T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

METALÜRJİ TEKNOLOJİSİ

BRONZ ALAŞIMLARI
521MMI275

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.

- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.

- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. BRONZ ALAŞIMLARI 3
1.1. Bronz Alaşımların Tanıtılması ve Özellikleri 3
1.2. Bronz Çeşitleri 4
1.2.1. Normal Bronz Alaşımları 4
1.2.2. Ergitme Kayıpları ve Normal Bronz Alaşım Hesapları 6
1.2.3. Normal Bronz Ergitilirken Dikkat Edilecek Noktalar 6
UYGULAMA FAALİYETİ 7
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 10
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 11
2. ÖZEL BRONZ ALAŞIMLARI 11
2.1. Kullanılmakta Olan En Yaygın Özel Bronz Çeşitleri 11
2.1.1. Çinkolu Bronzlar 11
2.1.2. Kurşunlu Bronzlar 12
2.1.3. Çinkolu ve Kurşunlu Bronzlar 12
2.1.4. Fosforlu Bronzlar 12
2.1.5. Silisyumlu Bronzlar 13
2.1.6. Manganezli Bronzlar 13
2.1.7. Nikelli Bronzlar 13
2.1.8. Alüminyum Bronzlar 13
2.2. Ergitme Kayıpları ve Özel Bronz Alaşım Hesapları 13
2.3. Özel Bronz Ergitilirken Dikkat Edilecek Noktalar 14
2.4. Bronz Alaşımlarının Normlarla Gösterilmesi 14
UYGULAMA FAALİYETİ 16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 19
MODÜL DEĞERLENDİRME 20
CEVAP ANAHTARLARI 21
KAYNAKÇA 22

AÇIKLAMALAR

KOD	**521MMI275**
ALAN	**Metalurji**
DAL/MESLEK	**Döküm**
MODÜLÜN ADI	**Bronz Alaşımları**
MODÜLÜN TANIMI	Bronz alaşımları ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Pirinç Alaşımları modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Bronz alaşımlarını ergitmek
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli atölye ortamı ile ergitim alet ve donanımları sağlandığında istenilen ölçüye ve tekniğine uygun bronz alaşımları hazırlayıp ergitebileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Normal bronz alaşımları hazırlayıp ergitebileceksiniz. **2.** Özel bronz alaşımları hazırlayıp ergitebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:**Döküm atölyesi **Donanım:**Ergitme ocağı, grafit pota, bakır, kalay, kurşun, çinko, fosfor, silisyum, manganez, nikel, alüminyum, berilyum, mazot, üstübü, bara, temiz, daldırma kevgiri, kıskaç, kavrama, kepçe, kuru kum, koruma ve temizleme flaksları, pirometre, çekiç, lengo, balyoz, tartı aleti
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Teknolojinin her gün ilerlemesine paralel, her türlü araç gereç ve makinelerin gelişmesi, kullanım ömürlerinin uzun olması, kullanacağı yere uygun özelliklere sahip alaşımların hazırlanmasıyla mümkün olmuştur.

Bronz alaşımının MÖ 5000 yıllarına kadar uzanan bir tarihe sahip olduğunu ve Tunç Çağ olarak isminin tarih sahnelerinde yerini aldığını biliyor muydunuz? Amerika yerlileri, Avrupalılar Amerika'ya ayak basmadan önce bronz alaşımını biliyor ve kullanıyorlardı. Anadolu ve mısır medeniyetlerinde de bronz alaşımları kullanıldığı kazı ve bulgularla kanıtlanmıştır. İnsanoğlu ağaç ve taştan daha dayanıklı olan bu alaşımı, demir alaşımından çok daha önce kullanmaya başlamıştır.

Günümüz teknolojisinin gelişmesine paralel olarak alaşım ergitiminde kullanılan ocaklarda da gelişmeler sağlanmıştır. Bu ocaklarda ergitme işlemi daha kısa zamanda yapılabilmekte, özellikle sıcaklık ve ocak atmosferi kontrolü sağlanabilmektedir. Ergitme ocaklarındaki bu gelişmeler diğer alaşımlarda olduğu gibi bronz alaşımlarında da kaliteyi artırmıştır. Çok çeşitli iş sektöründe kullanılan bronz alaşımlarının, ulusal ve uluslararası yapılan yarışmalarda dereceye giren yarışmacılara verilen bronz madalyanın hangi metallerden oluştuğunu ve nasıl hazırlandığını bu kitapçıkta bulabileceksiniz.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve becerilerle döküm teknolojisi alanında önemli bir yeri olan bronz alaşımlarını tanıyacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun normal bronz alaşımını hazırlayıp ergitebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Alaşım nedir? En az kaç elementten oluşur? Çevrenizde gördüğünüz ve kullandığınız alaşımlar nelerdir? Araştırınız.
- Alaşımların genel özelliklerini araştırınız.

1. BRONZ ALAŞIMLARI

1.1. Bronz Alaşımların Tanıtılması ve Özellikleri

Bakır ile kalayın yapmış olduğu ikili alaşıma "Bronz" (Tunç) adı verilir. Ergitme ocaklarında ve potalarda bakır önce ergitilir, daha sonra sıvı bakıra kalay ilave edilerek bronz hazırlanır. Ergitme sırasında silis, cam ve odun kömürü gibi koruyucu maddeler (flakslar) kullanılarak hava ve ocak ortamındaki istenmeyen gazlardan ergitilen metallerin etkilenmesi engellenir.

MÖ 8000 yılından beri bilinmekte ve kullanılmakta olan bakır, kolay işlenebilen, soğuk ve sıcak biçimlendirilmeye elverişli, kırmızı renkte, ısı ve elektiriği altın ve gümüşten sonra en iyi ileten, 8,94 kg/dm^3 özgül ağırlığa ve 1083 ^{0}C ergime sıcaklığına sahip bir metaldir.



Resim 1.1: Tel ve çubuk bakır

Kalay ise parlak gümüş renginde, havadan ve sudan etkilenmeyen, çok ince levha hâline getirilebilen, kolay işlenebilen, çubuk şeklinde olanları eğildiğinde kristal

sürtünmesinden dolayı çıtırtılı bir ses çıkaran, özgül ağırlığı 7,28 kg/dm^3 olan ve 232 ^{0}C'de ergiyen bir metaldir.



Resim 1.2: Kalay

Yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, dikkate değer bir krozyon dayanımı, deniz suyu ve kimyasallara dayanımı, renk ve görünüş güzelliği, tantanlık (ses verme özelliği) ve metallerle kaplanabilmesi bronzların en belirgin özellikleridendir.

1.2. Bronz Çeşitleri

1.2.1. Normal Bronz Alaşımları

Bakır ve kalayın değişik oranlarda karışımı ile oluşan alaşıma normal bronz ya da adi bronz adı verilir. Alaşıma giren kalay miktarına göre 900-1000 ^{0}C arasında ergir ve özgül ağırlığı 8,5 – 8,8 kg/dm^3 arasındadır. Bronz içerisindeki kalay miktarı % 25'i nadiren geçer. Bronzlar çeşitli özelliklere sahip olduklarından süs eşyaları, heykeller, iletken teller, çeşitli aygıt yapımında kullanıldıkları gibi endüstride de önemli bir yer tutar. Normal bronzlar da genel olarak yüksek ısı ve elektirik iletkenliği, iyi korozyon dayanımı, deniz suyuna ve çeşitli kimyasal etkilere dayanım, renk ve görünüş güzelliği, dikkate değer bir tantanlık ve kaplanabilme özelliklerine sahiptir (Resim 1.3, Resim 1.4, Resim 1.5).



Resim 1.3: Atatürk maskı



Resim 1.4: Duvar rölyefi



Resim 1.5: Yunus



Resim 1.6: Çin bronzu

Çekme dayanımı kalay oranı % 13'e kadar yükselir ve normal sıcaklıklarda biçimlendirilebilir. Çekme dayanımı % 18-20 oranından başlayarak % 30'a kadar hızla düşer. Sertlik kalay oranı % 25 oranına kadar devamlı yükselir. Uzaması ise % 20 kalay oranına kadar hızla azalır. Kalaylı bronzlar % 5'e kadar kırmızımtrak renktedir. % 13 dolayında altın sarısı, % 13-18 arasında açık sarı daha yüksek oranlarda ise beyaz renkte olur. Kalay oranı çok daha fazla olursa mavimtrak ve kurşuni rengi alır. (Resim 1.6)

- **En Çok Kullanılan Normal Bronz Alaşımları ve Özellikleri**

  - % 96 Cu-% 4 Sn: Çok yumuşak ve kırmızı renge sahiptir. Akıcılığı bakırda olduğu gibi iyi değildir. Bu sebepten dökümcülükte kullanılmaz. Pres ile madalya, madeni para ve süs eşyası şekillendirmesinde kullanılır.
  - % 90 Cu-% 10 Sn: Parlatma işlemi gereken döküm parçaların üretiminde kullanılır. Yüzeyi portakal sarısı, kesiti ise pembe rengindedir. Sürünme dayanımı çok düşüktür. Volan, boru, rondela, somun ve başlık takımları kullanım alanlarından bazılarıdır.
  - % 88 Cu-% 12 Sn: Çekme boşlukları diğer bronz alaşımlara göre daha azdır. Rengi saman sarısı kesiti kırmızımtraktır. Buhar ve sıvı basınca dayanım gerektiren parçaların (musluklar, kamlar ve sübaplar) üretiminde kullanılır.
  - % 86 Cu-% 14 Sn: Rengi açık sarı, kesiti sarımtrak gridir. Sürünme dayanımı yukarıda verilen alaşımlardan biraz daha iyidir. Hidrolik ve kompresörlerin bazı parçalarının üretiminde kullanılır.
  - % 84 Cu-% 16 Sn: Kesiti gri, yüzey rengi açık sarıdır. Sürünme dayanımı orta düzeydedir. Yatak, kulisler ve bazı kamların üretiminde kullanılır.
  - % 82 Cu-% 18 Sn: Kesiti gridir. Sürünme dayanımı iyidir. Buhar makinesi çekmeceleri, dingil yatakları ve büyük yük altında çalışan parçaların üretiminde kullanılır.
  - % 80 Cu-% 20 Sn: Bu bronz alaşımı sarımtrak beyaz renktedir. Sert ve sürünme dayanımı yüksektir. Buhar makinesi segmanlarının üretiminde kullanılır.
  - % 78 Cu-% 22 Sn: Çok serttir. Çan ve çıngırak yapımında kullanılır.
  - % 75 Cu-% 25 Sn: Çok sert ve kırılgan bir bronz alaşımıdır. İnce tanelidir. Gri renge sahip olup ses verme (tantanlık) özelliği iyi olduğu için çan yapımında kullanılır.

1.2.2. Ergitme Kayıpları ve Normal Bronz Alaşım Hesapları

Ergitme kayıpları (Yanma kayıpları da denmektedir.) ergitme ocakları ve alınan önlemlere göre değişmesine rağmen uzun çalışmalar ve deneyler sonucu bakır için % 0,5-1, kalay için ise % 1-2 olduğu kabul edilmiştir.

İstenilen miktarda normal bir bronz alaşımı hazırlanırken alaşıma giren elementlerin yüzde oranlarına göre nasıl hesaplandığını ve yanma kayıplarının nasıl bulunduğunu bir örnekle inceleyelim. % 80 Bakır (Cu) ve % 20 kalay (Sn) bileşiminde 50 kg bronz hazırlamak istiyoruz. Ergitme kayıpları bakır için % 0,5 ve kalay için %1 alınacaktır. Potaya girecek olan bakır ve kalay miktarını bulalım:

Bakır miktarı: 50 x 80 / 100 = 40 kg
Kalay miktarı: 50 x 20 / 100 = 10 kg
Ergitim kayıpları ile birlikte;
Bakır miktarı: 40 + (40 x 0,5 / 100) = 40,2 kg
Kalay miktarı: 10 + (10 x 1 / 100) = 10,1 kg

Buna göre % 80 bakır ve % 20 kalay bileşiminde 50 kg bronz alaşımı elde edebilmek için ergitme ocağı içerisindeki potaya başta 40,2 kg bakır koyup ergittikten sonra içerisine 10,1 kg kalay ilavesi yapılarak alaşım hazırlanmış olur.

1.2.3. Normal Bronz Ergitilirken Dikkat Edilecek Noktalar

Prensip olarak en güç ergiyen metal önce ergitilir. Diğerleri ergime derecelerine göre sıra ile ilave edilir. Şayet en güç ergiyen elementin ilave oranı çok düşük veya oksitleyici ise (saf olarak ancak özel ortamlarda muhafaza edilebilen elementler ise) ön alaşım şeklinde ilave edilebilir. Bazı durumlarda da ana metal ergitilir ve sıcaklığı yükseltilerek ergime sıcaklığı daha yüksek element ana metale ilave edilir. Her durumda elementlerin oksitlenmeleri, buharlaşmaları kısaca ergitme kayıpları çok iyi hesaplanır ve gerekli ilaveler yapılarak alaşım istenilen oranlarda hazırlanır.

İstenilen özellikte parçaların dökümü için alaşım elementleri, metal ergitime işlemlerine uyularak yapılması zorunludur. Bronz alaşımı hazırlanırken alaşımı oluşturan saf metallerden (elementler) hazırlanabileceği gibi ön alaşım şeklinde hazırlanmış bronz alaşımları da olabilir. Ergitme işleminde hurdalar da (yolluk, çıkıcı, bozuk işler gibi) kullanılabilir. Bileşimleri bilinmiyorsa analiz edilerek ve gerekli ilaveler yapılarak hurdalar ergitme işlemine hazırlanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Normal bronz alaşımını hazırlayıp ergitiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Hazırlamak istediğiniz bronz miktarını belirleyiniz. ➢ Alaşımı oluşturacak bakır ve kalay miktarını yanma kayıplarını da ilave ederek tartınız. ➢ Ocak takımları ve lengoyu hazırlayınız. ➢ Temizleme ve koruma falkslarını hazırlayınız. ➢ Grafit potaya uygun kavrama ve pota kolunu seçiniz. ➢ Kuru kumu ocak altlığına serperek ocak içerisine potayı yerleştiriniz. ➢ Hazırlanan bakırı pota içerisine uygun bir şekilde yerleştiriniz ve koruma flaksını üzerine koyunuz. ➢ Ocağı tekniğine uygun çalıştırınız ve ocak kapağını kapatınız. ➢ Lengo ve ocak takımlarını ısıtınız. ➢ Önceden belirlediğiniz miktardaki bakır tamamen ergiyince sıcaklığını pirometre ile kontrol ediniz. ➢ Önce yakıtı sonra havayı keserek ocağın çalışmasını durdurunuz. ➢ Önceden hesaplayarak belirlediğiniz miktardaki kalayı ergimiş bakır içerisine kısa sürede ilave ederek bara ile karışmasını sağlayınız. ➢ Ergimiş sıvı metal üzerindeki örtü malzemesini temizleyiniz. ➢ Düz bir yüzeye kuru kum ve üzerine pota kolunu koyunuz. ➢ Potayı ocak içerisinden kavrama yardımı ile çıkararak pota koluna alınız. ➢ Sıvı bronz alaşımını önceden ısıttığınız lengoya yavaş yavaş dökünüz ve ön alaşımınızı lengoda soğumaya bırakınız. ➢ Potanızı kuru kum üzerine yan yatırarak içerisini temizleyiniz.	➢ Ergitim sırasında mutlaka gözlük, eldiven ve deri önlük kullanmalısınız. ➢ Ergitilmiş sıvı metale kesinlikle soğuk ya da ıslak ocak takımlarını veya başka malzemeleri temas ettirmeyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
Önceden hazırlanmış bronz ön alaşımı ergitmek için: ➢ Ocak içerisindeki pota altlığı üzerine kuru kum serperek temizlemiş olduğunuz grafit potayı ocak içerisine koyunuz. ➢ Önceden hazırlanmış ön alaşımları küçük parçalar hâline getirerek pota içerisine koyunuz ve üzerini koruma flaksı ile kapatınız. ➢ Ocağı tekniğine uygun olarak çalıştırınız. ➢ Ergittiğiniz sıvı metalin sıcaklığını pirometre ile kontrol ediniz. ➢ Döküm sıcaklığına gelince ocağın çalışmasını durdurunuz. ➢ Temizleme flaksını ergittiğiniz bronz alaşımına ekleyiniz ve potanın dibine kadar inmesini sağlayınız. ➢ Cürufun yüzeye çıkması için yavaş yavaş ocak takımlarını kullanarak karıştırınız. ➢ Ergittiğiniz sıvı alaşımın yüzeyine toplanan cürufu temizleyiniz. ➢ Potayı çıkartarak pota koluna alınız. ➢ Önceden hazırladığınız kalıplara tekniğine uygun olarak dökünüz ve artan sıvı alaşımı lengoya dökünüz. ➢ Ergitme potasını temizleyerek ocak içerisinde soğumaya bırakınız. ➢ Kullandığınız ocak takımlarını, ocağı ve çevresini temizleyiniz.	➢ Ergitime sırasında mutlaka gözlük, eldiven ve deri önlük kullanmalısınız. ➢ Ergitilmiş sıvı metal içerisine kesinlikle soğuk ya da ıslak ocak takımlarını veya başka malzemeleri batırmayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. 50 kg bronz hazırlamak için bakır ve kalay miktarını yanma kayıplarını da dikkate alarak hesapladınız mı?		
3. Hesapladığınız miktarlardaki bakır ve kalayı tarttınız mı?		
4. Ocak takımları ve lengoyu hazırladınız mı?		
5. Pota ocağına grafit pota içerisine bakırı ve üzerine de koruma flaksını koyarak tekniğine uygun ocağı çalıştırdınız mı?		
6. Bakır ergiyince ocağı tekniğine uygun kapatıp kalayı kuralına göre ilave edebildiniz mi?		
7. Sıvı bronz alaşıma temizleme flaksını katarak yüzeyde toplanan cürufu alabildiniz mi?		
8. Ocak içerisinden potayla birlikte sıvı metali alarak hazırlanan kalıplara dökebildiniz mi?		
9. Kullandığınız alanı ve araçları temizlediniz mi?		
10. İş güvenliği kurallarına her aşamada uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Yalnızca bakır ile kalayın belirli oranlarda ergitilmesiyle elde edilen alaşım aşağıdakilerden hangisidir?

A) Normal bronz **B)** Özel bronz **C)** Normal pirinç **D)** Özel pirinç

2. Analizler sonucunda içerisinde kendisinden başka element yoksa o maddeye ne denir?

A) Alaşım **B)** Bileşim **C)** Karışım **D)** Saf metal

3. Bronz alaşımlarının ortak özelliklerinden olan çekmenin yani katılaşma sırasındaki hacim küçülmelerinin fazla olmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kalay elementinin çekmesinin fazla olması
B) Bakır elementinin çekmesinin fazla olması
C) Bakır elementinin çekmesinin az olması
D) Kalay elementinin çekmesinin az olması

4. Bronzlarda bakır oranı arttıkça döküm özelliklerinde nasıl bir etki görülür?

A) Bakır oranı arttıkça alaşımın yumuşaklığı artar, alaşımın akıcılığı azalır.
B) Bakır oranı arttıkça alaşımın yumuşaklığı azalır, alaşımın akıcılığı azalır.
C) Bakır oranı arttıkça alaşımın yumuşaklığı artar, alaşımın akıcılığı artar.
D) Bakır oranı arttıkça alaşımın yumuşaklığı azalır, alaşımın akıcılığı artar.

5. Bronzlarda kalay oranı arttıkça döküm özelliklerinde nasıl bir etki görülür?

A) Akıcılık ve sertlik azalır mekanik dayanım azalır, gaz emme riskini artırır.
B) Akıcılık ve sertlik artar mekanik dayanım azalır, gaz emme riskini artırır.
C) Akıcılık ve sertlik artar mekanik dayanım yükselir, gaz emme riskini azaltır.
D) Akıcılık ve sertlik azalır mekanik dayanım yükselir, gaz emme riskini azaltır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun özel bronz alaşımını hazırlayıp ergitebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Özel bronz alaşımlar en az kaç elementten oluşur?Çevrenizde gördüğünüz ve kullanılandığınız özel bronz alaşımlar nelerdir? Araştırınız.

2. ÖZEL BRONZ ALAŞIMLARI



Resim 2.1: Çeşitli özel bronz alaşım parçaları

Bakır ve kalaydan oluşan normal bronza başka elementlerin ilave edilmesiyle elde edilen bronzlara "özel bronzlar" denir. Normal bronzlara ilave edilen üçüncü elementin ismi ile anılır. Eğer dördüncü element de varsa 3 ve 4. elementin ismi birlikte söylenir: Kurşunlu bronzlar, alüminyum bronzları ya da çinkolu ve kurşunlu bronzlar gibi.

2.1. Kullanılmakta Olan En Yaygın Özel Bronz Çeşitleri

Özel bronz çeşitleri aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Çinkolu Bronzlar

Normal bronzlara çinko ilavesi yapılarak "Çinkolu Bronzlar" elde edilir. Çinko, bronzlarda oksit giderici olarak zaten kullanılmaktadır. Bu oran artırılırsa maliyetler düşürülerek çinkolu bronz alaşımı elde edilmiş olur (Resim 2.2).

% 88 Cu- % 10 Sn -% 2 Zn'den oluşan alaşım daha çok musluk üretiminde tercih edilirken, % 86,5 Cu-% 12 Sn-% 1,5 Zn alaşımı ise daha kaliteli musluk, basınç ve sürünmeye maruz kalan parçaların üretiminde kullanılır. % 78 Cu-% 4 Sn-% 18 Zn alaşımı da heykellerin maliyetini düşürmek için hazırlanır.



Resim 2.2: Çinkolu bronzdan yapılmış kartal

2.1.2. Kurşunlu Bronzlar

Normal bronzlara kurşun ilave edilerek elde edilir. Kurşun miktarı % 2–5 arasında ise işleme kolaylığı sağlar ve alaşıma sızdırmazlık özelliği kazandırır. % 6–30 arasında kurşun alaşıma yumuşaklık ve akıcılık verir. İşleme zorluğu çıkar, işleme aletlerine ve kesici aletlere sıvandığı görülür. Kurşunun yoğunluğu (özgül ağırlık) yüksek olduğu için (11,35 g/dm^3) karışması zordur ve karıştıktan sonra da alaşımdan ayrılma, pota dibine çökmeler görülür. Bu nedenle iyi karıştırılmalı, çabuk dökülmeli ve döküm parçanın çabuk soğuması sağlanmalıdır.

% 77 Cu - % 8 Sn - % 15 Pb veya % 80 Cu - % 10 Sn - % 10 Zn gibi değişik alaşımlar demiryollarındaki çeşitli parçaların yapımında kullanılır.

2.1.3. Çinkolu ve Kurşunlu Bronzlar

Bazı kurşunlu bronzlara çinko ilave edilerek hazırlanan alaşımlar benzin ve petrol sektörü için sızdırmaz musluk ve karbüratör parçaları üretiminde kullanılır. Alaşım oranı ise şöyledir:

% 88 Cu - % 5 Sn - % 5 Pb - % 5 Zn

2.1.4. Fosforlu Bronzlar

Oksitlenmeyi önlemek ve alaşımda oluşmuş oksidi gidermek için fosfor ilave edilir. Miktarı az olmakla birlikte etkisi büyüktür. % 0,1- 0,5 arasında bronz alaşımının doku sıkılığını artırarak sürünme ve deniz suyuna dayanım gibi özelliklerini iyileştirir. Fosfor alaşıma "fosforlu bakır" şeklinde katılır. Gemi pevaneleri, borular ve zor gören makine parçaları yapımında kullanılır.

% 87 Cu - % 13 Sn - % 0,3 P vida ve dişli çarklar için hazırlanan oranlardır.

2.1.5. Silisyumlu Bronzlar

Silisyum normal bronzlara oksit giderici olarak ilave edilir. Silisyum alaşıma % 10 "silisyumlu bakır" şeklinde ilave edilir. Silisyumlu bronzların çekme dayanımları ve mekanik özellikleri iyidir. Pompa gövdeleri, yatak, kimyasal etkilere (hidroklorik asit -demir klorür - sülfürük asit gibi) dayanım isteyen parçaların üretiminde tercih edilir.

2.1.6. Manganezli Bronzlar

Bakırın manganezle yaptığı alaşımlara ve normal bronzlara manganez katılarak elde edilen alaşıma "manganezli bronz" adı verilir. % 85 Cu - % 15 Sn - % 0,25 Mn elektrik direnç telleri yapımında kullanılır.

2.1.7. Nikelli Bronzlar

Nikel normal bronzlara alaşım elementi olarak girdiği gibi bakırla ayrı alaşımlar da yapmaktadır. Nikel, bakıra sertlik verir. Dokuyu inceltir. Mekanik özellikleri artırır. Soğuk haddelenmeyi kolaylaştırır. Alaşıma güzel renk verir. % 58 Cu - % 42 Ni alaşımı elektrik direnç yapımında, % 34 Cu - % 16 Sn - % 50 Ni oranlarında oluşan nikelli bronzlar ise oksitlenmez, değişikliğe uğramaz, hızlı buhar akımlarında korozyon dayanımı çok iyidir.

2.1.8. Alüminyum Bronzlar

Bakırın alüminyumla yaptığı alaşımlara "alüminyum bronzları" adı verilir. Bu alaşımın rengi Al oranına göre kırmızı ile sarı arasında değişir. Dövülmeye çok elverişlidir. Çok büyük gemi pervaneleri gibi büyük deniz araç parçaları yapımında tercih edilir.

% 90 Cu - % 10 Al deniz, lağım suyu ve asitlere karşı dayanıklıdır.

2.2. Ergitme Kayıpları ve Özel Bronz Alaşım Hesapları

Yatak ve musluk yapımında kullanılan % 88 Cu, % 10 Sn, % 2 Zn bileşiminden 50 kg çinkolu bronz alaşımı hazırlamak istiyoruz. Ergitme kayıpları Cu % 0,5, Sn % 1 ve Zn % 5 alınacaktır. Potaya girecek bakır, kalay ve çinko miktarları toplamını hesaplayınız.

Çözüm :
BAKIR: 50 X 88 / 100 = 44 kg
KALAY:0 X 10 / 100 = 5 kg
ÇİNKO: 50 X 2 / 100 = 1 kg

Kayıplarla birlikte:
BAKIR: 44 + (44 X 0,5 / 100) = 44,22 kg
KALAY:5 + (5X 1 / 100) = 5, 05 kg
ÇİNKO: 1 + (1 X 5 / 100) = 1, 05 kg
Toplam potaya girecek miktar = 50, 32 kg'dır.

2.3. Özel Bronz Ergitilirken Dikkat Edilecek Noktalar

Normal bronzlara, ergitme işlemi tamamlandıktan hemen sonra hangi çeşit özel bronz hazırlanacaksa o elementler hemen ilave edilerek karıştırılır ve döküm yapılır. Bazı elementlere ilave sırasında dikkat etmek gerekir. Kurşunun katım sırasında buharlaşmaması için alaşım sıcaklığının fazla yükseltilmemesi ve iyi karıştırılması gerekir. Fosfor gibi elementlerinde % 10–15'lik ön alaşım şeklinde ilave edilmesi ve dökümünün hemen yapılması gereklidir.

2.4. Bronz Alaşımlarının Normlarla Gösterilmesi

Aşağıda TSE standartlarına göre bazı bronz alaşım normları tablolar hâlinde verilmiştir.

BAKIR ÜRÜNLER	
TS EN 1982	Bakır ve Bakır Alaşımları-Külçeler (ingot) ve Dökümler
TS EN 12861	Bakır, Bakır Alaşımları- Hurdalar

BAKIR VE BAKIR ALAŞIMLARI	
TS 502	Döküm Yatak Metalleri (Bakır, Kurşun ve Kalay Alaşımlı Döküm Kaymalı Yatak Metalleri)
TS 559	Bakır-Nikel Alaşımlarının Sınıflandırılması
TS EN 1173	Bakır ve Bakır Alaşımları-Malzeme Şartları veya Temperin Kısa Gösterilişi
TS EN 1981	Bakır ve Bakır Alaşımları-Ön Alaşımlar
TS 4818	Bakır ve Bakır Alaşımları- Terimler ve Tarifler- Dökümler
TS 10027	Bakır ve Bakır Alaşımları- Silisyumlu Bronz Dökümler
TS 10318	Bakır Alaşımları-Dökme Kalay Bronzlar-Dişli İmalinde Kullanılan
TS 11020	Bakır ve Bakır Alaşımları- Dökme Manganlı Bronzlar

TS 502			Uzama Dayanımı kgf/m2 (N/mm2) min	Çekme Dayanımı kgf/m2 (N/mm2) min	Kopma Uzaması % min	Sertlik HB BSD10/100 min	Yoğunluk kg/dm3
D-CuPb5Sn 10	Cu84,0-0,0Pb4,0-6,0Sn9,0-11,0	Ni 1,5 Sb 0,35 Zn 1,0 Diğerleri 0,5 Fe 0,25 P 0,05'den çok olmamalı	13 (130)	24 (240)	15	70	8,7
D-CuPb10Sn 10 SD-Cu Pb 10 Sn 10 CD-Cu Pb 10 Sn 10	Cu 78,0-82,0 Pb 8,0-11,0 Sn 9,0-11,0	Ni 1,5 Sb 0,50 Zn 1,0 Diğerleri 0,5 Fe 0,25 P 0,05'den çok olmamalı	8 (80) 11 (110) 11 (110)	18 (180) 22 (220) 23 (230)	8 8 12	65 70 70	9,0
D-Cu Pb 15 Sn 8 SD-Cu Pb 15 Sn 8 CD-Cu Pb 15 Sn 8	Cu75,079,0 Pb13,0-7,0 Sn7,0-9,0	Ni 2,0 Sb 0,50 Zn 3,0 Diğerleri 0,5 Fe 0,25 P 0,05'den çok olmamalı	9 (90) 11 (110) 11 (110)	18 (180) 22 (220) 22 (220)	8 7 8	60 65 65	9,1
D-Cu Pb 20 Sn5	Cu 69,0-76,0 Pb18,0-3,0 Sn3,5-5,5	Ni 2,0 Sb 0,50 Zn 3,0 Diğerleri 0,5 Fe 0,25 P 0,05'den çok olmamalı	9 (90)	16 (160)	6	50	9,3
D-Cu Pb 22 Sn 3	Cu 70,0-80,0 Pb 18,0-26,0 Sn 0,5-3,0	Ni 2,0 Diğerleri 1,2 Fe 0,7 P 0,03 Sb 0,20 ve Zn 0,5'den çok olmamalı	--	--	--	30	9,5

UYGULAMA FAALİYETİ

Özel bronz alaşımını hazırlayıp ergitiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Hazırlamak istediğiniz özel bronz miktarını belirleyiniz. ➢ Alaşımı oluşturacak bakır, kalay ve kurşun miktarını yanma kayıplarını da ilave ederek tartınız. ➢ Ocak takımları ve lengoyu hazırlayınız. ➢ Temizleme ve koruma flakslarını hazırlayınız. ➢ Grafit potaya uygun kavrama ve pota kolunu seçiniz. ➢ Kuru kumu ocak altlığına serperek ocak içerisine potayı yerleştiriniz. ➢ Hazırlanan bakırı pota içerisine uygun bir şekilde yerleştiriniz ve koruma flaksını üzerine koyunuz. ➢ Ocağı tekniğine uygun çalıştırınız ve ocak kapağını kapatınız. ➢ Lengo ve ocak takımlarını ısıtınız. ➢ Önceden belirlediğiniz miktardaki bakır tamamen ergiyince sıcaklığını pirometre ile kontrol ediniz. ➢ Önce yakıtı sonra havayı keserek ocağın çalışmasını durdurunuz. ➢ Önceden hesaplayarak belirlediğiniz miktardaki kalayı ergimiş bakır içerisine kısa sürede ilave ederek bara ile karışmasını sağlayınız. ➢ Ergimiş sıvı metal üzerindeki örtü malzemesini temizleyiniz. ➢ Düz bir yüzeye kuru kum ve üzerine pota kolunu koyunuz. ➢ Potayı ocak içerisinden kavrama yardımı ile çıkararak pota koluna alınız. ➢ Önceden tartığınız kurşunu ergimiş alaşımın içerisine çabucak karıştırınız. ➢ Sıvı hâldeki kurşunlu bronz alaşımını önceden ısıttığınız lengoya yavaş yavaş dökünüz ve ön alaşımınızı lengoda soğumaya bırakınız. ➢ Potanızı kuru kum üzerine yan yatırarak içerisini temizleyiniz.	➢ Ergitim sırasında mutlaka gözlük, eldiven ve deri önlük kullanmalısınız. ➢ Ergitilmiş sıvı metal içerisine kesinlikle soğuk ya da ıslak ocak takımlarını veya başka malzemeleri batırmayınız. ➢ Kurşunlu bronz alaşımını hazırlarken kurşunun dibe çökerek ayrışmasını önlemek için iyi karışmasını ve çabuk dökülmesini sağlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
Önceden hazırlanmış kurşunlu bronz ön alaşımını ergitmek için: ➢ Ocak içerisindeki pota altlığı üzerine kuru kum serperek temizlemiş olduğunuz grafit potayı ocak içerisine koyunuz ➢ Önceden hazırlanmış ön alaşımları küçük parçalar hâline getirerek pota içerisine koyunuz ve üzerini koruma flaksı ile kapatınız. ➢ Ocağı tekniğine uygun olarak çalıştırınız. ➢ Ergitiğiniz sıvı alaşımın sıcaklığını pirometre ile kontrol ediniz. ➢ Döküm sıcaklığına gelince ocağın çalışmasını durdurunuz. ➢ Temizleme flaksını ergittiğiniz kurşunlu bronz alşımına atarak potanın dibine kadar inmesini sağlayınız. ➢ Cürufun yüzeye çıkması için yavaş yavaş ocak takımlarını kullanarak karıştırınız. ➢ Ergittiğiniz sıvı alaşımın yüzeyine toplanan cürufu temizleyiniz. ➢ Potayı ocaktan çıkartarak pota koluna alınız. ➢ Önceden hazırladığınız kalıplara tekniğine uygun olarak dökünüz ve artan sıvı alaşımı lengoya dökünüz. ➢ Ergitme potasını temizleyerek ocak içerisinde kendi hâlinde soğumaya bırakınız. ➢ Kullandığınız ocak takımlarını, ocağı ve çevresini temizleyiniz.	➢ Ergitim sırasında mutlaka gözlük, eldiven ve deri önlük kullanmalısınınız. ➢ Ergitilmiş sıvı metal içerisine kesinlikle soğuk ya da ıslak ocak takımlarını veya başka malzemeleri batırmayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Pota ocağında 100 kg kurşunlu bronz alaşımını hazırlayınız.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünü giydiniz mi?		
2. 100 kg'lık bronz hazırlamak için bakır, kalay ve kurşun miktarını yanma kayıplarını da ilave ederek hesapladınız mı?		
3. Hesapladığınız miktarlardaki bakır, kalay ve kurşunu tarttınız mı?		
4. Ocak takımları ve lengoyu hazırladınız mı?		
5. Pota ocağına, grafit pota ve içerisine bakırı koruma flaksını da koyarak tekniğine uygun çalıştırabildiniz mi?		
6. Bakır ergiyince kalayı kuralına göre ilave edebildiniz mi?		
7. Ocağı tekniğine uygun kapatıp sıvı metale temizleme flaksını katarak yüzeyde toplanan cürufu alabildiniz mi?		
8. Ocak içerisinden potayla birlikte sıvı alaşımı alarak dökümden önce kurşunu karıştırabildiniz mi?		
9. Kullandığınız alanı ve araçları temizlediniz mi?		
10. İş güvenliği kurallarına her aşamada uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. % 88 Cu - % 10 Sn - % 2 Zn alaşımın hangi isimle bilinir?
A) Bakırlı bronz
B) Kalaylı bronz
C) Çinkolu ronz
D) Normal bronz

2. Özel bronzlarda alaşıma giren dört element varsa bakır ve kalay dışındaki iki elementin ismiyle söylenmesinin amacı nedir?
A) Özel bronzlarda bakır ve kalay dışındaki elementlerin alaşımdaki oranının fazla olması
B) Özel bronzlarda bakır ve kalay dışındaki elementlerin alaşımdaki oranının az olması
C) Alaşıma giren bakır ve kalay dışındaki her bir element ismiyle anılan alaşım olması
D) Alaşıma giren bakır ve kalay dışındaki her bir element ismiyle anılan alaşım olmaması

3. % 80 Cu - % 10 Sn - % 10 Pb bileşimindeki Amerikan demiryolu ismiyle bilinen alaşımdan 100 kg hazırlanmak isteniyor. Alaşımda ergitme kayıplarının olmadığı varsayılırsa alaşıma girecek olan Cu, Sn ve Pb miktarları seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
A) 80 kg Cu, 10 kg Sn ve 10 kg Pb
B) 10 kg Cu, 80 kg Sn ve 80 kg Pb
C) 10 kg Cu, 10 kg Sn ve 10 kg Pb
D) 160 kg Cu, 20 kg Sn ve 20 kg Pb

4. % 85 Cu - % 5 Sn - % 5 Pb - % 5 Zn bileşimindeki kurşunlu ve çinkolu özel bronz alaşımından 200 kg ergitme kayıpları olmadığı varsayılarak hazırlanmak isteniyor. Potaya girecek olan Cu, Sn, Pb ve Zn miktarları ne kadardır?
A) 85 kg Cu - 5 kg Sn - 5 kg Pb - 5 kg Zn
B) 170 kg Cu - 10 kg Sn - 10 kg Pb - 10 kg Zn
C) 255 kg Cu - 15 kg Sn - 15 kg Pb - 15 kg Zn
D) 340 kg Cu - 20 kg Sn - 20 kg Pb - 20 kg Zn

5. Bronz alaşımları hazırlanırken yanma (ergime) kayıplarının hesaplanarak ilave edilmesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
A) Ergitim sırasında alaşıma giren elementlerin sıvı hâle geçerken hacimsel küçülmeleri
B) Ergitim sırasında alaşıma giren elementlerin sıvı hâle geçerken hacimsel büyümeleri
C) Ergitim sırasında alaşıma giren elementlerin ergitim yapılan potanın şeklini alması
D) Ergitim sırasında alaşıma giren elementlerin oksitlenmesi ve buharlaşması

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışmalara başlamadan önce iş önlüğünüzü, baretinizi, gözlüklerinizi ve eldivenlerinizi giydiniz mi?		
2. Bronz alaşım çeşidini ve miktarını belirlediniz mi?		
3. Belirlediğiniz bronz alaşımına girecek olan element miktar hesaplarını yaparak tarttınız mı?		
4. Ergitme ocak ve takımlarını hazırladınız mı?		
5. Pota içerisine bakırı ve üzerine koruma flaksını koydunuz mu?		
6. Bakır tamamen ergiyince pirometre ile sıcaklığını ölçerek ocağın çalışmasını tekniğine uygun olarak kapatabildiniz mi?		
7. Pota yüzeyindeki koruma flaksını temizleyerek daha önceden tarttığınız kalayı ergimiş bakır içerisine katabildiniz mi?		
8. Sıvı alaşım içerisindeki oksit ve yabancı maddeleri temizleme flaksı ile temizleyebildiniz mi?		
9. Eğer hazırlanan özel bronz alaşımı ise alaşıma girecek olan elementleri katarak lengo ya da kalıplara döküm yapabildiniz mi?		
10. Kullanılan ocak, ocak takımları ve diğer malzemelerin temizliğini ve bakımını yaparak yerlerine kaldırabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**A**
2	**D**
3	**B**
4	**A**
5	**C**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**C**
3	**A**
4	**B**
5	**D**

KAYNAKÇA

- BAYDUR Galip, **Malzeme**, MEB Yayınları, Ankara, 1970.
- DURAN Ali Duray, **Döküm İş Makineleri**, MEB Yayınları, İstanbul, 1987.
- DURAN Ali Duray, Süleyman ÇELİK, Cumhur SÜZEN, **Dökümcülük İş ve İşlem Yaprakları Sınıf 3**, MEB Yayınları, İstanbul, 1992.
- FİDANER Sabri, Süleyman ÇELİK, Halil DOĞMUŞ, Cumhur SÜZEN, Ali Duray DURAN, **Genel Dökümcülük Bilgisi Cilt 3**, MEB Yayınları, Ankara, 1979.