin hareketli çenesi, üst derece sapına kelepçe boyu ayarlanarak oturtulmalı ve sabit çene itilerek alt derecenin sapına takılmalıdır. Kelepçeler, sıvı metal basıncının dereceleri kaldırmasını engeller (Görsel 6.7).

Görsel 6.7: Kelepçe kullanılması

**6.2.2.3. Sürgüler**

Sürgüler; sabit derecelerde, alt ve üst derecelerin dış yan yüzeylerindeki bağlama kulaklarına takılarak kullanılır. Sürgülerin bağlama kulaklarına temas eden konik yüzeyleri temiz ve pürüzsüz olmalıdır. Derecelere karşılıklı veya çapraz takılarak küçük çekiç darbeleri ile aynı anda sıkıştırılmaları sağlanmalıdır (Görsel 6.8).

Görsel 6.8: Sürgü





## MAÇALI KALIPLAR

### 6.2.2.4. Bağlama Cıvataları

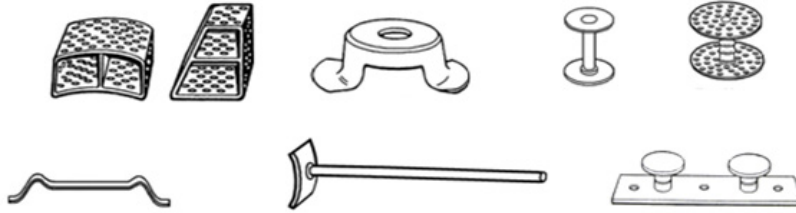
Bağlama cıvataları; derece kulakları, derece sapları veya vinç mapalarına bağlanarak kullanılır. Derecelerin bağlantıları; karşılıklı, aynı anda ve aynı ritimde iki kişi tarafından yapılmalıdır (Görsel 6.9).



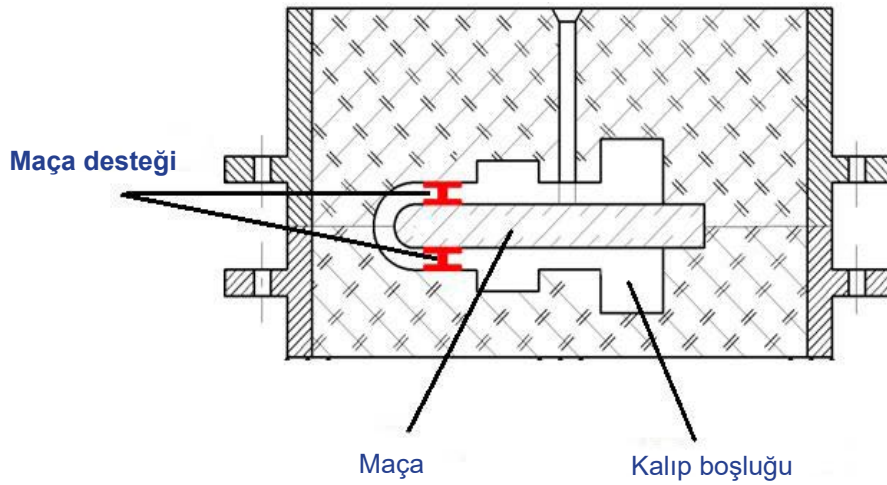
Görsel 6.9: Bağlama cıvatası

### 6.3 MAÇA DESTEĞİ

Kalıplamada boş ve delik çıkması istenen yerlere uygun maça hazırlanır. Maça, maça başlarının da desteği ile kalıba yerleştirilir. Sıvı metal maçalı kalıba girdiğinde maçanın etrafını sararak yoğun bir basınç oluşturur. Bu basınç ile maçayı kaldırmaya, yüzdürmeye çalışır. Bunun sonucunda maça yerinden oynayabilir, böylece dökümü yapılan parçanın ölçülerinde değişiklik oluşabilir. Bu ölçü değişimini engellemek için dökümden önce maçanın belirlenen yerlerine maça desteği (sport) konur. Görsel 6.10'da maça desteği çeşitleri görülmektedir. Görsel 6.11'de de maça desteğinin kalıplamada uygulanması görülmektedir.



Görsel 6.10: Maça desteği çeşitleri



Görsel 6.11: Maça desteği kullanılmış kalıp

### Maça Desteğinde Bulunması Gereken Özellikler

- Sıvı metalin sıcaklığıyla şekil değiştirmemelidir.
- Döküm parçayla iyice kaynaşabilmelidir.
- Oksitlenmeye (paslanmaya) karşı dayanıklı olmalıdır.
- Maçanın ağırlığı ile şekli bozulmamalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.

### Maça Destekleri Kullanılırken Dikkat Edilecek Noktalar

- Desteklerin ergime derecesi, dökülen metalin ergime derecesinden yüksek olmalıdır.
- Demir olmayan metal ve alaşımlardan dökülen kalıplarda; alüminyum, bakır, pirinç ve çinkodan yapılmış destekler kullanılmalıdır.
- Oksitlenmeye (paslanmaya) karşı bakır ve kalay ile kaplanmalıdır.
- Kaplama yapılmamış destek kullanılması gerekiyorsa vakit kaybetmeden döküm yapılmalıdır.
- Paslı ve yağlı destekler kullanılmamalıdır.
- Kaynaşmanın iyi olabilmesi için maça desteklerinin üzeri girintili çıkıntılı olmalıdır.
- Eğri ve çarpılmış maça destekleri kullanılmamalıdır.
- Kullanılacak maça desteğinin yüksekliği iyi hesap edilmelidir.
- Kullanılacak maça desteğinin çeşidi ve ebadı maçanın boyutuna göre özen ile seçilmelidir.
- Büyük maçaların desteklenmesinde kullanılan maça destekleri, gerekirse çivi ile yerine iyice sabitlenmelidir.



### BİLGİ KUTUSU

Maça desteklerinin yağlı ve paslı olması iş sağlığı ve güvenliği açısından çok tehlikelidir. Sıvı metal, kalıba döküldüğünde yağlı ve paslı maça destekleri ile karşılaştığında patlamalara yol açabilir. Dolayısıyla çalışanların yanma tehlikesi vardır.



## MAÇALI KALIPLAR



### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

**1. Yağlı grafitin görevi aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Maçanın kalıpta sabit durmasını sağlaması
- B) Kalıpta et payının bozulmasını önlemesi
- C) Sıvı metalin maça başından dışarı sızmasını önlemesi
- D) Sıvı metalin basıncını dengelemesi
- E) Maçanın sıvı metale dayanımını arttırması

**2. Aşağıdakilerden hangisi kalıba maça yerleştirmede dikkat edilecek noktalardan değildir?**

- A) Maça ölçülerinin kontrol edilmesi
- B) Maça başına sertleştirici sürülmesi
- C) Et kalınlığının kil hamuru ile kontrol edilmesi
- D) Ölçüye uygun maça desteği kullanılması
- E) Maça başından kalıp dışına doğru kanal açılması

**3. Sıvı metalin üst dereceyi kaldırmasını önlemek için aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?**

- A) Üst derecenin üzerine ağırlık konulması
- B) Üst derecenin üzerine kapak konulması
- C) Alt derece ile üst derece arasına çapak kesilmesi
- D) Alt derece ile üst derece arasına yağlı grafit sürülmesi
- E) Üst derecenin üzerine master konulması

**4. Maçanın kalıp içinde, sıvı metal basıncına karşı dengeli durmasını sağlamak için aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?**

- A) Maça başına yağlı grafit sürülmesi
- B) Uygun yerlerde maça desteği kullanılması
- C) Üst dereceye ağırlık yüklenmesi
- D) Dereceler pimlerle dengelenmesi
- E) Maça başından derece dışına doğru hava kanalı açılması

**5. Maça destekleri kullanırken dikkat edilmesi gereken noktalar için aşağıdakilerden hangisi söylenemez?**

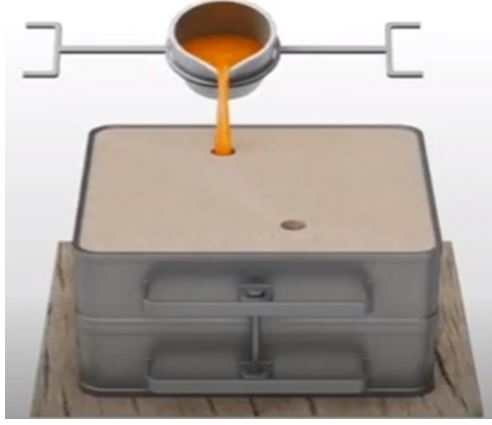
- A) Kullanılacak maça desteğinin yüksekliği iyi hesap edilmeli
- B) Oksitlenmeye karşı bakır ve kalay ile kaplanmalı
- C) Paslı ve yağlı destekler kullanılmamalı
- D) Maça desteklerinin üzeri girintili çıkıntılı olmalı
- E) Desteklerin ergime derecesi, dökülen metalin ergime derecesinden düşük olmalı

**Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**



# 7. ÖĞRENME BİRİMİ

## TAŞIMA POTALARI



## KONULAR

- 7.1 TAŞIMA POTASINI  
ASTARLAMA
- 7.2 TAŞIMA POTASINI  
BOYAYARAK KURUTMA

## NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Taşıma potasının görevini
- Taşıma potasını boyanması ve kurutulmasının amacını





## TAŞIMA POTALARARI



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Çevrenizdeki sıvı maddelerin sıcakken nasıl taşındığını gözlemleyiniz. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

### 7.1 TAŞIMA POTASINI ASTARLAMA

Dökümü yapılacak parçanın kalıpları hazırlanır. Bu kalıplara dökülecek sıvı metal, ergitme ocaklarında elde edilir. Ergitilen sıvı metalin bu kalıplara taşınması gerekir. Sıvı metali taşımaya yarayan ısıya dayanıklı kaplara **taşıma potası** denir.

Taşıma potaları, yaklaşık 1700 °C'a kadar dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle taşıma potaları genelde çelik sacdan yapılır. Ayrıca potanın iç kısmı, yüksek sıcaklığa dayanıklı harç ile astarlanır. Taşıma potası harcı bileşimi Tablo 7.1'de görüldüğü gibidir.

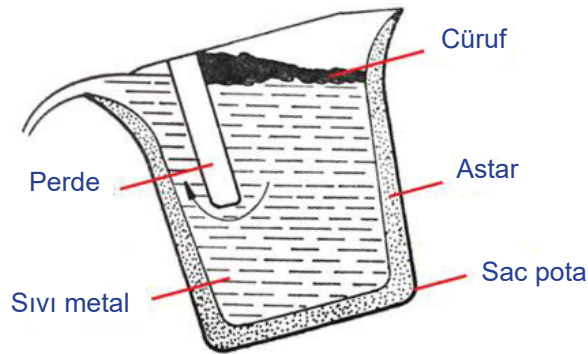
**Tablo 7.1: Taşıma Potası Harcı Bileşimi**

Silis	% 70
Ateş Toprağı (Şamot)	% 15
Kil (Bentonit)	% 10
Su	% 5

Taşıma potası harcı; silis, ateş toprağı ve kilin iyice karıştırılması daha sonra suyun bu karışıma ilave edilmesiyle oluşturulur.

Astarlanacak taşıma potasının büyüklüğüne göre astar kalınlığı ve astar malzemesi değişir. Sıvı metal kapasitesi bir tona kadar olan potalar, pota harcı ile astarlanır. Bir tondan büyük kapasiteli potalar ise ateş tuğlasıyla örülerek bu potaların ısıya dayanımı artırılır.

Astarlanacak taşıma potası öncelikle iyice temizlenir. Temizlenen potanın iç kısmına çamur sürülür. Önceden hazırlanan pota harcı çamurun üzerine yerleştirilir. Pota harcı tabandan başlanarak yukarıya doğru sıkıştırılır. Potanın döküm yapılacak kısmına çürüfün kalıba gitmesini engellemek için Görsel 7.1'deki gibi perde yapılır. Astarlama işlemi, astar kalınlığının pota büyüklüğüne uygun olup olmadığı kontrol edilerek tamamlanır.



**Görsel 7.1: Perdeli taşıma potası**

### 7.1.1. Taşıma Potaları Çeşitleri

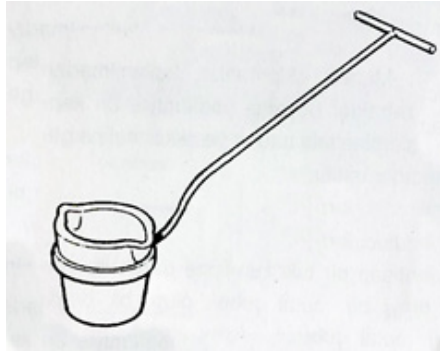
Taşıma potaları aldıkları sıvı metal kapasitesine ve şekillerine göre dört gruba ayrılır.

- El
- Vinç
- Arabalı
- Özel Potalar

#### 7.1.1.1. El Potaları

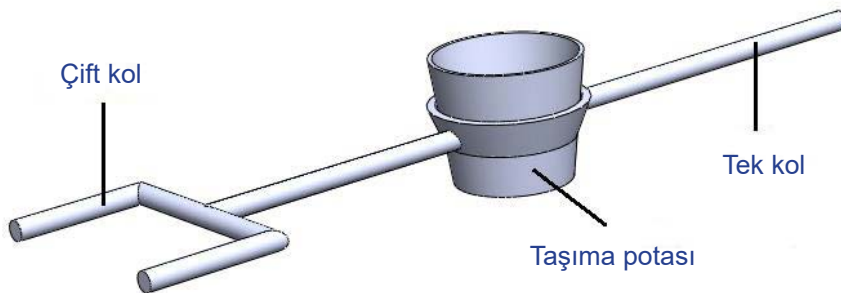
Ergitme ocağında ergitilen sıvı metalin insan gücü ile 200 kg'a kadar taşıma yapılabilmesine uygun potalara **el potaları** denir. El potaları daha çok küçük işletmelerde tercih edilmektedir.

El potalarının 25 kg'a kadar sıvı metal taşıyabilen ve bir kişi tarafından döküm yapılabilenlerine **poşemen** denir. Poşemenin iç kısmı, ısıya dayanıklı gereçlerle astarlanmış; dış kısmı ise çelik sacdan yapılmıştır. Görsel 7.2'de poşemen örneği görülmektedir.



Görsel 7.2: Poşemen

El potalarının 25 kg ile 200 kg arasında iki kişi ile taşınabilen çeşidi de vardır. Bu tür potalar, kesik koni şeklinde çelik sacdan yapılmıştır. İç kısmı ısıya dayanıklı refrakter malzeme ile astarlanmıştır. Bu pota, "çift" ve "tek kol" isimli taşıyıcılarla taşınır (Görsel 7.3).



Görsel 7.3: Çift-tek kollu taşıma potası



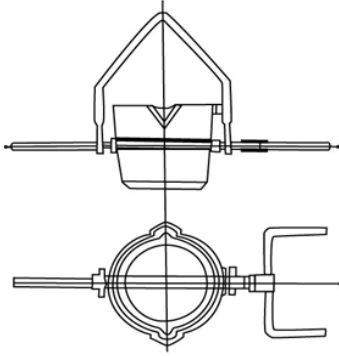
## TAŞIMA POTALARI

Görsel 7.4'te görüldüğü gibi çift kol, sıvı metalin kalıba dökülmesini; tek kol ise potanın sabit durmasını sağlar.



**Görsel 7.4:** El taşıma potası ile kalıplara döküm

### 7.1.1.2. Vinç Potaları



**Görsel 7.5:**

Elle dökülebilen vinç potası

Orta ve büyük işletmelerde sıvı metali kalıba taşımak için vinç ile taşınabilen potalar kullanılır. Bu vinç potaları ile 200 kg'dan 30 tona kadar sıvı metal taşımak mümkündür. Vinç potaları, iş sağlığı ve güvenliği açısından güvenli ve kolay bir döküm yapılmasını sağlar. 200 kg sıvı metal taşıyan vinç potaları, Görsel 7.5'teki gibi vinç ile taşınır. Çift kol yardımıyla kalıplara dökülür.

200 kg'dan fazla sıvı metal taşıyan taşıma potalarının yapısı biraz farklıdır. Çalışanlar, sıvı metal miktarı arttıkça metali kalıba dökmede ve çift kolu çevirmede zorluk çekmektedir. Bu nedenle vinç potaları, Görsel 7.6'da gösterildiği gibi sonsuz vida sistemi ile sıvı metalin kalıba dökülmesini sağlar. Böylece daha sağlıklı, güvenli ve kolay bir döküm yapılmış olur.



**Görsel 7.6:** Sonsuz vida ile çalışan vinç potası

### 7.1.1.3. Arabalı Potalar



Görsel 7.7: Arabalı pota

Pota bir arabanın üzerine sabitlenir. Arabalı potalar bir ray üzerinde veya düz bir zeminde hareket eder. Bu tür potalar, sonsuz vida sistemi ile sıvı metalin kalıplara dökülmesini sağlar (Görsel 7.7).

### 7.1.1.4. Özel Potalar

Özel potaların; askılı pota, depolu pota, tıkaçlı pota ve cüruf potaları olmak üzere çeşitleri vardır.

#### Askılı Potalar

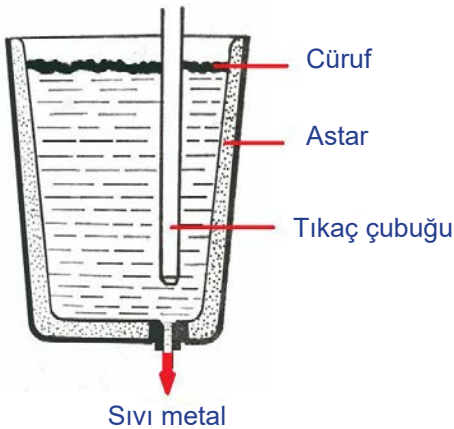
Pota bir metal askıya bağlanmıştır. Askı da atölyenin tavanında I şeklindeki putrel makaralarla eklenmiştir. Askılı pota, makaraların yardımıyla putrel üzerinde ileri geri, aşağı yukarı hareket etmektedir.

Askılı pota; bir çalışanın tek başına, askılı potadaki sıvı metali kalıplara dökmesini sağlar. Küçük potalar bir kol yardımıyla, büyük potalar ise sonsuz vida sistemiyle hareket ettirilir.

#### Depolu Potalar

Ergitilen sıvı metal bazen kalıplara hemen dökülmez. Sıvı metal, kalıp için yeterli miktarda ve dökümü yapılacak olan parça için istenen özelliklerde olmayabilir. Bu gibi durumlarda önlem olarak dış kısmı çelik sacdan, iç kısmı ısıya dayanıklı malzeme ile astarlanmış depolu potalar kullanılabilir. Depolu potalara alınan sıvı metalin döküm sıcaklığını kaybetmemesi için sıvı metal, sıvı ya da gaz yakıtlarla ısıtılır.

#### Tıkaçlı Potalar



Görsel 7.8: Tıkaçlı pota

Tıkaçlı potaların diğer pota çeşitlerinden farkı sıvı metalin potanın ağız kısmından değil taban kısmına açılan delikten kalıba dökülmesidir. Böylece sıvı metalin en sıcak kısmı kalıplara dökülmüş olur. Cüruf sıvı metalin üst kısmında toplandığı için kalıba çok temiz bir metal dökülür. Cüruf, potanın üst kısmında bir tabaka oluşturarak sıvı metalin ısı kaybetmesini engeller.

Tıkaçlı potada tabandaki deliğin açılıp kapanmasını sağlayan tıkaç çubuğu çok önemlidir. Tıkaç çubuğunun yüksek basınca ve ısıya dayanıklı olması gerekmektedir. Görsel 7.8'de tıkaçlı pota görülmektedir.



## TAŞIMA POTALARI

### Cüruf Potaları

Ergitilen malzemenin yağlı, paslı ve istenmeyen kısımları sıvı metalin üzerinde toplanır. Bu istenmeyen atık malzemeye **cüruf** denir. Toplanan cürufun kalıbın içine girmesi istenmez. Bu nedenle yüksek fırın ve kupol ocağında cüruf deliğinin altına cüruf potası konur. Burada toplanan cüruf taşınarak ocak bölgesinden uzaklaştırılır. Bu potaların astarlanmasına gerek yoktur.

### 7.2 TAŞIMA POTASINI BOYAYARAK KURUTMA



**Görsel 7.9:**  
Astarlanan taşıma potasının boyanması

Taşıma potalarının astarlanması tamamlandıktan sonra boyanması ve kurutulması gerekir. Çünkü boyama ve kurutma işlemleri pota astarının ısıya ve yıpranmaya karşı dayanımını artırır. Bu işlemlerle pota astarının içindeki nem uzaklaştırılarak sıvı metalin kaynaması engellenir. Böylece kalıptaki döküm parçada metalin kaynaması sonucu ortaya çıkacak hatalar ortadan kaldırılmış olur.

Boyama yapmak için grafit veya silika boyası kullanılır. Taşıma potasının astarlanan yüzeyi fırça ile boyanır. Boyanan potalar, sıcaklığı kontrol edilebilen kurutma fırınında kurutulur. Kurutma fırını olmadığı ya da fırına sığmayan potalar olduğu zaman potanın içinde odun veya kömür yakılarak kurutma yapılabilir.

#### 7.2.1. Taşıma Potalarını Boyarken ve Kuruturken Dikkat Edilecek Noktalar

Boya, taşıma potasının her tarafında aynı kalınlıkta olmalıdır. Taşıma potalarının kurutulması sırasında fırının sıcaklığı yavaş yavaş artırılmalı ve yine yavaş yavaş düşürülmelidir. Kurutma işlemi böyle yapılmadığında pota astarı çatlar ve dökülür. Sıvı metal, taşıma potasına alındığında bu çatlaklardan girerek potanın delinmesine yol açabilir. Bu durumda çalışanların sağlığı tehlikeye girer. Sıvı metal, taşıma potasına alınmadan önce pota 500 °C'a kadar ısıtılmalıdır.

### 7.2.2. Kapasitelerine Göre Pota Ölçüleri

Tablo 7.2'de aldığı sıvı metal miktarına göre taşıma potasının astar kalınlığı, potanın astarlandıktan sonraki tahmini ölçüleri ve potanın sac kalınlık ölçüleri verilmiştir. Bu tabloda taşıma potasının aldığı sıvı metal miktarında ve verilen değerlerde dökme demir temel alınmıştır.

**Tablo 7.2: Kapasitelerine Göre Taşıma Potası Ölçüleri**

ALDIĞI SIVI METAL MİKTARI DÖKME DEMİR (KG)	POTANIN ASTAR KALINLIĞI			POTANIN ASTARLANDIKTAN SONRAKİ TAHMİNİ ÖLÇÜLERİ			SAC KALINLIK ÖLÇÜLERİ	
	KENAR (mm)	TABAN (mm)	KAPAK (mm)	ÜST ÇAPI (mm)	TABAN ÇAPI (mm)	YÜKSEKLİK (mm)	KENAR (mm)	TABAN (mm)
15	13	16	25	195	155	180	3	3
30	15	20	25	250	190	205	3	3
60	20	25	25	325	255	240	4	4
100	25	30	50	370	255	345	5	5
330	35	45	50	485	420	470	6	6
1000	45	55	63	685	595	685	8	8
2500	55	65	76	990	915	865	9.5	9.5
5100	65	80	100	1180	1030	1170	9.5	12.5
10500	80	100	150	1525	1370	1450	12.5	12.5
25000	130	180	230	2060	1855	2060	16	19





## TAŞIMA POTALARI



### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Sıvı metalin ocaktan alınarak kalıplara dökülmesini sağlayan kap aşağıdaki lerden hangisidir?

- A) Boya kabı
- B) Cüruf potası
- C) Taşıma potası
- D) Kurutma kabı
- E) Su kabı

2. Taşıma potasının sac yapım malzemesi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Çelik
- B) Alüminyum
- C) Çinko
- D) Bakır
- E) Dökme demir

3. Taşıma potası harcında aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Silis
- B) Ateş toprağı
- C) Kil
- D) Alçı
- E) Su

4. 25 kg sıvı metalin tek kişi ile kalıba dökülebilmesini sağlayan pota aşağıdaki lerden hangisidir?

- A) Pota kolu
- B) Askılı pota
- C) Cüruf potası
- D) Poşemen
- E) Çift kol

5. Görsele verilen taşıma potası aşağıdakilerden hangisidir?

- A) El potası
- B) Arabalı pota
- C) Vinç potası
- D) Poşemen
- E) Depolu pota



**6. Ergitilen sıvı metalin biriktirilerek, bekletildiği pota aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Poşemen
- B) Cüruf potası
- C) Tıkaçlı pota
- D) Depolu pota
- E) Askılı pota

**7. Taşıma potasının boyanmasında kullanılan boya ikilisi aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Kil ve silika
- B) Alçı ve grafit
- C) Kil ve grafit
- D) Alçı ve silika
- E) Grafit ve silika

**8. Taşıma potasını boyarken ve kuruturken dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Kurutma fırının sıcaklığının yavaş yavaş artırılması ve yavaş yavaş düşürülmesi
- B) Taşıma potasının her tarafının farklı kalınlıkta olması
- C) Kurutma fırının sıcaklığının hızla artırılması ve yavaş yavaş soğutulması
- D) Sıvı metali potaya almadan önce potanın 80-100 °C'ye kadar ısıtılması
- E) Taşıma potasının astarının çatlaması için hızla kurutulması

**9. Taşıma potasının içindeki cürufun süzülmesini ve sıvı metalin sıcaklığının korunmasını en iyi sağlayan pota aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Depolu pota
- B) Perdeli pota
- C) Askılı pota
- D) Tıkaçlı pota
- E) Poşemen

**10. Kapasitelerine göre pota ölçülerinde temel alınan sıvı metal aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Alüminyum
- B) Çinko
- C) Magnezyum
- D) Bakır
- E) Dökme demir

**11. Taşıma potasında kullanılan perdenin amacı aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Sıvı metalin kalıba gitmesini engellemek
- B) Sıvı metal cürufunun kalıba gitmesini engellemek
- C) Sıvı metalin kalıba daha sıcak gitmesini sağlamak
- D) Sıvı metal gazının kalıba gitmesini engellemek
- E) Sıvı metalin akış hızını yavaşlatmak



## TAŞIMA POTLARI

12. Aşağıdakilerden hangisi taşıma potasının boyanması ve kurutulmasının nedenlerinden biri değildir?

- A) Pota astarının ısıya karşı dayanımını artırmak
- B) Pota astarının yıpranmaya karşı dayanımını artırmak
- C) Pota astarı içindeki nemi uzaklaştırmak
- D) Sıvı metalin kalıbı hatasız doldurmasını sağlamak
- E) Sıvı metalin içindeki cürufun süzülmesini sağlamak

**Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**

# 8. ÖĞRENME BİRİMİ

## ENDÜKSİYON OCAĞI



### KONULAR

- 8.1. ENDÜKSİYON OCAĞI TANITIMI
- 8.2. ENDÜKSİYON OCAĞINDA KONTROLLER
- 8.3. ENDÜKSİYON OCAĞINI ÇALIŞTIRMA

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Endüksiyon ocağının genel özelliklerini
- Endüksiyon ocağını çalıştırmadan yapılması gereken kontrollerinin önemini
- Endüksiyon ocağını çalıştırma sürecini





## ENDÜKSİYON OCAĞI



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Endüksiyon akımı deyince aklınıza ne geliyor?
2. Okulunuzda ve çevrenizdeki işletmelerde metal ergitme ocaklarını gözlemleyiniz. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla tartışınız.

### 8.1 ENDÜKSİYON OCAĞI TANITIMI

Endüksiyon ocağı, elektrikli ocaklardan biridir. Endüksiyon ocağının tanımı yapılırken döküm endüstrisinde kullanılan diğer elektrikli ocaklara değinilmesi faydalı olacaktır.

#### 8.1.1. Elektrikli Ocaklar

Döküm ocaklarında elektrik enerjisinden yararlanmaya 19. yüzyılın sonlarında başlanmıştır. Elektrik enerjisi zaman içerisinde ucuzlamış ve döküm sanayisinde elektrikli ocak yönteminin üstünlüğü anlaşılmıştır. Böylece elektrikli ocaklar yaygınlaşarak değişik ocak tipleri geliştirilmiştir.

Elektrik ocakları, elektrik enerjisinin ısıya dönüştürülmesi esasına dayanan ocaklardır. Bu ocakların ilk kurulum, işletme ve bakım masrafları diğer ergitme ocaklarına göre oldukça pahalıdır. Fakat sağladıkları avantajlar bu masrafları büyük ölçüde telâfi eder.

Elektrikli ocakların üstünlükleri şunlardır:

- 3000 °C gibi yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmesi
- Sıcaklık kontrolünün kolay olması
- Çalışma ortamının temiz olması dolayısıyla ergitilen metalin bileşiminin bozulmaması
- Arıtma ve alaşım yapma gibi işlemlerin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi
- Her türlü alaşım için değişik kapasitelerde ocaklar geliştirilmiş olması
- İşletiminin ve kullanımının kolay olması
- Bileşim oranlarının kolay ve çabuk kontrol edilebilir olması
- Bu ocaklarla diğer ocaklara göre standartlara uygun çok daha kaliteli alaşımlar elde edilebilmesi
- Gaz, sıvı ve katı yakıt kullanılmadığı için kül, duman vb. artıkların ortaya çıkmaması nedeniyle metale yabancı madde karışmaması
- Fosil yakıtlar kullanılmadığı için ürünün bileşimine kükürt geçmemesi

Bu nedenle metale yabancı madde karışmaz. Fosil yakıtlar kullanılmadığı için ürünün bileşimine kükürt geçmez.

Elektrikli ocaklar bugün çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Doğrudan doğruya soğuk metal ve alaşımları ergitebilir. Ayrıca daha ekonomik ocaklarda, kömürle çalışan kupol ocaklarında, ergitilen metalin sıcaklığını yükseltmekte de kullanılır.

Tablo 8.1'de çeşitli ergitme ocaklarının enerji sarfiyatı ve verimlilikleri bakımından karşılaştırılması görülmektedir.

**Tablo 8.1: Çeşitli Metal Ergitme Ocaklarının Karşılaştırılması**

OCAK	ENERJİ KAYNAĞI	ENERJİ TÜKETİMİ	TOPLAM VERİM %
Kupol	Kok	100- 150 kg	27- 45
Ark	Elektrik	610- 660 kg	59- 65
Endüksiyon	Elektrik	590- 650 kg	60- 66
Direnç	Elektrik	780- 870 kg	45- 50

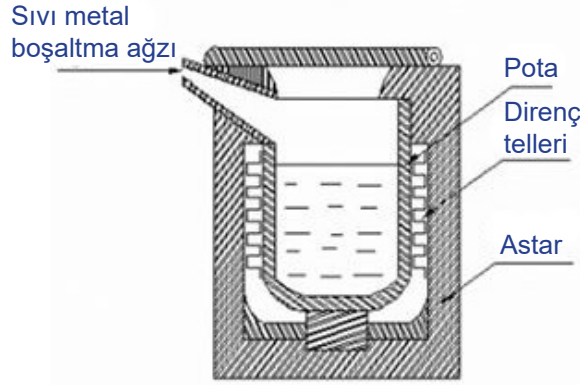
Elektrik ocakları, elektrik enerjisini ısıya çevirme prensipleri bakımından üçe ayrılır.

- Elektrik Direnç Ocakları
- Endüksiyon Ocakları
- Elektrik Ark Ocakları

### 8.1.1.1. Elektrik Direnç Ocakları

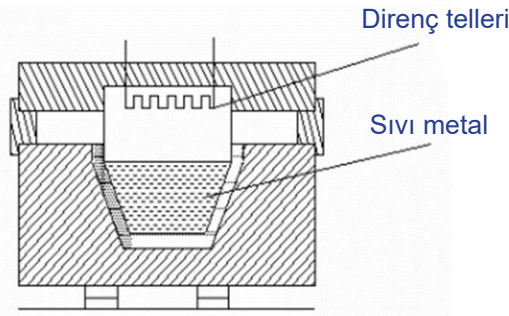
Bu ocaklarda elektrik akımının bir direnç üzerinden geçmesi sırasında oluşan ısıdan yararlanır. Direnç ocaklarının uygulama alanları sınırlı olup genellikle ergime sıcaklığı düşük malzemeler için tercih edilir. Direnç olarak tel veya içinden yüksek akım geçirilen grafit ve silisyum karbür çubuklar kullanılabilir. Elektrik direnç ocaklarında ısı, direnç telleri ile sağlanır. Bu ocaklar, 1100 °C'tan daha düşük sıcaklıklarda ergitilecek metaller için kullanılır.

Direnç ocaklarının ısıtma şekline göre vasıtalı ve vasitasız; metal haznesi bakımından ise potalı ve tavalı çeşitleri vardır. Potalı direnç ocaklarında direnç telleri, Görsel 8.1'de görüldüğü gibi pota etrafına sarılmaktadır. Bu tellerde açığa çıkan ısı dolaylı olarak metali ısıtır. Direnç tellerinin yüksek ısıya dayanıklı ve oksitlenmez nikel-krom alaşım- lı tellerden olması gerekmektedir. Pota ise ergitilecek metalin cinsine göre grafit veya demirden olabilir.



**Görsel 8.1:** Potalı direnç ocağı

Bazı direnç ocaklarında (vasitasız ocaklar) direnç, metalin kendisidir. Metal ise elektrotlar ile temas hâlinindedir. Bu tip ocaklar elektriği kötü ileten metallerin ergitilmesinde kullanılır. Tavalı direnç ocaklarında ise direnç telleri Görsel 8.2'de görüldüğü gibi tavana asılıdır.



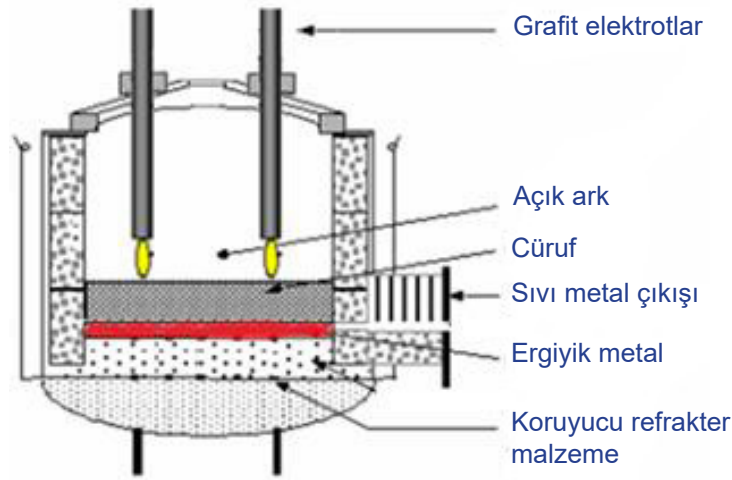
**Görsel 8.2:** Tavalı direnç ocağı



## ENDÜKSİYON OCAĞI

### 8.1.1.2. Ark Ocakları

Bu sistemde ocak içinde oluşturulan bir elektrik arkından açığa çıkan ısıdan yararlanır. Elektrik arkı, metal dışında iki elektrot arasında oluşturulursa endirekt ark; elektrotlarla ergimiş metal banyosu arasında oluşturulursa direkt ark ocağından söz edilir. Direkt ark ocaklarının kullanımı daha yaygındır. Direkt ark ocağında genellikle üç adet karbon elektrot bulunur. Bu elektrotlara uygulanan gerilim düşük, akım ise yüksektir. Bu ergitme yöntemi, yüksek sıcaklıkta ergiyen kaliteli çeliklerin ve alaşımlı dökme demirlerin ergitilmesinde tercih edilir. Direkt ark ocaklarından kapasitesi 10-40 ton olan en çok kullanılır. Ergitme kapasiteleri çok daha düşük olan (en çok 1 ton) endirekt ark ocakları, genellikle demir dışı metallerin eritilmesinde kullanılır. Görsel 8.3'te elektrik ark ocağının elemanları görülmektedir.



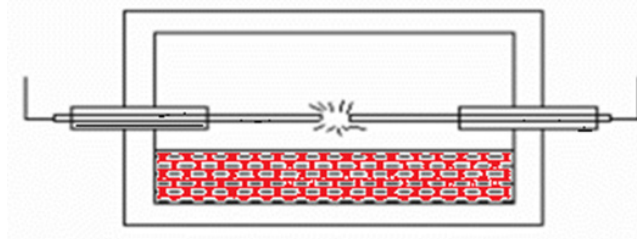
**Görsel 8.3:** Elektrik ark ocağın elemanlarının gösterimi

Elektrik ark ocakları ergitme ortamına ve ergitme şekline göre üçe ayrılır:

- Vasıtalı
- Vasıtasız
- Vakumlu ocak

### Vasıtalı (Endirekt) Ark Ocakları

Vasıtalı ark ocaklarında ark, Görsel 8.4'te görüldüğü gibi elektrotlar arasında oluşur. Metal haznesi dişliler vasıtası ile dönebildiğinden ısı her tarafa eşit olarak yayılarak metali ergitir.

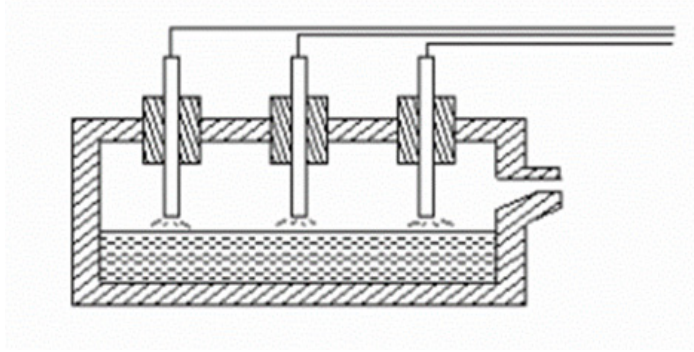


**Görsel 8.4:** Vasıtalı ark ocağı



### Vasitasız (Direkt) Ark Ocakları

Bu ocaklarda ark, Görsel 8.5'te görüldüğü gibi elektrot ile metal arasında oluşur. Direkt ark esnasında meydana gelen yüksek sıcaklık metali ergitir. Bu tip ocaklarda ergitme ortamının yalıtkan maddelerle iyice izole edilmesi gerekir (Çavuşoğlu, 1981).

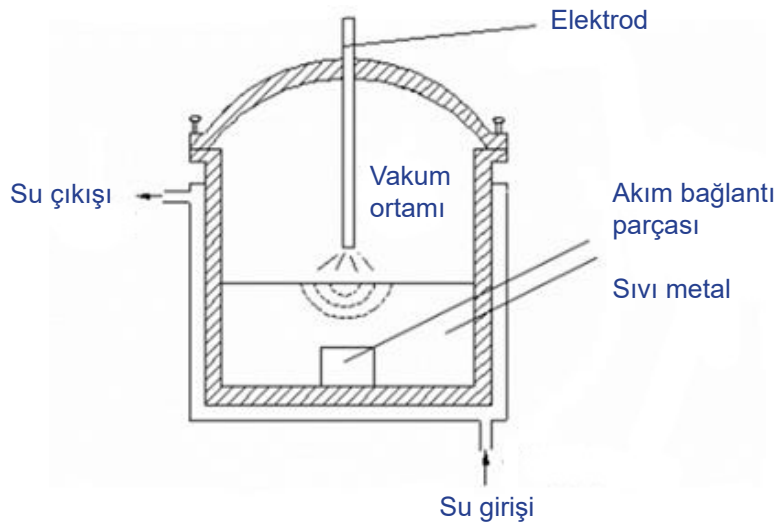


Görsel 8.5: Vasitasız ark ocağı

### Vakumlu Ark Ocakları

Vakumlu ark ocakları, açık ark ocaklarının değişik bir şeklidir. Elektrikli ark ocakları ile eritme açık havada yapılabildiği gibi vakumlanmış bir ortamda veya vakumlanarak soy gaz doldurulmuş bir ortamda da yapılabilir. Vakumlu ark ocakları, eritme sıcaklığı yüksek olan molibden, titanyum, tungsten gibi metallerin ergitilmesinde kullanılır.

Oksitlenmenin önüne geçilebildiği için vakumlu ark ocaklarında üretilen alaşımlar, açık ark ocaklarında üretilenlere göre daha kalitelidir. Bazı tip ocaklarda su soğutmalı tungsten elektrot kullanılmaktadır. İçinde metal ergitecek olan pota, su soğutmalı bakır veya çelikten olabilir. Bu ocaklarda elektrot ile potadaki metal arasında direkt ark oluşur. Elektrik akımı ayarlanarak ve elektrot aşağı yukarı hareket ettirilerek metal ergitilir (Görsel 8.6).



Görsel 8.6: Vakumlu ark ocağı



## ENDÜKSİYON OCAĞI

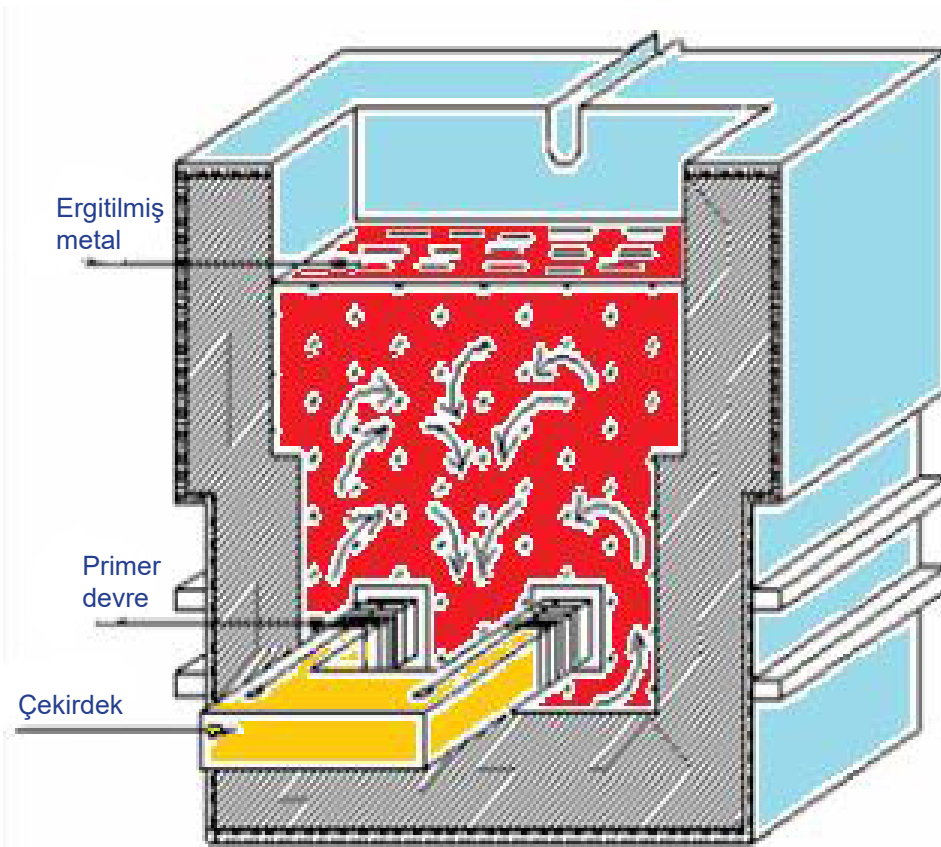
### 8.1.1.3. Endüksiyon Ocakları

Metalürji sektöründe metal ergitimi konusunda çok önemli bir yere sahip elektrikli bir ocaktır. Bu ocaklar; çelik, sfero, dökme demir, bakır ve alüminyum alaşımları gibi değişik metallerin ergitilmesinde kullanılabilir.

Endüksiyon ocağında metali, normal bir transformatörün birincil sargısı olarak düşünülebilecek elektrik bobini çevreler. Bu bobinden geçen alternatif akım, ikincil sargı olarak düşünülebilecek iletken metal içinde girdap akımlarını indükleyerek ısının açığa çıkmasını sağlar. Isı doğrudan doğruya ergitilecek metal içinde ortaya çıktığı için çok temiz ve hızlı bir ergitme gerçekleşir. Ergimiş metalde oluşan helisel akımlar, potada bir karıştırma hareketi de sağlar. Endüksiyon ocakları, çekirdeksiz (potalı) ve çekirdekli (kanallı) olmak üzere iki çeşittir.

### Çekirdekli (Kanallı) Endüksiyon Ocağı

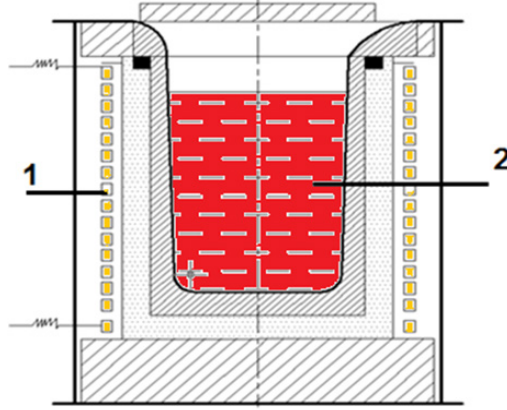
Çekirdekli endüksiyon ocaklarında çalışmaya başlamadan önce kanala kanalı dolduracak kadar bir tür sıvı metalin eklenmesi gerekir. Bu tip ocaklar genellikle ergitme için değil bekletme ve aşırı ısıtma gibi işlemlerde tercih edilir. Endüksiyon ocaklarında endüksiyonun şiddeti elektrik akımının frekansına ve manyetik alanın şiddetine bağlı olduğu için demir çekirdek kullanılarak manyetik alan kuvvetlendirilir (Görsel 8.7).



**Görsel 8.7:** Çekirdekli (kanallı) endüksiyon ocağı

### Çekirdeksiz (Potalı) Endüksiyon Ocağı

Bu tip ocaklarda pota, Görsel 8.8'de görüldüğü gibi saf su soğutmalı bakır bobin ile çevrilidir. Potayı saran bakır bobin ilk devreyi, pota içindeki metal ise ikinci devreyi oluşturur. Potadaki metal aynı zamanda çekirdek vazifesi de görür. Kullanım alanlarına göre; şebeke frekanslı (50 Hz), orta frekanslı (500-3000 Hz) ve yüksek frekanslı (1000-10000 Hz) endüksiyon ocakları vardır.



1. Bakır bobin
2. Ergimiş metal

Görsel 8.8: Çekirdeksiz (potalı) endüksiyon ocağı

### Endüksiyon Ocaklarının Avantajları

- Bu ocaklarda elektroda ihtiyaç duyulmaması
- Ocakta oluşan elektromanyetik akımın etkisi ile sıvı metalde hareket meydana geldiğinden homojen bir karışım ve dağılım elde edilebilmesi
- Ergitilen metale yabancı madde karışmaması
- Düşük frekanslı (50 Hz) olanlarının işletme maliyetlerinin az olması

### Endüksiyon Ocağı Güç Sistemleri

#### Invertör

Ocağa aktarılan alternatif akım, invertörde üretilir. Girişteki doğru gerilim, hızlı tristörler (Görsel 8.9) yardımıyla orta frekanslı alternatif akıma dönüşür. Invertör, yüke bağlı olarak çıkış alternatif akım geriliminin frekansını kontrol eder. Böylece gücün sabit kalmasını sağlar.



Görsel 8.9: Tristör



## ENDÜKSİYON OCAĞI

### Güç Kondansatörleri

İnvertörde elde edilen alternatif akım, çıkışa paralel bağlı güç kondansatörlerinden geçerek ocaktaki bobine ulaşır.

### Redresör

Redresör; girişteki üç fazlı gerilimin doğrultulduğu, çekilen güce göre gerilimin kontrol edildiği kısımdır. Ergitme için gerekli gücün kontrolü redresör ile sağlanır.

### Şok Bobini

Konvertör bünyesinde su soğutmalı bir şok bobini vardır. Şok bobini sayesinde yüke verilen akım filtre edilir. Devreden geçebilecek kısa devre akımlarının çok yüksek değerlere çıkmasını engeller. Sistemde meydana gelebilecek arıza akımlarının büyük hasarlara neden olmasının önüne geçer. Sistemin güvenli sınırlar içinde çalışmasını sağlar.

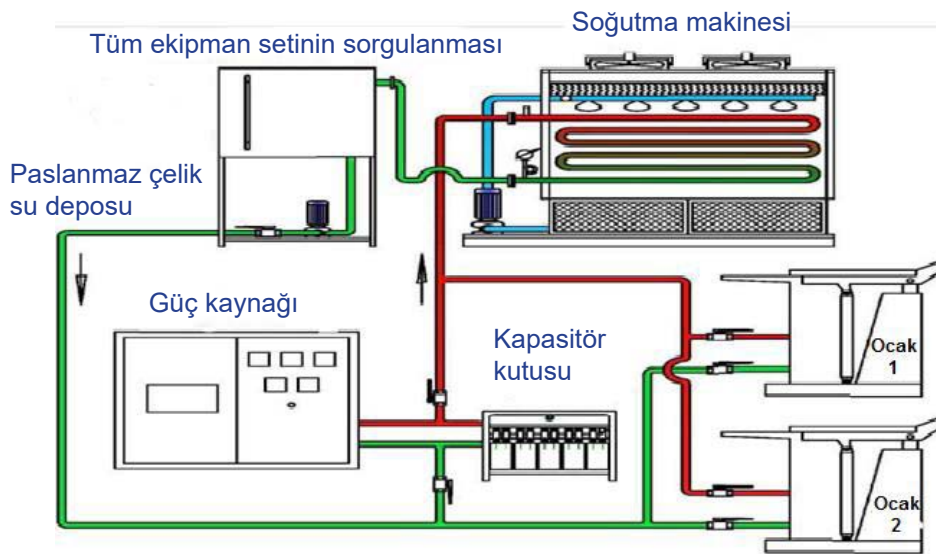
### Konvertör

Konvertör, metallerin endüksiyon ile ısıtılması veya ergitilmesi için gerekli olan enerjinin gerilim ve frekans değerini şebeke değerlerinden farklı değerlere dönüştüren bir elektrik sistemidir. Yapısında redresör, şok bobini, invertör, güç kondansatörleri, aşırı gerilim koruma devreleri, RC Snubber devreleri ve kontrol devreleri vardır.

### Ocak Gövdesi Soğutma Sistemleri

Ocak, bobinde ortaya çıkan yüksek ısıyı dağıtmak üzere genellikle kapalı bir soğutma suyu devresiyle soğutulur. İç sistemdeki su, çok soğuk olmamalıdır. Birçok sistemde devridaim suyu özel işlemlerden geçirilir. Genellikle su kireç ve soda ile yumuşatılır ve daha sonra çökeltilerin ayıklanması için süzülür. Suyun pH [Power of Hydrogen/ pavy if haydrocın (hidrojenin gücü)] değeri yaklaşık 8 seviyesinde tutulur, hafifçe asidiktir. Kapalı devre soğutma suyu şebekesinde korozyonu önlemek için arıtılmış su kullanılmalıdır.

Soğutma suyu şebekesindeki su, devridaim etmedikçe ocak çalıştırılmaz. Ayrıca devridaim sisteminin arızalanması durumunda yüksekteki bir tanktan yedek su sistemi devreye girer. Su kullanıldıktan sonra atılır ya da kapalı devrelerde soğutulmuş tekrar sistemde dolaştırılır (Görsel 8.10).



Görsel 8.10: Soğutma Sistemi

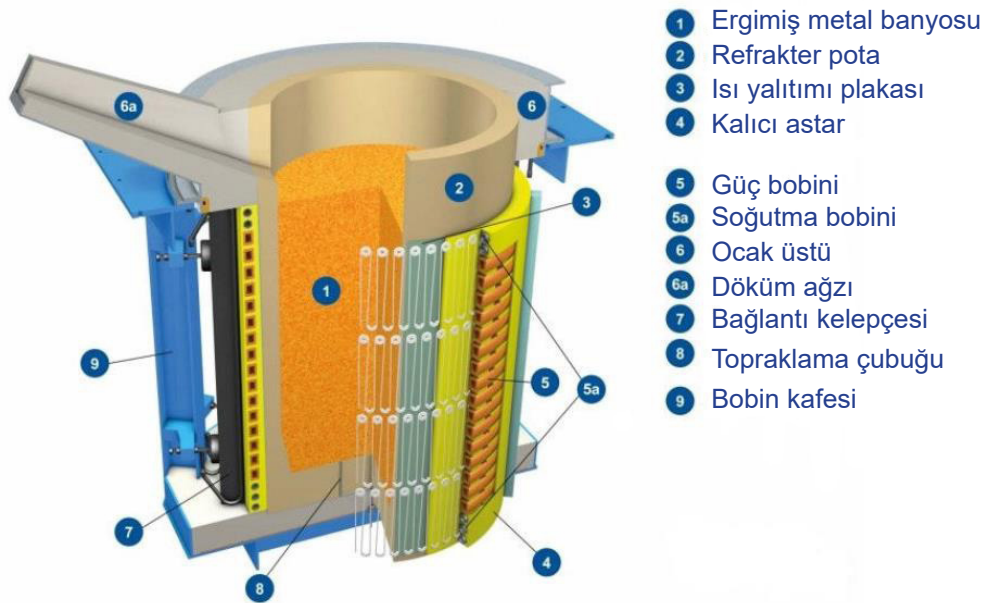
### Güç Ünitesi İç Soğutma Sistemleri

Güç ünitesi kapalı devre arıtılmış su ile soğutulur. Sistemde kullanılan saf suyun iletkenliği gerekli seviyede tutularak iyonlaşmanın sebep olacağı korozyon önlenir.

Kondansatör, konvertör ve şok ünitesinde bulunan tüm elektronik malzemeler saf su ile soğutulmalıdır. Su devresi, basınç düşümü ve sıcaklık hatasına karşı kontrolü yapılmalıdır. Saf suyun iletkenliğinin otomatik olarak kontrolü ayrıca sağlanmalıdır. Basınç düşümü, sıcaklık hatası ve iletkenlik hatası durumunda operatöre görsel ve sesli uyarı sistem kontrolörü tarafından verilmelidir.

### Ocak Potası

İçerisinde metal ve alaşımlarının ergitildiği, bakır bobinlerin içerisinden geçen suyla soğutulan, yüksek ısıya dayanıklı, refrakter malzemelerden oluşmuş hazneye **ocak potası** denir (Görsel 8.11).



Görsel 8.11: Ocak potası

### • Endüksiyon Ocak Astarı

Endüksiyon ocak astarı, endüksiyon ocağının çalışmasında önemli rol oynar ve ocak gövdesini korur. Endüksiyon ocağındaki en önemli bileşendir. Endüksiyon ocağının parçaları; yalıtımlı mika, alarm ağı, asbest yalıtım levhası ve dışarıdan içeriye ateşe dayanıklı astardır (Görsel 8.12).



Görsel 8.12: Astar yapımı



## ENDÜKSİYON OCAĞI

### Astar Çeşitleri

Endüksiyon ocağını bazik, asidik ve nötr astar ile astarlamak mümkündür.

#### a. Bazik Astar

Endüksiyon ocakları için en fazla kullanılan bazik astar malzemesi magnezyum oksittir (MgO) ve çoğunlukla magnezit olarak bilinir. Bağlayıcıların ilave edilmesi daha sağlam sinterlemeyi sağlar.

#### b. Asidik Astar

Silika (SiO<sub>2</sub>) esaslı refrakter malzemeler, dökme demir dökümhanelerinde kullanılan çekirdeksiz endüksiyon ocaklarında maliyetinin düşük olması ve amaca uygun olmasından dolayı kullanımı hemen hemen değişmez bir astar malzemesidir.

#### c. Nötr Astar

Nötr astar için kromit (FeO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kullanılmaktadır fakat kromit, ocak tarafından redüklenerek ocağın krom kaplamasına ve aşırı aşınmasına sebep olur.



### BİLGİ KUTUSU

Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta seçilen astar malzemesinin ergitilen metale uygun özelliklerde olmasıdır.

**Tablo 8.2: Çeşitli Metallere Göre Astar Malzemeleri**

DÖKÜM TÜRÜ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .SiO <sub>2</sub>	MgO	MgO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Demir Döküm	o					
Çelik Döküm	o					
Çelik ve Yüksek Nitelikli Çelik			o		o	o
Demir Alaşımları			o		o	o
Nikel ve Alaşımları	o		o			o
Bakır ve Alaşımları	o			o		
Alüminyum ve Alaşımları		o		o		



Ocak astarının belirlenmesinden sonra demir sac kullanılıp ocak ölçülerine uygun şablon hazırlanır (Görsel 8.13). Astar malzemesinin nemini atması için şablon üzerine 3-4 mm çapında delikler açılır.



Ocak şablonu

**Görsel 8.13:** Ocak şablonu ve astarlama

### 8.2 ENDÜKSİYON OCAĞINDA KONTROLLER

Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce bazı kontrolleri yapmak gerekir. Bu kontroller, ocakta yapılacak ergitmenin güvenli ve kaliteli olmasını sağlayacaktır.

#### 8.2.1. Endüksiyon Ocağını Çalıştırmadan Önce Yapılması Gereken Kontroller

- Öncelikle dağıtım panosundan dış su pompası çalıştırılır. Manometreden dış su basıncı okunur. Dış su basıncı 3 ile 6 bar arasında olmalıdır.
- Eğer basınç düşükse giriş filtresi, yüksekse çıkış kolektörü kontrol edilir.
- Dağıtım panosundan hidrolik merkezi çalıştırılır. Hidrolik yağı seviyesi kontrol edilir.
- Hidrolik merkezindeki kollar yardımıyla ocak kaldırılıp indirilir. Ocağın normal çalışıp çalışmadığı gözlenir.
- Ocak kaldırılıp indirildikten sonra ocağın hidrolik ve su bağlantılarında herhangi bir kaçak olup olmadığı kontrol edilir.
- Ocağın astarı gözle kontrol edilir. Astarla anormal derecede aşınma ve ya çatlak olup olmadığına bakılır. Gerekiyorsa çatlaklar onarılır.
- Ocak panelindeki "pompa" anahtarı çevrilerek pompa çalıştırılır. Daha sonra "reset"e basılarak korna susturulur. İç su manometresinden su basıncı kontrol edilir. Basınç 1,5 bardan yüksek olmalıdır.

#### 8.2.2. Endüksiyon Ocağında Oluşabilecek Hatalar ve Çözümleri

Endüksiyon ocağında ergitme aşamasında bazı hatalar olabilir. Bu hataların belirlenmesi ve çözülmesi gerekir.





## ENDÜKSİYON OCAĞI

### 8.2.2.1. Ocak Ortasında Cüruf Birikimi

Özellikle orta frekanslı endüksiyon ocaklarında cüruf birikimi ocağın orta bölgesindeki kesiti daraltmaktadır.

#### Etkileri

- Şarj malzemesinin ocak içinde aşağı doğru akmasına engel olması ve malzemeyi çatlatması
- Ocak kapasitesini azaltması ve ocağın ergitme gücünü düşürmesi

#### Sebepleri

- Yolluk ve döndü malzeme üzerinde kum, oksit ve çeşitli pisliklerin bulunması
- İnce, küçük ebatlı dağınık sacların sarmal akımla ocak kenarına yayılması
- Düşük sıcaklıkta ergitme yapılması

#### Önlemler

- Tüm kullanılan şarj malzemeleri kumsuz, oksitsiz ve temiz olmalı
- Küçük ebatlı ve ince saclar paketlenerek kullanılmalı
- Sıvı metal, sıcaklığı 1600 °C'a çıkarılarak yaklaşık 30 dakika bu sıcaklıkta bekletilmeli

### 8.2.2.2. Soğutma Esnasında Astarlarda Çatlak Oluşumu

Gerek orta frekanslı gerekse hat frekanslı ocaklarda ocağın çalışmadığı hafta sonları ve uzun tatiller nedeniyle astarda çatlak oluşmaktadır.

#### Etkileri

- Astarla oluşan çatlaklardan sızan sıvı metalin bobinle temas ederek ocağa kısa devre yaptırması
- Çatlaklardan sızan sıvı metal miktarı fazla olduğunda bobinin delinerek hasar görmesi
- Ocak astarı yüzeyindeki pul pul parçalar ve çatlaklar nedeni ile astarın yıpranması

#### Sebepleri

- Alt konik kısım ile üstteki silindirik kısım arasındaki soğuma farklılıkları nedeniyle arada dikey ve yatay çatlakların oluşması
- Sertleşen astar nedeniyle oluşan çatlaklardan bobinin içine istenmeyen sıvı metal parçalarının sızması
- Yeni ısıtma hızlı yapıldığında bu çatlakların kapanmasına zaman kalmadığından aralarına sıvı metal girmesi

#### Önlemler

##### a) Hafta Sonu Soğutmalarında

- Son şarjın boşaltılmasından sonra 1-1,5 ton temiz malzeme yüklenmeli
- 1000 °C'a hızlı bir şekilde çıkılmalı ve ocak durdurulmalı
- Ocak kapağı ve ocak çevresi izole edilmeli
- Yaklaşık 12 saat sonra ocak tekrar 1000 °C'a çıkarılarak ocak astarının 800 °C'ın altına düşmemesi sağlanmalı
- İlk şarjda düşük enerji ile ergitme yapılmalı

### b) Uzun Süreli Duruşlarda

- Ocak tamamen boşaltıldıktan sonra kapak hemen açılmalı ve fan ile ocak hızlıca soğutulmalı, böylece su soğutmalı bobin bölgesi astarı ile kalın taban bölgesi astarının aynı hızda soğuması sağlanıp çatlak oluşumu önlenmeli
- Ocak, durdurulduktan sonra tekrar devreye alınırken ocağa 1-1,5 ton temiz malzeme şarj edilmeli, düşük kademedede (%10-20) enerji verilen ocak 12 saat ısıtılmalı, bu süre sonunda doğru malzemenin ve astarın kırmızıya dönüşmesi sağlanmalı

### 8.2.2.3. Ocaklardaki Refrakter Aşınımı

Hat frekansta ana aşınma, taban kısmında bir mağara şeklinde olmaktadır. Orta ve hat frekanslı ocakların üst ağız kısımlarında ise bobine kadar eğik bir aşınma söz konusudur.

#### Etki

- Kısa süre için ocak bozma mecburiyeti ve üretim kaybının oluşması

#### Sebepleri

- Hat frekanslı ocaklarda çalkalamanın frekansa bağlı olarak çok artması nedeniyle ocak tabanının makara veya "fil ayağı" şeklinde oyulması
- Şarj malzemesinin ocak ağızına çarpması ve karbon verme sırasında çıkan alevlerin ocak ağızını yalaması nedeniyle ağız kısımlarının aşınması

#### Önlemler

- İlk satın alınan ocaklarda taban astar kalınlığı standartlardan %30 daha kalın seçilmeli ve ocak kondansatör kapasitesi buna uygun ayarlanmalı
- Küçük bir çember ile ocak üstü ağızında ara tamir yapılmalı
- Kapak çevresinden alev yalamasını önlemek için enerji kaybını göze alarak üst küçük kapak açık bırakılmalı

### 8.2.2.4. Karbon Yedirme

Orta frekanslı ocaklarda karbon yedirilmesi uzun sürmektedir.

#### Etki

- Üretim süresi ve enerji sarfiyatının artması

#### Sebepler

- Karbonun sıvı metale karışma hızının orta frekanslı ocakların frekans özellikleri nedeniyle hat frekanslarına göre daha az olması

#### Önlem

- Şarj % 60 tamamlandığında karbon ocaktaki sıvı metale yedirilmeli

### 8.2.2.5. Astarın Tabakalanması veya Kabuklanması

Ocaklarda rastlanan önemli bir astar problemi de ergitme sırasında astarın büyük parçalar halinde metal yüzeyine çıkmasıdır.

#### Sebepler:

- Astarın iç kısımlarının çok hızlı ısıtılması nedeniyle (sinterleme ve tamir sonrası) buhar odacıklarının oluşması



## ENDÜKSİYON OCAĞI

### Önlem

- Sinterleme işlemi çok hızlı buhar oluşumuna engel olacak şekilde ayarlanmalı, aynı zamanda borik asit yerine boron oksit kullanarak astarın nem oranı azaltılmalı

### Sebepe

- Astar malzemesi nem oranının yüksek olması

### Önlem

- Astar malzemesinin nem oranı % 0,3'ten fazla olmamalı ve astar yapımı sırasında malzemenin nemlenmesine fırsat verilmemeli

### Sebepe

- Oluşan su buharını tahliye etmek için yeterli yer olmaması

### Önlem

- Bu tür problemle karşılaşıldığında çelik şablondaki delik sayısı artırılmalı

### Sebepe

- Belirli bir nem içeren arka bölge astarının yetersiz kurutulması

### Önlem

- Sinterleme sonucunda yüzeyde oluşan kuru kabuğun arkasındaki nemin kılcal yollar ile yüzeye çıkması önlemeli

### Sebepe

- Bağlayıcının eşit dağıtılmamış olması

### Önlem

- Ya iyi karıştırma sağlanmalı ya da hazır malzeme kullanılmalı

### Sebepe

- Kalın ve ince tanelerin astardaki homojen dağılımının bozulması sonucunda kabuklanma hatasının olması

### Önlem

- Astar malzemesinin taşınırken veya astarlama sırasında ayrılmaya uğraması önlenmeli, astar malzemesi tabana ve yan duvarlara uzun huniler vasıtasıyla dökülmesi

### **8.2.3. Endüksiyon Ocağında Alınabilecek Güvenlik Önlemleri**

- Girişte yüksek gerilim koruması olmalı
- Yüksek akım koruması olmalı
- Faz koruması olmalı
- Çıkış tristörleri ve kondansatörleri koruyan elektronik aşırı gerilim koruma sistemi olmalı
- Bütün ana kollarda sıcaklık ve su akış kontrolü yapan su koruma sistemi olmalı
- Topraklama kaçağı koruması olmalı
- Erken uyarı sistemli bobin tasarımı olmalı
- Ocaklarda elektriksel izolasyon yapılmalı
- Her tristör kanalı için sıcaklık ve su akış kontrolü olmalı

### 8.2.3.1. Topraklama Kaçağı Koruması

Herhangi bir topraklama kaçağına karşı sisteme tam koruma sağlayan bir güvenlik uygulaması yapılır. Böylelikle sistemde ortaya çıkacak daha büyük sorunlar önceden engellenmiş olur.

### 8.2.3.2. Kısa Devre Koruması

Çalışma esnasında kısa devre oluşması durumunda kontrol elektronik kartı, aşırı akım seviyesini tespit ederek sistemi otomatik olarak kapatır.

### 8.2.3.3. Ocak Yan Koruyucu

Ocak kalkık pozisyondayken etrafında oluşan boşluklarda istenmeyen iş kazalarının olmasını engelleyen bir sistemdir (Görsel 8.14).

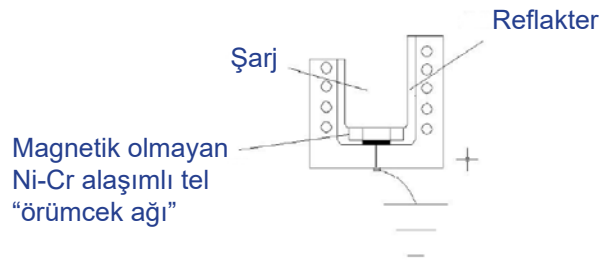


Görsel 8.14: Ocak yan koruyucuları

### 8.2.3.4. Ocak Astarının İncelmesinin Tespit Edilmesi

Orta frekanslı veya yüksek frekanslı çekirdeksiz endüksiyon ocaklarının pota astarını ve potayı kolayca aşındırabileceği düşünüldüğünden bir emniyet tertibatı yapılmıştır (Görsel 8.15). Bu emniyet tertibatı **toprağa iletme sistemi** olarak bilinir. Bu sistem, astar tehlikeli olacak şekilde zayıfladığında hem gözle görülebilecek şekilde önceden ikaz eden hem de ocağa gelen gücü otomatik olarak kesen bir şekilde donatılmıştır.

Sistem **örümcek** diye adlandırılan yüksek rezistanslı telin pota dibinde sıkıştırılması esasına dayanır. Böylece bir demet şeklindeki bu telle şarj daima topraklanmış olur. Astar inceldiğinde akım toprağa geçerek bir şekilde kolay ve hızlı bir yol bulur ve ana güç devresindeki devreyi de tamamlar. Devreye konulan bir miliampermetre, akım ince astardan toprağa geçtiğinde düşük akımları gösterir. Bu ise ocak operatörüne astarın aşındığına dair ilk uyarıdır.



Görsel 8.15: Endüksiyon ocağı emniyet tertibatı



## ENDÜKSİYON OCAĞI

Astar aşınmasının tespitinin bir diğer yolu ise astarın en ince olduğu yerde ölçme yapılmasıdır. Bu yöntemde çoğunlukla cüruf seviyesinde çap ölçmeyle astarın ne kadar incelendiği belirlenir. Geçmiş tecrübelerden tehlikeli aşınma sınırı bilinir. Tehlike sınırında astar yenilenir.

Bazı yeni endüksiyon ocak dizaynlarında ise pota, birkaç soğutma suyu devrelerine ayrılır. Her devreye bir sıcaklık kontrol aleti konarak devridaim eden suyun aşırı ısınıp ısınmadığına bakılır. Böylece devredeki astarın kalınlığı veya zayıflığı hakkında bir fikir elde edilir.

### 8.3 ENDÜKSİYON OCAĞINI ÇALIŞTIRMA

Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce gerekli kontroller yapılır ve sonra tekniğe uygun ocak çalıştırılır.

#### 8.3.1. Endüksiyon Ocağı İlk Çalıştırma



### BİLGİ KUTUSU

Elektrik çarpmalarına karşı iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmalıdır.



Görsel 8.16: Elektrik çarpması

Ergitilecek metal, küçük parçalar hâline getirilerek ocağa yüklenir. Enerji girişi açılır. Dış su pompası çalıştırılır. İç su pompası açılır. Konvektör ana şalteri kurulur. **İnvertör START** butonuna basılır. **İnvertör+** butonuna basılarak konvektör gücü en üst noktaya çıkarılır. **İnvertör –** butonuna basılarak konvektör gücü azaltılabilir.

Ocak içerisinde şiddetli endüksiyon akımı oluşur. Ocağa yüklenen katı metal, bu akıma karşı direnç oluşturur ve ısınmaya başlar. Isınma sonrası ergime işlemi oluşur. Ergime sürecinde katı metal yüklemesi devam eder. İstenen miktarda sıvı metal elde edilince üzerinde oluşan cüruf temizlenir. **İnvertör STOP** butonuna basılarak ocak kapatılır. Ocak hidrolik sistemi ile kaldırılır. Sıvı metal, taşıma potasına alınarak kalıplara dökülür (Görsel 8.17).



**Görsel 8.17:** Endüksiyon ocağından sıvı metalin alınması



### BİLGİ KUTUSU

Metal ergitimi sırasında yanmalara karşı kesinlikle kişisel koruyucu donanım kullanılmalıdır.

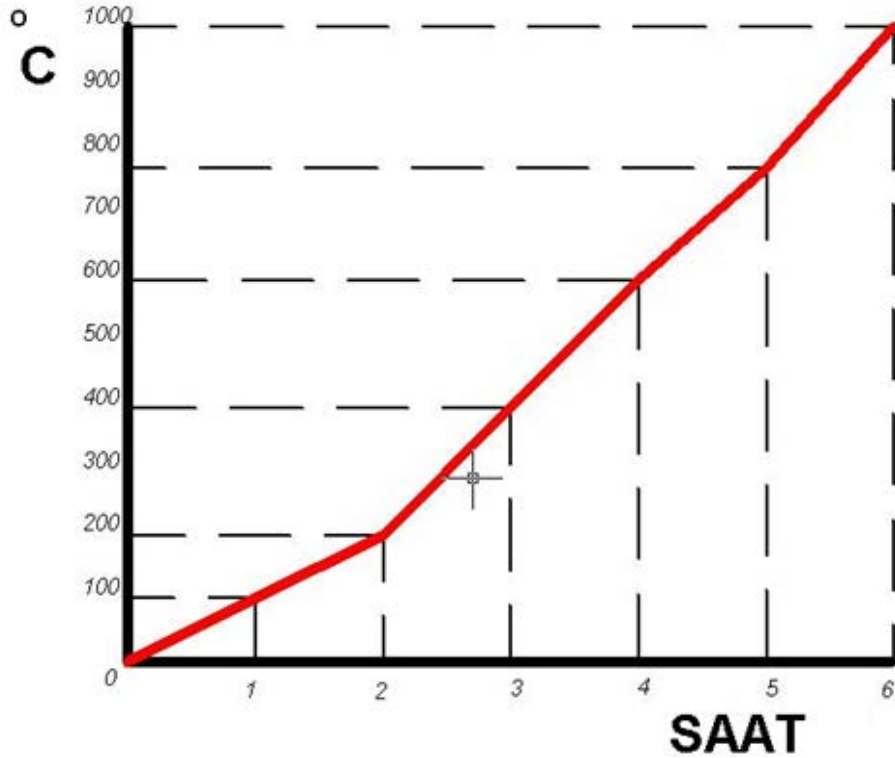
#### 8.3.2. Endüksiyon Ocağının Astarının Sinterlenmesi

Endüksiyon ocak astarını sinterleme, sağlam bir astar oluşturma işlemidir. İyi bir sinterleme işlemi astarın yüksek performansı için güçlü bir mikro yapı elde edilmesini sağlar. Astarın sinterlenmesini etkileyen faktörler arasında sinterleme sıcaklığı, yapılış şekli, malzemenin kimyasal bileşimi ve parçacık büyüklüğü oranı gösterilebilir. Sinterlenmiş pota yapısı endüksiyon ocağı astarının temelidir.



## ENDÜKSİYON OCAĞI

Sıkıştırılmış olan astarın sinterlenmesi astar yapımının son aşamasıdır. Artık şablonun içerisine metal konup ergitme işlemine başlanabilir. Sinterleme sırasında astarın bünyesinde bulunan nemin tamamen dışarı atılması ve şablonun yırtılmadan işlem sonuna kadar korumasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla sinter sıcaklığının değişimi belirli bir hızda olmalıdır. Çok hızlı yapılan ısı artışı şablonun yırtılmasına sebep olacağından böyle bir uygulamadan kaçınılmalıdır. Önerilen ısı artışı ilk iki saat için saatte 100 °C, sonraki saatlerde ise saatte 150-180 °C'tir. Ocak düşük güçte çalıştırılıp durdurularak sinter ısı kontrol edilmiş olur (Grafik 8.1 ).



**Grafik 8.1:** Zaman-ısı sinterleme grafiği

Ergitilmiş metal, şablondaki toplam şarjın 2/3' üne ulaştığında tam güç verilerek ergitmeye devam edilir. Şarjın tamamı ergitildikten sonra bir saat daha tam güçte beklenir. Daha sonra sinter işlemi tamamlanıp sıvı metal alınır.





## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi elektrik ocaklarının tercih edilmesinin nedenlerinden biri değildir?
  - A) Sıcaklık kontrolünün diğerlerine göre kolay olması
  - B) Çalıştırılmasının ve yönetiminin zor olması
  - C) Yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmesi
  - D) Ergitilen sıvı metalin bileşiminin kolaylıkla bozulmaması
  - E) Ergitilen sıvı metale yabancı madde karışmaması
2. Yeni kurulan bir döküm atölyesinde homojen alaşımlar yapılmak isteniyor. Aşağıdaki ocaklardan hangisi bu iş için en uygundur?
  - A) Ark ocağı
  - B) Kupol ocağı
  - C) Endüksiyon ocağı
  - D) Direnç ocağı
  - E) Pota ocağı
3. Endüksiyon ocaklarında metallerin ve metal alaşımlarının homojen olmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Ocak çalışması sırasında metalin sürekli karışması
  - B) Ocak çalışması sırasındaki yüksek sıcaklık
  - C) Ocak çalışması sırasındaki düşük sıcaklık
  - D) Ocak çalışması sırasındaki ergitme süresi
  - E) Ocak astarının ince olması
4. Bir döküm atölyesindeki endüksiyon ocağında ocak astarı çok çabuk yıpranmaktadır. Bunun nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Ocak astarı, dökülen metal ve alaşıma uygun değildir.
  - B) Ocak çok fazla elektrik enerjisi kullanmaktadır.
  - C) Ocak kurulumu yanlış yapılmıştır.
  - D) Ocak kapasitesi yeterli değildir.
  - E) Ocak astarı kalitesizdir.
5. Endüksiyon ocaklarında soğutma sistemleri aşağıdaki amaçlardan hangisi için kullanılır?
  - A) Alaşımı homojen yapmak
  - B) Elektrik sarfiyatını azaltmak
  - C) Metal ve alaşımı soğutmak
  - D) Bakır bobinleri soğutmak
  - E) Fabrika veya atölyeyi soğutmak



## ENDÜKSİYON OCAĞI

**6. Endüksiyon ocağının dış su basıncı kaç bar olmalıdır?**

- A) 0-1
- B) 3-6
- C) 8-10
- D) 12-16
- E) 18-22

**7. Bir atölyedeki endüksiyon ocağının ortasında cüruf birikmesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Yapılan astarın kalın olması
- B) Yapılan astarın ince olması
- C) Düşük sıcaklıkta ergitme yapılması
- D) Yüksek sıcaklıkta ergitme yapılması
- E) Ergitmenin homojen olmaması

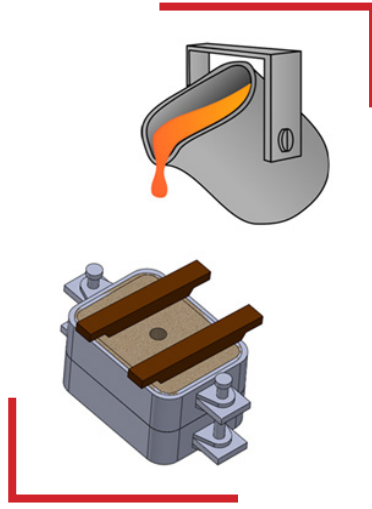
**8. Döküm sonrası ocak astarının çatlaması aşağıdakilerden hangisine neden olur?**

- A) Oluşan çatlaklara sıvı metal girerek astar daha sağlamlaşır.
- B) Oluşan çatlaklara sıvı metal girerek bobini delebilir.
- C) Oluşan çatlaklara sıvı metal girince metal kaybı olur.
- D) Oluşan çatlaklara sıvı metal girerek daha çok döküm yapılır.
- E) Daha kaliteli bir ergitme olur.

**Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**

# 9. ÖĞRENME BİRİMİ

## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR



### KONULAR

- 9.1. DÖKME DEMİR
- 9.2. GRİ DÖKME DEMİR

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Dökme demirin genel özelliklerini
- Gri dökme demirin genel özelliklerini





## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR



### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Okulunuzda ve çevrenizde demirden yapılmış ürünleri belirleyiniz. Ürünlerin kullanım alanlarını sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

### 9.1 DÖKME DEMİR

Döküm işletmelerinde en çok üretimi yapılan metal, dökme demir alaşımıdır. Dökme demirin ana maddesi demir elementidir.

#### 9.1.1. Demir ve Elde Edilmesi

Demir, doğada saf olarak bulunmaz. Demir filizlerinin çeşitli işlemlerden geçirilmesiyle elde edilir.



Latince **ferrum** kelimesinden gelen demirin sembolü **Fe** şeklindedir. Demirin atom numarası 26, yoğunluğu 7,8 kg/dm<sup>3</sup>, ergime derecesi 1538 °C'tir. Gri renkli, yumuşak bir metaldir. Dövülebilme, elektriği ve ısıyı iletebilme ve mıknatıslanma özelliğine sahiptir. Demir, yerkabuğunun yaklaşık % 5'ini kaplamaktadır. Türkiye'de demir filizinin çıkarıldığı en önemli yer, Sivas'ın Divriği ilçesidir (Görsel 9.1). Dünyada bulunan demir bileşikleri (filizleri); oksitli, karbonatlı ve sülfürlü bileşikler hâlinindedir.

Görsel 9.1: Sivas Divriği demir maden ocağı

#### 9.1.1.1. Demir Filizlerinin Tanıtılması

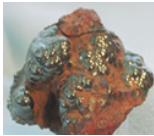
Doğada en çok bulunan demir filizleri; manyetit, hematit, limonit, siderit ve pirittir.



#### Manyetit

Doğal mıknatıslanma özelliğine sahip bir filizdir. Elektriği çok iyi iletir. İçinde % 72 oranında demir vardır. Bu demir filizine **mıknatıs taşı** da denir (Görsel 9.2).

Görsel 9.2: Manyetit



#### Hematit

Hematit filizi içindeki demir oranı % 70'tir. Demir üretiminde en çok kullanılan demir filizidir (Görsel 9.3).

Görsel 9.3: Hematit

#### Limonit

Hematitten sonra en çok kullanılan demir filizidir. İçinde % 60 oranında demir vardır. Rengi sarıyla kahverengi arasındaki değişik tonlarda olabilmektedir.

**Siderit**

Siderit, kalsiyum ve manganez ile birlikte bulunur. Bu nedenle demir oranı düşüktür. Sideritten yüksek fırında demir elde edilirken fırının içine ayrıca kireç taşı atılmasına gerek duyulmaz. Çünkü bu filizin içinde yeteri kadar kireç taşı bulunmaktadır.

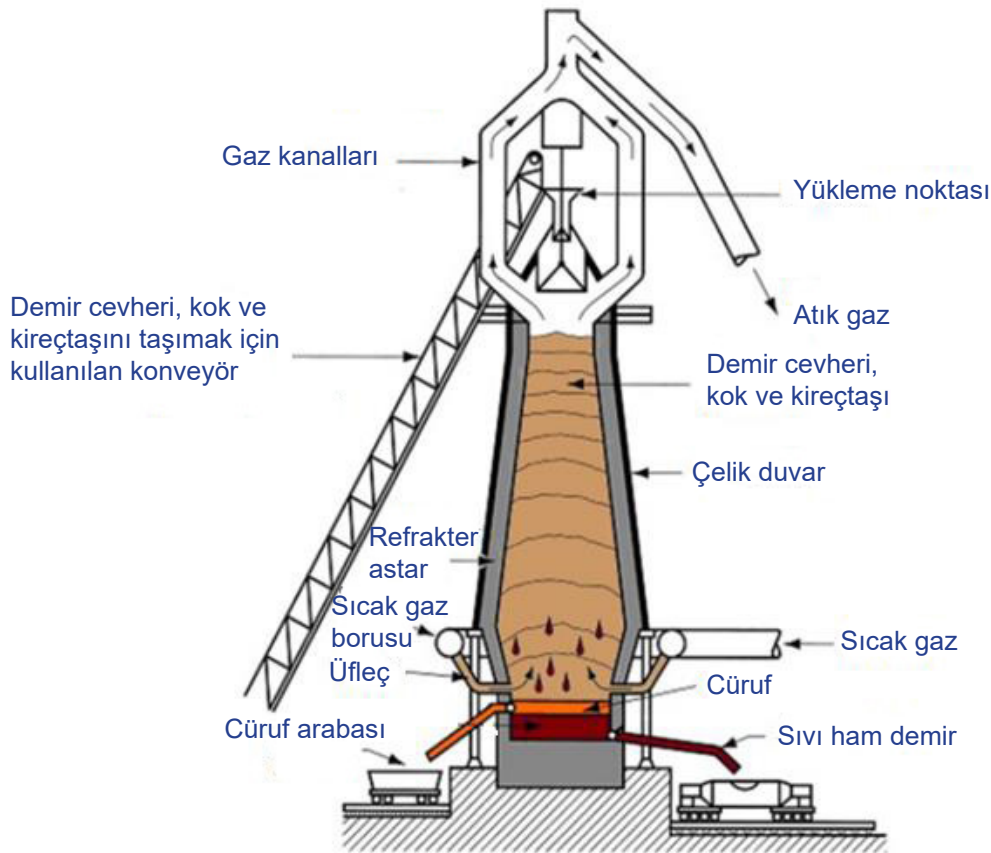
**Pirit**

Pirit filizinin yapısında kükürt vardır. Yapısında kükürt bulunduğu için demir elde etmede tercih edilmez. Piritten demir elde edilmek istendiğinde kükürdün ayrıca yakılması gerekir. Kükürdün istenmemesinin nedeni demirin kırılgenliğini artırmasıdır.

**9.1.1.2. Ham Demirin Elde Edilmesi**

Ham demir, demir filizlerinin yüksek fırında ergitilmesi ile elde edilir. **Yüksek fırın**; yüksekliği 30-90 metre, kesik koni biçiminde, en geniş yerinin çapı 8-10 metre olan büyük bir tesistir. Fırının içi yüksek sıcaklıklara dayanabilen, kalınlığı 1,5 metreyi bulan şamot (ateş tuğlası) ile örülmüş olup dış kısmı da çelik sacdan yapılmıştır.

Yüksek fırın herhangi bir arızası olmadığı sürece 10-15 yıl sürekli çalışır. Bu nedenle fırının gövdesi daima sıcaktır. Fırının gövdesinin bu yüksek sıcaklıktan zarar görmemesi için çevresi su ile sürekli soğutulur. Fırının üstünden fırına sürekli kok+demir filizi+kireç taşı karışımı doldurulur. Demir filizi, sıcaklık ile ergimeye başlar. Ergime sırasında demir filizinin içindeki yabancı maddeler ayrılır. Sonra demir, bünyesine % 3-3,5 civarında karbon alır. Yüksek fırında gerçekleşen kimyasal tepkimeler sonucunda demir filizi sıvı ham demire (pik) dönüşmüş olur. Görsel 9.4'te yüksek fırında ham demirin elde edilmesi görülmektedir.



**Görsel 9.4:** Yüksek fırında ham demirin elde edilmesi



## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR

### 9.1.1.3. Demir Alaşımlarının Üstünlükleri

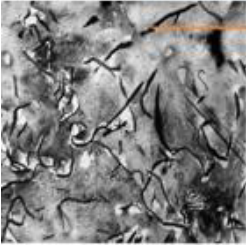
- Alaşımı meydana getiren gereçlerin bol ve ucuz olması
- Farklı özelliklere sahip çok çeşidinin olması
- Sert ve aşınmaya karşı direncinin fazla olması
- Talaş kaldırma (işlenebilme) işçiliğinin kolay olması
- Korozyona dayanıklı olması

### 9.1.2. Dökme Demirin Tanıtılması

Dökme demir; bileşiminde %92-95 demir (Fe), %2-4 karbon (C) , %1-3 silisyum (Si) ve bunların yanında fosfor (P), kükürt (S) ve manganez (Mn) içeren demir alaşımıdır. Karbon miktarının büyük bir kısmı katılaşma sırasında ayrışır ve dökme demirin mikro yapısında grafit olarak görülür. Katılaşma sürecinde serbest kalamayan az miktardaki karbon, demirle demir karbür (sementit) bileşimini oluşturur. Dökme demirin tipini ve özelliklerini grafitin şekli, büyüklüğü ve dağılımı belirlemektedir.

#### 9.1.2.1. Dökme Demir Çeşitleri

Dökme demirin; gri (esmer), beyaz, temper ve küresel grafitli olmak üzere dört çeşidi vardır.

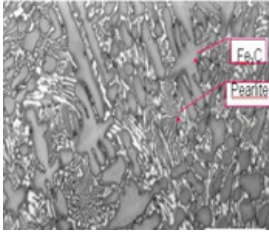


Lamel grafit

#### Gri Dökme Demir

Katılaşmadan sonra içerdiği karbonun büyük kısmı serbest hâlde ve grafit lamelleri şeklinde bulunan dökme demir çeşididir. Kırılmış yüzeyi, isli ve gri renklidir. Gri dökme demir, yumuşak bir yapıya sahiptir. Sektörde dökümü yapılan yaygın bir dökme demir çeşididir (Görsel 9.5).

Görsel 9.5: Gri dökme demirin mikro yapısı

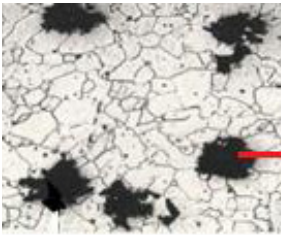


Fe<sub>3</sub>C  
Sementit

#### Beyaz Dökme Demir

Yapısındaki karbonun büyük bir kısmı demirle bileşik demir karbür (Fe<sub>3</sub>C) şeklindedir. Bu dökme demirin kırılmış yüzeyi gümüşü beyaz renktedir. Beyaz dökme demir, çok sert ve kırılğan bir malzemedir (Görsel 9.6).

Görsel 9.6: Beyaz dökme demirin mikro yapısı



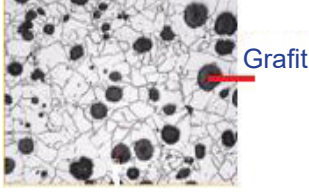
Karbon

#### Temper Dökme Demir

Beyaz dökme demirden ısıtım işlemi yoluyla elde edilir. Beyaz dökme demir parçalarının içindeki karbon, ısıtım işlemi yoluyla rozetçik şekline getirilir. Böylece çok sert ve kırılğan olan beyaz dökme demir, temperleme sonucunda daha sünek ve dayanıklı bir malzeme olur (Görsel 9.7).

Görsel 9.7: Temper dökme demirin mikro yapısı

### • Küresel Grafitli Dökme Demir [Sfero (Sifero)]



Dökme demire sıvı hâlde magnezyum veya seryum ilave edilerek aşılama yapılır. Aşılama ile lamel şeklinde bulunan grafit, küresel hâlde gelir. Grafitin küresel olması dökme demire süneklik kazandırır. Bu yöntemle çok daha dayanıklı bir malzeme elde edilir (Görsel 9.8).

Görsel 9.8: Küresel grafitli dökme demirin mikro yapısı

#### 9.1.2.2. Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi

Dökme demirin kimyasal bileşiminin ana maddesi demirdir. Demirden sonra en belirleyici elementler, karbon ve silisyumdur. Dökme demirdeki karbon ve silisyum miktarı dökme demirin kimyasal yapısını ve çeşidini çok etkiler. Dökme demirin yapısında manganez, fosfor ve kükürt elementleri de vardır. Dökme demirde olması istenmeyen element kükürttür. Tablo 9.1'de dökme demir çeşitlerinin kimyasal bileşimi görülmektedir.

Tablo 9.1: Dökme Demir Çeşitlerinin Kimyasal Bileşen Oranları

	Karbon (C)	Silisyum (Si)	Kükürt (S)	Fosfor (P)	Manganez (Mn)	Demir (Fe)
Gri D. D.	2,5-4,0	1,0-3,0	0,05-0,25	0,05-1,0	0,4-1,0	Kalan
Beyaz D. D.	1,8-3,6	0,5-1,9	0,06-0,2	0,06-0,2	0,25-0,8	Kalan
Temper D. D.	2,2-2,9	0,9-1,9	0,02-0,2	0,02-0,2	0,15-1,2	Kalan
Küresel D. D.	3,0-4,0	1,8-2,8	0,01-0,03	0,01-0,1	0,1-1,0	Kalan

#### 9.1.2.3. Dökme Demirin Yapı Bileşenleri (Mikro Yapısı)

Dökme demirin bileşimini oluşturan elementlerin oranlarına ve alaşımın soğuma hızına bağlı olarak çeşitli mikro yapılar oluşur.

##### Grafit

Dökme demir bileşimindeki karbonun yapı içerisindeki serbest hâline **grafit** denir. Grafit; gri dökme demirde lamel, temper dökme demirde rozet ve küresel grafitli dökme demirde küresel hâlde bulunur.

##### Sementit ( $Fe_3C$ )

Dökme demirin yapısındaki karbonun demir ile oluşturduğu bileşiğe **sementit** denir. Beyaz dökme demirde sementit yapı daha baskındır.

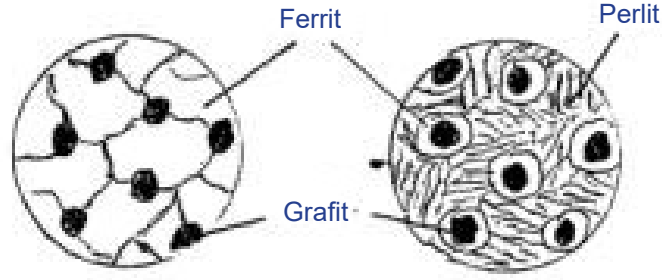
##### Ferrit

Demirin belli bir sıcaklıkta az miktardaki karbon ile meydana getirdiği bir yapıdır.





## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR



Görsel 9.9: Ferrit-perlit-grafit

### Perlit

Dökme demirin soğuması sırasında ferrit ve sementite ayrışması ile bunların lameller hâlindeki karışımından meydana gelmiş bir yapıdır.

### Östenit

Dökme demirlerde 723-1410 °C'ta kübik yüzey merkezli demirin karbon ile oluşturduğu katı bir yapıdır.

### Steadit

Steadit, demir fosfür bileşiğidir. Dökme demirin sertliğini artırarak daha kırılğan hâle getirir.

### Ledeburit

Östenit ile sementit karışımı bir yapıdır. Ledeburit, ötektik yapının özel adı olarak tanınır.

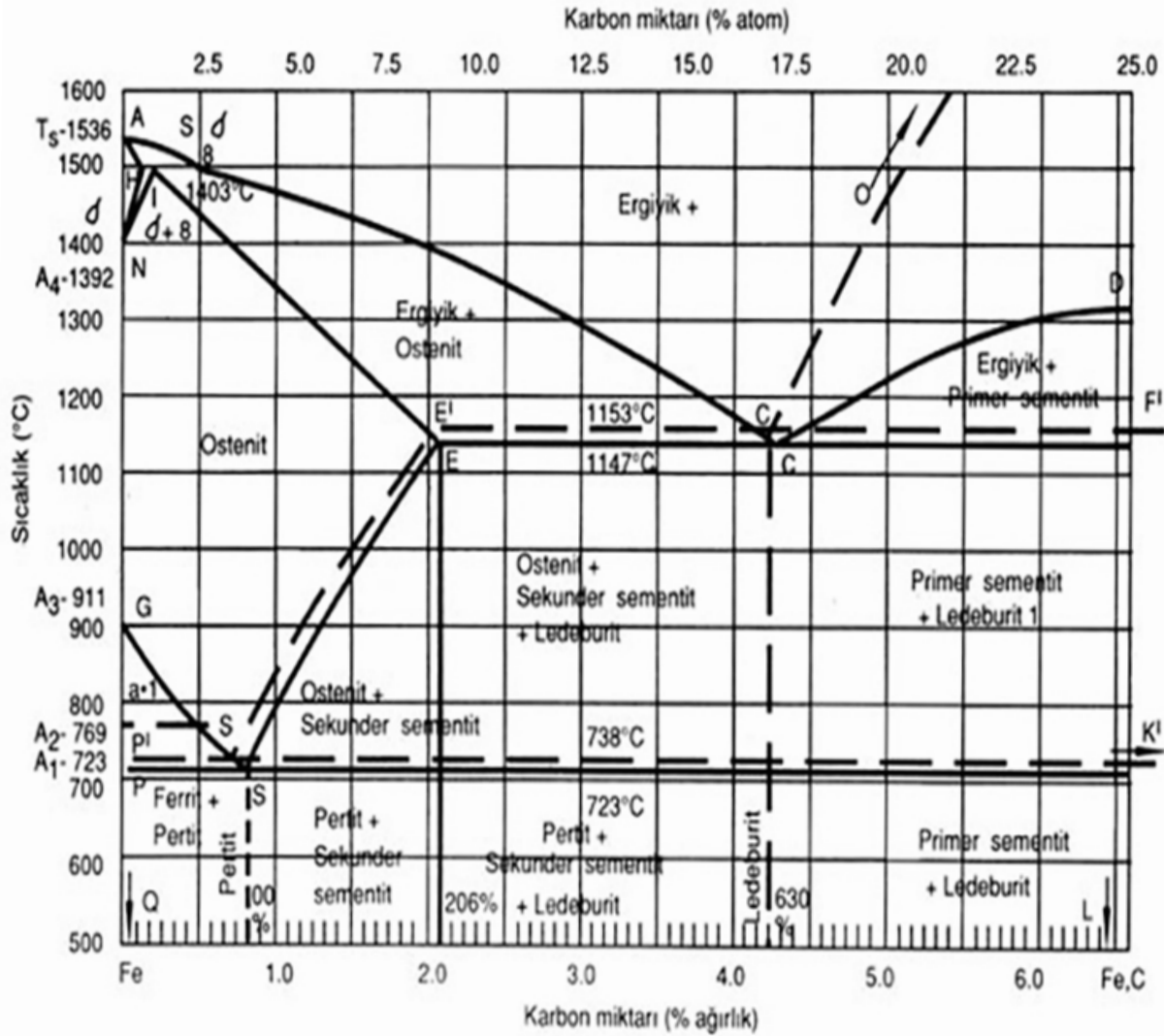
### Mangan Sülfür

Dökme demirlerde manganezin kükürt ile birleşmesinden mangan sülfür (MnS) oluşur.

#### 9.1.2.4. Karbon-Silisyum ve Soğuma Hızının Mikro Yapıya Etkileri

Dökme demirlerin özelliklerini ve mikro yapısını en çok karbon ve silisyum etkilemektedir. Bunun yanında soğuma hızı da yapının oluşumunu en az bu iki element kadar etkiler. Sıvı dökme demirin katılaşması sırasında bileşimde bulunan silisyum ve yavaş soğuma hızı demir karbürü bozar ve grafitleşmeyi artırır. Bunu engellemek için dökme demirin farklı kesit kalınlıklarına göre soğuma hızları, karbon ve silisyum miktarları ayarlanır. İnce kesitli dökme demirlerde karbon ve silisyum miktarları fazlayken kalın kesitli dökme demirlerde karbon ve silisyum miktarları azdır. Görsel 9.10'daki demir-karbon denge diyagramında karbon oranına ve sıvı dökme demirin soğuma sürecine bağlı oluşan mikro yapı değişimleri görülmektedir.

Demir-karbon denge diyagramında görülen **C** noktasına **ötektik S**, noktasına ise **ötektoid** nokta denir.



Görsel 9.10: Demir karbon denge diyagramı

### 9.1.2.5. Dökme Demirin Özellikleri

Dökme demirin bileşimindeki elementlere bağlı olarak yoğunluğu ortalama  $7,3 \text{ kg/dm}^3$ , döküm sıcaklığı  $1300\text{-}1400^\circ\text{C}$ 'dir. Yüksek sıcaklıklarda ısıtılarak dövülse de kırılmalık özelliğini kaybetmez. Basma dayanımları, çekme dayanımlarının 3-5 katıdır. Ergimiş hâldeki akışkanlıkları ve kalıp doldurma kabiliyetleri yüksektir. Isıl işlem uygulanarak özellikleri iyileştirilebilir.

### 9.1.2.6. Dökme Demirlerin Kalıp Kumu

$1300\text{-}1400^\circ\text{C}$ 'ta ergitilen dökme demir, hazırlanan kum kalıplara dökülür. Bu nedenle kullanılacak kalıp kumlarının yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve gaz geçirgenliğinin de fazla olması beklenir. Bu amaçla demir alaşımı kalıplarının yapımında gaz geçirgenliği fazla ve yüksek sıcaklıklara dayanımı yüksek olan iri taneli kumlar kullanılır.



## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR

Tablo 9.2'de dökme demir kalıp kumunun bileşimini oluşturan elementler ve bu elementlerin oranları görülmektedir.

**Tablo 9.2: Dökme Demir Kalıp Kumu Bileşimi**

Dökme Demir Kalıp Kumu Bileşimi	%
Silis (tane iriliği 0,27mm)	81-91
Kil (bentonit)	4 –5
Kömür tozu	2 –10
Su	3 – 4

### 9.2 GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR

Katılaştıktan sonra bileşimindeki karbonun büyük bir kısmı serbest grafit yaprakları (lamel-pul) halinde bulunan bir dökme demir çeşididir. Kırıldığı zaman yüzeyi isli gri görünüşlüdür. Grafitten dolayı rengi esmer olan bu dökme demire **lamel grafitli dökme demir** veya **gri dökme demir** denir.

#### 9.2.1. Gri Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi

Gri dökme demirin yapısının ana elementi demirdir. Yapısında demirle birlikte karbon, silisyum, manganez, fosfor ve kükürt olmak üzere beş element daha barındırır. Bu elementler, yüksek fırında elde edilen ham demirden (pik) gelmektedir. Tablo 9.3'te gri dökme demirin kimyasal bileşimini oluşturan elementler ve oranları görülmektedir.

**Tablo 9.3: Gri Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi**

Element	Karbon (C)	Silisyum (Si)	Manganez (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)	Demir (Fe)
%	2,5– 4,0	1,0 – 3,0	0,4 – 1,0	0,05 – 1,0	0,05 –0,25	Kalan

#### 9.2.2. Gri Dökme Demirin Bileşiminde Bulunan Elementler

Gri dökme demirin yapısını oluşturan önemli elementler; karbon, silisyum, manganez, fosfor ve kükürttür.

##### **Karbon**

Karbon gri dökme demirde grafit veya demir karbür olmak üzere iki şekilde bulunur. Karbonun grafit veya demir karbür olması silisyum miktarına ve soğuma hızına bağlıdır. Karbon, gri dökme demirin ergime sıcaklığını düşürür ve akıcılığını artırır. Grafit miktarı fazla olursa gri dökme demirin dayanımı azalır. Bileşimindeki karbon miktarı azaldıkça gri dökme demirin çekme dayanımı artar.

##### **Silisyum**

Silisyum, karbonun demirden ayrışmasını yani grafitleşmeyi artıran bir elementtir. Düşük oranlardaki silisyum, katılma sırasında grafitleşmenin oluşması için etkili değildir ancak ısı işlem sırasındaki grafitleşmeye etkisi fazladır. Silisyum, gri dökme demirin akıcılığını artırır ve daha yumuşak olmasını sağlar.

**Manganez**

Manganez, gri dökme demirde grafitleşmeyi engelleyen bir elementtir. Fazla miktardaki manganez, gri dökme demirin yapısındaki karbürleri kararlı hâlde tutar. Bu yüzden gri dökme demir sert ve kırılğan olur. Gri dökme demirin çekme dayanımını artırır. Manganez, kükürtle birleşerek mangan sülfür (MnS) oluşturur. Böylece kükürdün gri dökme demire olan kötü etkisini önler. Görsel 9.11'de gri dökme demirin yapısında bulunan mangan sülfür görülmektedir.



Görsel 9.11: Mangan sülfür

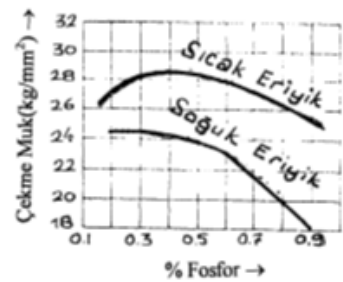
**Kükürt**

Kükürt, gri dökme demirde grafitleşmeyi önleyen (karbürü kararlı kılan) bir elementtir. Kükürdün gri dökme demirde % 0,25'ten fazla olması istenmez. Çünkü fazla kükürt, malzemenin sertliğini artırır ve işlenebilirliğini azaltır ama kükürt; manganez ile mangan sülfür oluşturarak yukarıda belirtilen olumsuzları en aza indirir.

**Fosfor**

Fosfor, demirle birleşerek demir fosfür (Fe<sub>3</sub>P) oluşturur. Karbonun grafit hâlinde ayrılmasına yardım eder. Gri dökme demirin akıcılığını artırır ve katılma zamanını uzatır. Fosfor miktarının artması dökme demirde sertlik ve kırılğanlığa sebep olur. Diğer taraftan artan fosfor yüzdesi ile döküm parçanın çekme dayanımı düşer. Tablo 9.4'te fosfor miktarına göre çekme dayanımı görülmektedir.

**Tablo 9.4:**  
Fosfor Miktarı Çekme Dayanımı

**9.2.3. Gri Dökme Demirin Yapı Bileşenleri (Mikro Yapısı)**

Gri dökme demirin yapısında grafit, ferrit, perlit ve sementit bulunur. Bunlardan başka fosfor ötektiği (steadit) ve mangan sülfür de bulunabilir. Görsel 9.12'de gri dökme demirin yapı bileşenleri görülmektedir.



Görsel 9.12: Gri dökme demirlerin yapı bileşenleri

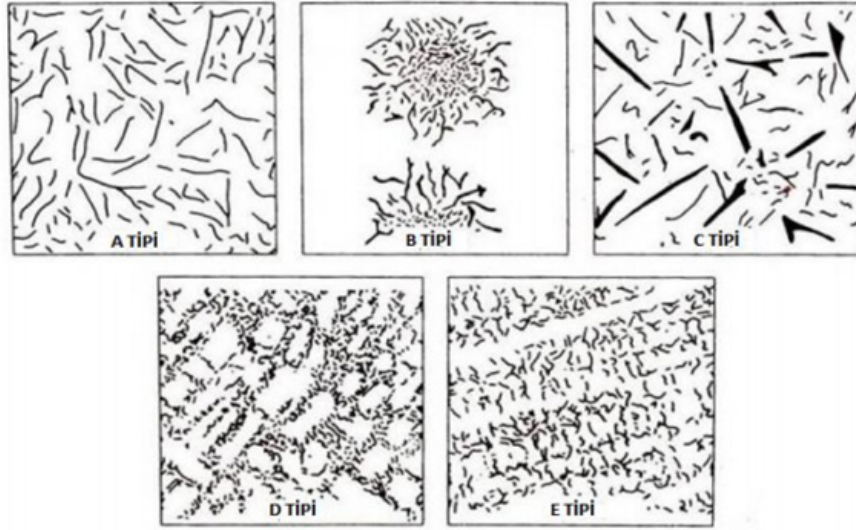


## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR

### Grafit

Dökme demirde serbest hâlde bulunan karbona **grafit** denir. Gri dökme demir içinde lameller hâlinde bulunur. Malzemenin özelliklerini grafitin miktarı, şekli, büyüklüğü ve dayanımı belirler. Dökümü yapılan malzemenin geç soğuması, kalın kesitlerin fazla olması veya bileşiminde grafitleştirici elemanların çok miktarda bulunması grafitin artmasını sağlar. Grafit, gri dökme demirin çekme dayanımını azaltır ve ötektik yapının ergime sıcaklığını düşürür.

Grafit tipleri ASTM [American Society for Testing and Materials/ Amerikan Sosayiti for Testing and Meteryals ( Amerika Test ve Materyalleri Topluluğu)] tarafından beş tipe ayrılmıştır: A-B-C-D ve E tipi. Gri dökme demirde olması istenen grafit tipi **A tipi** dir. A tipinde grafit, homojen olarak dağılmıştır. Grafitin homojen dağılımı, gri dökme demirin mekaniksel özelliklerinin çok daha iyi olmasını sağlar. Görsel 9.13'te grafit tipleri görülmektedir.



Görsel 9.13: ASTM tarafından belirlenmiş lamel grafit tipleri

### Ferrit

Ferrit; yumuşak, esnek ve orta derecede dayanıklı bir yapı elemanıdır. Ferrit ya serbest hâlde ya da sementit ile birlikte perlit içerisinde bulunur. Yapı içerisinde serbest bulunması grafitleşme şartlarına bağlıdır. Karbon serbest hâlde kalırsa ferrit de serbest hâlde kalacaktır. Silisyum, ferriti sertleştirir ve dayanımı artırır.

### Sementit

Demirle karbonun birleşmesi sonucu oluşan demir karbür bileşiğidir. Çok sert ve kırılgan bir yapı bileşenidir. Sementit, gri dökme demirlerde genellikle perlit içinde bulunur. Çok hızlı soğutulmuş gri dökme demirin ince kesitlerinde görülür.

### Perlit

Perlit; ferrit ve sementitten meydana gelmiştir. Dolayısıyla ferritten daha sert, sementitten daha yumuşak bir yapıya sahiptir. Mikro yapısı parmak izi görünümündedir.

### Steadit

Gri dökme demirde demir fosfür ( $Fe_3P$ ) bileşiğidir. Mikro yapıda fazla oranda bulunursa gri dökme demiri sert ve kırılgan yapar.

### **Mangan Sülfür**

Dökme demirdeki kükürt, manganle birleşerek mangan sülfürü (MnS) oluşturur. Mikro yapıda açık mavi veya grimsi renktedir. Mangan sülfürün oluşması kükürdün gri dökme demire verdiği zararları gidermiş olur.

### **9.2.4. Gri Dökme Demire Katılan Elementler ve Etkileri**

Gri dökme demirin özelliklerini geliştirmek için ana elementlere ilave olarak silisyum, mangan, nikel, krom, molibden, bakır, alüminyum ve titanyum gibi elementler katılır.

### **Silisyum**

Silisyum, gri dökme demirdeki karbonu grafitleştirir. Grafitleşme ile gri dökme demirin yapısı ferritik olur ki bu da malzemeyi daha yumuşak hâle getirir. Gri dökme demire katılan silisyum oranı % 1-18 arasındadır.

### **Mangan**

Mangan, gri dökme demire katılan önemli elementlerden biridir. Yapıda perlit dengeli hâle getirir, inceltir ve sertleşme derinliğini artırır. Mangan, kükürt ile birleşir ve katı eriyikte mangan sülfür hâlinde bulunur.

### **Nikel**

Nikel, gri dökme demire % 0,5-2 oranında katılır. Gri dökme demire katılan nikel, perlit ve grafiti inceltir. Böylece gri dökme demirin tokluğunu geliştirir. Dökülen parçanın farklı kesitleri arasındaki sertliği dengeler.

### **Krom**

Gri dökme demirin bileşimindeki karbonun bileşik hâde kalmasına yardım eder. Krom, dökme demirin sertliğini, aşınmaya ve yüksek sıcaklığa dayanımını artırır, oksitlenmesini önler. İşlenebilirlik özelliği olan gri dökme demire katılan krom oranı % 0,15-0,75 arasındadır.

### **Molibden**

Karbür yapıcı etkisi olan molibden aynı zamanda hem grafit yapıyı hem de perlitik yapıyı inceltici bir etki yapar. Aşımın sertliğini artırmak için gri dökme demire genellikle % 0,3-1 oranında molibden bakır, nikel ve kromla birlikte katılır.

### **Bakır**

Dökme demirde aşırı grafit oluşumunu dengeler. Dökme demire % 3'e kadar katılan bakır, demirin çekme dayanımını artırır. Gri dökme demirde perlitik yapıyı geliştirir. Bakır oranı % 3'ü aştığında gri dökme demirin mekanik özelliklerinde azalma olur.

### **Alüminyum**

Alüminyum, gri dökme demire grafitleşmeyi artırıcı olarak katılır. Alaşımına genel olarak % 0,25-2, özel durumlarda % 4 kadar alüminyum katılır. Alaşımına katılacak alüminyum oranı % 2'ye kadarsa katı alüminyum, oran daha fazlaysa sıvı alüminyum kullanılır. Yüksek oranda alüminyum, dökme demirde tane büyümesini ve yüzeyde oksit tabakası oluşmasını önler.

### **Titanyum**

Alaşımında %0,005-0,025 kadar kullanılır. Dökme demirde aşırı soğumuş ince grafit oluşturur. Aşırı soğumuş grafit, ferrit yapma eğilimi gösterip mekanik dayanımı azaltır. Gri dökme demirin dayanımını ve korozyona karşı direncini artırır.





## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR



### BİLGİ KUTUSU

Gri dökme demirin özelliklerini geliştirmek için bazı elementler ilave edilir. Bu elementler, yapıları gereği doğrudan sıvı gri dökme demire eklenemez. Bu nedenle elementler, demirle alaşım yapılarak önceden hazırlanır. Örneğin ferro-silisyum, ferro-manganez, ferro-krom, ferro-molibden, ferro-fosfor...

#### 9.2.5. Gri Dökme Demirin Mekanik Özellikleri

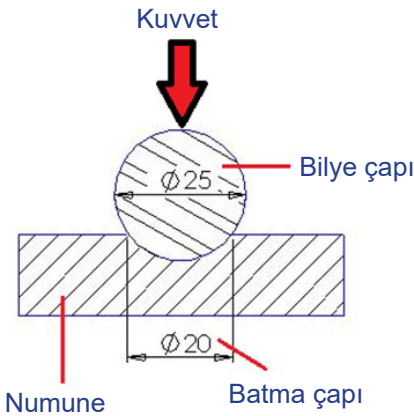
Gri dökme demirin aşağıda belirtilen mekanik özelliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanı vardır.

##### Gri Dökme Demirin Akıcılığı

Dökme demir çeşitleri içinde akıcılığı en iyi olan gri dökme demirdir. Bu nedenle ince kesitli ve karmaşık makine ve motor parçalarının dökümünde çok tercih edilir. Alaşımındaki karbon, silisyum, fosfor miktarı ve döküm sıcaklığı akıcılığı etkileyen en önemli unsurlardır.

##### Gri Dökme Demirin Sertliği

Gri dökme demirin sertliği, kimyasal bileşime ve soğuma hızına bağlıdır. Kimyasal bileşimdeki manganez, fosfor ve en önemlisi kükürt oranı malzemenin sert olmasını sağlar. Soğuma hızı nedeniyle dökülen parçanın kesit kalınlığının farklılığı da sertliği etkiler. İnce kesitler daha hızlı soğuduğu için burada karbür yapı oluşur. Böylece ince kesitlerde malzemenin sertliği artar. Normal gri dökme demirin sertliği 120-200 brinell (HB) olur.



### BİLGİ KUTUSU

Brinell, sertlik ölçme yöntemlerinden biridir. Sertliği ölçülecek numunenin üzerine bir bilye ile kuvvetli bir baskı uygulanır. Kuvvetli baskı ile bilye numuneye batar. Bu batma derinliği hesaplanarak o parçanın sertliği bulunur. Bilyenin parçada bıraktığı derinlik ile parçanın sertliği ters orantılıdır. Yani batma derinliği arttıkça sertlik azalır.

##### Gri Dökme Demirin Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı, gri dökme demirin bir milimetrekaresinin ( $\text{mm}^2$ ) dayandığı yükü kilogram (kg) cinsinden tanımlar. Ortalama gri dökme demirin çekme dayanımı 20-24 kg/ $\text{mm}^2$  dir. Çekme dayanımı ile gri dökme demirin kimyasal yapısı arasında doğrudan bir ilişki vardır.

##### Gri Dökme Demirin Aşınma Dayanımı

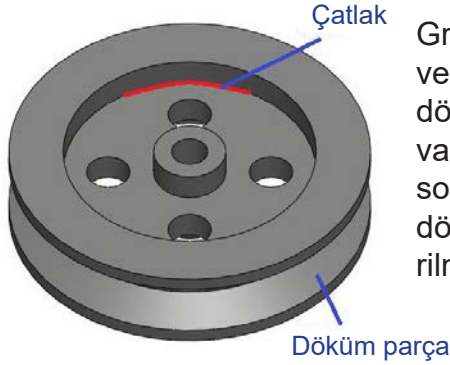
Gri dökme demirin aşınma dayanımı çok iyi değildir. Çünkü yapısındaki grafitleşme daha yumuşak olmasını sağlar. Malzemenin yumuşak yapıda olması aşınmanın çok olması anlamına gelir.



### 9.2.6. Gri Dökme Demirlerin Isıl İşlemleri

Gri dökme demirden elde edilmiş parçaların yapısı bazen istenildiği gibi olmayabilir. Dökülen parçalar, kesit farklılığından dolayı çatlayabilir. Yine farklı soğuma hızı nedeniyle dökülen parçada iç gerginlikler olabilir. Dökülen parçaların talaş kaldırma işleminde zorluklar olabilir. Bu ve benzeri sorunları çözmek için dökülen parçalar, tav fırınlarında amaca uygun olarak ısıtılıp soğutulur. Görsel 9.14'te kesit farkından dolayı çatlamış kasnak görülmektedir.

#### Gerginliği Gidermek



Gri dökme demirden dökülen bazı parçalarda çatlama veya iç gerginlikler olabilir. Bu sorunları gidermek için dökülen parçalar tav fırınlarına konur. Fırın sıcaklığı yavaş yavaş 550-650°C'a kadar yükseltilir. Belli bir süre sonra döküm parça yavaş soğumaya bırakılır. Böylece döküm parçanın içindeki gerginlikler ve çatlamlar giderilmiş olur.

Görsel 9.14: Çatlak hatalı kasnak

### İşlenebilme Özelliğini Artırmak

Isıl işlem gri dökme demiri yumuşatır ve işlenebilme özelliğini artırır. Döküm parça 650°C'ta 2-4 saat tutulup yavaş yavaş soğutulur. Perlitin küreleşmesi ve bir miktar grafitleşme bu sırada oluşur. Bu işleme tabi tutulan dökme demirin yapısı tamamen grafitleşir ve 120-140 brinell sertliğine kadar yumuşar.

### Aşınma Dayanımını Artırmak

Gri dökme demirde sertleştirme ve tavlama, aşınma direncini artırmak için de yapılır. Dökülen parça, 850-880°C'a kadar tavlama ve sonra su verilirse dökme demirin yapısı çelik gibi sertleşir. Yalnız bu işlem sonunda oluşan iç gerginlikleri gidermek için tavlama yapmak gerekir.

### Çekme Dayanımını Artırmak

Bazen sertleştirme ve tavlama en güçlü çekme dayanımını oluşturmak için yapılabilir. Bunun için dökme demir parça 800-900 °C'a kadar tavlama ve en güçlü çekme dayanımı özelliği oluşturulur. Fakat su verilerek sertleştirilmiş birçok gri dökme demir kırılabilir. Bu nedenle çekme dayanımının artırılması için bu tür uygulamalar her zaman yapılmaz.

### 9.2.7. Gri Dökme Demirin Özellikleri

Gri dökme demir, çeşitli özellikleri nedeniyle döküm endüstrisinin birçok sahasında kullanılmaktadır. Bu özellikleri şunlardır:

- Ergime sıcaklığının düşük olması
- Akışkanlığının iyi olması
- Katılaşma çekmesinin düşük olması
- Aşınma direncinin yüksek olması
- Titreşim söndürme kabiliyetinin iyi olması
- Dökülen parçanın işlenebilmesinin kolay olması
- Dökülen parça maliyetinin düşük olması



## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR

### 9.2.8. Gri Dökme Demirin Kullanıldığı Yerler

- Otomotiv endüstrisinde (krank milleri, diferansiyel kutuları, direksiyon dişli kutusu...)
- Ziraat makinelerinde (transmisyon kutuları, ön tekerlek çatalları...)
- Makine sanayisinde (hidrolik presler, dövme presleri kafa ve silindirleri, dişliler, akslar, takım tezgâhları...)
- Kimya sanayisinde (rafineri valfleri, plastik ekstrüzyon silindirleri, doğalgaz boruları...)
- İnşaat sanayinde (kreyn parçaları, beton karıştırıcı parçaları...)
- Madencilik ve metalürji sanayisinde (cüruf potaları, kalıplama dereceleri, sıcak had de merdaneleri...)
- Ulaştırma sanayisinde (volanlar, deniz araçları, trenlerde bağlantı elemanları, tren tekerlekleri ve fren pabuçları...)



Egzoz manifoldu

Motor bloğu

Pompa gövdesi

Piston kolu

**Görsel 9.15:** Gri dökme demirin kullanıldığı yerler

### 9.2.9. Gri Dökme Demirlerin Normlarla Gösterilmesi

Gri dökme demirlerin Amerikan, Türk ve Alman normlarına göre kimyasal yapısını oluşturan elementler ve yüzde olarak miktarları Tablo 9.4'te verilmiştir. İstenen norma göre dökümü yapılması istenen gri dökme demir, bu tablodan belirlenir. Eğer TSE normuna göre DDL-20 yapılması isteniyorsa onun hizasındaki kimyasal oranların sağlanması gerekir.

Tablo 9.4 'te parantez içindeki değerler kg/mm<sup>2</sup> olarak çekme dayanımını göstermektedir.

**Tablo 9.4:** Gri Dökme Demirlerin Normlarla Gösterilmesi

Amerikan Normu ASTM A4876	Türk Normu TSE TS- 552	Alman Normu DIN 1691	% (Yüzde)					Brinell Sertlik (HB)
			Karbon (C)	Silisyum (Si)	Manganez (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)	
20(14) 25(17,5)	DDL- 15(15)	GG-15 (15)	3,5	2,4	0,55	0,45	0,12	167
30(21,1)	<b>DDL- 20(20)</b>	<b>GG-20 (20)</b>	<b>3,4</b>	<b>2,22</b>	<b>0,55</b>	<b>0,4</b>	<b>0,12</b>	<b>187</b>
35(24,6)	DDL- 25(25)	GG-25 (25)	3,25	1,85	0,85	0,2	0,1	208
40(28,2) 40(31,7)	DDL- 30(30)	GG-30 (30)	3,25	1,60	0,85	0,2	0,1	230
50(35,1)	DDL- 35(35)	GG-35 (35)	3,15	1,35	1,0	0,2	0,1	250

### 9.2.10. Gri Dökme Demirin Ergitilmesi

Gri dökme demirle dökülecek olan parçanın modele uygun olarak kalıbı yapılır. Dökme demir piki ve gerekirse hurdaları hazırlanarak ergitme yapılacak ocağa yüklenir. Ergitme yapılacak ocak çalıştırılır. Metal parçaları ergidikçe pik ve hurdalar ilave edilir. Metal sıvılaştıktan sonra ilave edilen pik ve hurdalar ön ısıtma yapılarak ilave edilmesi oldukça önemlidir. Aksi hâlde ıslak, paslı, yağlı malzemeler patlamaya yol açabilir. Ergitme tamamen gerçekleşince bir kepçe ile numune alınır. Laboratuvarda numunenin analizi yapılır. Analiz sonucuna göre istenen gri dökme demir normuna uygun ayarlamalar yapılır. Sıvı metal, istenen norma geldiğinde cürufu temizlenerek taşıma potalarına alınır. Taşıma potaları ile kalıplara dökülür.

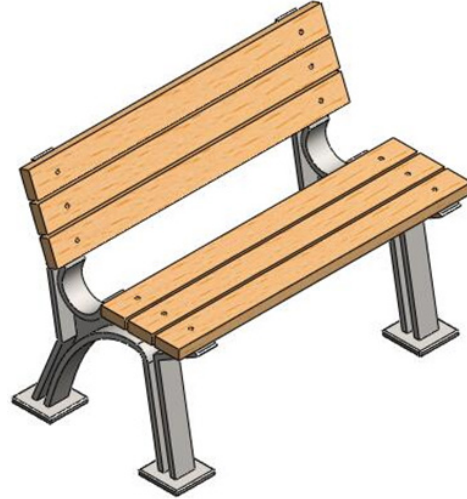


### BİLGİ KUTUSU

Evde, iş yerinde kısaca çevrede çeşitli amaçlar için birçok alet, makine kullanılır. Eskiyen alet ve makineler artık bir işe yaramadıkları için atılır. Bu atıklar hurdacılar tarafından toplanır. Toplanan bu hurdalar (Görsel 9.16) demir, bakır, alüminyum, çinko vb. şeklinde gruplandırılarak dökümcülere verilir. Dökümcüler bu hurdaları ergiterek yeni makine parçaları ve aletler üretir (Görsel 9.17).



Görsel 9.16: Demir hurda yığını



Görsel 9.17: Demir hurdadan yapılmış oturak



## GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR



### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

#### A) Aşağıdaki cümlelerde bırakılan boşluklara uygun ifadeleri yazınız.

1. Mikro yapısındaki grafit şekli rozete benzeyen ..... dökme demirdir.
2. Dökme demirin yapısındaki karbonun serbest haline..... denir.
3. Demir filizleri ..... fırında ham demire dönüştürülür.
4. Dökme demir kalıp kumuna katılan ..... maddesidir.
5. Gri dökme demire kesitler arası sertliği dengelemesi için ..... elementi katılır.
6. Sert ve kırılğan hale getirerek işlenmesini zorlaştırdığı için gri dökme demirde ..... istenmeyen elementtir.

#### B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

##### 1. Demir elementinin yoğunluğu aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1,74 kg/dm<sup>3</sup>
- B) 2,7 kg/dm<sup>3</sup>
- C) 7,8 kg/dm<sup>3</sup>
- D) 8,94 kg/dm<sup>3</sup>
- E) 19,3 kg/dm<sup>3</sup>

##### 2. Aşağıdakilerden hangisi bir demir filizi değildir?

- A) Manyetit
- B) Hematit
- C) Limonit
- D) Boraks
- E) Siderit

##### 3. Aşağıdakilerden hangisi demir alaşımlarının üstünlüklerinden biri değildir?

- A) Yeryüzünde en çok bulunan element olması
- B) Korozyona dayanıklı olması
- C) İşlenebilmesinin kolay olması
- D) Sert ve aşınmaya dirençli olması
- E) Yoğunluğunun düşük olması

##### 4. Dökme demirin ana yapısında aşağıdaki elementlerden hangisi bulunmaz?

- A) Silisyum
- B) Karbon
- C) Manganez
- D) Magnezyum
- E) Fosfor

5. Aşağıdakilerden hangisi dökme demir çeşitlerinden biri değildir?
- A) Ham
  - B) Gri
  - C) Beyaz
  - D) Temper
  - E) Küresel grafitli
6. Sıvı dökme demirin soğuma hızının yüksek olması aşağıdakilerden hangisine **neden olur?**
- A) Demirle karbonun demir karbür bileşiği yapması
  - B) Demirle fosforun demir fosfür yapması
  - C) Manganezle fosforun mangan sülfür yapması
  - D) Demirle karbonun ayrılması
  - E) Demirle kükürdün birleşmesi
7. Yapısında % 3,5 karbon bulunan dökme demirin katı halden sıvı hale geçtiği sıcaklık, demir-karbon diyagramına göre yaklaşık olarak aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 900-1000 °C
  - B) 1000-1100 °C
  - C) 1100-1200 °C
  - D) 1200-1300 °C
  - E) 1300-1400 °C
8. Gri dökme demirin kimyasal bileşiminde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?
- A) Gümüş
  - B) Demir
  - C) Karbon
  - D) Silisyum
  - E) Manganez
9. Aşağıdakilerden hangisi karbonun gri dökme demire etkilerinden biri değildir?
- A) Karbon oranı arttıkça ergime derecesinin düşmesi
  - B) Karbon oranı azaldıkça çekmenin artması
  - C) Karbon oranı arttıkça akıcılığının artması
  - D) Karbon oranı azaldıkça korozyona dayanımının artması
  - E) Karbonun grafitleşmesi fazla ise dayanımının düşmesi
10. Silisyumun gri dökme demire etkisi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Grafitleşmeyi artırması
  - B) Akıcılığı azaltması
  - C) Sert olmasını sağlaması
  - D) Demir karbürü kararlı yapması
  - E) Korozyona dayanımı artırması



2. Gri dökme demirden dökülmüş farklı kesitlerden oluşan bir parçaya, çatlama ve gerginlik olmaması için nasıl bir ısıl işlem yapılmalıdır?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Gri dökme demirden dökülen parçanın ince kesitli kısmının sert olmasının nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

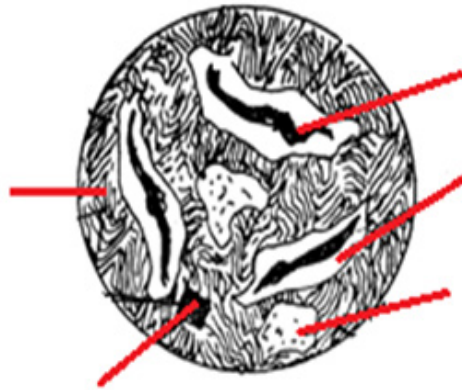
.....

.....

.....

.....

4. Aşağıda verilen görseldeki gri dökme demirin yapı bileşenlerini kırmızı çizgilerin yanına yazınız.







# 10. ÖĞRENME BİRİMİ

## KİMYASAL ANALİZLER



### KONULAR

- 10.1. SICAKLIK ÖLÇME  
(PİROMETRE)
- 10.2. METAL ANALİZİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Pirometrenin kullanma amacını
- Metal analiz cihazının genel özelliklerini





## HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Yoğurt yapılırken sütün sıcaklık değeri ne olmalıdır? Sütün yoğurt yapımı için gerekli sıcaklığı nasıl ölçülür? Araştırınız. Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

### 10.1 SICAKLIK ÖLÇME (PİROMETRE)

Döküm işlemi esnasında dökümü yapılacak metal, ısı verilerek ergitilir. Metal ergidikten sonra yeterli akıcılığa ulaşabilmesi için döküm sıcaklığını yakalamak gerekir. Her metalin farklı ergime derecesi vardır. Bu nedenle ergitilen metalin sıcaklığı doğru olarak ölçülmelidir. Örneğin alüminyumun ergime derecesi 658 °C'tır. Ancak döküm sıcaklığı yaklaşık 700 °C'tır. Döküm işleminin sorunsuz yapılabilmesi için alüminyumun bu döküm sıcaklığına ulaştıktan sonra kalıplara dökülmesi gerekir.

Metalin sıcaklığını ölçmede kullanılan cihaza **pirometre** denir. Pirometrelerin; daldırılmalı, optik ve ışınmalı olmak üzere üç çeşidi vardır.

#### 10.1.1. Daldırılmalı Pirometre (Isıl Çift)



Aynı cins olmayan iki iletken telin uçları, birbirine lehimlenmiş veya kaynak edilmiştir. Birleştirilmiş uçlar ısıtılırsa iki farklı bileşimdeki tel arasında elektriksel gerilim farkı doğar. Meydana gelen bu gerilim, serbest uçlar arısına bağlanan milivoltmetre ile ölçülür. Tellerin ucundaki ısı arttıkça milivoltmetrenin göstergesine sıcaklık değeri yansır. Böylece metalin sıcaklığı ölçülmüş olur. Görsel 10.1'de daldırılmalı pirometre görülmektedir.

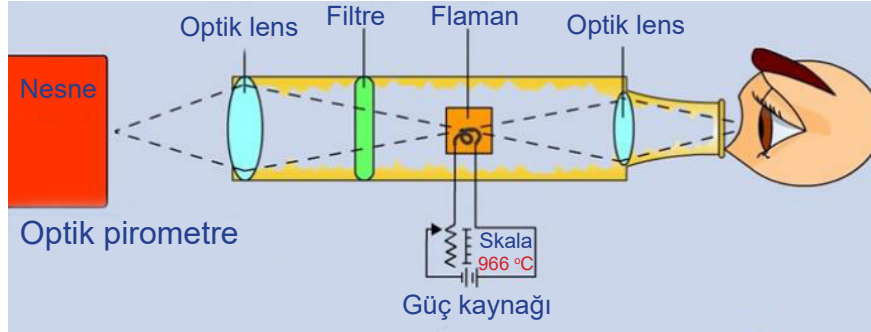
Görsel 10.1: Daldırılmalı pirometre



Görsel 10.2: Daldırılmalı pirometre uygulaması

### 10.1.2. Optik (Lambalı) Pirometre

Bu yöntemde pirometrenin ışığı ile sıvı metalin çıkardığı ışığın karşılaştırılması ile sıcaklık belirlenir. Kullanıcı, sıvı metalin rengi ile pirometrenin içindeki ışığı aynılaştırdığı zaman skalada metalin sıcaklığı okunur. Burada sıvı metal ile bir temas söz konusu değildir. Optik pirometre ile demir ve demir dışı metallerin sıcaklığı ölçülebilir (Görsel 10.3).

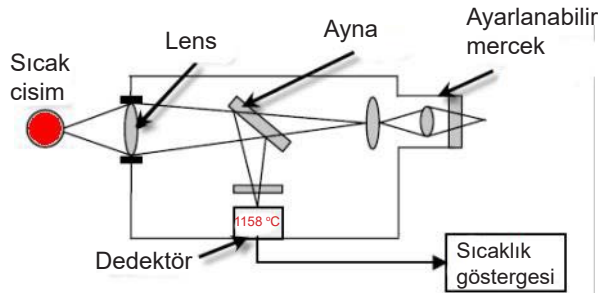


Görsel 10.3: Optik pirometre şeması

### 10.1.3. Işınmalı Pirometre

Bir madde üzerine ısı verildiğinde çevresine elektromanyetik enerji yayar. Düşük sıcaklıkta bu enerji yayımı (radyasyonu) hissedilir ancak gözle görülemez. Maddenin sıcaklığı yükseldikçe madde, gözle görülebilecek bir ışık şekline bürünür. Maddenin sıcaklığı arttıkça madde rengi kızıldan sarıya ve sonra beyaza dönen bir ışınım yayar. Maddenin yaydığı bu ışınımın ölçülmesi ile madde sıcaklığının belirlenmesi mümkündür.

Işınımlı pirometre, ergitilen sıvı metalin yaydığı ışınımı ölçerek sıcaklığı belirler. Bu yöntemde sıvı metale temas etmeden sıcaklık ölçümü yapılır. Sıcaklık ölçümü yapılacak metalin yüzeyi temiz olmalı ve üzerinde cüruf ya da yüzey örtücü vb. bulunmamalıdır. Işınmalı pirometre, demir ve demir dışı metallerin sıcaklıklarının ölçümünde kullanılabilir (Görsel 10.4).



Görsel 10.4: Işınmalı pirometre şeması

## 10.2. METAL ANALİZİ

Dökümü yapılacak parçaların istenen özelliklere sahip olması oldukça önemlidir. Parçada istenen özellikleri elde edebilmek için metal ve alaşımların kimyasal bileşimi iyi bilinmelidir.

Kimyasal bileşim analizi, günümüzde spektrometre cihazı ile bir dakika bile sürmeden yapılabilmektedir. Analiz yapılırken öncelikle kimyasal analizi yapılacak metale ait bir numune hazırlanır. Bu numune spektrometrede çeşitli işlemlere tabi tutularak metalin ya da alaşımın içindeki tüm elementlerin çeşidi ve oranı tespit edilir.



## 10.2.1. Metal Analizi İçin Numune Hazırlama

Metal analizi için hazırlanacak numune sonuçların sağlıklı olması açısından çok önemlidir. Numune, analizi yapılacak metalin özelliklerini taşımali ve homojen bir yapıya sahip olmalıdır. Numunenin yüzeyi temiz, oksitsiz ve gaz boşluksuz olmalıdır.

Numune alımında iki yöntem uygulanır. Birincisi, ergitilen sıvı metalden numune alma yöntemidir. Ergitme ocağından alınan sıvı metal, hazırlanan kokil kalıba dökülür. Kokil kalıpta katılaştıktan sonra numune taşlanıp (Görsel 10.5) zımparalanarak analize hazır hâle getirilir (Görsel 10.6).



Görsel 10.5: Numune taşlama



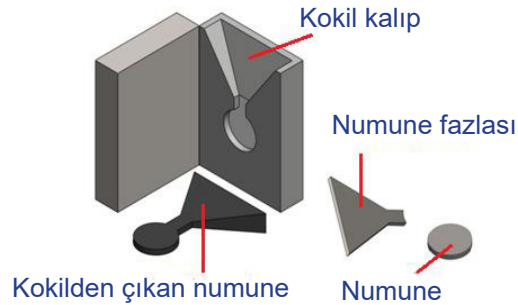
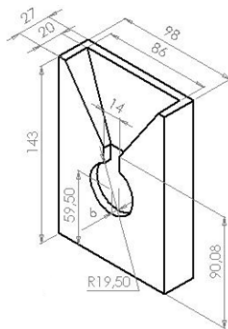
Görsel 10.6: Numune zımparalama

İkinci yöntemde ise numune, dökülen parçanın gidici veya çıkıcısından numune ölçülerine uygun kesme yapılarak elde edilir. Kesme sırasında numunenin yanmamasına dikkat edilmelidir. Kesilerek elde edilen numune taşlanıp zımparalanarak analize hazırlanır. Hazırlanan numune, oksitlenmemesi için hava almayacak bir kaptaki saklanmalıdır.

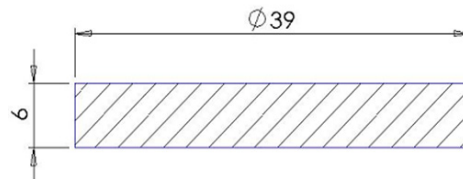
Analizi yapılacak metale bağlı olarak farklı numune alma yöntemleri geliştirilmiştir.

## Dökme Demir İçin Numune Hazırlama

Dökme demir için kokil kalıplar bakır veya düşük fosforlu gri dökme demirden yapılabilir (Görsel 10.7). Dökme demirden numune alınırken öncelikle kokil kalıp kapatılır. Daha sonra ergitme ocağında ergitilen sıvı metal, kalıba dökülür. Sıvı metal katılaştığında numune dışarı alınır. Numunenin fazlalık kısmı kesilir (Görsel 10.8), taşlanması ve zımparalanması yapılarak analiz için hazırlanır. Taşlama sırasında taşlanan yüzeyin yanmaması için soğutma yapılmalıdır. Soğutma yapılmazsa taşlanan yüzey yanabilir ve bunun sonucunda analiz yanıltıcı olabilir. Görsel 10.9'da numune ölçüsü görülmektedir.



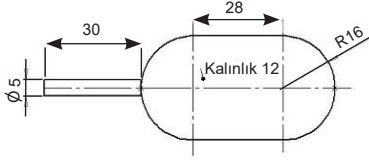
Görsel 10.7: Kokil kalıp ölçüleri Görsel 10.8: Kokil kalıp ve numune elde edilmesi



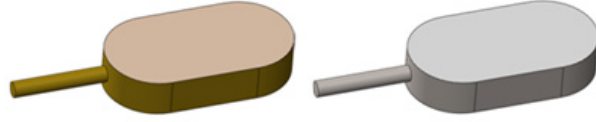
Görsel 10.9: Numune ölçüsü

### Çelik, Bakır için Numune Hazırlama

Çelik veya bakır alaşımı, ergitme yapıldıktan sonra kokil kalıba dökülerek numune elde edilir. Kokil kalıptan çıkarılan katı hâldeki numune taşlanıp, zımparalanarak analizde kullanılmaya hazır hâle getirilir. Görsel 10.10'da çelik ve bakır alaşımları için numune ölçüleri, Görsel 10.11'de ise bakır ve çelik numuneleri görülmektedir.

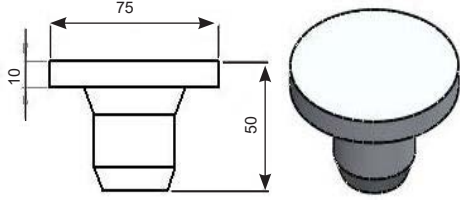


Görsel 10.10: Numune ölçüleri



Görsel 10.11: Bakır ve çelik numuneleri

### Alüminyum ve Çinko için Numune Hazırlama



Alüminyum veya çinko alaşımı, ergitildikten sonra kokil kalıba dökülür. Kokil kalıpta katılaştıran numune, taşlama ve zımparalama işlemleri sonucunda analiz için hazır olur. Görsel 10.12'de alüminyum ve çinko alaşımlarının numune ölçüleri görülmektedir.

Görsel 10.12: Numune ölçüleri

### 10.2.2. Spektrometre ile Analiz

Standartlara uygun olarak hazırlanan numunenin birkaç miligramı spektrometre cihazında yakılarak içindeki tüm elementler belirlenir. Bu işlem bir dakika dolmadan gerçekleşir. Analiz sonucu bilgisayar ekranına yansır ve yazıcıdan çıktı alınarak sonuçlar değerlendirilir.

Spektrometrenin **masa** ve **seyyar tipi** olmak üzere iki çeşidi vardır. Spektrometre teknolojisi günümüzde çok gelişmiştir. Artık daha küçük cihazlar ile hem metalin içindeki elementler belirlenebilmekte hem de bu belirlenen sonuca göre numunenin uluslararası normu tespit edilebilmektedir. Görsel 10.13'te masa tipi, Görsel 10.14'te seyyar tip spektrometre görülmektedir.



Görsel 10.13: Masa tipi spektrometre

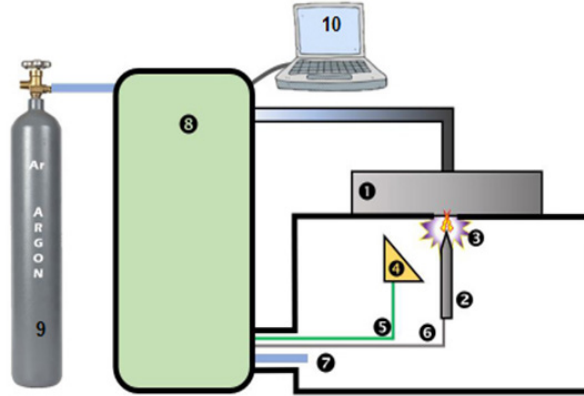


Görsel 10.14: Seyyar spektrometre



### 10.2.2.1. Analiz Prensipleri ve Kısımları

Bilgisayardan analizi yapılacak metale uygun program seçilir. Hazırlanan numune, spektrometrenin tablasının üzerine yerleştirilir. Numune üzerinde elektrik arki oluşturularak yakma işlemi yapılır. Yakma sonucunda elementler, atomlarına ayrılarak buharlaşır. Atomlarına ayrılan ve buharlaşan elementler, farklı şiddette ışınlar oluşturur. Oluşan bu ışınlar, optik sistemle dalga boylarına ayrılarak foto tüplerinde elektrik sinyallerine dönüşür. Foto tüplerde bu sinyallerin şiddeti ölçülür. Ölçülen sinyallerin şiddeti numunenin içindeki elementlerin miktarını verir. Görsel 10.15'te spektrometrenin kısımları görülmektedir.



- |                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| 1.Numune        | 6.Elektrik hattı                     |
| 2.Elektrot      | 7.Argon gazı çıkışı                  |
| 3.Elektrik arki | 8.Optik algılayıcılar,işlemciler vs. |
| 4.Kollektör     | 9.Argon tüpü                         |
| 5.Optik fiber   | 10.Bilgisayar                        |

Görsel 10.15: Spektrometrenin kısımları



### BİLGİ KUTUSU

Kullanılan argonun istenen saflıkta ve argon tüpünün giriş ve çıkış basıncının istenen değerde olması gerekir. Küçük bir sızıntı bile argonun saflığını bozar. Sızıntı olmamasına özellikle dikkat edilmelidir.



Görsel 10.16: Yakılmış numune

Elektrot ucu standartlara uygun olmalı ve bu ucun numune ile olan uzaklığı doğru ayarlanmalıdır. Daire yüzeyli numunelerde en uygun analiz bölgeleri, numunenin merkezine en yakın olan bölgelerdir (Görsel 10.16). Her numune en az iki noktadan hatta gerekirse üçüncü bir noktadan analiz edilmelidir. Her analiz sonrasında elektrot fırçası ile elektrot ucu temizlenmelidir. Numune yüzeyi hazırlandıktan sonra yüzeye kesinlikle el teması olmamalıdır. Numune tozdan, nemden vs. uzak tutulmalı ve analizi hemen yapılmalıdır.



Tablo 10.1’de dökme demire ait bir numunenin kimyasal analizi görülmektedir.

**Tablo 10.1: Dökme Demir Numunesinin Kimyasal Analizi (%)**

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
3,40	2.60	0,43	0,33	0,09	0,01	0,03	0,01
Cu	Ti	As	Sn	Co	Al	Pb	B
0,02	0,02	0,001	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003

### 10.2.3. Karbon – Silis Analiz Cihazı

Bu cihaz dökme demirde karbon, silisyum oranlarını ve karbon eşdeğerliliğini [CEL (carbon equivalent liquidus/ karbon ikuvilint likvidis)] belirlemek için kullanılır. Ayrıca bu cihaz, ergitilen sıvı metalin sıcaklığını da ölçebilir. Sıvı hâldeki dökme demirden bir miktar alınarak karbon-silis analiz cihazının numune maçasına dökülür. Kısa bir süre içinde dijital ekranda dökme demirin sıcaklığı, karbon eşdeğerlilik değeri, karbon ve silis oranları gösterilir. Görsel 10.17’de dökme demir alaşımları için kullanılan **karbon-silis analiz cihazı** görülmektedir.



**Görsel 10.17: Dökme demir için karbon-silis analiz cihazı**



### BİLGİ KUTUSU

Karbon eşdeğerlilik (CEL); dökme demirin kimyasal yapısında bulunan karbon, silisyum ve fosfor elementlerinin bir formülle ifadesidir. Bu elementlerin ortak yanı dökme demirde grafitleşmeyi artırmasıdır. Dökme demirdeki aşırı grafitleşme mekaniksel özellikler açısından istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle dökme demir içindeki karbon, silis ve fosfor oranlarının “ötektik nokta”nın altında olması gerekir. Dökme demirin CEL değeri; 4.3’ün altında ise ötektik altı, 4.3’ün üstünde ise ötektik üstü, 4.3 ise ötektik olarak nitelenir. Gri dökme demirin CEL değeri 4.3’ün üstünde olursa C tipi grafit oluşmasına neden olur ki bu pek istenmez. Görsel 10.17’deki 3.86’lık CEL değeri ötektik noktanın altında olduğundan dökme demir için kabul edilebilir bir değerdir.



## KİMYASAL ANALİZLER

Bu cihazların sadece çelik alaşımların karbon oranını ve sıvı metalin sıcaklığını belirleyen modeli de üretilmiştir. Görsel 10.18'de çelikteki karbon oranını gösteren cihaz görülmektedir.



**Görsel 10.18:** Çelik için karbon analiz cihazı

**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME**

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak cevaplarını bırakılan boşluklara yazınız.

**1. Ergitilen sıvı metalin sıcaklığı neden ölçülmelidir? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. Ergitilen sıvı metalin sıcaklığı ne ile ölçülür? Sıcaklık ölçme cihazının çeşitlerini yazınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3. Daldırmalı pirometrenin çalışma prensibini açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**4. Daldırmalı pirometre ile optik pirometre arasında sıcaklık ölçme yöntemi açısından ne fark vardır? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**5. Metal analizi için numune hazırlama sürecini açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**6. Spektrometrenin analiz sürecini açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Spektrometrede numune analizi yapılırken nelere dikkat edilmelidir? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**8. Karbon-silis analizi sonucunda ne tür verilere ulaşılır? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrarlayınız.**

## KAYNAKÇA

---

- Çelik, S., Doğmuş, H., Duran, A. D., Fidaner, S. ve Süzen, C. (1978). *Genel Dökümcülük Bilgisi (Cilt 1)*. Ankara: MEB Yayınları.
- Çelik, S., Doğmuş, H., Duran, A. D., Fidaner, S. ve Süzen, C. (1979). *Genel Dökümcülük Bilgisi (Cilt 2)*. Ankara: MEB Yayınları.
- Çelik, S., Doğmuş, H., Duran, A. D., Fidaner, S. ve Süzen, C. (1980). *Genel Dökümcülük Bilgisi (Cilt 2)*. Ankara: MEB Yayınları.
- Çelik, S., Duran, A. D. ve Süzen, C. (1976). *Döküm İş ve İşlem Yaprakları (Sınıf 2)*. Ankara: MEB Yayınları.
- Duran, A. D., Çelik, S., Süzen, C., Saran A., Özkalay M. ve Atalay Ö. (1979). *Döküm İş ve İşlem Yaprakları (Sınıf 1)*. Ankara: MEB Yayınları
- Duran, A. D. (1987). *Döküm İş Makineleri*. İstanbul: MEB Yayınları.
- Korçak, H. (2000). *Döküm Laboratuvarı*. Ankara: MEB Yayınları.
- MEGEP Modülleri, MEB Yayınları.
- Öztoker, Ü. (1997). *Döküm Aletleri ve Terminoloji*. İstanbul: MEB Yayınları.
- Özdemirel, N. (1981). *T.Demir ve Çelik İşletmeleri Döküm Fabrikaları*. Karabük.
- Tüfekçi, M. (1986). *Endüksiyon Ocakları İle Ergitme ve Gelişmeler*. İstanbul: SEGEM Notları.
- Yaylalı, G. (1991). *Endüksiyon Ocak Teknolojisindeki Gelişmeler*. İstanbul: ABB Seminer Notları.
- Çavuşoğlu, N. (1981). *Döküm Teknolojisi I, Döküm Yöntemleri-Dökme Demirler*. İstanbul: İTÜ Matbaası.
- Domres, H. G. (1991). *Endüksiyon Ocak Teknolojisindeki Gelişmeler ABB Seminer Notları*. İstanbul.
- Tülbentçi, K. Dökme Demirlerin Kaynağı Ders Notları. İstanbul, İTÜ.
- Topbaş, M. A. (1993). *Endüstri Malzemeleri(Cilt1)*. İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Topbaş, M. A. (1993). *Isıl İşlemler*. İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Çalın, R. (1993). *Savurma Dökümde Optimum Üretim Parametreleri Tespiti*. Ankara, Gazi Üniversitesi.
- Gerin, J. S. (1972). *Cast Metals Technology*. ABD, Reading: Addison-Wesley Yayınevi
- Söğüt, M. A. (1986). *Dökme Demirlerde Mikro Yapı ve Mekanik Özellikler*. Ankara, Küşget.
- Anayurt, M., Ferizoğlu, T., Öztürk, Ş. ve Erkeksoy, İ. (1994). *Demir Döküm Teknolojisi*. Ankara: Kosgeb Yayınları.
- Erdoğan, Y. (1988). *Dökme Demirler Metalografisi*. Ankara.

- Ersümer, A., Uzunova, T. (1985). *Demir Döküm*. İstanbul, İTÜ.
- Metalürji Alanı Çerçeve Öğretim Programı, 2020.
- Türkçe Sözlük

## GENEL AĞ KAYNAKÇASI

---

- <https://malzemebilimi.net/dokme-demir-nedir-nerelerde-kullanilir-ozellikleri-nedir.html> (Erişim tarihi:01.12.2020, Saat: 15.30)
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/517564> (Erişim tarihi: 15.11.2020, Saat 15.30)
- <https://www.kemet.co.uk/products/spectroscopy-sample-preparation> numune zımparalama (Erişim Tarihi: 20.12.2020, Saat 8.10)
- <file:///C:/Users/YA/Desktop/Kitap%20Yaz%C4%B1m%C4%B1/TermokupllarGenelBilgiler.pdf> (Erişim tarihi: 08.12.2020, Saat 23.00)
- <https://sozluk.gov.tr/>
- <https://www.eba.gov.tr/c?q=EBA8827>

## GÖRSEL KAYNAKÇASI

---



Kitabın görsel kaynakçasına karekod ile ulaşabilirsiniz.

Not: Kaynakça"APA 6.0 Yazım Kuralları ve Kaynakça Gösterme Biçimi"ne göre düzenlenmiştir.

## CEVAP ANAHTARI

### 1. ÖĞRENME BİRİMİ MAÇA YAPIMI CEVAP ANAHTARI

---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B	C	D	A	C	C	D	E	D	B	C

### 3. ÖĞRENME BİRİMİ CAM SULU MAÇA CEVAP ANAHTARI

---

1	2	3	4	5	6
B	C	E	D	C	D

### 4. ÖĞRENME BİRİMİ BEZİR YAĞLI MAÇA CEVAP ANAHTARI

---

1	2	3	4	5	6	7	8
B	C	D	E	D	B	A	A

### 5. ÖĞRENME BİRİMİ MAKİNEDE MAÇA YAPMA CEVAP ANAHTARI

---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	C	D	A	E	C	B	D	C	D

### 6. ÖĞRENME BİRİMİ MAÇALI KALIPLAR CEVAP ANAHTARI

---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	B	D	A	B	D	E	B	A



**7. ÖĞRENME BİRİMİ TAŞIMA POTALLARI  
CEVAP ANAHTARI**

---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	A	D	D	C	D	E	A	D	E

**8. ÖĞRENME BİRİMİ ENDÜKSİYON OCAĞI  
CEVAP ANAHTARI**

---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	C	A	A	D	B	D	C	C	B

**9. ÖĞRENME BİRİMİ GRİ (ESMER) DÖKME DEMİR  
CEVAP ANAHTARI**

---

A.

1	Temper
2	Grafit
3	Yüksek
4	Silis
5	Nikel
6	Kükürt

B.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C	D	E	D	A	A	D	A	D	A	A	A	E	C