T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

METALURJİ ALANI

ENDÜKSİYON OCAĞI
521MMI268

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 iii
GİRİŞ 2
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 4
1. ENDÜKSİYON OCAĞININ ASTARINI YAPMA 4
1.1. Elektrik Ocakları 4
1.1.1. Tanıtımı 4
1.1.2. Yararları 5
1.1.3. Bölümleri 5
1.2. Endüksiyon Ocakları 8
1.2.1. Tanıtımı 8
1.2.2. Prensibi ve Çeşitleri 9
1.2.3. Güç Sistemleri 10
1.2.4. Soğutma Sistemleri 11
1.2.5. Ocak Potası 12
1.2.6. Astar Çeşitleri 12
1.2.7. Şablonun Hazırlanması 14
1.2.8. Endüksiyon Ocağı Astarını Yapma Uygulamaları 14
UYGULAMA FAALİYETİ 16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 21
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 23
2. ENDÜKSİYON OCAĞI KONTROLÜ 23
2.1. Endüksiyon Ocağını Çalıştırmadan Kontrollerini Yapma 23
2.2. Endüksiyon Ocağında Olabilecek Hatalar ve Çözümleri 24
2.2.1. Ocak Ortasında Cüruf Birikimi 24
2.2.2. Soğutma Esnasında Astarlarda Çatlak Oluşumu 24
2.2.3. Ocaklardaki Refrakter Aşınımı 25
2.2.4. Karbon Yedirme 26
2.2.5. Astarın Tabakalanması veya Kabuklanması 27
2.3. Endüksiyon Ocağında Alınabilecek Güvenlik Önlemleri 28
UYGULAMA FAALİYETİ 30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 31
ÖĞRENME FAALİYETİ–3 33
3. ENDÜKSİYON OCAĞINI ÇALIŞTIRMA 33
UYGULAMA FAALİYETİ 35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 37
ÖĞRENME FAALİYETİ–4 38
4. ENDÜKSİYON OCAĞININ SİNTERLENMESİ 38
4.1. Sinterlemenin Tanımı 38
4.2. Endüksiyon Ocağını Sinterleme 38
4.3. Endüksiyon Ocağı İle İlgili Çizimler 40
4.3.1. Endüksiyon Ocağının Pota Kısmının Yapım Resmi 40
4.3.2. Endüksiyon Ocağı Astar Sıkıştırma Aparatlarının Yapım Resmi 41
4.3.3. Endüksiyon Ocağı Pota Şablonunun Yapım Resmi 42
4.3.4. Endüksiyon Ocağı Soğutma Suyu Ünitesinin Yapım Resmi 43

4.3.5. Endüksiyon Ocağı Konvektör Ve Ocak Arasındaki Bağlantılarının Yapım Resmi .. 44
UYGULAMA FAALİYETİ 46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 48
MODÜL DEĞERLENDİRME 49
CEVAP ANAHTARLARI 50
KAYNAKÇA 51

AÇIKLAMALAR

KOD	**521MMI268**
ALAN	**Metalurji**
DAL/MESLEK	**Dökümcülük**
MODÜLÜN ADI	**Endüksiyon Ocağı**
MODÜLÜN TANIMI	Endüksiyon ocağının astarlanması, çalıştırılması ve sinterlenmesi uygulamalarını kapsayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Endüksiyon ocağını hazırlamak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam sağlandığında istenilen ölçüye ve tekniğe uygun endüksiyon ocağını metal ergitmeye hazırlayabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Tekniğe uygun endüksiyon ocağının astarını yapabileceksiniz. **2.** Tekniğe uygun endüksiyon ocağını çalıştırmadan kontrollerini yapabileceksiniz. **3.** Tekniğe uygun endüksiyon ocağını çalıştırabileceksiniz. **4.** Tekniğe uygun endüksiyon ocağını sinterleyebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Atölye **Donanım:** Endüksiyon ocağı, şablon, astar malzeme, sıkıştırma demirleri, topraklama iletkeni, çekiç, izalosyon malzemesi (mikanit), cam suyu, boru, kontrol kalemi, tornavida, pense, metal, ergitmede kullanılan araçlar, termokupl, temiz vb.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her bir faaliyetin sonunda yer alan ölçme araçları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Modül sonunda kazandığınız bilgi, beceri ve tavırlar öğretmeninizin hazırladığı ölçme araçlarıyla değerlendirilecektir.

GIRIŞ

Sevgili Öğrenci,

İnsanlığın en eski bilim dalı olan metalurji, özellikle sanayi devriminden sonra gelişim göstermiş ve önemini artırmıştır. Metalurji biliminin en yaygın kolu olan döküm endüstrisi teknolojik gelişmeyle birlikte her geçen gün kendini yenilemekte, daha verimli, daha kaliteli ve ekonomik çözümler üretmektedir.

Endüksiyon ocakları, mükemmeli arayışın sonucunda ortaya çıkmış ve döküm sanayinin vazgeçilmez ve temel yatırımı olmuştur. Elektroniğin gelişmeyle birlikte kendini yenileyip son derece kolay kullanım özelliği kazanmıştır. Endüksiyon ocakları çevreyi kirletmeyen, fazla işçiliğe ihtiyaç duyulmayan, kontrolü kolay ve istenilen metal kalitesinin kolaylıkla elde edilebileceği bir ocaktır. Bu sebeple diğer ergitme ocaklarına göre en çok tercih edilen ocak konumuna gelmiştir.

Bu modülde endüksiyon ocaklarının genel çalışma ilkeleri, ocağın kullanılması, metal ergitimi, astarlanması, meydana gelebilecek problemler ve önlemleri anlatılmaktadır.

Bu modülü iyi bir şekilde kavramanız ve endüksiyon ocağının kullanımını öğrenmeniz sizin meslekte ileri gitmenizi ve iyi bir teknik eleman olmanızı sağlayacaktır.

ÖĞRENME FAALIYETI-1

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağının astarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Piyasadaki döküm sanayisinde endüksiyon ocağının astarının nasıl yapıldığını, kullanılan astar gereçlerini araştırınız ve bu araştırmanızı bir rapor haline getiriniz.

1. ENDÜKSİYON OCAĞININ ASTARINI YAPMA

1.1. Elektrik Ocakları

1.1.1. Tanıtımı

Elektrik enerjisinin döküm ocaklarında kullanılması 19. yüzyılın sonlarında başlamış ve devamlı gelişmiştir. Günümüzde, değişik alanlarda kullanılan çok çeşitli elektrik ocakları yapılmaktadır. Çeliklerin ve özel dökme demirlerin hazırlanmasında ve çeşitli alaşımların dökümünde kullanılırlar. Doğrudan doğruya soğuk metali ergittikleri gibi sıvı metalin sıcaklığını arttırmak için ikili (dubleks) çalışma da yaparlar. Başka ocaklarda, örneğin kupol ocağında ergitilen dökme demir, elektrik ocağına aktarılır. Burada sıcaklık ve bileşim kontrol edilir.

1.1.2. Yararları

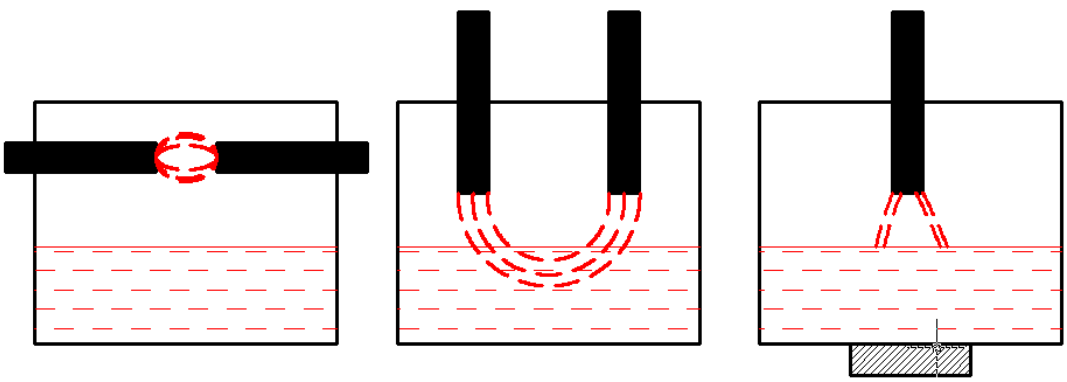
Elektrik ocaklarının yararları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yüksek sıcaklıklar elde edilebilir (3000–3500˚C),
- Sıcaklıklar ayarlanabilir ve istenen sıcaklıklarda tutulabilir,
- Çalıştırılmaları ve yönetimleri kolaydır,
- Her çeşit metal ve alaşımlar için değişik kapasitede elektrik ocakları yapılabilmektedir.
- Arıtma ve katım işlemlerinin uygunluğu ile istenen bileşimde alaşım elde edilmesi kolaydır,
- Yakacak ve gazlar bulunmadığı için bileşim bozulması ve kayıplar çok azdır,
- Kül, duman ve baca gazlarından oluşan kirlilikler bulunmamaktadır,
- Kötü özellikteki gereçlerden iyi özellikte çelikler ve dökme demirler elde edilebilmektedir.

1.1.3. Bölümleri

1.1.3.1. Ark Ocakları

Aralarında belli aralık bulunan iki iletken ucun birinden diğerine elektrik akımı geçerken bir ark (çakım) meydana gelir. Bu sırada parlak bir ışık çıkar ve bir ses duyulur. Bu ark sonucu yüksek ısı meydana gelir. Bu ısıdan yararlanılarak yapılan ocaklara ELEKTRİK ARK OCAKLARI denir. Arkın meydana getirilmesinde elektrotlar kullanılır. Elektrotlar amorf (şekilsiz) karbon veya grafitten özel yöntemlerle üretilir. Elektrotların ölçüleri kullanıldıkları yere göre belirlenir.



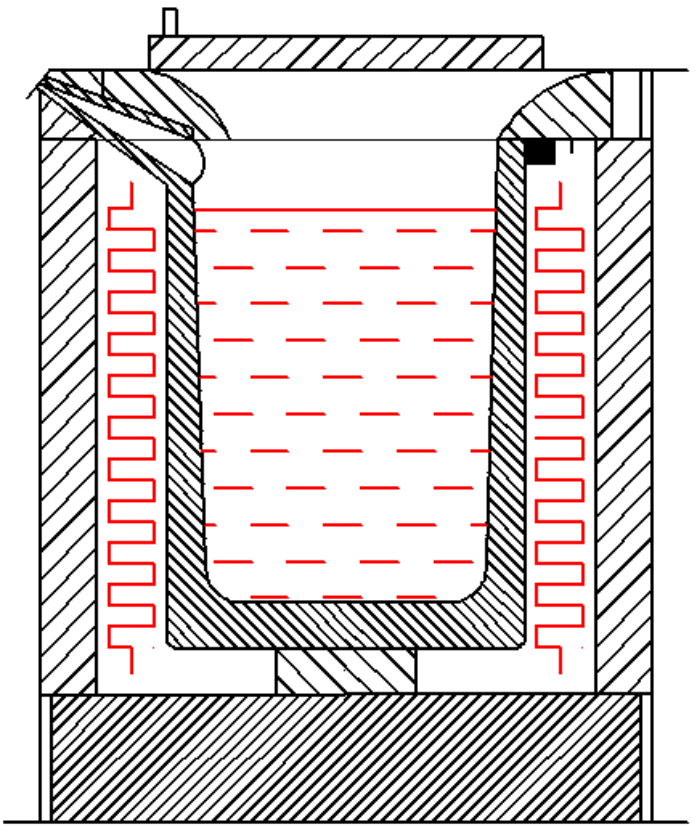
Şekil 1.1: Ark ocakları çalışma prensibi

1.1.3.2. Direnç Ocakları

Bir iletken, üzerinden geçen elektrik akımına direnç gösterir. Bu direncin etkisiyle ısı meydana gelir. Direnç ve buna bağlı olarak oluşan ısı, iletkenin cinsine göre değişir. Direnç, iletkenin boyu uzadıkça artar, kesiti büyüdükçe azalır. İletkende oluşan ısı, iletkenin cinsiyle beraber, akımın şiddetinin karesi ve etki süresiyle doğru orantılıdır.

Bu şekilde oluşan ısıdan yararlanılan ocaklara direnç ocakları denir. Direnç ocakları genellikle düşük sıcaklıklarda ergiyen alaşımlarda kullanılır. Demir alaşımlarında kullanılmaları sınırlıdır. Bunlar, metal dirençli ve grafit dirençli ocaklar şeklinde gruplanabilir.

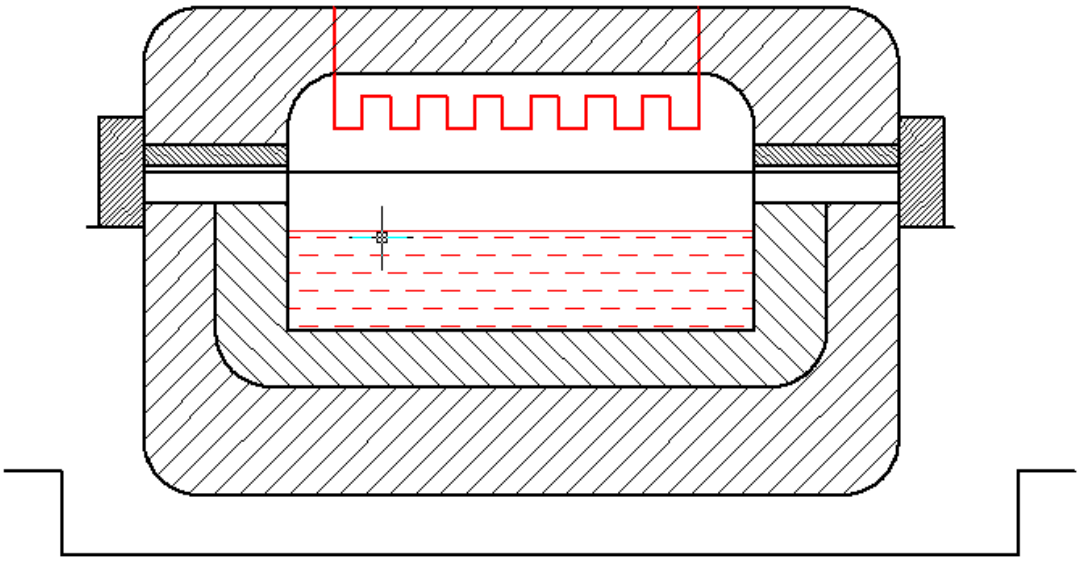
Bir potanın etrafına sarılan direnç tellerinde meydana gelen ısı, potadaki metali ergitebilir.



Şekil 1.2: Pota etrafında direnç telli pota ocağı

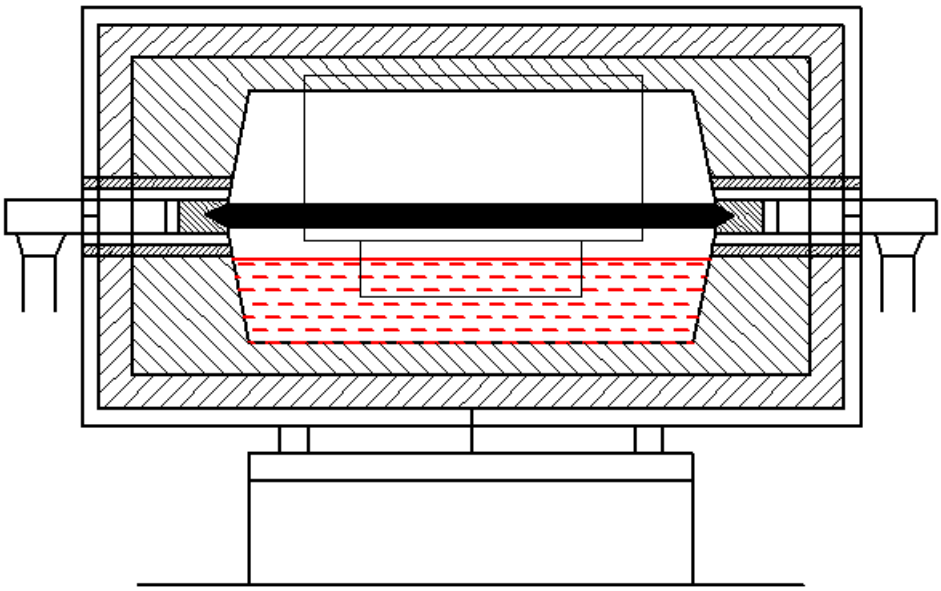
Metal dirençler 1100 °C'den daha yüksek sıcaklıklar için kullanılmaz. Kullanılan direnç tellerinin ısıya dayanıklı ve oksitlenmez olması zorunludur. Çoğunlukla krom ve demir karıştırılmış nikel teller kullanılır. Bunlar spiral ve kafes şeklinde ısıya dayanıklı astar

içine yerleştirilerek konulabilir. Şekil 1.3'te tavan kısmına direnç telleri yerleştirilmiş bir direnç ocağı görülmektedir.



Şekil 1.3: Tavan kısmından direnç teli yerleştirilmiş direnç ocağı

Grafit çubuklu bir direnç ocağı Şekil 1.4'te görülmektedir. Bu ocaklarda 2000 °C'ye kadar sıcaklık elde edilebilmektedir. Ocağın dış kısmı silindirik sacdır. Ekseni etrafında dönecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 1.4: Grafit çubuklu bir direnç ocağı

1.2. Endüksiyon Ocakları

1.2.1. Tanıtımı

Elektrikle çalışan ocakların en önemlisi endüksiyon ocaklarıdır. Son yıllarda metalurji sanayisinde kaliteli çelik imali için diğer ocakların yerini almıştır. Bu ocakların kullanılmasıyla çelik maliyetleri düşmüş, sıcaklık ve bileşim kontrolü sağlanmıştır. Elektrodinamik banyo çalkalanmasından dolayı homojen yayılımı çelik niteliklerini de yükseltmiştir. Çelik ergitme uygulamasından birkaç yıl sonra demir dışı metallerin ergitilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Volfram-kobalt ve nikel-krom çeliklerinin endüksiyon ocaklarında kolayca ergitilebilmesi ve krom, nikel, molibden, vanadyum gibi elementlerin çeliğin özellikleri üzerine etkilerinin tespitinden sonra bu ocağın önemi daha da artmıştır.

Endüksiyon ocaklarının temiz, göreceli olarak sessiz ergitme ünitelerine sahip olmaları da endüksiyon ocaklarına eğilimi artırmış ve sayısal açıdan diğer tüm ocakların üzerine çıkarmıştır.



Resim 1.1: Endüksiyon ocağı görünümü

1.2.2. Prensibi ve Çeşitleri

Bir iletken, içinden alternatif akım geçtiğinde civarında alternatif manyetik alan oluşturur. Aynı şekilde iletken bir malzeme alternatif manyetik alanın içine girdiğinde üzerinde bir akım akışı oluşur. Bu akım, dıştaki mevcut manyetik alanı yok edici yönde bir zıt manyetik alan oluşturur. Dışarıdaki manyetik alan malzemenin içine ilerlerken bu zıt manyetik alanı yok edici yönde bir zıt manyetik alan oluşturur. Dışarıdaki manyetik alan malzemenin içine ilerlerken bu zıt manyetik alandan dolayı zayıflar. Bu nedenle akımın büyük kısmı yüzeye yakın oluşur. Zıt manyetik alanın şiddeti frekansın bir fonksiyonudur. Frekans arttıkça yüzeyde oluşan akım, zıt manyetik alan oluşturmakta daha etkili olur.

Pota ve sabit haznenin etrafında bulunan endüksiyon bobini ve ocağın içerisindeki metal, endüksiyon ocağının ergitme için gerekli en temel donanımını oluşturmaktadır. Pota dışındaki endüksiyon bobininden geçirilen alternatif akım, sürekli yön değiştiren elektromanyetik değişken alanlar meydana getirir. Malzeme içerisinde oluşan bu endüktiv elektrik alanları ise malzemenin öz direnci vasıtası ile ısı enerjisine dönüşür.

1.2.2.1. Nüveli (Kanallı Ocak)

Nüveli veya daha çok kullanılan diğer bir deyimle kanallı endüksiyon ocakları son yıllarda kullanımı artmıştır. Nüveli ocak endüktörleri demirin ergitilmesinde % 95 elektriksel verimlilikte çalışabilmekte olup bu değer nüvesiz ocaklardan %20 kadar daha yüksektir. Kanallı ocaklar, aynı büyüklükteki nüvesiz bir ocağa nazaran, ihtiva ettiği beher ton sıvı metal başına ısısal kayıpları daha alt düzeyde tutan bir yapıya sahiptir. Bu iki avantaj, ocakta sıvı metal bırakmak gereğine rağmen, belirli uygulamalar için kanallı ocakların seçimine neden olmaktadır.

Kanallı endüksiyon ocakları yıllardır bakır ve alüminyum alaşımları endüstrisinde standart bir teçhizat olarak kullanılmaktadır. Bu tip ocakların dökme demir dökümhanelerinde tercih edilmeleri son yıllarda olmuştur. Bugün ise kullanımı hızla artmaktadır.



Resim 1.2: Endüksiyon ocağı

1.2.2.2. Nüvesiz (Potalı)

Nüvesiz ocaklar çok geniş kullanım alanına sahip olmaları nedeniyle popülerliğini korumaktadır. Çok çeşitli alaşımların hazırlanabilmesine uygun olmalarından işletme esnekliği sağlamaktadırlar. Hem demir bazlı, hem de demir dışı metal ve alaşımların ergitilmesine uygun olup ihtiyaca göre günde yalnızca birkaç ergitme ve seri imalat için devamlı ergitmeye elverişli yapıdadırlar.

Nüvesiz (potalı) ocakların 3 ana tipi mevcuttur:

1. Şebeke frekanslı ocaklar
2. Orta frekanslı ocaklar
3. Yüksek frekanslı ocaklar

1.2.3. Güç Sistemleri

- **Konvektör**

Konvektör, metallerin endüksiyonla ısıtılması veya ergitilmesi için gerekli olan enerjinin, gerilim ve frekans değeri olarak şebeke değerlerinden farklı değerlere dönüştürüldüğü bir elektrik sistemidir. Yapısında redresör, şok bobini, invertör, güç kondansatantörleri, aşırı gerilim koruma devreleri, rc snubber devreleri ve kontrol devreleri vardır.

- **Redresör**

Girişteki üç fazlı gerilimin doğrultulduğu, çekilen güce göre gerilimin kontrol edildiği kısımdır.

- **Şok Bobini**

Konvektör bünyesinde su soğutmalı bir şok bobini vardır. Şok bobini sayesinde yüke verilen akım filtre edilir. Devreden geçebilecek kısa devre akımlarının çok yüksek değerlere çıkmasını, sonuçta sistemde meydana gelebilecek arıza akımlarının büyük hasara yol açmasını engeller. Sistemin güvenli sınırlar içerisinde çalışmasını sağlar.

- **İnvertör**

Ocağa aktarılan alternatif akım invertörde üretilir. Girişteki doğru gerilim, hızlı tristörler yardımıyla orta frekanslı alternatif akıma dönüşür.

- **Güç kondansatörleri**

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

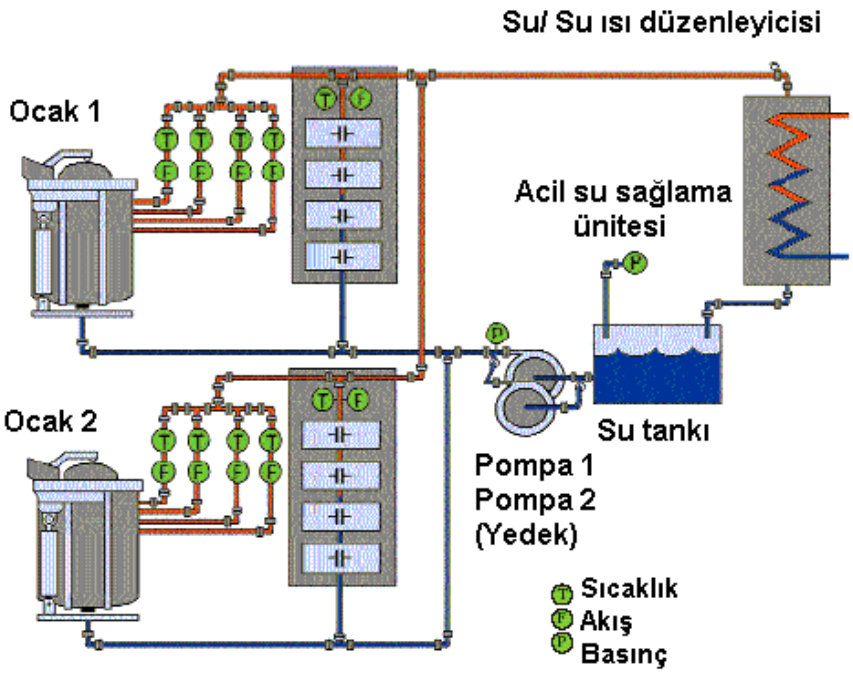
1.2.4. Soğutma Sistemleri

Ocak bobini, elektriksel kayıplardan meydana gelen ısıdan ve ergimiş banyonun konveksiyonla ısıtılmasından korumak için meydana gelen ısıyı dağıtmak üzere genellikle bir kapalı soğutma suyu devresiyle soğutulur. İç sistemdeki su çok soğuk olmamalıdır. 20 °C' nin üzerindeki azami su çıkış sıcaklığı ise 70 °C olarak tavsiye edilir.

Birçok sistemde devir-daim suyu soğutma hızını azaltacak tıkanıklığı önlemek için özel işlemlerden geçirilir. Genellikle su, kireç ve soda ile yumuşatılır ve daha sonra çökeltilerin ayıklanması için süzülür. Suyun pH'ı yaklaşık 8 seviyesinde tutulur, yani hafifçe asidiktir. Çoğu durumlarda kapalı devre soğutma suyu şebekesinde korozyonu önlemek için kodanse su kullanılmalıdır.

Soğutma-suyu şebekesindeki bir basınç anahtarı ilavesiyle sistemdeki su devir daimi olmadıkça ocak çalıştırılamaz. Pompalama sisteminin daima yedeklenmesinin yanı sıra her ikisinin arızalanması durumunda yüksekteki bir tanktan ağırlığıyla devredebilen yedek su sistemi mevcuttur. Su kullanıldıktan sonra ya atılır ya da kapalı devrelerde soğutularak tekrar sistemde dolaştırılır. Genellikle soğutma, ısınmış suyun havaya karşı serbestçe yüksekten düşürülmesiyle soğutulur. Kapalı devrelerde ise soğutma işlemi klimalar kullanılarak yapılır. Açık sistemlerde yüzde 5 ile 10 civarında olan kayıp kapalı sistemlerde yalnız yüzde 1' dir.

Endüksiyon ocaklarının kapalı devredeki soğutma-suyu dolaşım miktarı ocak tipine, astarına, büyüklüğüne ve çalışılan güce göre değişmektedir. 5 tonluk 1400 kw güçle çalışan bir hat-frekanslı ocakta saatteki su dolaşım miktarı yaklaşık 10 m^3 kadardır.



Şekil 1.5: İkili endüksiyon ocağı su soğutma sistemi

1.2.5. Ocak Potası

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



Şekil 1.6: Endüksiyon ocağı kesiti

1.2.6. Astar Çeşitleri

1.2.6.1. Bazik Astar

Endüksiyon ocakları için en fazla kullanılan bazik astar malzemesi magnezyum oksit (MgO)'tir ve çoğunlukla magnezit olarak bilinir. Bazik bir magnezit astar normal olarak periklas ve kil, krom oksit, silika, demir oksit ve kalsiyum oksit ile MgO' ın bileşimlerinden meydana gelir. Bağlayıcıların ilavesi daha sağlam sinterlemeyi sağlar.

Magnezit astarın en büyük dezavantajı banyodan metal kapmasıdır. Bir çelik ergitildiği zaman banyodan çatlaklara girer ve diğer ergitimde bir kısmı banyoya geçerek o ergitmenin yapısını bozabilir.

Bazik magnezit astarlar, esas itibariyle yüksek sıcaklığa ve daha koroziv cüruflara maruz kalacak çelik endüstrisinde kullanılmaktadır. Bunların demir dökümhanelerde

kullanılmaları sınırlanmıştır. Demir dökümhanelerin çalışma sıcaklığında silikanın, gerçekte fazla bir genleşme veya çekmesi yoktur.

1.2.6.2. Asidik Astar

Silika (SiO_2) esaslı refrakter malzemeler, dökme demir dökümhanelerinde kullanılan çekirdeksiz endüksiyon ocaklarında hemen hemen değişmez bir astar malzemesidir. Buna neden olarak ucuzluğu ve amaca uygunluğu gösterilebilir.

En fazla kullanılan asit astar malzemesi ise tabii olarak bulunan kuartzittir. İsveç yatakları daha fazla saf ve homojen yapıdadır. Bu yatakların kuartzitlerinin parçaları keskin ve köşelidirler ve astarlamadaki sıkıştırmada yüksek yoğunluk sağlarlar.

Silika, MgO gibi yüksek demir oksit ihtiva eden cüruflara karşı dayanıklı değildir. Silika astarın en büyük avantajı fiyatı olup bazik astara nazaran hemen hemen yarı fiyattadır. Diğer bir avantajı da ergitme esnasında astar banyo içindeki elementlerle kirletilemez ve dolayısıyla çok değişik bileşimdeki ergitmeler arasında astarın temizlenmesi için başka bir yıkayıcı ergitmeye gerek kalmaz.

1.2.6.3. Nötr Astar

Nötr astar için kromit ($FeO\text{-}Cr_2O_3$) kullanılmaktadır; fakat kromit banyo tarafından redüklenerek banyonun krom kaplamasına ve aşırı aşınmasına sebep olur.

Zirkon ($ZrO_2\text{-}SiO_2$) nötr astarda yeterli bir bağ sağlamak çok zordur ve dolayısıyla astarın kullanılmasında farklılıklar mevcuttur.

Alümina astarlar ise fazla yüksek sıcaklık şartları altında çekirdeksiz endüksiyon ocaklarında ara sıra kullanılmaktadır. Kanallı endüksiyon ocaklarının endüktör kanallarında daha fazla kullanılma sahası bulmaktadır.

Korundum nötr olarak kabullenebilir ve çelik ergitme ocaklarında 1700 °C civarında veya daha yukarı sıcaklıklar için kullanılır.

FeO bakımından zengin cüruflara karşı nötr astarlar magnezit astarlar kadar dayanıklı değildirler.

Yukarıda verilen astar çeşitlerinin seçiminde;

Demir dökümü için en uygun astar malzemesi asit astar yani kuvarsit (SiO_2),

Çelik veya kaliteli çeliklerde bazik (MgO) ve nötr ($Al_2O_3Mg\ O$) astar malzemelerinin kullanılması uygundur. Dikkat etmemiz gereken en önemli nokta, seçilen astar malzemesinin ergitilen metale uygun özelliklerde olmasıdır. Ayrıca astar üreticilerinin vereceği bilgilerde göz önünde bulundurulmalıdır.

Aşağıdaki tablo 1.1'de değişik metaller için kullanılabilecek astar malzemeleri verilmiştir.

DÖKÜM TÜRÜ	SiO_2	Al_2O_3	$Al_2O_3.MgO$	$Al_2O_3.SiO_2$	MgO	$MgO.Al_2O_3$
Demir Döküm	✓					
Çelik Döküm	✓					
Çelik ve Yüksek Nitelikli Çelik			✓		✓	✓
Demir Alaşımları			✓		✓	✓
Nikel ve Alaşımları	✓		✓			✓
Bakır ve Alaşımları	✓			✓		
Alüminyum ve Alaşımları		✓		✓		

Tablo 1.1: Astar malzemeleri

1.2.7. Şablonun Hazırlanması

Şablon demir sacdan, ocağa uygun ölçülerde yapılır. Şablonun ölçüsü ocağa göre değiştiğinden, verilen ölçülere göre şablon hazırlanır.

Sinterleme sırasında astar malzemesinde bulunan nemin dışarıya çıkabilmesini sağlamak amacıyla şablon üzerinde 5-8 cm aralıklarla, 3-4 mm çapında delikler delinir.

Not: Şablon ölçüleri ocağın verimi ve astar ömrü açısından optimum değerlerde seçildiğinden verilen ölçülere bağlı kalınması gereklidir.

Ocak kullanım kılavuzunda önerilen şablon ölçüleri dışına çıkıldığında ocağın verimi azalacağı gibi ocakta deformasyonlar meydana gelebilir.

1.2.8. Endüksiyon Ocağı Astarını Yapma Uygulamaları

- **Astarın sıkıştırılması**

Astarı sıkıştırmaya başlamadan önce astar malzemesinin sıkıştırılması için kullanılacak aparatlar temin edilir (sıkıştırma aparatları, vibratör vb.). Eğer astar elle sıkıştırılacak ise sıkıştırma işlemi yorucu ve güç gerektiren bir işlem olduğundan bu işlem ocağın büyüklüğüne göre en az iki veya üç kişi tarafından yapılmalıdır.

- **Astar tabanının sıkıştırılması**

Daha önce hazırladığınız astar malzemesi temizlenen ocak potasının içerisine dökülür. Yaklaşık 100 mm kalınlıkta bir katman oluşacak şekilde tabanın her yerine eşit miktarda yayılır. Daha sonra ocağı sıkıştıracak kişiler bir daire oluşturacak şekilde ocağın etrafında dizilirler. Her biri ellerindeki sıkıştırma aletleriyle astar malzemesini sıkıştırır. Belirli bir süre sonra yer değiştirip aynı işleme devam ederler. Daha sonra sıkıştırılan katmanın üzerine yine bir miktar daha astar malzemesi dökerek sıkıştırma işlemine devam edilir. Bu işlem taban astar kalınlığı, yaklaşık olarak 30 mm 'yi aşana kadar devam edilir.

- **Yan duvarların sıkıştırılması**

Önce alttaki anten uçlarını tabanda daha önce sıkıştırdığınız astarın üzerinde şablonla temas edecek şekilde bükün. Şablon ile antenlerin temas etmesine dikkat edin. Şablonu izolasyon malzemesine zarar vermeyecek şekilde merkezi olarak yerleştirin. Merkezlenme işlemi için üçgen biçiminde kesilmiş ahşap takozlardan faydalanılabilir (Şablonun kenarlarının ocağın ön astarından eşit uzaklıkta olmasına özen gösterilmelidir.).



Resim 1.3:Endüksiyon ocağı astarlanması

Şablonun çevresi boyunca 60 mm kalınlığında bir katman elde edecek şekilde, şablonla izolasyon malzemesi arasına astar malzemesi dökülür. Astarın yan duvarlarının sıkıştırılması için kullanılacak aletler dar alanda çalışmaya uygun kalınlıkta olmalıdır. Tabanın sıkıştırılmasında olduğu gibi sıkıştırma işlemi yapılır. Her katman yaklaşık olarak 15 dakika sıkıştırılır. Astar yüksekliği şablonun en üst seviyesinin yaklaşık olarak 40 mm altına gelince sıkıştırma işlemi sona erdirilir.

Astarın ve şablonun üzerinde kalan kısım için astar malzemesi ve cam suyundan hazırlanan bir karışım kullanılır. Karışımın mümkün olduğu kadar kuru olması gerekmektedir. Bunu anlamak için aldığımız bir miktar kum avuç içinde sıkılır daha sonra avucunuzu açtığınızda yapışmayıp dağılabiliyorsa kullanıma uygun halde demektir. Sıvama işlemine başlamadan önce bir miktar cam suyu, şablon ile ön astar arasında kalan astar üzerinde dolaştırılarak damlatılır. Daha sonra astarın üst kısmı bu karışımla sıvanarak merkezi, şablon merkezi olacak şekilde bir koniklik verilir. Ayrıca ocağın dökme ağzı da bu karışımla sıvanır. Sıvama işlemi bittikten sonra şablonun sıvalı bölgelerine ince bir demir çubuk ile (şişleme) belirli aralıklarla delikler delinir; böylece astarın içinde kalan nemin üst kısımdan da çıkması sağlanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağının astarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Endüksiyon ocağının ölçülerine uygun şablon hazırlayınız.  ➢ Sıkıştırma demirlerini hazırlayınız. ➢ Ergiteceğimiz metalin cinsine göre ocak astarı hazırlayınız. ➢ Ocağın içini temizleyiniz.  ➢ Ocağın tabanındaki antene topraklama iletkeni bağlayınız. ➢ İzalosyon malzemesini (mikanit) ocak yan yüzeylerine sabitleyiniz. ➢ Hazırlanan astar malzemesini ocağa dökerek belirli bir kalınlıkta katman oluşacak şekilde her yerine eşit miktarda yayınız.	➢ Şablon hazırlarken ocağın ölçülerini doğru alınız. ➢ Astar yaparken kendi sağlığınız için toz maskesi ve eldiven mutlaka takınız.  ➢ Sıkıştırma demirlerini ocağın büyüklüğüne göre hazırlayınız. ➢ Astar hazırlarken karışımın homojen olmasına özen gösterin. ➢ Ocağın içini dikkatlice temizleyin. Kuvvetli darbelerden kaçının. ➢ Astar malzemesi içerisine kesinlikle yabancı madde veya cisim atmayınız ve karışmasına izin vermeyiniz. ➢ Sıkıştırma sırasında her tarafın eşit şekilde sıkıştırılması astarın ömrünü uzatacaktır. ➢ Astarın her tarafı aynı kalınlıkta olmalıdır. Bazı bölgeler ince kalırsa ocak astarı ince bölgelerden delinecektir. ➢ Şablonun merkezlenmesine özen gösterin. İyi bir merkezleme astarın eşit kalınlıkta olmasını sağlar.



- Astarı dövecek kişiler,bir daire oluşturacak şekilde ocağın etrafına diziliniz.
- Ellerinizdeki aletlerle astar malzemesini sıkıştırınız.



- Belirli bir süre sonra yer değiştirerek işleme devam ediniz.
- Taban astarı kalınlığı yeterli seviyeye ulaşıncaya kadar sıkıştırmaya devam ediniz (bu süre yaklaşık iki saattir).



- Şablonu ocak içerisine koyunuz ve merkezleyiniz (anten iletkeni ile şablonun temas

- Sıkıştırma esnasında şablonun yer değiştirmesine izin vermeyiniz.
- Hava kanalı astarın neminin atılmasını ve kurumasını sağlayacaktır.

etmesi sağlayınız).  ➢ Şablonun çevresini astar malzemesi ile yavaş yavaş iyice sıkıştırınız.  ➢ Astar yüksekliği şablonun en üst seviyesinin 40 mm altına gelince sıkıştırma işlemini sona erdiriniz.  ➢ Astar malzemesi ile cam suyundan oluşan bir karışım hazırlayınız (karışımın mümkün olduğu kadar kuru olması gerekir).	



- Bir miktar cam suyunu sıkıştırılan astar üzerinde dolaştırarak damlatınız.
- Astarın üst kısmını hazırlanan cam sulu karışımla sıkıştırınız ve merkezi şablon merkezi, olacak şekilde bir koniklik veriniz.
- Aynı karışımla boru kullanarak ocakta metal alma oluğu oluşturunuz.



- Astar malzemeyi perdahladıktan sonra, belli aralıklarla hava kanalı açınız.

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. Endüksiyon ocağının ölçülerine uygun şablon hazırladınız mı?		
2. Sıkıştırma demirlerini hazırladınız mı?		
3. Ergiteceğiniz metalin cinsine göre ocak astarı hazırladınız mı?		
4. Ocağın tabanındaki antene topraklama iletkeni bağladınız mı?		
5. Hazırlanan astar malzemesini ocağa dökerek belirli bir kalınlıkta katman oluşacak şekilde her yerine eşit miktarda yaydınız mı?		
6. Ellerinizdeki aletlerle astar malzemesini sıkıştırdınız mı?		
7. Taban astarı kalınlığı yeterli seviyeye ulaşıncaya kadar sıkıştırmaya devam ettiniz mi?		
8. Şablonu ocak içerisine koyup merkezlediniz mi?		
9. Astar yüksekliği şablonun en üst seviyesinin 40 mm altına gelince sıkıştırma işlemini sona erdirdiniz mi?		
10. Astar malzemesi ile cam suyundan hazırlanan bir karışım hazırladınız mı?		
11. Bir miktar cam suyunu sıkıştırılan astar üzerinde dolaştırılarak damlattınız mı?		
12. Astarın üst kısmını hazırlanan cam sulu karışımla sıkıştırıp ve merkezi şablon merkezi olacak şekilde bir koniklik verdiniz mi?		
13. Aynı karışımla boru kullanarak ocakta metal alma oluğu oluşturdunuz mu?		
14. Astar malzemeyi perdahladıktan sonra, belli aralıklarla hava kanalı açtınız mı?		
15. Süreyi verimli kullanabildiniz mi?		

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. Elektrik ocaklarının tercih sebebi ne olabilir?
A) Bu ocakların çok ekonomik kurulması
B) Çalıştırılması ve yönetiminin kolay olması
C) Elektrik enerjisini çok az harcamaları
D) Bileşim kolaylıkla bozulduğu için

2. Yeni kurulan bir döküm atölyesinde homojen alaşımlar yapılmak isteniyor.Bu iş için hangi ocak en uygundur?
A) Ark ocağı **B)** Kupol ocağı
C) Endüksiyon ocağı **D)** Direnç ocağı

3. Endüksiyon ocağında metal ve alaşımlarının homojen olmasının sebebi nedir?
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

4. Bir döküm atölyesindeki endüksiyon ocağında ocak astarı çok çabuk yıpranmaktadır. Sizce bunun sebebi ne olabilir?
A) Ocak astarı dökülen metal ve alaşımına uygun değildir.
B) Ocak çok fazla elektrik enerjisi kullanmaktadır.
C) Ocak kurulumu sırasında yanlış kurulmuştur.
D) Ocak kapasitesi yeterli değildir.

5. Endüksiyon ocaklarında soğutma sistemleri hangi amaç için kullanılır?
A) Endüksiyon ocağındaki alaşımı homojen yapmak.
B) Endüksiyon ocağındaki elektrik sarfiyatını azaltmak.
C) Endüksiyon ocağındaki metal ve alaşımı soğutmak.
D) Endüksiyon ocağındaki bakır bobinleri soğutmak.

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 "uygulamalı test"e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Endüksiyon ocağının astarını yapınız.

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

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 FAALIYETI-2

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağının çalıştırmadan önce kontrolünü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Piyasadaki döküm sanayisinde endüksiyon ocağının çalıştırılmadan önce kontrolünün yapılmasının önemini araştırınız ve bu araştırmanızı bir rapor hâline getiriniz.

2. ENDÜKSİYON OCAĞI KONTROLÜ

2.1. Endüksiyon Ocağını Çalıştırmadan Kontrollerini Yapma

Ocağı çalıştırmadan önce aşağıdaki kontrolleri mutlaka yapınız.

Öncelikle dağıtım panosundan dış su pompasını çalıştırın. Manometreden dış su basıncını okuyunuz. Dış su basıncı 3 ila 6 bar arasında olmalıdır.

Eğer basınç düşükse giriş filtresini; yüksekse çıkış kolektörünü kontrol edin.

Dağıtım panosundan hidrolik merkezini çalıştırın. Hidrolik yağının seviyesini kontrol ediniz. Hidrolik merkezindeki kollar yardımıyla ocağı (veya ocakları) kaldırıp indirin. Normal çalışıp çalışmadığını gözleyin.

Ocağı kaldırıp indirdikten sonra hidrolik ve su bağlantılarında herhangi bir kaçak olup olmadığını kontrol edin.

Ocağın astarını gözle kontrol edin. Anormal aşınma veya çatlak olup olmadığına bakın. Gerekiyorsa çatlakları onarın.

Ocak panelindeki “pompa” anahtarını çevirerek pompayı çalıştırın. Daha sonra “reset” e basarak kornayı susturun. İç su manometresinden su basıncını kontrol edin. Basınç 1.5 bardan yüksek olmalıdır.

2.2. Endüksiyon Ocağında Olabilecek Hatalar ve Çözümleri

2.2.1. Ocak Ortasında Cüruf Birikimi

Özellikle orta frekanslı endüksiyon ocaklarında ocağın orta bölgesindeki kesit, cüruf birikimi ile daralmaktadır.

- **Etkileri**

  - Şarj malzemesinin ocak içinde aşağı doğru akmasına engel olmakta ve malzeme çatlamaktadır.
  - Ocak kapasitesi azalmaktadır ve ocağın ergitme gücü düşmektedir.

- **Sebepleri**

  - Yolluk ve döndü malzeme üzerinde kum, diğer hurdalarda oksit ve çeşitli pisliklerin bulunması,
  - İnce, küçük ebatlı dağınık sacların endüktivi akımla ocak kenarına yayılmaları,
  - Düşük sıcaklıkta ergitme yapılmasıdır.

- **Önlemler**

  - Tüm kullanılan şarj malzemeleri kumsuz, oksitsiz ve temiz olmalıdır.
  - Küçük ebatlı ve ince saclar paketlenerek kullanılmalıdır.
  - 1600 ^{0}C sıcaklığa çıkılarak sıvı metal takriben 30 dakika bu sıcaklıkta bekletilmelidir.

2.2.2. Soğutma Esnasında Astarlarda Çatlak Oluşumu

Gerek orta frekanslı, gerekse hat frekanslı ocaklarda, hafta sonları ve uzun tatillerde astarda çatlak oluşmaktadır.

- **Etkileri**

  - Oluşan çatlaklara metal girmekte ve bobinle temas ederek ocağa kısa devre yapmaktadır.
  - Çatlaklardaki metal miktarı fazla olursa bobin delinerek hasar görmektedir. Bu iki hâl de uzun süreli imalatın durmasına neden olmaktadır.
  - Ocak astarı yüzeyinden pul pul parçalar, çatlaklar nedeniyle kopmaktadır.

➢ **Sebepleri**

- İçinde sıvı metal olmayan sıcak astar, gerek hava gerekse bobindeki soğutma suyu vasıtasıyla soğumaktadır. Alt konik kısım ile üstte bobin suyu ile soğutulan silindirik kısım arasında soğutma farklılıklarından arada dikey ve yatay çatlaklar oluşmaktadır.
- Ocak bobin iç yüzeyine geçirme katsayısı düşük olan izolasyon malzeme uygulanırsa ısı kaybı az olmakta ve tüm kesit sinterlenmektedir. Bu durumda astar kesitin ve bobin tarafında sinterlenmiş yumuşak astar malzemesi kalmamakta ve çatlak dolayısı ile içine girebilecek metal parçaları bobine kadar ulaşabilmektedir.
- Yeniden ısıtma süratli yapılırsa bu çatlakların kapanmasına zaman kalmadığından aralarına metal girmektedir.

➢ **Önlemler(Hat ve orta frekans için ortak)**

- Hafta sonu ocak soğutmalarında:
  - Son şarjın boşaltılmasından sonra 1–1.5 ton temiz malzeme yüklenir. Bu malzemenin büyük ebatlı olmaması gerekir. Zira ince ve toz malzeme çatlaklar arasına girebilmekte ve genleşme esnasında arada kalmaktadır.
  - 1000 ^{0}C' ye hızlı bir şekilde çıkılır. Ocak durdurulur.
  - Ocak kapağı ve çevresi izole edilir.
  - Yaklaşık 12 saat sonra tekrar 1000 ^{0}C' ye çıkılarak ocak astarının 800 ^{0}C'nin altına düşmemesi sağlanır.
  - İlk şarjda düşük enerji ile ergitme yapılır.

- Uzun süreli duruşlarda:
  - Ocak tamamen boşaltıldıktan sonra, kapak hemen açılır ve fan ile ocak ani olarak soğutulur. Böylece su soğutmalı bobin bölgesi astarı ile kalın taban bölgesi astarının aynı tempoda soğumaması sağlanarak çatlak oluşumu önlenir.
  - Ocak, duruştan sonra tekrar devreye alınırken 1-1.5 ton temiz malzeme şarj edilir ve düşük kademede (% 10-20) enerji verilerek 12 saat ısıtılır. Süre sonuna doğru malzemenin ve astarın kırmızıya dönüşmesi sağlanır.
  - Ocak astar arkası izolasyonunda ocak örüm planında 2 kat olarak belirtilmiş yalıtım malzemesi tek kata düşürülerek astar ısı iletişimi artırılmış ve bobin kenarında toz sinterlenmiş astar kalması sağlanmıştır.

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.

➢ **Etkileri**

Kısa süre ocak bozma mecburiyeti ve üretim kaybı

➢ **Sebepleri**

- Hat frekanslı ocaklarda çalkalamanın frekansa bağlı olarak fazla olması ve ocak dibinde sıvı metal (maya) bırakılması, tabanı makara veya "fil ayağı" şeklinde oymaktadır.

- Ağız kısımlarındaki aşınma ise şarj malzemesinin çarpması ve kapak çevresinden karbon verme grafitinin alevlerinin yalamasından ileri gelmektedir.

➢ **Önlemler**

- İlk satın alınan ocaklarda elde edilen aşınma grafiği ve tecrübesine göre yeni sipariş edilen ocaklarda, taban astar kalınlığını standartlarından % 30 daha kalın seçerek ocak kondansatör kapasitesini buna uygun ayarlamak astar ömrünü % 50 arttırır.

- Küçük bir çember ile ocak üst ağzında ara tamir yapmak,
- Kapak çevresinden alev yalamasını önlemek için enerji kaybını göze alarak üst küçük kapağın açık bırakılması.

2.2.4. Karbon Yedirme

Orta frekanslı ocaklarda karbon yedirilmesi uzun sürmektedir.

➢ **Etkisi**

Üretim süresi ve enerji sarfiyatı artmaktadır.

➢ **Sebepleri**

Orta frekanslı ocakların frekans özellikleri nedeni ile metali çalkalama hat frekanslarına göre azdır.

➢ **Önlemler**

Şarj % 60 tamamlandığında grafit verilerek metal ergimesi esnasında karbon yedirilmektedir.

2.2.5. Astarın Tabakalanması veya Kabuklanması

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

- **Sebepler**

a.) Astarın iç kısımlarının çok hızlı ısıtılması (sinterleme ve tamir sonrası) buhar odacıkları oluşmasına yol açar.
b.) Astar malzemesi nem oranının yüksek olması da o tür hatalara neden olmaktadır.
c.) Oluşan su buharını tahliye etmek için yeterli yer yoktur.
d.) Belirli bir nem içeren arka bölge astarının yetersiz kurutulması.
e.) Bağlayıcının eşit dağıtılmış olmaması.
f.) Kalın ve ince tanelerin astardaki homojen dağılımının bozulması, kabuklanma hatasına yol açabilir.

- **Önlemler**

"a" şıkkının yol açtığı problemi önlemek için:

Sinterleme işleminin çok hızlı buhar oluşumuna engel olacak şekilde ayarlanması gerekir. Aynı şekilde borik asit yerine boron oksit kullanarak astarın nem oranı azaltılabilir.

"b" şıkkı için:

Astar malzemesinin % 0,3'ten fazla nemli olmasına izin vermemek gerekir. Astar yapımı sırasında da malzemenin nemlenmesine olanak verilmemelidir.

"c" şıkkı için:

Bu tür probleme karşılaşıldığında çelik şablondaki delik sayısını arttırmak yararlıdır.

Sinterleme sırasında şablonun içinde oluşan nemli havayı dışarı atmak için bir hava akımı oluşturmak gerekir. Bunu sağlamak ocak tabanına bir ampul veya soba konulması ile mümkün olabilir. Ayrıca sinterleme süresini arttırmak da olumlu sonuç verecektir.

"d" şıkkı için:

Sinterleme süresi astarın bütünü için hesaplanmalıdır. Yüzeyde kuru bir kabuk oluşturarak, arkadaki nemin bu kabuğun arkasında kılcal yollar ile yüzeye çıkmasını önlemek gerekir.

"e" şıkkı için:

Ya iyi karıştırma sağlanmalı veya hazır malzeme kullanılmalıdır.

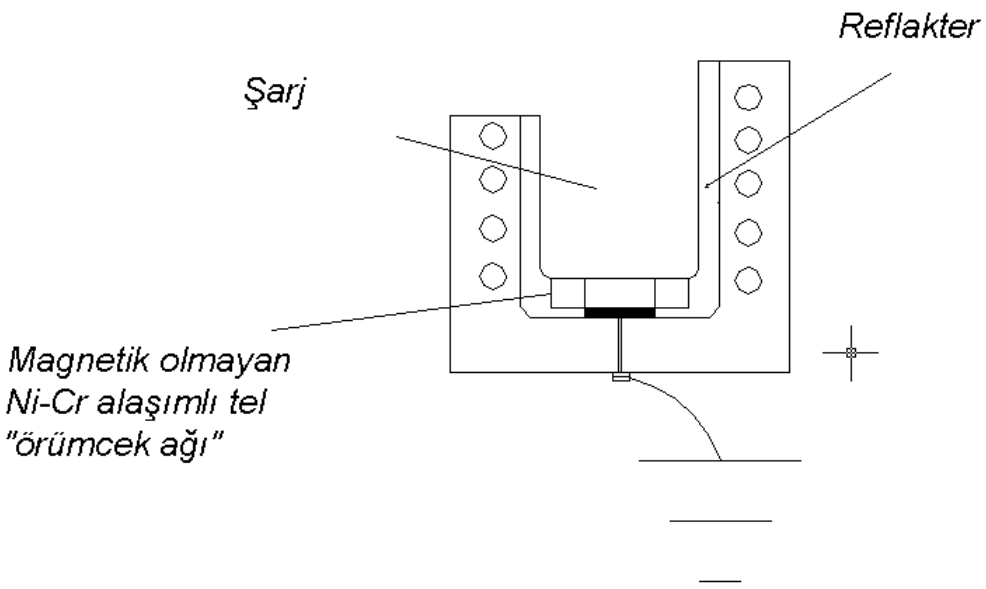
"f" şıkkı için:

Astar malzemesinin taşınırken ve astarlama sırasında ayrışmaya uğramasını önlemek gerekir. Taban ve yan duvarlara astar malzemesini uzun huniler vasıtasıyla dökmek yararlıdır.

2.3. Endüksiyon Ocağında Alınabilecek Güvenlik Önlemleri

Orta frekanslı veya yüksek frekanslı çekirdeksiz endüksiyon ocaklarında 500 veya 1000 kg kapasitelerinde, sırasıyla tipik 38 mm ve 76 mm kalınlıktaki pota astarını ve potayı kolayca aşındırabileceği düşünüldüğünden bir emniyet tertibatı yapılmıştır. "Toprağa iletme" teçhizatıyla birleştirilmiş bir 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 adlandırılmış yüksek rezistanslı telin pota dibine sıkıştırılması esasına dayanır (Şekil 1.1) . Böylece bir demet şeklindeki bu telle şarj, daima topraklanmış olur. Astar inceldiğinde akım toprağa geçecek bir şekilde kolay ve çabuk bir yol bulur, ana güç devresindeki devreyi de tamamlar. Devreye konulan bir miliampermetre, akım ince astardan toprağa geçtiğinde düşük akımları gösterir. Bu ise ocak operatörüne astarın yendiğine dair ilk ihtar işaretidir.



Şekil 1.1: Endüksiyon ocağı emniyet tertibatı

Astar aşınmasının diğer bir şekilde tespiti ise astarın en ince olabileceği yerde ölçme yapılmasıdır. Bu yöntemde çoğunlukla cüruf seviyesinde çap ölçmeyle astarın ne kadar inceldiği belirlenir. Geçmiş tecrübelerden tehlikeli aşınma sınırı bilinir. Tehlike sınırında astar yenilenir. Bu metodun avantajı pota tamamen boş olduğu zamandır ve bu durumda zayıf olan her nokta görülebilir. Ergitme esnasında meydana gelebilecek aşınmalar görülemeyeceğinden ocağın hasarına sebep olabilir. Toprağa iletme sistemiyle astarın durumu kolayca kontrol edilir.

Bazı yeni endüksiyon ocakları dizaynlarında ise pota birkaç soğutma suyu devrelerine ayrılmakta ve her devreye bir sıcaklık kontrol aleti konularak devir daim eden suyun aşırı ısınıp ısınmadığına bakılarak, o devredeki astarın kalınlığı veya zayıfladığı hakkında bir fikir elde edilebilmektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağının çalıştırılmadan önceki kontrolünü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Enerji girişini kontrol ediniz.  ➢ Dış su pompasını çalıştırarak manometreden dış su basıncını kontrol ediniz (dış su basıncı 3 ile 6 bar arasında olmalıdır).  ➢ Hidrolik merkezini çalıştırarak ocağı kaldırınız ve indiriniz.  ➢ İç su pompasını çalıştırarak manometreden iç su basıncını kontrol ediniz (İç su basıncı 1,5 bardan yüksek olmalıdır). ➢ Hidrolik ve su bağlantılarında kaçak olup olmadığını kontrol ediniz. ➢ Soğutma suyu kulesinin çalışmasını kontrol ediniz. ➢ Ocak astarını kontrol ediniz (gerekiyorsa onarım yapınız).	➢ Elektrik enerjisi sadece yetkili kişiler tarafından kontrol edilmelidir. **ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ** Ocağın kontrollerini doğru yapmanız ocağın verimli çalışmasını sağlayacaktır. **Dikkat!** Soğutma suyunun çalışmaması çok büyük arızalara sebep olur.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Ocağı çalıştırmadan önceki kontrolde dış su basıncı ne olmalıdır?
   A) 0-1 bar **B)** 3-6 bar
   C) 8-10 bar **D)** 12-16 bar

2. Ocak astar kalınlığının eşit olmaması ne gibi sonuçlar verir?
   A) Ocak astarı maliyeti artar.
   B) Ocak astarının ömrü uzun olur.
   C) Ocak astarı kalın yerden delinir.
   D) Ocak astarı ince yerden delinir.

3. Bir döküm atölyesinde astarlama sırasında astar malzemesinin içerisine yabancı maddeler karışmıştır. Bunun ne gibi sonuçları olabilir.
   A) Yabancı maddelerin olduğu bölgeler sağlam olur.
   B) Yabancı maddelerin olduğu bölgelere bir şey olmaz.
   C) Yabancı maddelerin olduğu bölgeler kolay aşınır.
   D) Yabancı maddelerin olduğu bölgeler delinmez.

4. Bir atölyedeki endüksiyon ocağında ocak ortasında cüruf birikmiştir. Sizce sebebi ne olabilir?
   A) Yapılan astarın kalın olması
   B) Yapılan astarın ince olması
   C) Düşük sıcaklıkta ergime yapılması
   D) Yüksek sıcaklıkta ergitme yapılması

5. Döküm sonrası ocağın soğuması sırasında astarda çatlama olmuştur. Bunun ne gibi etkisi olabilir?
   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.

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 "uygulamalı test"e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrollerini yapınız.

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş önlüğü giydiniz mi?		
2.	Enerji girişini kontrol ettiniz mi?		
3.	Dış su pompasını çalıştırdınız mı?		
4.	Manometreden dış su basıncını kontrol ettiniz mi?		
5.	Hidrolik merkezi çalıştırılarak ocağı kaldırıp indirdiniz mi?		
6.	İç su pompası çalıştırılarak manometreden iç su basıncı kontrol ettiniz mi?		
7.	Hidrolik ve su bağlantılarında kaçak olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
8.	Soğutma suyu kulesinin çalışmasını kontrol ettiniz mi?		
9.	Ocak astarını kontrol edip tamir isteyen yerleri tamir ettiniz mi?		
10.	Zamanı verimli kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALIYETI-3

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağını çalıştırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

-
- Piyasadaki döküm sanayisinde endüksiyon ocağında metal ergitme işlemini izleyiniz.

3. ENDÜKSİYON OCAĞINI ÇALIŞTIRMA

Endüksiyon ocaklarında ergitme hızlı olduğu için yalnız çabuk oksitlenebilen elementlerde az bir kayıp vardır. Ocak içinde sıvı metal hareketinden dolayı, gayet homojen bir alaşım yapılabilir. Döküm sıcaklığına ulaşılması için metalin ergime sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulur. Döküm sıcaklıklarında, diğer ocaklarda aşırı oksitlenme olduğu halde endüksiyon ocaklarında çok az oksitlenme meydana gelmektedir. Çünkü döküm sıcaklıkları endüksiyon ocaklarında çok kısa zamanda elde edilebilmektedir. Örneğin, 200-300 °C' lık bir fazlalık, 3 ila 6 dakikada elde edilebilir.



Resim 3.1: Endüksiyon ocağında sıvı metal

Ergitme işlemi, seçilen hurdaların ocağa doldurulması ile başlar ve primerden geçen yüksek frekanslı akım sekonderde yani şarjda çok daha şiddetli bir endüksiyon akımı oluşturur, şarj bu akıma karşı gösterdiği kendi direnciyle ısınır ve ergir. Sıvı banyosu teşekkül eder etmez şiddetli bir karışma (sıvı hareketi) başlar ve katı durumda olan hurdalar sıvı metal tarafından yalanarak ergime hızlanır.

Metal (şarj) tamamen ergiyince oluşan cüruf temizlenir. Metal döküm sıcaklığına çıktıktan sonra akım kesilerek ocak kaldırılır ve sıvı metal potaya alınır. Sıvı metal azar azar potaya alınacaksa akım kesilmeyebilir. Sıvı metal bitince ya ergitmeye devam edilir ya da ocak kapatılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Endüksiyon ocağının astarını yapınız.  **Resim 3.2** ➢ Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrolleri yapınız.  **Resim 3.3** ➢ Ergitilecek metali yükleyiniz. ➢ Enerji girişini açınız.  **Resim 3.4**	 **OCAK KULLANMA TALİMATINA UYUNUZ.** **OCAKTA BİR ARIZA VARSA GİDERMEDEN İŞLEMLERE DEVAM ETMEYİNİZ. AKSİ HALDE DAHA BÜYÜK ARIZALAR ÇIKABİLİR.** **OCAĞI MUTLAKA YETKİLİ KİŞİLER ÇALIŞTIRMALIDIR.** ➢ Ocağın bütün kontrolleri yapıldıktan sonra herhangi bir problem yoksa ergitme işlemine geçilmelidir.

- Dış su pompasını çalıştırınız.
- Su kulesini çalıştırınız.
- İç su pompasını açınız.
- Konvektör ana şalterini kurunuz.
- "İnvertör On"butonuna basınız.
- Çıkış gücünü arttırmak için (+) butonuna basınız. Eğer (+) butonuna 3 saniye basılırsa konvektör, gücü maksimuma kadar yükseltir.



Resim 3.5

- Çıkış gücünü azaltmak için (-) butonuna basınız.



Resim 3.6

- Ocağı kapatmak için "İnvertör off" butonuna basınız.



Resim 3.7

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

UYGULAMALI TEST

Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrollerini yapınız.

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğü giydiniz mi?		
2. Ocak astarını yaptınız mı?		
3. Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrolleri yaptınız mı?		
4. Ergitilecek metali yüklediniz mi?		
5. Enerji girişini açtınız mı?		
6. Su kulesini çalıştırdınız mı?		
7. Dış ve iç su pompalarını çalıştırdınız mı?		
8. Konvektör ana şalterini kurdunuz mu?		
9. "İnvertör On"butonuna bastınız mı?		
10. Çıkış gücünü arttırmak için (+) butonuna bastınız mı?		
11. Çıkış gücünü azaltmak için (-) butonuna bastınız mı?		
12. Ocağı kapatmak için "İnvertör off" butonuna bastınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALIYETI-4

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda uygun materyal ve atölye ortamı sağlandığında tekniğe uygun endüksiyon ocağının sinterlemesini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Piyasadaki döküm sanayisinde endüksiyon ocaklarında sinterlemenin nasıl yapıldığını araştırınız ve bu araştırmanızı bir rapor haline getiriniz.

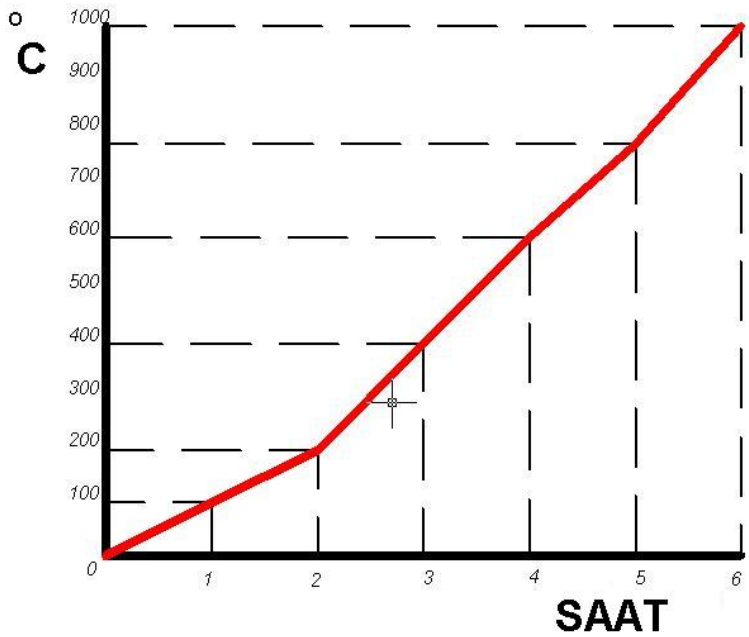
4. ENDÜKSİYON OCAĞININ SİNTERLENMESİ

4.1. Sinterlemenin Tanımı

Toz veya sıkıştırılmış haldeki kum partiküllerinin uygun bir sıcaklığa kadar ısıtılıp soğutulmak suretiyle birbirine temas eden yüzeylerinin birbiriyle bağlanmasına sinterleme (tavlama) denir.

4.2. Endüksiyon Ocağını Sinterleme

Sıkıştırılmış olan astarın sinterlenmesi, astar yapımının son aşamasıdır. Artık şablonun içerisine metal konulup ergitme işlemine başlanabilir. Burada en önemli husus sinterleme sırasında astarın bünyesinde bulunan nemin tamamen dışarı atılması ve şablonun yırtılmadan sinter sonuna kadar formunu korumasıdır. Bu amaçla sinter sıcaklığının değişimi belirli bir hızda olmalıdır. Çok hızlı olarak 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'dir. Ocak düşük güçte çalıştırılıp, durdurularak saatlik ısı artışını sağlayacak şekilde sinter ısısı kontrol edilir.



Şekil 4.1: Zaman-ısı sinterleme grafiği

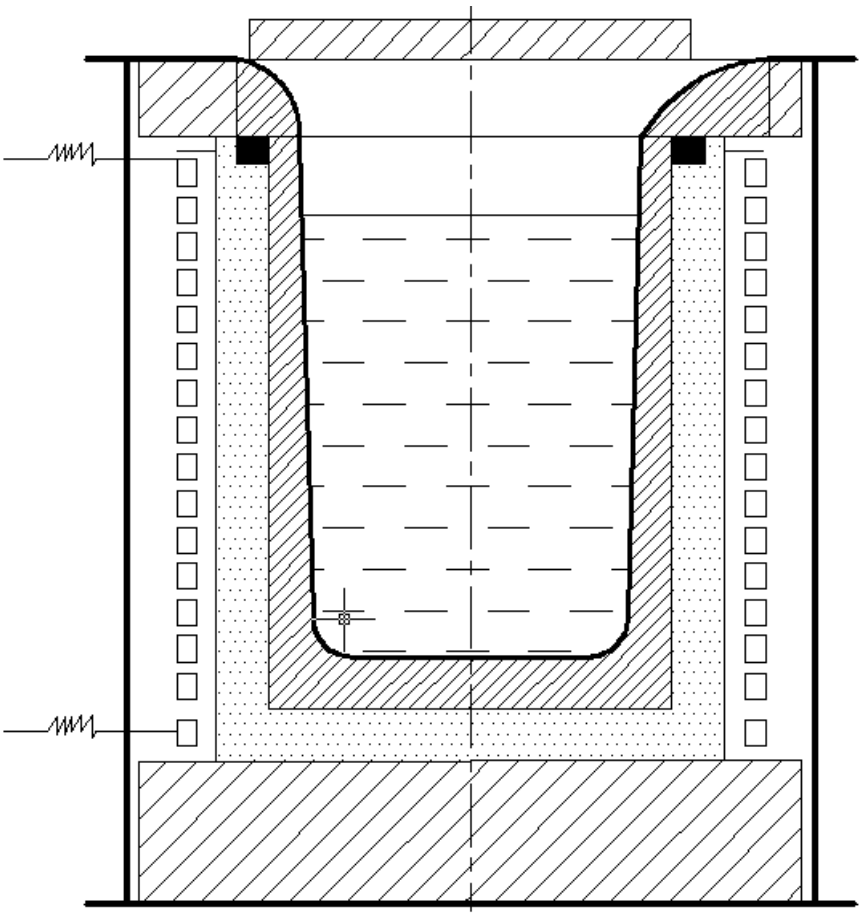
Sinter Sıcaklığı

Sinterleme için konvektör üzerinde mevcut sinter termometresinden faydalanılabilir. Bu amaçla termokupl şablonun ortasına yerleştirilir, uçları termometreye bağlanır ve sinter ısısı sürekli olarak izlenir.

Sıcaklık 1000 °C'yi aştığında termokupl şablonun içinden çıkarılır. Aksi halde ergimesi ve kullanılamaz hale gelmesi söz konusudur. Termokuplun çıkarılmasından sonra sıcaklık termometre ile kontrol edilemeyeceği için konvektördeki güç, ön panelden izlenerek kontrol edilir. Termokupl çıkarıldıktan sonra ocağın o anda çektiği güç değeri okunur; bu değerin yaklaşık % 25'i kadar güç artırılır. Ergimiş metal, şablondaki toplam şarjın 2/3'sine ulaştığında, tam güç verilerek ergitmeye devam edilir. Şarjın tamamı ergidikten sonra, 1 saat daha tam güçte beklenir. Daha sonra sinter işlemi tamamlanıp sıvı metal alınır.

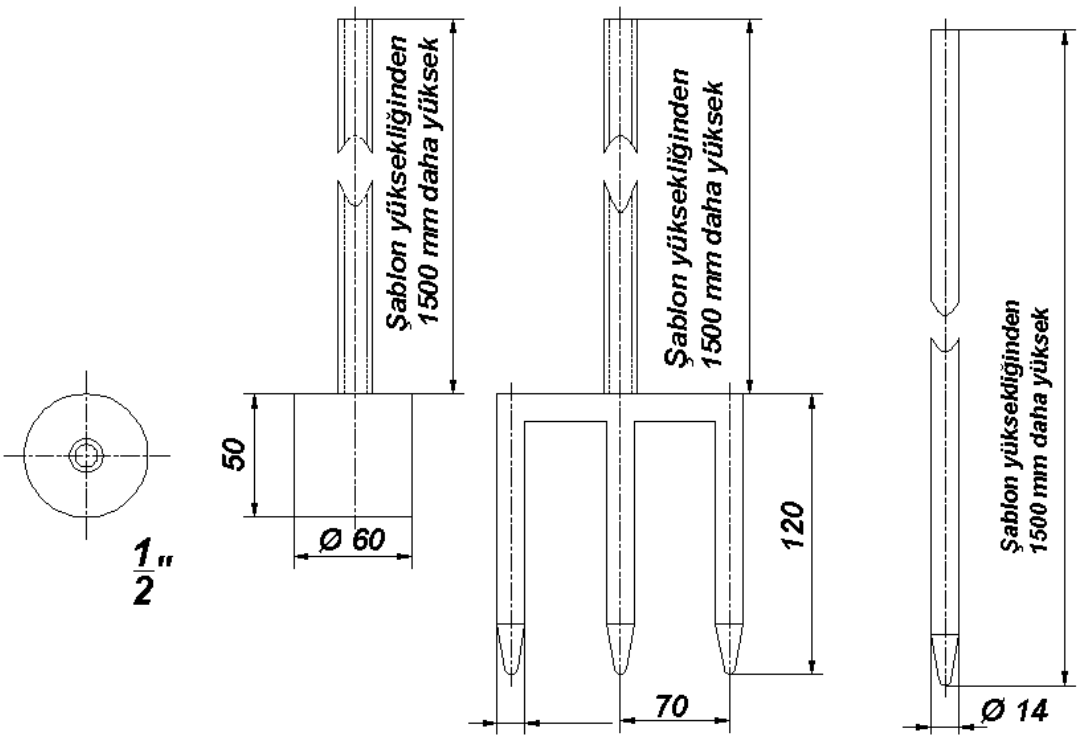
4.3. Endüksiyon Ocağı İle İlgili Çizimler

4.3.1. Endüksiyon Ocağının Pota Kısmının Yapım Resmi



Şekil 4.2: Endüksiyon ocağı pota kısmı yapım resmi

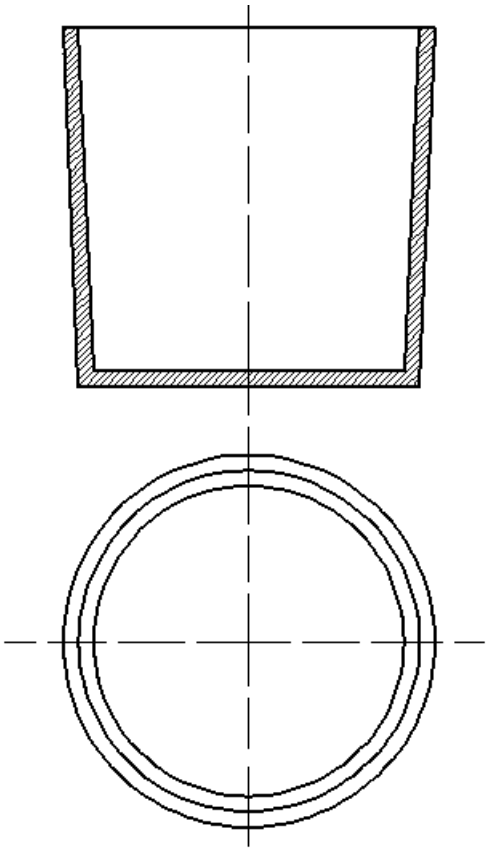
4.3.2. Endüksiyon Ocağı Astar Sıkıştırma Aparatlarının Yapım Resmi



Şekil 4.3:Endüksiyon ocağı sıkıştırma aparatları yapım resmi

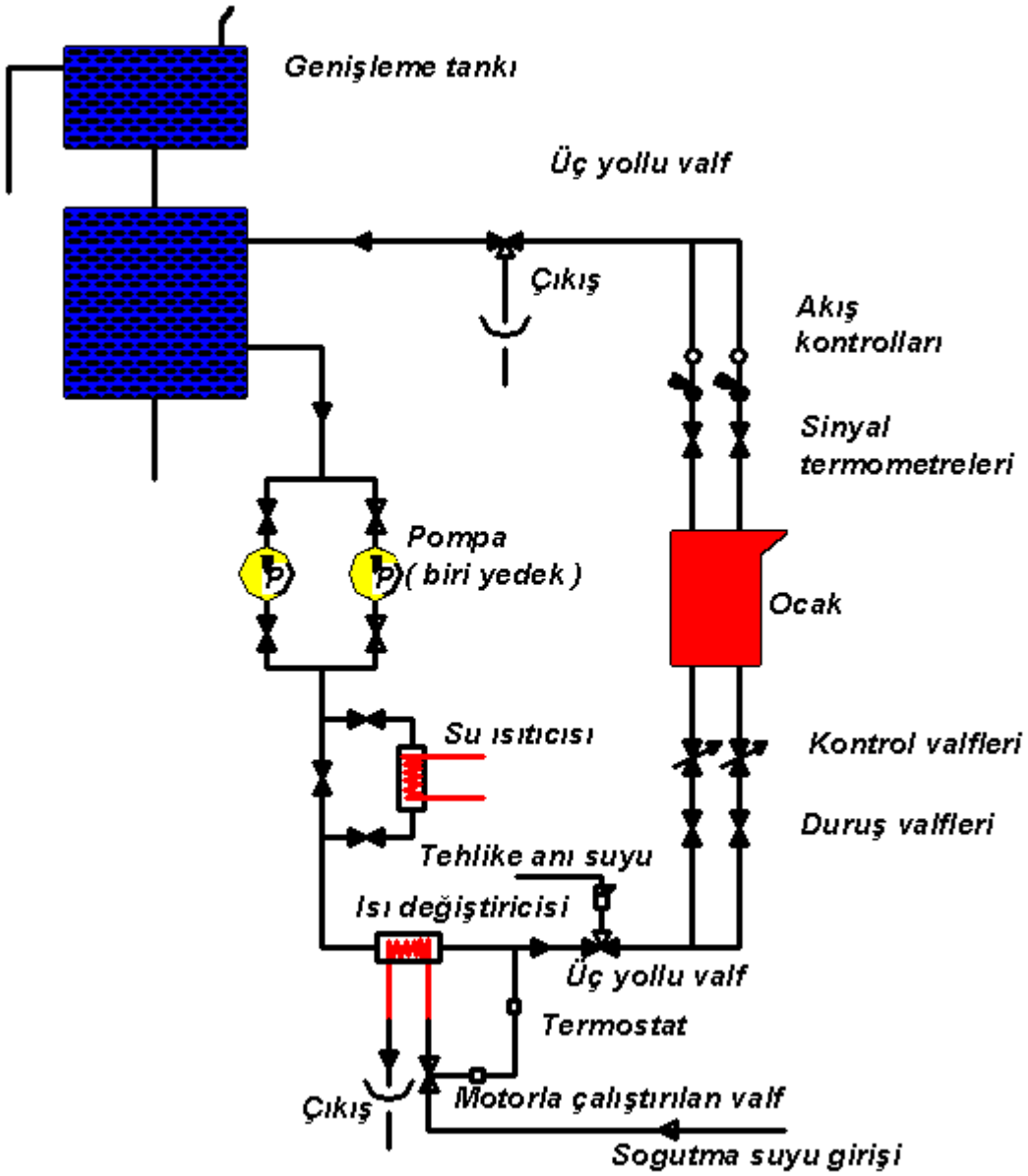
4.3.3. Endüksiyon Ocağı Pota Şablonunun Yapım Resmi

Pota şablonunun ölçüleri ocak büyüklüğüne ve ocak ölçülerine göre hazırlanır.



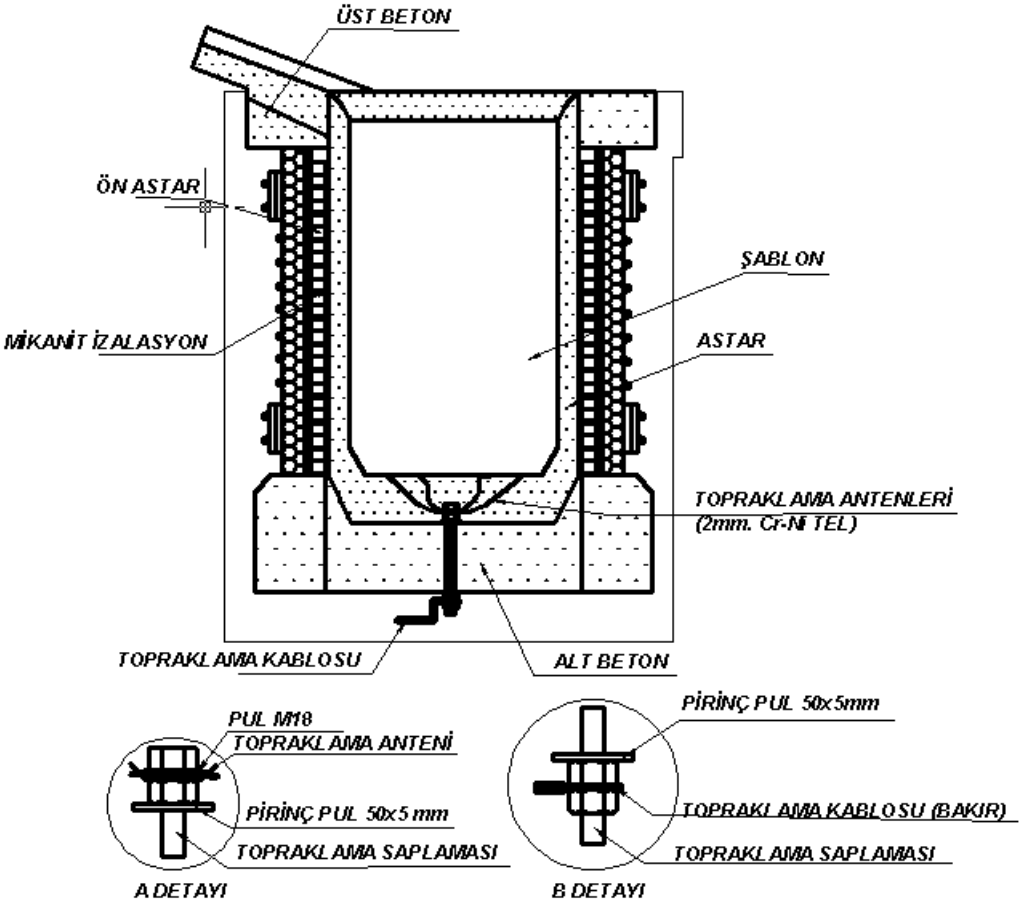
Şekil 4.4: Endüksiyon ocağı şablon yapım resmi

4.3.4. Endüksiyon Ocağı Soğutma Suyu Ünitesinin Yapım Resmi

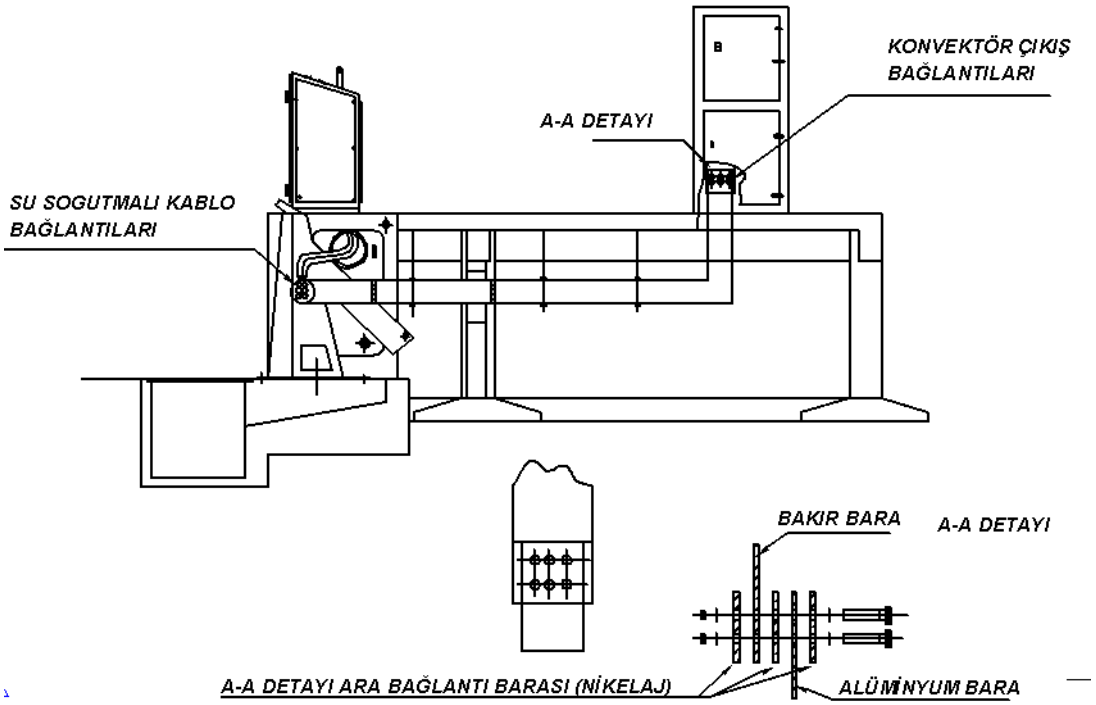


Şekil 4.5:Soğutma suyu ünitesi yapım resmi

4.3.5. Endüksiyon Ocağı Konvektör Ve Ocak Arasındaki Bağlantılarının Yapım Resmi



Şekil 4.6:Endüksiyon ocağı kesiti ve bağlantı aparatları



Şekil 4.7: Konvektör ve ocak arasındaki bağlantıların yapım resmi

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Endüksiyon ocağı astarını yapınız. ➢ Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrollerini yapınız. ➢ Ergitilecek metali yükleyiniz. ➢ Ocağı çalıştırınız.  **Resim 4.1** ➢ Ocak çıkış gücünü ayarlayarak ilk iki saat için saatte 100 derece artırınız.  **Resim 4.2** ➢ Ocak çıkış gücünü sonraki zamanda saatte 150-180 derece arttırınız. ➢ Bu arada ocağı zaman zaman durdurunuz. ➢ Ergimiş metal, şablondaki toplam şarjın 2/3' üne ulaştığında tam güç vererek ergitmeye devam ediniz.	**OCAK ÇALIŞIRKEN ARKADAŞLARINIZLA ŞAKALAŞMAK KAZALARA SEBEP OLABİLİR** **DİKKAT!** **İLK YARDIMI BİLİN KAZA VE YARALANMALARDA HAYATTA KALIN** **DİKKAT!** **OCAĞIN ÇALIŞMASI SIRASINDA OCAĞA KESİNLİKLE SU VEYA YABANCI BİR MADDE ATMAYINIZ. PATLAMALARA VE CİDDİ YARALANMALARA SEBEP OLABİLİR**



Resim 4.3

- Metalin tamamı ergidikten sonra bir saat daha tam güçte bekletiniz.
- Sıvı metal alınız ve dökünüz.



Resim 4.4

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

UYGULAMALI TEST

Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrollerini yapınız.

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğü gözlük ve eldiven giydiniz mi?		
2. Endüksiyon ocağı astarını yaptınız mı?		
3. Endüksiyon ocağını çalıştırmadan önce kontrollerini yaptınız mı?		
4. Ergitilecek metali yüklediniz mi?		
5. Ocağı çalıştırdınız mı?		
6. Ocak çıkış gücünü ayarlayarak ilk iki saat için saatte 100 derece artırdınız mı?		
7. Ocak çıkış gücünü sonraki zamanda saatte 150-180 derece artırdınız mı?		
8. Ocağı zaman zaman durdurdunuz mu?		
9. Ergimiş metal şablondaki toplam şarjın 2/3' üne ulaştığında tam güç vererek ergitmeye devam ettiniz mi?		
10. Metalin tamamı ergidikten sonra bir saat daha tam güçte beklettiniz mi?		
11. Sıvı metal aldınız ve döktünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Endüksiyon ocağını astarlayınız, gerekli kontrolleri yaparak ocağı çalıştırınız ve sinterleyiniz.

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğü, maske gözlük ve eldiven giydiniz mi?		
2. Endüksiyon ocağının ölçülerine uygun şablon hazırladınız mı?		
3. Sıkıştırma aparatlarıyla astarı yaptınız mı?		
4. Ergiteceğimiz metalin cinsine göre ocak astar malzemesini doğru seçtiniz mi?		
5. Astarlama işleminden sonra enerji girişini kontrol ettiniz mi?		
6. Su soğutma sistemini kontrol ettiniz mi?		
7. Hidrolik merkezi kontrol ettiniz mi?		
8. Ocak astarını bir kez daha kontrol edip çatlak varsa onardınız mı?		
9. Ergitilecek metali yüklediniz mi?		
10. Enerji girişini açıp soğutma sistemini çalıştırdınız mı?		
11. Ocağın gücünü ayarladınız mı?		
12. Ocak çıkış gücünü ayarlayarak ilk iki saat için saatte 100 derece artırdınız mı?		
13. Ocak çıkış gücünü sonraki zamanda saatte 150-180 derece artırdınız mı?		
14. Ocağı zaman zaman durdurdunuz mu?		
15. Ergimiş metal şablondaki toplam şarjın 2/3' üne ulaştığında tam güç vererek ergitmeye devam ettiniz mi?		
16. Metalin tamamı ergidikten sonra bir saat daha tam güçte beklettiniz mi?		
17. Sıvı metal alıp döktünüz mü?		

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- ALA Fuat, Metalurji Dergisi, Mart, 1977.
- ÇOBAN Bilgi, Metalurji Dergisi, Nisan, 1987.
- ÇELİK Süleyman, DOĞMUŞ Halil, DURAN Ali Duray, FİDANER Sabri, SÜZEN Cumhur, Genel Dökümcülük Bilgisi Cilt 2, MEB Yayınları, Ankara, 1991.
- ÇELİK Süleyman, Ali Duray DURAN, Cumhur SÜZEN, Dökümcülük İş ve İşlem Yaprakları, MEB Yayınları, İstanbul, 1979.
- N.ÇAVUŞOĞLU Doçent Dr. Ergin, Döküm Teknolojisi I, Döküm Yöntemleri-Dökme Demirler, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, 1981.
- DOMRES H.G., Endüksiyon Ocak Teknolojisindeki Gelişmeler ABB Seminer Notları, İstanbul, Temmuz, 1991.
- DİKİCİ Can, Metalurji Dergisi, Sayı 75, 1991.
- DÖTSCH Dr. Erwin, Endüksiyon Ocak Teknolojisindeki Gelişmeler ABB Seminer Notları, İstanbul, Temmuz, 1991.
- EGES, Ultramelt Endüksiyon Ocağı Kullanım ve Bakım Kılavuzu
- ERSÜMER Aram, Çelik Döküm, İstanbul,1973.
- METALURGİA Dergisi, Nisan, 1983.
- ÖZTOKER Üstün, Döküm Aletleri ve Terminoloji, MEB Yayınları, İstanbul, 1997.
- ÖZDEMİREL Nuri, T.Demir ve Çelik İşletmeleri Döküm Fabrikaları, Karabük, 1981.
- TÜFEKÇİ Muhsin, Endüksiyon Ocakları İle Ergitme ve Gelişmeler SEGEM Notları, Aralık 1986.
- YAYLALI Günay, Endüksiyon Ocak Teknolojisindeki Gelişmeler ABB Seminer Notları, İstanbul, Temmuz, 1991.
- UMAR Süleyman, Yayımlanmamış Ders Notları.