T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

METALÜRJİ TEKNOLOJİSİ

DÖKME ÇELİK
521MMI273

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 2
1. DÖKME ÇELİK KALIP KUMUNDAN KALIP HAZIRLAMA 2
1.1. Dökme Çelik Kalıp Kumu 2
1.1.1. Dökme Çelik Kalıp Kumu Bileşimi 2
1.1.2. Dökme Çelik Kalıp Kumu Özellikleri 3
UYGULAMA FAALİYETİ 5
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 8
ÖĞRENME FAALİYETLER-2 9
2. ERGİTME OCAĞINDA DÖKME ÇELİĞİ ERGİTME 9
2.1. Dökme Çelikler 9
2.1.1. Dökme Çeliklerin Tanıtılması 9
2.1.2. Dökme Çeliklerin Elde Edilmesi 10
2.1.3. Dökme Çeliğin Çeşitleri ve Kimyasal Bileşimi 17
2.1.4. Dökme Çeliklerin Bileşiminde Bulunan Elementler 18
2.1.5. Dökme Çeliklerin Yapı Bileşenleri (Mikroyapısı) 18
2.1.6. Dökme Çeliklerde Döküm Hataları 20
2.1.7. Dökme Çeliklerin Kalıp ve Maça Boyaları 23
2.1.8. Dökme Çeliklerin Akıcılığı 23
2.1.9. Dökme Çeliğe Katılan Maddeler ve Etkileri 24
2.1.10. Özel Dökme Çelikler 26
2.1.11. Dökme Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemler 30
2.1.12. Dökme Çeliklerin Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tav Fırınları 32
2.2. Dökme Çeliklerin Kullanma Alanları 33
2.3. Dökme Çeliklerin Normlarla Gösterilmesi TS (Türk Standartları) 34
UYGULAMA FAALİYETİ 35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 38
MODÜL DEĞERLENDİRME 41
CEVAP ANAHTARLARI 42
KAYNAKÇA 43

AÇIKLAMALAR

KOD	**521MMI273**
ALAN	**Metalürji**
DAL/MESLEK	**Döküm**
MODÜLÜN ADI	**Dökme Çelik**
MODÜLÜN TANIMI	Dökme çelik kumu ile kalıp hazırlama ve çeliği ergitip dökme konularını içeren öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Endüksiyon Ocağı modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Dökme çelik ergitmek
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında istenilen ölçüye ve tekniğe uygun ergitme ocağında dökme çeliği ergitebileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Tekniğe uygun, dökme çelik kalıp kumu ile kalıp hazırlayabileceksiniz. **2.** Tekniğe uygun, dökme çeliği ergitebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Çelik döküm atölyesi **Donanım:** Kürek, kil, silis, su, karıştırıcı, taşıyıcı (vinç), kova, endüksiyon ocağı, çelik (hurda malzeme), bara
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,

Dökme çelik endüstrisi bütün dünyada gelişmenin göstergesidir. Kalkınmanın güneşinden yararlanmak isteniyorsa demir çelik üretimini ve tüketimini artırmak gereklidir. Aksi hâlde ekonomik kalkınmanın ışığını görmek mümkün olmaz.

Dökme çelik ürünleri; ulaştırma, ziraat, inşaat, haberleşme, motorlu araçlar, makine sanayi vb. çok geniş bir uygulama alanında vazgeçilmez unsurdur. İmalatın olduğu her yerde dökme çelik imalatına da ihtiyaç vardır.

Çelik döküm endüstrisi, çelik üretimi ve yan sanayisinde milyonlarca kişiye iş olanağı sağlayan bir endüstridir.

Dökme çelik endüstrisinin en belirgin özelliklerinden biri de çok hızlı gelişme göstermiş olmasıdır. Özellikle son elli yıl içinde üretim tekniğini tamamen değiştirdiğini söylemek abartma olmayacaktır. Döküm endüstrisinin bu yeni üretim yöntemleri, kalıplama yöntem ve malzemelerindeki aşamaların, artan mekanizasyon ve otomasyon sonucunda ortaya çıkmıştır.

Günümüz ileri teknolojisi ihtiyaçlarına cevap verebilmek için döküm endüstrisi; ergitme, kalıplama, sıcaklık ve alaşım kontrolünden başka metal makro ve mikro yapısı, katılaşma kinetiği, malzeme özelliklerinin gelişimi vb. konulara eğilen bilimsel bir teknolojiye sahiptir.

Endüstri meslek liseleri döküm bölümlerinde okuyan her öğrenci geleceğin çelik üretiminde çalışacaktır. Üreterek ülkelerini ve ailelerini ekonomik refaha kavuşturmanın haklı gururunu yaşayacaklardır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda uygun ortam sağlandığında çelik kalıp kumundan kalıp hazırlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çelik kalıp kumlarını oluşturan maddeleri araştırınız.

1. DÖKME ÇELİK KALIP KUMUNDAN KALIP HAZIRLAMA

1.1. Dökme Çelik Kalıp Kumu

Dökme çeliklerin, diğer metal ve alaşımlara göre özellikleri farklıdır. Bunun için değişik metal ve alaşımlarda kullanılan kalıplar, dökme çeliklerde kullanılamazlar. Dökme çeliklerin dökülebileceği kum kalıplar şunlardır: Kurutulmadan dökülen kalıplar, kurutulduktan sonra dökülen kalıplar, yüzeyleri zirkonyum ve grafit ile boyanıp alkolle yakılarak kurutulan kalıplar, maçalı kum kalıplar ve çimentolu kum kalıplardır. Bu kalıplar, diğer dökümlerin kalıplarından çok, dökme çeliklerin kalıpları olarak yapılır. Çünkü dökme çelikler ayrıca bağlayıcı maddesi seramik, etil silikat (ethyl-silicate) tozu ve silis tozu olan sulu çimentolu olarak hazırlanmış hassas "investment" kalıplarına dökülebilir. Çünkü bu gereçlerle hazırlanan kalıplar yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Bu arada dökme çelikler, ergimiş çeliğe karbon karışmaması için gerekli önlemleri alınmış grafit kalıplara da dökülebilir. En iyisi seramik olanlarıdır.

1.1.1. Dökme Çelik Kalıp Kumu Bileşimi

Dökme çeliklerin kalıplarında kullanılan yapay (sentetik) kalıp kumu bileşimi Tablo 1.1'de verilmiştir.

Çeşitli Dökme Çelik Kumları İçin Gerekli Olan Kum Özellikleri						
Kalıp Kumu	**Kum Tane İriliği**	**Gaz Geçirgenliği**	**% Nem**	**Yaş Basınç Dayanımı Kg/cm²**	**% Bentonit**	**Sinterleşme Sıcaklığı (˚C)**
Yaş Kum Küçük Parçalar	AFS 45-50	125-200	2-4	530-600	4-10	1427
Yaş Kum Ağır Parçalar	AFS 38-62	130-300	2-4	530-600	4-10	1482
Kuru Kum Ağır Parçalar	AFS 45-60	100-200	4-6	530-600	6-12	1427

Tablo 1.1: Çeşitli dökme çelik kumları için gerekli olan kum özellikleri

Dökme çelik kalıp kumları, diğer kalıp kumlarında aranan özellikleri taşımakla beraber aşağıda belirtilen özellikleri ile diğer kalıp kumlarından ayrılır.

1.1.2. Dökme Çelik Kalıp Kumu Özellikleri

Dökme çelik kalıp kumları, diğer kalıp kumlarında aranan özellikleri taşımakla beraber aşağıda belirtilen özellikleri ile diğer kalıp kumlarından ayrılır.

- **Dökme çelik kalıp kumu yüksek sıcaklığa dayanmalıdır.**

Ergimiş çelik yüksek sıcaklığa sahip olduğu için kum bu sıcaklığa dayanmalıdır. Kum taneleri birbirleri ile kaynamamalıdır. Ergimiş metalle temasta olan kum taneleri ile temasta olmayan kısımlardaki taneler arasında sıcaklık farkı oluşur. Bu farklılıklar nedeniyle kum taneleri arasında bağlayıcılık görevi yapan katkı maddeleri oldukça önem kazanır. Genel olarak dökme çelik kalıp kumlarında bağlayıcı madde olarak bentonit kullanılır. Kalıp kumunun yüksek sıcaklığa dayanabilme özelliği dışında aldığı şekli de uzun zaman korumalıdır. Çok yüksek sıcaklıklar kalıp kumunun fiziksel ve kimyasal bağını etkileyeceğinden, astar kumunun mutlaka yeni kumdan olması istenir. Aksi hâlde döküm hatalarının meydana gelmesine sebebiyet verilir.

- **Kalıp kumunun gaz geçirgenliği fazla ve rutubeti az olmalıdır.**

Kalıp kumunun gaz geçirgenliği rutubet ile yakın ilişkilidir. Fazla rutubet, yüksek sıcaklıklardaki sıvı metal ile temas edince buhar hâline geçer. Buhar kalıp dışına atılmaz ise kalıp iç boşluğunda, ergimiş metal içinde kalır. Bu nedenle kalıpta uygun yerlere çıkıcılar açılmalıdır. Dökme çelik kumlarının gaz geçirgenliği, diğer metal ve alaşımların kumlarından daha fazla olmalıdır. Buna bağlı olarak da rutubet miktarı azaltılmalıdır. Örneğin, dökme çelik kalıp kumlarının rutubeti % 3 – 4 arasında olmalıdır. Metalin fazla çekmesinden dolayı kalıbın uygun kısımlarına konulan besleyiciler de birer çıkıcı gibi görev görür ve gazların kalıp dışına çıkmasına yardım eder.

Dökme çeliklerde, bağlayıcı maddesi az olan yapay (sentetik) kumlar kullanıldığı takdirde kabuklanma, şekil bozulması ve yüzeysel şişkinlikler gibi döküm hatalarına rastlanır. Bu, daha fazla ısınan kalıp kumunun hacmin büyümesinden ileri gelir. Kuma katılan bir miktar katkı maddesi, bu gibi döküm hatalarının oluşmasını önler.

Ergimiş çeliğin, rutubetli kumdaki özelliklerini etkileyen bu özel durumlar, değişik metal ve alaşımlar için kullanılan kum karışımlarında görülenlerden değişik özellikler oluşmasına yol açar. Rutubetli kumla hazırlanan kalıpların çoğunda, istenilen karışımlara göre hazırlanan yüzey (model-astar) kumu ile dolgu (meydan) kumu kullanılır.

Daha ekonomik olması ve üretim kapasitesinin artırılması nedeniyle yaş kalıplar, diğer kalıplara göre daha elverişlidir. Yalnız hazırlanan kalıbın daha sağlam olmasını veya döküm parçalarda gaz boşluklarının (gözenekler) oluşmasını önlemek gerekir. Bunun için ergimiş metal dökülmeden önce kalıplar kurutulur. Kalıpların yüzeyleri alevle veya sıcak hava akımı ile kurutulabileceği gibi kalıplar kurutma fırınlarında da kurutulur. Kurutma genellikle 250-300 ˚C civarında olmaktadır. Kurutulacak kalıpların rutubetleri normalden biraz fazla olabilir.

Bazı dökme çelik kalıp kumlarında, bağlayıcı madde olarak çimento kullanılmaktadır. Bu metot, henüz yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Çimentolu kum kalıplar, genellikle büyük hacimdeki çelik parçaların dökümlerinde kullanılmaktadır.

Dökme çelik dökümlerinde, kabuk kalıplar (croning kalıpları) belli büyüklüklere kadar başarı ile kullanılmakta ise de bu tip kalıplar döküm yüzeylerinde hatalara sebep olmaktadır. Bu hatalar da kabuk kalıplarda gerekli yerlere çelik veya dökme demirden yapılmış soğutucu parçalar yerleştirilerek önlenmektedir. Dökme çeliklerde seramik kalıplardan da faydalanılmaktadır. Bu kalıplar daha çok ince kesitli ve küçük döküm parçalarda kullanılmaktadır.

- **Maçalar çeliğin döküm sıcaklığına dayanmalıdır**

Maçalar, dökme çeliklerin yüksek sıcaklığına dayanmalıdır. Bu arada gaz geçirgenliği de diğer metal ve alaşımlar için yapılan maçalardan daha fazla olmalıdır. Çünkü ergimiş çeliğin yüksek sıcaklığı çok miktarda gaz meydana getirmekte, bu gazın maça içerisinden geçerek kalıp dışına çıkması gerekmektedir. Aksi hâlde döküm parçalarda gaz boşlukları meydana gelir. Kabuk maçalarda, gaz hataları daha az olur. Bunun için çelik dökümlerin maçalarının, diğer metal ve alaşımların maçalarından daha fazla gaz geçirgenlik özelliğine sahip olması gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Çelik kalıp kumu hazırlayarak kalıplama yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Hazırlamak istediğiniz kalıp kumu miktarına göre katkı maddeleri tartarak hazır hâle getiriniz. ➢ Yıkanmış kuru silis kumu taşıyıcı ile karıştırıcıya yükleyiniz  ➢ Karıştırıcıyı çalıştırınız. ➢ Karıştırıcı içindeki silis kumuna belli oranda kil (bentonit) ilave ediniz.  ➢ Suyu belli oranda kuru karışıma ilave ediniz.	**İş önlüğü giydiniz mi?**  **Kollerde çalışırken elini içine sokma!** **Katkı maddeleri ilave edilirken makine çalışıyor durumda olmalıdır.**



- Homojen bir dağılım oluncaya kadar karıştırınız.
- Kumu karıştırıcıdan alınız.



- Modeli tekniğe uygun kalıplayınız.
- Kalıbı döküme hazırlayınız.





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 önlüğünü giydiniz mi?		
2	Kumu oluşturacak maddelerin miktarlarını hesapladınız mı?		
3	Oranlara göre silis, kil ve suyu hazırladınız mı?		
4	Kolleri çalıştırarak kuru silisi karıştırıcıya yüklediniz mi?		
5	Karışan kuma kili ilave ettiniz mi?		
6	Kuru karışıma su ilave ettiniz mi?		
7	Karışım homojen oluncaya kadar karıştırdınız mı?		
8	Modeli tekniğe uygun kalıpladınız mı?		
7	Kalıbı döküme hazırladınız mı?		
9	Kullandığınız alet ve kolleri temizlediniz 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. Dökme çelikten bir parça dökümü yapmak istiyoruz. Hazırlayacağımız kalıp kumunun bileşimi aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?
   A) Kömür tozu + silis +kil + su **B)** Kömür tozu + silis + kil + ağaç testere talaşı
   C) Silis + kil + su **D)** Kömür tozu + silis + kil + su + melas

2. Aşağıdakilerden hangisi çelik kalıp kumunun özelliklerindendir?
   A) Kalıp kumu yüksek sıcaklığa dayanmalıdır.
   B) Gaz geçirgenliği az ve rutubeti fazla olmalıdır.
   C) Kalıplar grafit boya ile boyanmalıdır.
   D) Bentonit ve kömür tozu miktarı fazla olmalıdır.

3. Çelik kumundan yapılan maça aşağıdakilerden hangi özellikte olmalıdır?
   A) Kumun gaz geçirgenliği az olmalıdır.
   B) Kum, metalin katılaşma sırasındaki çekme basıncına dayanmalıdır.
   C) Kumun tane iriliği ince olmalıdır.
   D) Kumun rutubeti fazla olmalıdır.

4. Dökme çelik kalıplarında seramik kullanılırsa aşağıdakilerden hangisinde başarılı sonuç alınır?
   A) Büyük ağır işlerde **B)** Kalın ve kaba olan işlerde
   C) İnce ve hafif işlerde **D)** Hassas olmayan işlerde

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 FAALİYETLER-2

AMAÇ

Bu faaliyet sonunda, uygun ortam sağlandığında ergitme ocağında çelik ergitebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Endüksiyon ocağında ÇD - 38 dökme çelik ergiteceksiniz. Ocağınızın kapasitesi 150 kg olduğuna göre yüklenecek malzeme miktarlarını tespit ediniz ve arkadaşlarınızla tartışınız.

2. ERGİTME OCAĞINDA DÖKME ÇELİĞİ ERGİTME

2.1. Dökme Çelikler

Bu faaliyette dökme çeliklerin özelliklerini, çeşitlerini, elde edilmelerini, kullanma alanlarını, ergitilmesini ve ısıl işlemlere tabi tutulmasını göreceğiz.

2.1.1. Dökme Çeliklerin Tanıtılması

Dökme çelikler, dökümden sonra talaş kaldırma dışında başka bir biçimlendirme işlemi görmeyen ve bileşiminde %2'den az karbon bulunan demir karbon alaşımlarıdır. Dökme çeliklerin makine yapımında kullanımı, dökme demirler ve dövme çelikler kadar yaygın değildir.

Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Çeliklerin ergime sıcaklığı yüksek olduğundan (1500-1600˚C) güçlü ergitme ocakları (endüksiyon, ark ocakları) ve yüksek sıcaklığa dayanıklı kalıp malzemeleri gerektirir. Bazı durumlarda kalıp kumu parça yüzeyine yapıştığından, iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için parçanın tümüyle işlenmesi gerekebilir.
- Metalürjik temizlik (dokusu ve mikro yapısı) dökme demirlerden daha önemli olup kimyasal bileşimin de daha dar sınırlar içinde kontrol edilmesi gereklidir.
- Döküm sonrasında malzeme kaba taneli (widmannsaetten) iç yapısına sahip olup yeterli tokluk elde edebilmek için ek bir ısıl işlem yapılması zorunludur.

- Çeliğin akıcılığı ve kalıbı doldurma kabiliyeti düşüktür. Kendini çekme % 2-3 gibi yüksek seviyelerde olduğundan çekme boşluklarının oluşmaması için özel tedbirler almak gerekir (Besleyici ve soğutucu konmalıdır.).

Dökme çelikler;

- Dökme demirlerin dayanım ile süneklik özelliklerinin yetersiz kaldığı,
- Parçaların döküm yöntemiyle üretiminin daha ekonomik olduğu (çok büyük parçalar ve karmaşık biçimler),
- Dökülen parçanın kaynakla birleştirilmesinin gerekli olduğu,
- Seçilen çeliğin plastik şekil vermeye uygun olmadığı durumlarda tercih edilir.

2.1.2. Dökme Çeliklerin Elde Edilmesi

Dökme çelikler konvertör ile elde edilir.

- **Konvertör:** Çeliğin elde edilmesini sağlayan konvertörleri tanıyalım.

  - **Tanıtılması**

Konvertör (değiştirici) ham demir ve dökme demirin içindeki karbon (C), silisyum (Si), mangan (Mn), kükürt (S) gibi elementleri oksitleyip gidererek çelik elde etmeye yarayan bir aygıttır. Ergitme yapmaktan çok arıtma işleminde kullanılır. Konvertöre doldurulan sıvı metalin içine basınçlı hava gönderilir. Basınçlı havanın etkisi ile sıvı metalin içerisinde bulunan elementler ya tamamen yok olur veya belli bir miktara iner. Bundan sonra gerekli katılımlar yapılarak istenen bileşimde çelik elde edilir.

Bu aygıt 1855 yılında Bessemer tarafından yapılmıştır. Bununla çelik elde edilmesine Bessemer yöntemi denmiş ve aygıta Bessemer konvertörü adı verilmiştir. Önemli bir buluş olan bu yöntem büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak astarı asidik (silisli) olduğu için fosfor ve kükürdü çok olan dökme demirlerde iyi sonuç vermediği ortaya çıkmıştır. Fosfor asidinin, asidik astarı çabuk aşındırdığı ve elde edilen çeliğin iyi özellikte olmadığı görülmüştür. Bu yüzden 1878 yılında konvertörün içi Thomas tarafından yanmış dolamit ile kaplanmıştır. Dolamit bazik bir gereç olduğu için fosfor ve kükürdü çok olan ham demirin arıtılması sağlanabilmiştir. Bu yönteme Thomas yöntemi veya Bazik yöntem adı verilir. Bu yöntem Bessemer'in asit yöntemine göre pahalı olmakla beraber kullanım alanı daha geniştir. Birçok memlekette yalnız Thomas yöntemi uygulanır.

Konvertöre basınçlı hava alttan gönderilir. Ancak yandan hava gönderilen küçük konvertörler de yapılmıştır. Bessemer konvertörü 5 – 15 tonluk, Thomas konvertörü 5 – 80 tonluk yapılır. Bir ton ham demir 0,14 m^3 yer tutar. Bunun için asidik konvertörde 1 m^3, bazik konvertörde 1,4 m^3 hacim hesaplanır. Bazik konvertörde daha fazla cüruf oluşması, daha büyük hacmi gerektirir. Konvertör içindeki sıvı metal yüksekliyi 40 cm olur. Ender durumlarda 50 cm'yi geçebilir.

- **Bölümleri**

Konvertör Şekil 2.1'de görüldüğü gibi üst kısmı kesik koni biçiminde olan silindirik bir gövdeden meydana gelir. Isıya dayanıklı (asidik veya bazik) gereçlerle astarlanır. Aşağıdaki gibi bölümlere ayrılabilir.

a. Gövde

Şekil 2.1'de silindirik (a) kısımdır. Sıvı metal bu kısımda bulunur. İç kısım ısıya dayanıklı gereçlerle örülmüştür. Dış kısmı çelik sacdır. Sacın kalınlığı 20 – 25 mm olur. Isıya dayanıklı astarın kalınlığı 40–50 cm'dir. Şekilde görüldüğü gibi gövdenin etrafını kuvvetli bir çember sarmaktadır. İki taraftaki yataklar yardımı ile sağlam yataklar üzerine oturtulmuştur. Yatay üflemeli konvertörlerde hava delikleri gövde üzerinde bulunur. Şekil 2.2'de yatay üflemeli bir konvertör gövdesi ve üzerindeki hava delikleri görülüyor.

b. Ağız

Gövdenin üst kısmıdır. Kesik koni biçiminde olup şekildeki gibi (b) eğik olarak birleştirilmiştir. Sıvı metalin yüklenmesini, elde edilen çeliğin boşaltılmasını ve çalışma sırasında gazların çıkışını sağlar. Çeliğin dışarı çıkmasını önler.

c. Yataklar

Ayaklar üzerine oturmuş iki yatak (c) gövdeyi taşımaktadır. Bunlardan birine aygıtın döndürülmesini sağlayan bir düzen bağlanmıştır. Hareket çeşitli şekillerde (mekanik, hidrolik ve elektrikle) sağlanır. Diğer yatağın içi boştur. Konvertöre verilen hava (d) buradan gelmektedir. Dipten üflemeli olanlarda, burada alttaki hava kutusuna (e), yatay üflemelilerde gövde üzerindeki hava kuşağına geçer.

d. Hava delikleri

Konvertörün dip kısmına, tabanın altına bir hava kutusu (e) konmuştur. Yatağın içinden geçen hava buraya gelir. Aygıtın tabanına açılan hava deliklerinden (f) konvertörün içine girer. Hava deliklerinin sayısı 150 – 300, çapları 15 – 25 mm arasındadır. Gelen havanın basıncı 1,5 – 2,5 kg/cm² olur. Hava kutusu açılabilir durumda yapılmıştır.

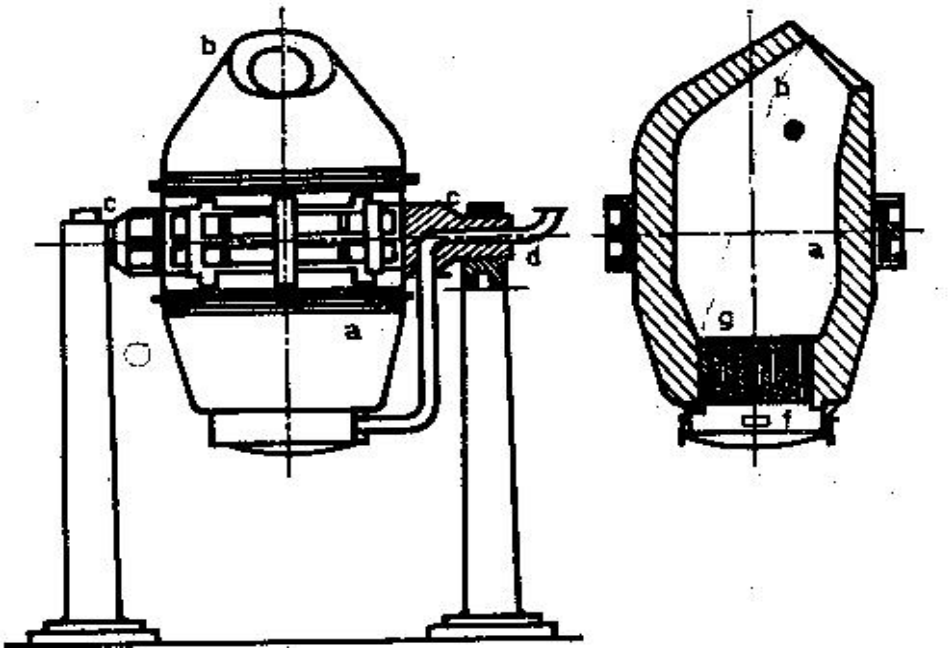
Yandan, yatay üflemeli konvertörlerde hava çevredeki hava kuşağına, buradan yatay delikler yardımı ile aygıtın içine hava girer. Şekil 2.2'de yatay üflemeli bir konvertör görülmektedir. Bunlarda hava delikleri değişik şekillerde yapılmıştır. Yatay üflemeli konvertörlerin ısı kayıpları çok fazla olur.

Konvertöre gönderilen hava, ton başına ortalama 300 m³ olur. Bazı durumlarda havanın oksijeni % 30 oranında artırılır. Bu şekilde işlemlerin gerçekleşmesi kolaylaşır. Elde edilen çeliğin kalitesi daha iyi olur.

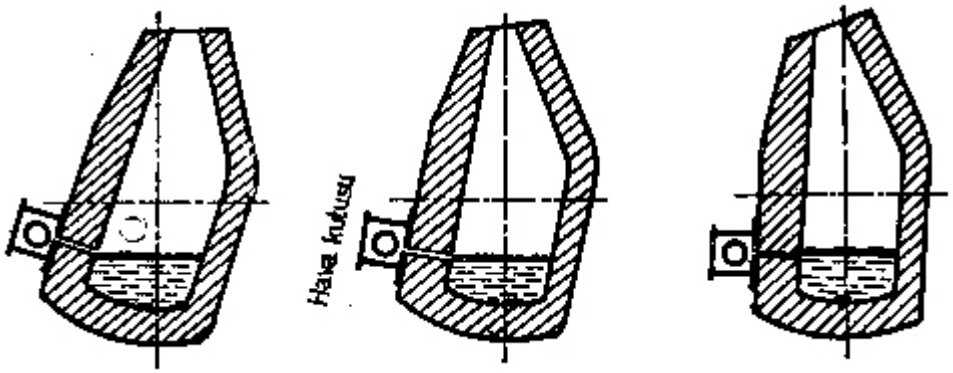
e. Taban

Konvertörün tabanı kesik koni biçimindedir (g). Isıya dayanıklı gereçlerle örülmüştür. Dipten üflemeli olanlarda hava delikleri bu kısımdadır. Ayrılabilir şekilde yapılır. Taban,

gövde kısmının astarına göre daha çabuk yıprandığından gerektiğinde değiştirilir. Değiştirme genellikle 60 dökümden sonra yapılır.



Şekil 2.1: Alttan üflemeli bir konvertör



a **b** **c**

Şekil 2.2: Yatay üflemeli bir konvertör gövdesi ve hava delikleri

f. Astar

Konvertörün iç kısmı ısıya dayanıklı gereçlerle astarlanır. Astarın kalınlığı duvarlarda 0,4 -0,6 m olur. Kullanılan gereç Bessemer yönteminde asidik, Thomas yönteminde baziktir. Yapımında uygun ölçülerde hazırlanmış tuğlalar veya istenen bileşimde hazırlanmış harçlar

kullanılır. Bu harçların cinsi tuğlanın gerecindendir. Sac ile tuğla arasında bir boşluk bırakılır. Burası yapışma harcı ile doldurulur. Sac üzerine açılan delikler harcın yapışmasını sağlar ve kurutmayı kolaylaştırır. Aradaki boşluk, yüksek sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin dengelenmesini sağlar. Birçok konvertörde, saca yakın kısım tuğla ile örülüp üzeri harçla kaplanır. Bu harcın çok iyi yapıştırılması gerekir. Bu şekilde yapılan astarda onarım kolay olur ve kurutma çabuklaşır. Zaman kazanılmış olur. Konvertörlerin taban astarı 30 – 100 defa döküme dayandığı hâlde iç astarı 300-400 defa döküme dayanır.

- **Kuruluşu**

Konvertöre ergimiş metal ya yüksek fırından veya kupol ocağından gelmektedir. Büyük kuruluşlarda yüksek fırın ile birlikte çalışır. Ancak yüksek fırının verimi konvertöre göre yüksektir. Aynı zamanda çalışma devamlıdır. Konvertör ise aralıklı çalışır. Bu yüzden konvertör ile yüksek fırın doğrudan doğruya bağlanamaz. Arada bir veya iki tane, bekletici ve karıştırıcı büyük depo kullanılır. Yüksek fırından alınan sıvı metal bu depolara doldurulur. Bu depoların iyi ısıtılması zorunludur. Yakacak genellikle yüksek fırın (gazojen) gazıdır. Bu depolar yardımı ile konvertörün bağımsız çalışması sağlanmış olur. Aynı zamanda depodaki metalin bileşimi homojen duruma gelir. Bununla beraber, çelik döküm atölyelerinde konvertörler kupol ocaklarından metal alarak çalışır. Bu yöntem de uygun bir düzenleme gerektirir.

- **Çalışması ve yönetimi**

Konvertör çalışmaya başlamadan önce 1200˚C'ye kadar ısıtılmalıdır. Çalışma arasındaki yükleme, elde edilen çeliğin konvertörden boşalmasından birkaç dakika sonra hemen yapılmalıdır. Bu şekilde konvertörün soğuması önlenmiş olur.

Sıvı metal doldurulurken konvertör Şekil 2.3.a'daki konuma getirilir. Bu şekilde doldurma kolaylaşır ve hava deliklerinin sıvı metalle kapanmasına engel olunur.

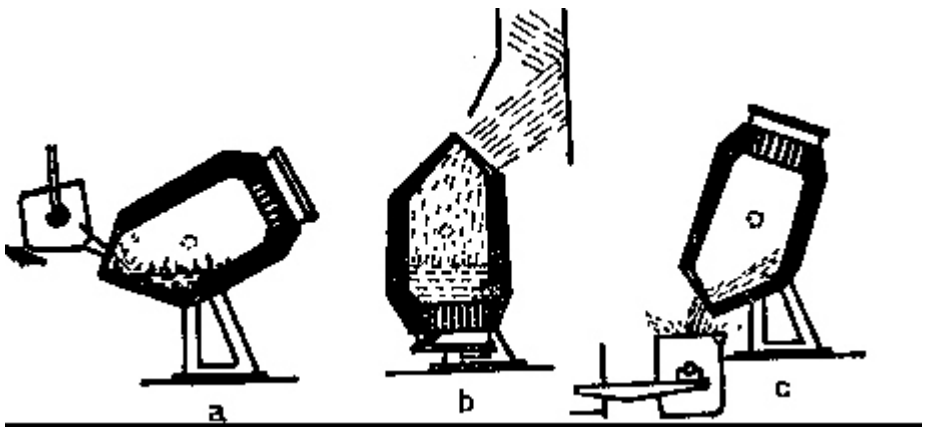
Thomas yönteminde sıvı metalin yüklenmesinden önce konvertöre metalin % 12-20'si kadar iri parçalar hâlinde yanmış kireç konur. Kireç, bazik curufun oluşumunu sağlar. Yükleme işlemi tamamlanınca hava verilerek konvertör düşey duruma getirilir. Çeşitli elementlerin oksitlenmesi ile arıtma işlemleri başlamış olur. Oksitlenen elementlerin meydana getirmiş olduğu ısı, metalin sıcaklığını yükseltir. 1250˚C civarındaki metal 1530˚C'ye yükselir. Bu yüzden konvertöre yakacak gerekli değildir. Oksitlenen elementlerin etkisi şu şekilde olur: 1200˚C'deki metalin sıcaklığını % 1 oranında yanan silisyum 203˚C, fosfor 156˚C, mangan 50˚C, demir 30˚C, karbon 27˚C kadar yükseltir. Ergimiş metalin sıcaklığı artınca bu sıcaklığın yükselme değerleri azalır.

Arıtma işlemi başlayınca konvertörün ağzından koyu kırmızı (kızıl) kahverengi dumanların çıktığı görülür. Demirin oksitlendiği bu süre 2-3 dakikadır. Sonra kıvılcımlar meydana gelir. Silisyum ve mangan yanmaktadır. Silisyum çabuk, mangan yavaş oksitlenir. Kıvılcımların devam süresi, % 2 silisyum için 8 dakika, % 1,5 silisyum için 6 dakikadır. Meydana gelen oksitler SiO_2, MnO ve bir miktar FeO hâlinde birleşerek curufu meydana getirir.

Metalin sıcaklığı çok yükselmiştir. Karbon yanmaya başlar. Çok parlak bir alev ortaya çıkar. Konvertörde titreşim olur. Sonra alevler kısalarak kaybolur. Süre 6- 10 dakikadır. Karbonun yanması bitip alevler kaybolunca koyu kırmızı (kızıl) kahverengi dumanlar çıkmaya başlar. Demir oksitlenmeye başlamıştır. Bessemer yönteminde hava hemen kesilir. Çünkü arıtma işlemi bitmiştir. Hava verilmesine, devamı demirin oksitlenmesine neden olur.

Thomas yönteminde karbonun yakılmasından sonra fosforun uzaklaştırılmasına geçilir. Havanın basıncı artırılarak 2,5-3,5 kg/cm²ye çıkarılır. Bu şekilde 2 – 3 dakika hava verilir. Fosforun oksitlenmesi sağlanır. Fosfor oksidi, kireçle birleşerek kalsiyum fosfata dönüşerek ayrılır ve cürufa karışır. Bu arada bir miktar kükürt de ayrılarak cürufa karışır.

Fosforun ayrılmasından sonra hava durdurulur. Konvertör eğilerek cüruf boşaltılır. Sıvı metalden örnek alınarak analiz yapılır. Analiz sonucu gerekli görülen elementler gerekli miktarlarda katılarak istenen bileşimde çelik yapılır. Aynı zamanda oksitler giderilir, yani redüklenir. Katımlar, potada yapılabilir. Konvertörde hazırlanmış olan çelik, boşaltılarak alınır. Şekil 2.3'te konvertörün yüklenmesi (a), çalışma durumu (b) ve boşaltılması (c) görülmektedir.



Şekil 2.3: Konverterin yüklenmesi (a), çalışması (b) ve boşalma (c) konumları

Konvertörün arıtma işlemlerinin toplam süresi 20 dakika civarındadır. Yükleme boşaltma işlemleri ile bu süre 30 dakikaya kadar çıkar.

Bessemer yönteminde fosforu az (% 0,1), silisyumu çok (% 1-2); Thomas yönteminde fosforu çok (% 1,7- 3), silisyum az (% 0,2-0,6) dökme demirler kullanılır. Bessemer yönteminde kükürdün de az olması (% 0,05) istenir.

Bir ton dökme demirden ortalama 900 kg çelik, 200 kg curuf elde edilir. Thomas curufu öğütülüp elenerek gübre olarak kullanılır. Tarım için yararlı bir yan üründür.

Thomas çeliklerinin özellikleri, aynı miktardaki karbonlu martin çeliklerine göre düşük ise de daha ucuza elde edilir. Profil demirleri, çubuk ve tel çekimine elverişlidir. Demir yolu raylarının yapımında kullanılır.

➢ **Oksijen konvertörü**

Oksijen konvertörünü tanıyarak çalıştırılmasını öğreneceksiniz.

- **Tanıtılması**

Thomas konvertörlerinde değişiklik yapılarak oksijen konvertörü ortaya çıkarılmıştır. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi şu anki kullanılan şekle getirilmiş, ağız kısmın eğikliği kaldırılmıştır. Hava yerine saflığı % 98-99 olan oksijen üflenmektedir. Basınçlı oksijen iç içe geçmiş ikili boru ile metalin yüzeyine verilmektedir. Boru, su ile soğutulur. Bu yöntemle elde edilen çeliklere oksijen çelikleri denir. Bu yöntem ilk kez 1952-1953 yıllarında, Avusturya'da Linz Donawitz işletmelerinde kullanılmıştır.

Genellikle 60-200 tonluk olarak kurulur. Konvertörlerin dış kısmı çelik sacdır. İç kısmı ısıya dayanıklı gereçlerle astarlanır. Çoğunlukla bazik astar kullanılır.

Oksijen konvertörleri diğerlerinde olduğu gibi eğilebilecek şekilde yataklanmıştır. Yükleme ağız kısmından yapılır. Elde edilen çelik yandaki metal alma deliğinden boşaltılır.

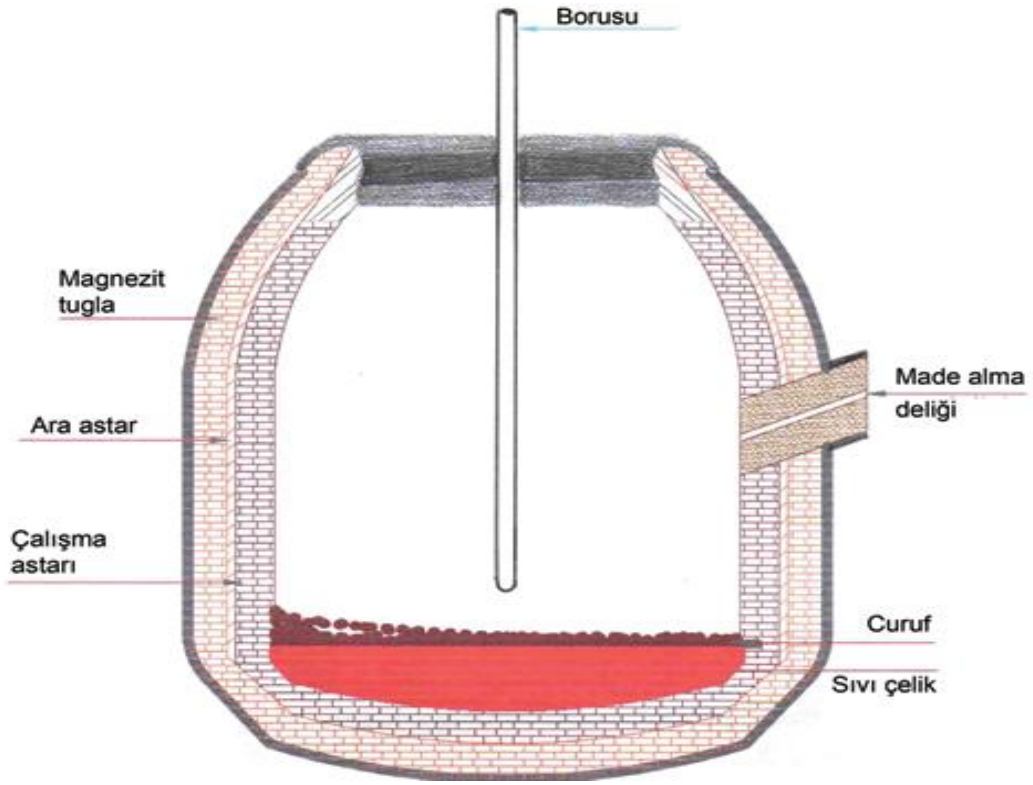
Otuz beş tonluk bir konvertör için yükseklik 7,4 m, iç çap 2,7 m, astar kalınlığı 60 cm olur. Bir astar 25-50 bin ton çeliğin elde edilmesinde kullanılabilir.

Oksijen konvertörleri dik durumda çalıştığı gibi yatık çalışanları da vardır. Bunlar ilk kez İsveç'te kullanılmıştır. Dik olarak doldurulur, yatık olarak çalışır. Çalışma sırasında yatayla 17 derecelik açı yapar. Oksijen borusunun eğikliği 23 derece olur. Otuz tonluk konvertörün boyu 5,6 m, dış çapı 5,6 m ve astar kalınlığı 60 cm'dir. Ekseni etrafında 30^0 açı ile döner. Yükleme, çalışma ve boşaltma durumlarına getirmek için diğer konvertörlerde olduğu gibi eğilebilir durumda yataklandırılmıştır.

- **Çalıştırılması**

Döküme hazırlanan konvertörlere sıvı metalle beraber hurda yüklenir. Oksijenin üflenmesi ile yanan elementlerin çıkardığı ısı, metalin sıcaklığını çok yükseltir.

Yüklenen hurda bu sıcaklığı uygun dereceye indirir. Hurda miktarı yanan elementlerin ısı verme gücüne bağlıdır. Özellikle silisyum miktarı göz önüne alınır. Sıvı metaldeki silisyum miktarı arttıkça hurda miktarı da artar. Ortalama olarak sıvı metalin % 20-35'i kadar olur. Ayrıca demir filizi de yüklenmektedir.



Şekil 2.4: Oksijen konvertörü

Konvertöre önce hurda konur, sonra sıvı metal doldurulur. Sabit konvertörler düşey, döner konvertörler yatay duruma getirilir. Oksijen borusu gerekli yüksekliğe ayarlanır, oksijen üfletilmesi başlatılır. Oksijen borusunun metal yüzeyinden yüksekliği aygıtın tipine, yüklenen hurda miktarına, oksijen miktar ve basıncına göre tespit edilir. İşletme denemeleri göz önüne alınır. Genellikle bu yükseklik 30-150 cm arasında olur. Oksijenin basıncı dik konvertörlerde 6-15 kg/cm², döner konvertörde 3 kg/cm²dir. Bir ton çelik için oksijen miktarı 60 m³ kabul edilir. 100 tonluk bir konvertörde, 64 mm çapında bir borudan 200-225 m³/dk. oksijen üflenir. Bazı oksijen konvertörlerinde, üflenen oksijene kireç tozları karıştırılır. Bu şekilde fosfor ve kükürdün daha iyi giderilmesine yardımcı olunur.

Üflemenin başlaması ile yukarıdaki bir depodan yanmış kireç, flüorspatı, demir oksidi (tufal) yüklenir. Yanmış kireç miktarı curufun baz derecesi (CaO / SiO_2) ile artar. Baz derecesinin (3) olması uygun görülür.

Borunun ağzından hızla üflenen oksijenin etkisi ile metal karışır ve elementlerin oksitlenmesi başlar. Demir oksidin bir kısmı ergiyiğin içine dağılır. Karbon yanarak CO ve CO_2 durumuna gelir. Şiddetli bir kaynama olur. Aynı zamanda Si, Mn, P, S'te oksitlenir. oksitlenmeler Thomas konvertöründekine benzer. Meydana gelen oksitler curufa karışır.

Karbon yanınca üfleme sırasında yanan tozlu ve kırmızı kahverengi duman azalır. Oksijen üflemesi durdurulur, üfleme borusu yukarı çekilir. Konvertör eğilerek metalin sıcaklığı daldırma pirometre ile ölçülür. Sıcaklığın az karbonlu çelikler için 1600-1610 ˚C

olması uygun görülür. Sıcaklık yüksek olduğu zaman hurda katılarak düşürülür az olursa oksijen üflenerek yükseltilir. Sıvı çelikten örnek alınır. Analiz yapılır. Karbon fazla ise oksijen üflenerek yakılır. Çeliğin istenen bileşiminin sağlanması için gerekli ilaveler yapılır. Nikel, molibden, bakır konvertörde karıştırılır. Ferrolar (Fe-Mn / Fe-Si) alüminyum ve kok (karbon vermek için) sıvı çelik potaya alındıktan sonra potada katılır.

Bir döküm 30-50 dakika sürer. Yirmi dört saatte 40-50 döküm yapılabilir. Döküm bitince konvertör temizlenerek yeni döküm için hazırlanır.

2.1.3. Dökme Çeliğin Çeşitleri ve Kimyasal Bileşimi

Dökme çelik (çelik döküm) demir-karbon alaşımıdır. Dökme çeliğin özelliklerine en çok bileşiminde bulunan karbon etki eder. Karbon miktarına göre dökme çeliğin özelliklerinde büyük değişiklikler görülür. Dökme çeliğin çeşitleri aşağıdaki gibidir.

- **Alaşımsız dökme çelikler**

Alaşımsız dökme çelikler, sade karbonlu malzemeden dökülmüş çeliklerdir. Sade karbonlu çeliklerin bileşiminde karbondan başka silisyum, manganez, fosfor, kükürt ile arıtma gibi işlemler sonucu bileşimde çok az da olsa kalan alüminyum, bakır vb. elementler bulunabilir. Dökme çeliklerin kimyasal bileşimi Tablo 2.1'de görülmektedir.

Elementin Adı		% Miktarı
Karbon	(C)	0,25-1,7 (2,0)
Manganez	(Mn)	0,50-1,00
Silisyum	(Sİ)	0,20-0,80
Fosfor	(P)	0,05 en çok
Kükürt	(S)	0,06 en çok

Tablo 2.1: Dökme çeliklerin kimyasal bileşimi

- **Alaşımlı dökme çelikler**

Alaşımlı dökme çelikler, alaşımlı çelik malzemeden dökülmüş çeliklerdir.

Alaşımlı çelikler, bileşiminde sade karbonlu çeliklerde (alaşımsız çelikler) belirtilen oranları aşan ve özel maksatla içerisinde diğer alaşım elementlerinden bir veya birden çoğu bulunan çeliklerdir. Alaşımlı çelikler, bileşimindeki alaşım elementinin toplamına göre aşağıdaki gibi olur.

Az alaşımlı dökme çelikler:

Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı % 5'i (bazı kaynaklarda % 8'i) geçmeyen çeliklerdir.

Yüksek alaşımlı dökme çelikler:

Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı % 5'i (bazı kaynaklarda % 8'i) geçen çeliklerdir.

2.1.4. Dökme Çeliklerin Bileşiminde Bulunan Elementler

Dökme çeliklerin bileşiminde, karbon, silisyum, manganez, fosfor ve kükürt bulunur. Esasen bu elementler bütün dökme demir çeşitlerinde bulunmaktadır. Bu elementlerin dökme çeliklere etkileri aşağıda açıklanacaktır.

- **Karbon**

Dökme çeliklerin özelliklerine en çok karbon etki eder. Karbon, dökme çeliğin sertliğini ve çekme mukavemetini artırır. Buna karşılık esnekliğini, dövülebilme, kaynak edilme ve kesilme özelliğini azaltır.

- **Silisyum**

Silisyum, diğer elementler gibi demir filizlerinden ve ocak astarından (tuğla vb. örgü gereçlerinden) bileşime karışır. Silisyum, dökme çeliklerin bileşiminde meydana gelen gaz boşluklarını önler ve dökme çeliklerin mekanik dayanımı ile özgül ağırlığını artırır. Ayrıca esnekliğini azaltır fakat çekme dayanımı ile akma sınırını artırır. Bileşiminde % 14 silisyum bulunan çelikler, kimyasal etkilere dayanıklı olur. Ancak silisyumu fazla olan çelikler dövülemez.

- **Manganez**

Manganez, kükürt ile birleşerek mangan sülfür (MnS) hâlinde oluşur ve cürufa karışır. Böylece kükürdün, demirle birleşmesini önler. Kükürt, demirle birleşince alaşım sert ve kırılgan olur. Diğer yandan manganezin fazlası karbonla birleşir ve mangan-karbür (Mn_3S) oluşur. Bu da çeliğin sertliğini dayanımını artırır fakat plastikliğini azaltır. Ancak bu, bileşimdeki karbon miktarına bağlıdır.

Manganez, ayrıca dövme, kaynak yapma özelliğine olumlu yönde etki eder. Manganezin yüksek karbonlu çeliklerde etkisi, az karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Manganez su verme derinliğini artırır ve korozyona etkisini geliştirir.

- **Fosfor**

Bileşimde en çok % 0,030–0,050 arasında bulunur. Genel olarak fosfor, çeliklerde zararlı bir element olarak tanınır. Çünkü mikroyapının büyümesine ve dökme çeliğin kırılgan olmasına sebep olur.

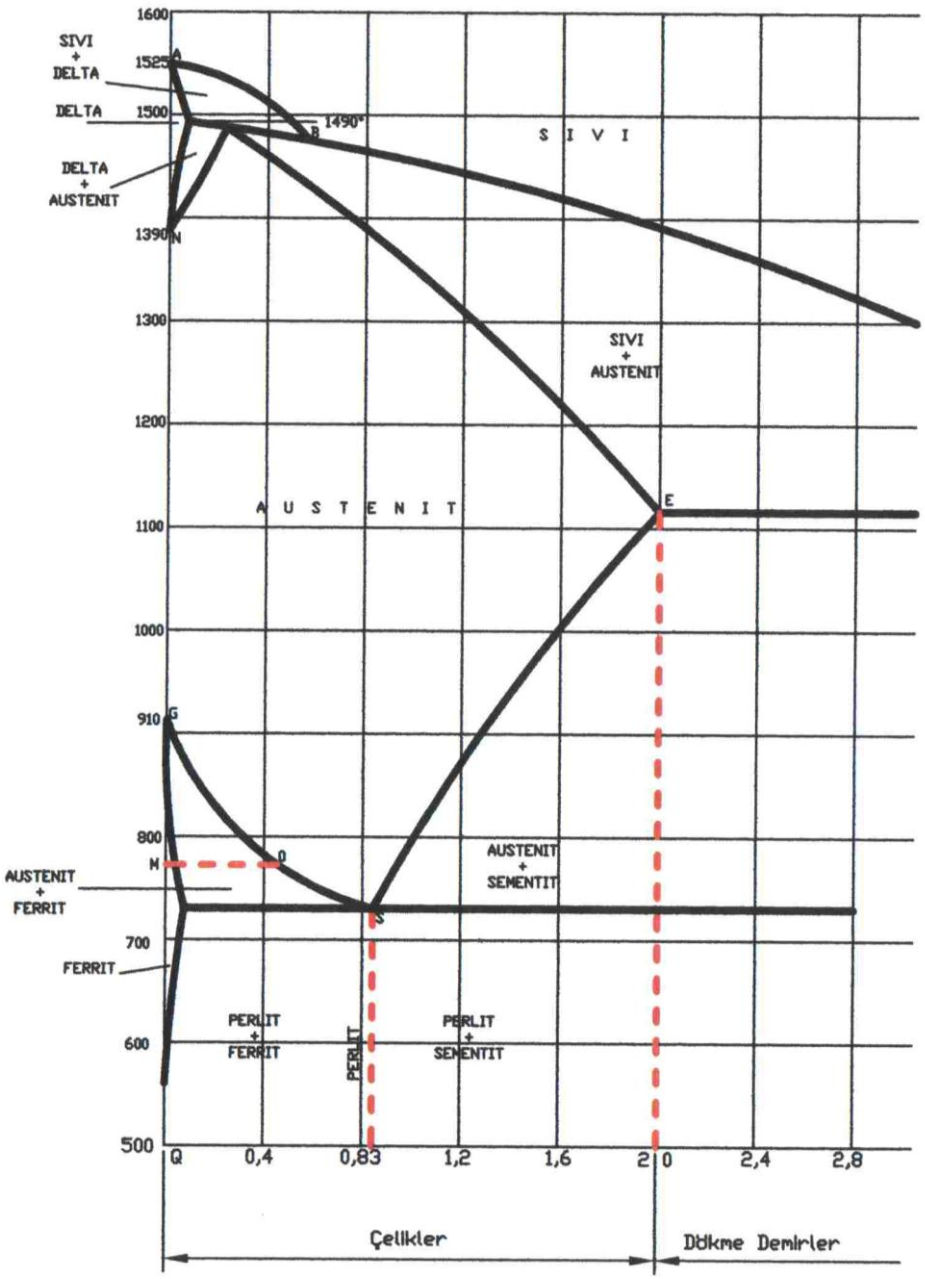
- **Kükürt**

Bu da fosfor gibi bileşimde istenmeyen bir elementtir. Genel olarak bileşimde en çok % 0,025–0,050 arasındadır. Alaşımın kırılgan olmasına sebep olduğu için bileşimdeki bütün kükürdün, manganezle birleşmesi istenir.

2.1.5. Dökme Çeliklerin Yapı Bileşenleri (Mikroyapısı)

Dökme çelikler ferrit, perlit, sementit, östenit gibi yapı bileşenlere sahiptir. Bunlar, dökme demir modülünde, "Dökme Demirlerin Yapı Bileşenleri" konusunda tanıtılmış,

ayrıca aynı modülde "Demir-Karbon Denge Diyagramında" belirtilmiştir. Bu nedenle gerekli açıklamalar burada tekrar verilmemiştir. Yalnız dökme çeliklerin yapı bileşenleri topluca Şekil 2.5'te görülmektedir. Bu yapılar içinde dökme çelikler için en önemlisi östenit yapıdır. Bu yapının önemi daha çok ısıl işlem (tavlama, gerginlik giderilmesi, sertleştirme vb. gibi) yönündendir. Bununla ilgili gerekli açıklamalar ısıl işlem konusunda verilmiştir.



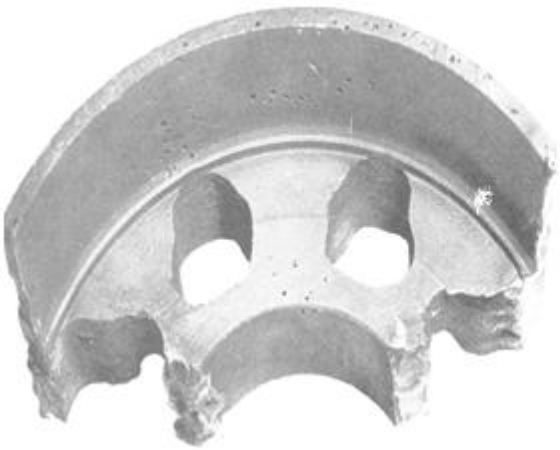
Şekil 2.5: Demir-karbon denge diyagramı

2.1.6. Dökme Çeliklerde Döküm Hataları

Dökme çeliklerde kum kalıba yapılan döküm sonrasında bazı döküm hataları oluşur. Bunları tanıyalım.

- **Gözenekler**

Döküm parçaların yüzeylerinde görülen kanal şeklindeki yatay şişkinlikler, şekil bozuklukları, kabuklaşma, küresel toplanmalar gibi hatalar dışında kalan diğer bir hata da dökümlerde meydana gelen gözeneklerdir. Bunlara gaz boşlukları da denir (Resim 2.1, 2.2).



Resim 2.1: Gözenek hatası



Resim 2.2: Gözenek hatası

Gözenekler, düzgün yüzeyli, ufak ve döküm yüzeyinin derinliklerine doğru dikey uzayan delikler hâlinde olur. Bu hatanın meydana geliş nedeni henüz tartışma konusu olmakla beraber, metalin yüzeyinde veya biraz altında oluşan bir reaksiyon sonucu oluşan karbon monoksit (CO) veya su (H_2O) ya da bunların her ikisinin de olabileceği görüşü ağırlık kazanmaktadır.

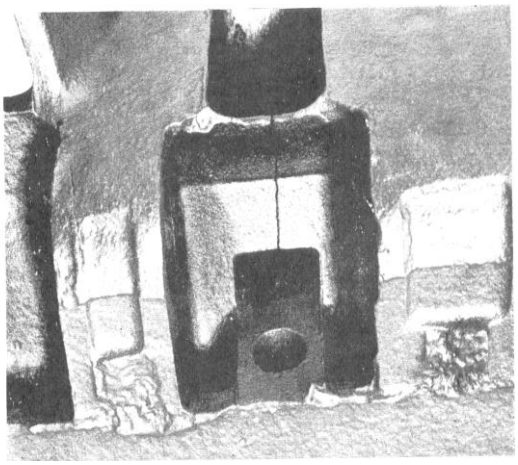
Gözenekler, rutubetli kalıp kumlarına dökülen dökme çeliklerde daha çok görülmektedir. Rutubetli kum ile kurutulmuş kum kalıplar arasındaki başlıca fark, kalıp kumlarındaki rutubet miktarı olduğuna göre çelik dökümün yapısındaki hidrojen ve oksijen reaksiyonundan oluşan su (H_2O), bu hatanın meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bunun için ergimiş çeliğin, dökülmesinden önce alüminyum ile işlem görmesi ve içindeki oksijenin alüminyum ile birleşmesi sağlanır. Böylece döküm parçalarda oksijen oluşumunun meydana gelecek gözeneklerin önlenmesi sağlanmış olur. Bu durumda, oksijen, hidrojen yerine alüminyumla reaksiyona girmiş olmaktadır.

- **Döküm parçaların çatlaması**

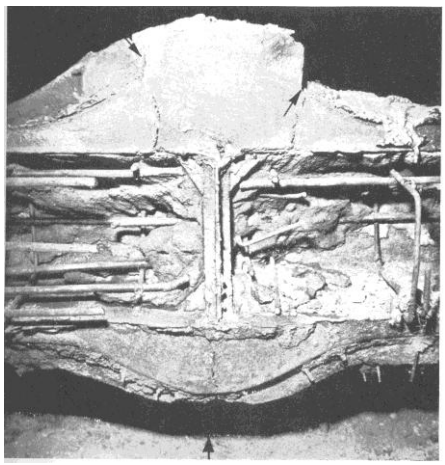
Bu hata daha çok maçadan oluşabilir. Ergitilmiş çelik, yüksek sıcaklıklarda kalıplara dökülür ve çok kısa bir zaman sonra da katılaşır. Bu şekilde hızla katılaşma olması hâlinde maça, henüz ısınmamış olabilmektedir. Bu durumda maçayı oluşturan kum tanelerinin ve

bağlayıcı katkı maddesinin birbiri ile olan bağlarının gevşememesi çatlamaya sebep olur (Resim 2.3, 2.4).

Döküm çatlakları yalnız dökme çeliklere has bir özellik olmayıp hemen her çeşit metal ve alaşımlarda da oluşabilir. Fakat daha çok dökme çeliklerde olmaktadır. Genel olarak çatlamaların hemen hepsi hiç şüphesiz maçalardan olmayabilir. Ancak maçalar, kalıplara göre daha sağlam bir yapıya sahiptir. Bunun içindir ki maçaların kalıplara göre hataya daha fazla sebep olduğu belirtilmektedir.



Resim 2.3: Çatlama hatası



Resim 2.4: Çatlama hatası

Diğer bir görüşe göre; çatlamalar, çok ince olup görülmeleri mikrodalgalardan ve asitlerden faydalanılarak yapılan deneylerle saptanabilir. Kıl gibi çok ince hâldeki bu çatlakları, gözle görmek mümkün değildir. Döküm parçalarda, dış yüzeylerine göre daha geç katılaşan kısımların bulunması, çatlamayı daha da artırır. "Sıcak noktalar" olarak tanımlanan bu kısımlar, çevredeki metale göre sıvı hâlini bir müddet daha devam ettirdiğinden çekme gerilmelerinin toplandığı birer odak noktası hâlindedir.

Bu arada şu hususu da gözden uzak tutmamak gerekmektedir. Örneğin bir maça için hazırlanan kum karışımı bir uygulamada iyi bir iş meydana getirebildiği hâlde, bir başka işte hatalı sonuçlar meydana getirebilmektedir. Bunun gibi, belli özellikte ergitilmiş çelik alaşımı, bir döküm işleminde çatlama yapmasa da bir başka dökümde çatlama yapabilir. Çatlamaya sebep olan nedenlerden biri de çelik dökümün bileşiminde bulunan fosfor ve kükürt gibi elementlerdir. Bunların belli miktarlardan fazla olması hâlinde döküm parçalarda çatlamaların artmasına yol açar. Bunun için alaşımın bileşimi iyi ayarlanmalı, bir önlem olarak alüminyum ile arıtılmalı (deokside) ve maçalar ile kalıp kumu karışımları, bunlardan yapılan kalıp ve maça sıkılıkları normal olmalıdır.

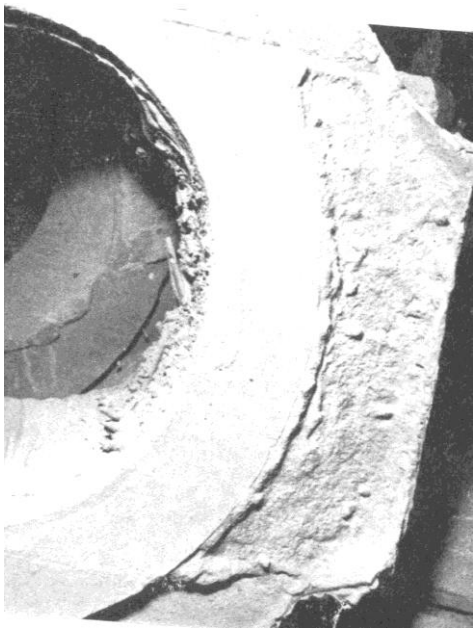
- **Ergimiş metalin kalıp kumuna girmesi**

Dökme çeliklerin diğer metal ve alaşımlardan ayrılan bir diğer özelliği de dökümündedir. Çelik döküm, kalıp ve maçalarda bulunan en küçük delikleri dahi doldurabilir. Bunun için döküm parçaların yüzeylerinde bazen kum yapışmaları veya dart

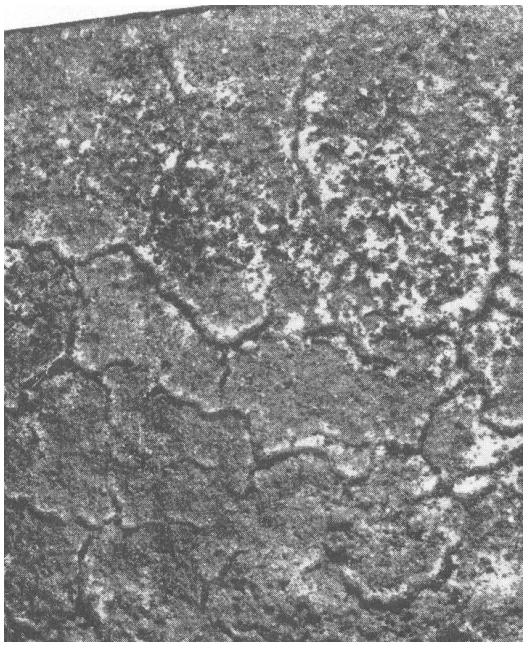
hatası sonucu sürüklenen kumun yerini ergimiş metal doldurması suretiyle şişkin kısımlar görülmektedir (Resim 2.5, 2.6).

Ergimiş metalin, kuma girmesine sebep olan durumlar aşağıda belirtildiği gibidir:

- Ergimiş metalin kalıp kumu ile temas hâlinde bulunduğu süre ne kadar uzun olursa kuma girme ihtimali o kadar uzun olmaktadır.
- Metalin basıncının artırılması metalin kuma girme eğilimini artırır.
- Yüksek sıcaklıklarda dökülen metallerin kuma girmesi daha fazladır.
- Kalıp kumu taneleri çok iri olduğu veya kalıp kumu normal karıştırılmadığı durumlarda, ergimiş metalin kuma girmesi artar.
- Kalıp ve maçaların yüzeyleri uygun boyanmadığı hâllerde ergimiş metalin kuma girmesi fazlalaşır.



Resim 2.5: Metalin kalıp kumuna girmesi



Resim 2.6: Metalin kalıp kumuna girmesi

- Ergimiş çeliğin bileşiminde fazla miktarda karbon bulunması hâllerinde girme olabilir.
- Kalınlığı az olan kum kalıplara fazla miktarda metal dökülmesi girmeyi artırır.
- Kum içindeki rutubet ve iyi özellikte olmayan katkı maddelerinin kullanılması ergimiş metalin kuma girmesini artırır.

Yukarıda açıklanmış sebeplerden daha başka olanları da vardır. Bunun için önlemler alınır. Örneğin, kalıp ve maçaların yüzeyleri gerekli örtü gereçleri ile boyanır. Bu şekilde yüzeysel gözenekler kapatılır ve ergimiş çeliğin bu gözeneklere girmesi önlenir.

- **Seroksitler**

Dökme çeliklerin üst yüzeylerinde, normal olarak metalden ayrı maddeler birikebilir. Değişik silis, mangan, demir ve alüminyum oksit bileşiklerinin düşük sıcaklıklarda ergiyen karışımlardan oluşan bu birikintilere seroksitler denir. Seroksitler, döküm şekli, pota astarlarının bileşimi, yolluk ve gidiciler, kalıp iç boşluğunda bulunan hava, ergitilen alaşımın bileşimine bağlı olarak oluşur.

2.1.7. Dökme Çeliklerin Kalıp ve Maça Boyaları

Dökme çeliklerden yapılacak parçaların temiz ve düzgün yüzeyli olması arzulanır. Ancak bunları engelleyen bazı sorunlar vardır. Dökme çelik kalıp ve maçalarında daha çok zirkonyumlu ve grafitli boyalar kullanılmaktadır. Kalıp ve maçaların boyanması aşağıdaki faydaları sağlar:

Sıvı metalin kalıp yüzeyinde rahat akışını sağlar.
Kalıp kumu sürüklenmesini (erozyonu) önler.
Yüzeylerde kabuklaşmayı önler.
Dökülen parçalarda düzgün bir görünüş sağlar.
Dökülen parçaların temiz yüzeyli olmasını sağlar.
Dökülen parçaların kolay temizlenmesini sağlar.

Yukarıda açıklananlardan başka daha çok faydalı yönü olan kalıp ve maçaların boyalarından bazı terkipler Tablo 2.3'te verilmiştir.

Dökümün Cinsi	**Su Miktarı**	**Isıya Dayanıklı Gereç**	**Katkı Maddeleri**
Dökme Çelik	100 l	70 kg Silis tozu	5 kg Bentonit
Dökme Çelik	Yeterli su	100 kg Manyezit	20 kg Bentonit 20 kg Hububat bağlayıcı % 0,15 Sodyumbenzol
Dökme Çelik	12-15 l	5 kg Silika tozu	1 kg Bentonit 2.5 kg Suda eriyen reçine

Tablo 2.3: Dökme çelik kalıp ve maçalarında kullanılan boya karışımları

2.1.8. Dökme Çeliklerin Akıcılığı

Ergitilmiş dökme çeliklerin akıcılığı, akıcılık spirali ile ölçülür. Kullanılan spiral, lamel grafitli dökme demirin akıcılık deneyinde kullanılan spiralin benzeridir. Dökme çeliklerin dökülme sıcaklığı ile bileşimine göre spiral uzunluğu değişir. Bilhassa bileşiminde bulunan karbon, silisyum, manganez, kükürt ile deoksidasyon maddeleri (alüminyum, ferro-silisyum vb.), spiralin uzun ve kısa olmasına etki eder. Bunların yanında, kalıbın yapıldığı gereç ile ergitmede uygulanan işlemler dökme çeliklerin akıcılığına etki eden faktörlerdir.

Dökme çeliklerin akıcılığının iyi olması, kalıpta en ince kesiklere kadar yürümesi için alaşımın bileşimi, kalıpların hazırlanması ve ergitmede uygulanan işlemlere bağlıdır.

2.1.9. Dökme Çeliğe Katılan Maddeler ve Etkileri

Dökme çeliklerin birçok özelliğini değiştirmek ve geliştirmek için çeşitli maddeler katılır. Bu maddeler ve dökme çeliklerin mikro yapısına etkileri aşağıda açıklandığı gibidir.

- **Silisyum**

Silisyum, oksijen alıcı bir temizleyicidir. Silisyum, manganez gibi çeliklerin bileşiminde bulunabilir veya sonradan katılabilir. Çelikte % 0,37'ye kadar silisyum bulunması mekanik özellikler üzerinde fazla etkili olmamakla beraber, deoksidasyonu sağlar ve tam okside edilmiş çelik üretimini kolaylaştırır. Fakat bu miktar artarsa çeliğin dayanım ile sertleşme derinliği artar. Buna karşılık darbelere dayanımı azalır. Bunun için çeliklerdeki silisyum miktarı % 0,357'nin üzerine çıkarılmaz.

Silisyum, demirde çok erir ve katı eriyik meydana getirir. Karbon bu eriyikte sementitten çok grafitik çökme eylemi gösterir. Silisyum, paslanmaz çeliklere % 2 kadar, nikel-krom wolfram (tungsten) valf çeliğinde ise % 1-1,25 arasında bulunur.

- **Manganez**

Manganez, karbür yapıcıdır ve çeliklerde oksijen alıcı olarak kullanılır. Ancak bu özelliği, silisyumdan daha azdır. Çeliklerde manganez miktarı % 10'un üzerine çıktığı zaman faz değişmeleri azalır. Bileşiminde % 1-1,4 karbon ve % 10-14 manganez bulunan, manganezli çelikler çok kullanılır. Bu çeliklere 1000˚C su verildiğinde yüksek manganez miktarı normal sertleşme değişimini durdurur ve çeliğin yapısı oda sıcaklığında östenitik olarak kalır. Bu yapıdaki çeliğin çekme dayanımı yüksek olduğu için dayanıklılığı fazladır. Aşınması çok az olduğu için kaya kırıcıları, kırma silindirleri, demir yolu parçaları vb. çok yüksek dayanım istenen parçaların yapımında kullanılır.

Otomobil krank milleri ile piston kolu gibi yüksek çekme ve darbe dayanımı gerektiren parçaların yapımında % 0,35 karbon, % 1,5 manganez, % 0,35 molibden kullanılır.

- **Alüminyum**

Alüminyum, çelikte oksijen alıcı olarak çok kullanılır. Demir oksidin oksijeni ile birleşerek alümina meydana gelir. Alüminyum, sıvı metaldeki ergimiş olan gazları alarak dökme çeliklerde meydana gelen karınca vb. gibi hataları önler.

Alüminyumla deoksidasyon işleminin, çelikteki yabancı sülfitlerin tip ve dağılımı üzerinde etkisi çoktur. Bu amaçla % 0,5'e kadar alüminyum kullanılır.

Çeliklere alüminyum katılması yapının küçük taneli olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak da normal karbonlu çeliklerin çekme ve darbe dayanımları yüksek olur.

- **Bakır**

Bakır, birçok az alaşımlı yüksek dayanımlı yapı çeliklerinde kullanılır. Bu çeliklerin korozyona dayanımını artırır. Çeliğe az miktarda bakır katılması, atmosferik korozyon

tesirlerini en aza indirir. Bu amaçla çeliğe % 0,15-0,25 bakır katılır. Bakır, ayrıca çeliğin sülfürik aside karşı da dayanımını artırır. Bakır demir ile birleşmez ve karbürleştirici değildir.

- **Nikel**

Nikel, çeliğin dayanımını artırır. Çelikte, özellikle krom ile birlikte bulunduğu zaman sertliğin derinliklere inmesini sağlar. Krom-nikel çelikler paslanmaz, korozyona (paslanmaya) ve ısıya dayanıklıdır. Bazı az karbonlu çeliklere dayanım ve sertliğini artırmak için % 5'e kadar nikel katılabilir. % 5'ten fazla nikelli çelikler, martenzit yapı meydana getirdiği için alaşım kırılgan (gevrek) olur. Bileşimde % 15 nikel bulunan çeliklerin yapısı tamamen martenzittir. Bu tür çeliklerin sertliği 300 brinelle kadar çıkar. Nikel miktarı daha fazla olursa yapıda ostenit görülür ve çeliğin sertliği azalır.

Bileşimlerinde alaşım elemanı olarak yalnız nikel bulunan çelikler çok kullanılmakla beraber fiziksel özelliklerin artırılması için az miktarda krom ve molibden katılması gerekir. Böylece çelikler yüksek aşınma ve darbe dayanımı gerektiren parçaların yapılmasında kullanılır.

- **Krom**

Krom, çeliğin dayanma özelliğini artırır. Fakat buna karşılık esnekliğini az da olsa azaltır. Ayrıca çeliğin sıcaklığa dayanımını da artırır. Korozyonu önler. Bilhassa yüksek miktarda krom, çeliğin paslanmaya ve aşınmaya karşı dayanımını artırır.

Kromlu paslanmaz çeliklerde, krom miktarı arttıkça çeliğin kaynak yapılabilme özelliği azalır. Krom çok kullanılan bir alaşım elemanıdır. Çeliklere % 0,30'a kadar krom kullanılabilir. Krom çok kuvvetli karbür yapıcı bir yapı elemanıdır. Krom, yüksek karbonlu çeliklerde aşınma dayanımını artırır.

- **Vanadyum**

Vanadyum, çeliklere çok az kullanıldığında bile alaşımın sıcağa dayanımını artırır. Vanadyum, bilhassa makine yapı çeliklerinin kristal yapılarının ince olmasını sağlamak ve mekanik özelliklerini geliştirmek için katılır.

Vanadyum genellikle alaşımlı makine çeliklerinde % 0,03–0,25 arasında bulunur. Karbür yapıcı bir katkı elemanıdır. Ayrıca çekme dayanımını artırır. Makine yapı çeliklerinde krom ve volfram ile birlikte kullanılır.

Vanadyum, makine, yapı ve sıcak iş çeliklerinde daha çok krom, hava çeliklerinde wolframla birlikte kullanılır.

- **Molibden**

Molibden, çeliğin çekme dayanımını ve ısıya dayanıklılığını artırır. Ayrıca kaynak edilebilme özelliğini artırır. Yalnız çeliğin bileşiminde fazla miktarda molibden bulunursa dövülebilmesini güçleştirir. Molibden, daha çok krom ile birlikte kullanılır ve etkisi volframa benzer.

Çeliklerin krom ve nikel ile birlikte kullanıldığında akma ve çekme dayanımlarını artırır.

Molibden kuvvetli bir karbürleştirici olduğundan hava ve sıcak iş çelikleriyle korozyona ve ısıya dayanım istenen çeliklerin yapımında kullanılır.

Molibden genellikle % 0,5-1 arasında kullanılır. Bu miktar % 0,3 karbonlu çeliklerde % 8 kadar olabilir. Az ve yüksek alaşımlı çeliklere molibden katılması, bu çeliklerin yüksek sıcaklıkta mekaniksel dayanımını artırır.

- **Volfram (Tungsten)**

Kuvvetli bir karbür yapıcıdır. Volfram, çeliğin dayanımını artırır. Takım çeliklerinde kesici ağızların sertliğini, kullanma ömrünün artırmasını ve yüksek ısıya dayanmasını sağlar. Bunun için takım ve hava çeliklerinde çok kullanılır. Volfram kaynak edilebilme özelliğini geliştirir. Volframın başlıca kullanıldığı yer, yüksek hız takım çelikleridir. Bu çeliklerin en önemli elemanı olan volfram, yüksek hız ve derin pasolarda verimli bir kesme sağlamak için çeliğe gerekli özellikleri verir. En çok kullanılan yüksek hız çeliğinde % 18 volfram, % 4 krom, % 1 vanadyum ve % 0,70 karbon bulunur.

- **Titanyum**

Titanyum, çok kuvvetli bir karbür yapıcıdır. Ayrıca temizleyici bir elementtir. Başta oksijen ve azot olmak üzere diğer yabancı maddelerle dengeli bileşikler kurar. Genellikle oksijen alıcı olarak az miktarda kullanılır ve çeliklerin bileşiminde % 0,25'e kadar bulunabilir. Az karbonlu deokside edilmemiş çelikleri deokside etmek için potaya orta veya yüksek karbonlu ferro-titanyum katılır.

2.1.10. Özel Dökme Çelikler

Belli özellikteki bir çelik alaşımından yapılmış araç ve gereçleri asit, korozyon, sıcak, soğuk gibi yerlerin hepsinde kullanmak mümkün olmaz. Dökme çelikten belli amaçlar için üretilen araç ve gereçler, bulundukları ortamın etkilerine dayanabilecek uyum özelliklerini taşımalıdır. Bu nedenle belli etkilerde özelliğini bozmadan kullanılabilecek ve dayanabilecek çelik bileşimi yapmak gerekir. Aşağıda belli yerlerde dayanım gösteren ve istenilen özellikleri taşıyan dökme çeliklerden örnekler verilmiştir. Genel olarak bunları "özel dökme çelikler" diye tanımlamak da mümkündür.

- **Korozyona dayanıklı (paslanmaz) dökme çelikler**

Bazı kaynaklar korozyonu, kimyasal ve elektrokimyasal tesirlerle katı bir cismin yüzeyinden, iç kısımlarına doğru oluşan tahribat olarak tanımlar. Buna örnek olarak demir ve çeliklerdeki paslanma gösterilebilir. Bu metallerdeki paslanma olayı oksijen ve rutubetin etkileridir. Havadaki oksijen demir, hidrojenle birleşir ve demir oksit (FeO) bileşiğini meydana getirir. Bu bileşik için gerekli olan demir miktarı, etkilenen demir parçasının yüzeyinden alır. Bu kimyasal olay ne kadar uzun olursa o kadar çok demir alınır ve olayın meydana getirdiği tahribat o derece fazla olur.

Biraz rutubetlenmiş iki değişik metalde derhâl, beklenilmeyen ve arzu edilmeyen gayet küçük paslanma olayları başlar. Bunlardan korozyon dayanımı daha az olan metaller çok etkilenir ve zamanla bozularak özelliğini kaybeder. Bu tesirlere çeliğin dayanımını artırmak için belli metaller katılır. Bu metallerin en çok kullanılanı kromdur.

Krom, demire göre oksijen tarafından daha çok etkilenir. Çünkü oksijen, krom atomları ile birleşir ve krom oksit oluşur. Bu oksit, çeliğin bütün yüzeyini zar gibi sarar. Böylece çelik, oksijenin etkisinden korunmuş olur. Kromun bu görevini yapabilmesi için bileşimde en az %12 krom olması gerekir.

Bileşiminde % 12 krom bulunduran bu tip çeliklere paslanmaz çelik denir. Bu dökme çelikler bilhassa kimyasal etkilere karşı çok dayanıklıdır.

Paslanmaz dökme çeliklerin değişik kullanma alanları vardır. Su türbinlerinin korozyon ve aşınmasının fazla olabilecek kısımlarında, kimya endüstrisinde asitlere dayanım istenen parçalarda, tıp alanında pek çok araç ve gereç yapımında, ayrıca supaplar, pompa gövdeleri ile dişliler ve daha birçok parçaların yapımında paslanmaz dökme çelikler kullanılır.

Paslanmaz dökme çeliklerin ergitilmesi ancak az miktarda asitli endüksiyon ocaklarında mümkündür. Daha büyük miktarlar için yalnız bazik astarlı ocaklar kullanılır. Krom-nikelli çelikler her zaman bazik astarlı endüksiyon ocaklarında ergitilir.

Paslanmaz dökme çelikler üç gruba ayrılır:

- Ferritik-karbürlü dökme çelikler (% 25-30 krom, % 0,5-1 karbon)
- Perlitik-martenzitik dökme çelikler (en az % 13-17 krom, % 0,1-0,25 karbon)
- Östenit-krom-nikel dökme çelikler (en az % 18 krom, % 8 nikel ve en fazla % 0,1 karbon)

% 14 kromlu dökme çeliğin çekme dayanımı 60- 110 kg/mm² arasında değişir. Akma sınırı ise 40-80 kg/mm²dir.

- **Manyetik olmayan dökme çelikler**

Manyetik olmayan dökme çeliklerin, düşük elektrik geçirgenliği ve çok iyi işlenme özelliklerinin olması gerekir. Ayrıca korozyona da dayanabilmelidir. Bu çeliklerde manganez ve nikel öncelikle belirtilecek elemanlardır. Yukarıda belirtilen özelliklerin olabilmesi için karbon miktarının iyi seçilmesi, katılan alaşım elementlerinden krom, molibden, vanadyumun alaşımda bulunması gerekir.

Manyetik olmayan belli başlı dökme çelikler şunlardır: Çok manganezli dökme çelikler, krom-nikel-manganezli dökme çelikler. Bunlardan krom-nikel-manganezli dökme çeliklerin bileşiminde; % 8 krom, % 5 nikel, % 8 manganez veya % 5 krom,% 8 nikel, % 8 manganez ve % 1 vanadyum bulunur. Bu dökme çeliklerin iyi dökülme ve yeterli işlenebilme özelliği vardır. % 12 manganezli, çelik dökümden ayrılır. Vanadyumlu alaşım,

60 kg/mm²ye dayanır. Buna karşılık dökme özelliği bakımından vanadyumsuz alaşımdan daha kötüdür.

Krom-nikelli dökme çelikler ise % 18 krom ve % 8 nikelli alaşımdır. Bilinen paslanmaz dökme çelik çeşitleri alaşımı meydana getiren elementlerin ayarlanması ile elektrik iletme değerlerine getirilebilir. Bunun için nikel katılması ile krom, molibden miktarının sınırlanması ve ferrit miktarının azalması gerekir.

- **Sıcağa dayanıklı dökme çelikler**

Sıcağa dayanıklı dökme çelikler gazların, bilhassa 600˚C'den daha fazla sıcaklıklardaki oksitleyici özelliklerine dayanıklı alaşımlardır. Sıcağa dayanıklı dökme çelikler, belli sıcaklıkta ve belli soğutma işlemlerine dayanabilen yapıda olmalıdır. Ayrıca sıcak durumda iyi bir dayanım ve yanmış yağın oluşturduğu korozyona karşı dayanımı da aranan özelliklerdir.

Sıcağa dayanıklı dökme çelikler, birçok yerde kullanılır. Devamlı çalışan ve sıcağa dayanıklı dökme çeliklerden yapılmış konveyör, ızgara, kutu ve zincirlerle, içine tav gereci gönderilen ısıl işlem fırınlarının yapımı bu çelikler sayesinde mümkün olmuştur. Sıcağa dayanıklı savurma dökümden yapılan borular, ocakların ve döküm potalarının ısıtılmasında kullanılır.

Kükürtlü filizlerin tavlama fırınlarındaki işlemlerinde kullanılan kromlu çelik dökümden karıştırıcılar ve ızgara çubukları diğer bütün gereçlerden daha ekonomiktir. Çimento endüstrisi döner fırınlarında, sıcaklığa dayanıklı gereçler kullanılır. Petrol endüstrisinde ve petro-kimya fırınlarında, sıcağa dayanıklı, savurma dökümden yapılmış borular, dirsekler ve boru askıları kullanılır. Krom-nikelli çeliklerden yapılmış ızgaralar, parçaların tavlanmasında kullanılır. Dizel motorlarında motor kapağı, aynı şekilde sıcağa dayanıklı çelik dökümden yapılan bir başka örnektir.

Sıcağa dayanıklı yüksek alaşımlı dökme çelik çeşitlerinin karbon miktarı, dövme gereçlere göre biraz fazladır. Karbonun fazlalığı, döküm özelliğini artırır Östenitik krom-nikel çeliklerinin sıcaklığa dayanımlarını artırır. Bileşimlerine göre bunları iki sınıfa ayırabiliriz.

- **Kromlu dökme çelikler**

Sahip oldukları krom miktarına göre 600-1200˚C arasında oksidasyona dayanıklıdır. Fakat dayanımları azalır.

- **Krom-nikelli dökme çelikler**

Bu östenitik dökme çelikler, oksidasyona karşı iyi bir dayanıklılık yanında, artan nikel miktarı ile sıcak durumda dayanımı artar. Isıl zorlamaların yanında, mekanik zorlamaların da bulunduğu durumlar için çok elverişlidir.

Nikelli çeliklerin kükürtlü gazlarla temasta bulunması uygun değildir. Bilhassa gazlar, indirgeyici olarak etki yapar ve kükürt bulunursa çok kötü durum yaratır. Düşük

sıcaklıklarda ergiyen nikel sülfitlerin oluşması yapıyı çok bozar (Nikel-sülfitin ergime noktası 787˚C ve ötektik-nikel sülfitin ergime noktası 644˚C'dir.).

Sıcaklığı 900˚C'ye kadar çıkabildiği ve çok miktarda alkali bulunduran yakacakların kullanıldığı durumlarda, takriben % 50 krom, % 50 nikel, aynı şekilde % 60 krom, % 40 nikel tavsiye edilen değerlerdir. Bu çelik alaşımları soğuk durumlarda kırılgandır fakat 600˚C'nin üstünde iyi esneklik kazanır. Tablo 2.4'te krom-nikelli çelik alaşımlarının üst sıcaklık sınırları verilmiştir.

Alaşımın cinsi	Dayandığı sıcaklık (˚C)
% 50 krom - % 50 nikel	750 – 850
% 60 krom - % 40 nikel	850'den fazla

Tablo 2.4: Krom-nikelli çelik alaşımlarının sıcaklığa dayanımları

Krom % 35 ve nikel % 65 olan çelik döküm alaşımları soğuk durumda, yukarıdaki iki alaşımdan daha esnektir. Buna rağmen küllerin korozyonuna dayanıklı değildir. Ancak 750 ˚C'ye kadar kullanılabilir.

- **Soğuğa dayanıklı dökme çelikler**

Soğuğa dayanıklı dökme çeliklerin, "-10˚C"den daha aşağı sıcaklıklarda dahi yeteri kadar çekme dayanımı ve esneklik gösterdiği söylenebilir.

Soğuğa dayanıklı dökme çelikler kutuplarda, çok düşük soğuklarda kullanılmakta olan taşıtlarda, ayrıca "-70˚C" dolaylarındaki stratosfer sıcaklıklarında uçan uçaklarda kullanılır. Bununla birlikte ana uygulama yeri, son yıllarda çok ekonomik alan olarak gelişmiş olan endüstriyel soğutma tekniğidir.

Çelik elde etme metotlarındaki fazla oksijen sarfiyatı, oksijene olan ihtiyacı oldukça artırmıştır. Petro-kimya sanayinde organik ürünlerin ayrıştırılması dondurulmakla yapılmaktadır. Bunlar arasında bilhassa plastiklerin ana maddesini teşkil eden etilenin elde edilişi ve parçalanışı önemlidir. Yüksek soğutma tekniğinde yer gazının (metan) sıvılaştırılması, yeni bir kullanma sahası ortaya çıkarmıştır. Bu sahada dökme çelik, esas olarak soğuğa dayanıklı donanımlarda kullanılır.

Soğuğa dayanıklı belli başlı çelik dökümler şunlardır:

Alaşımsız, ferritik-perlittik yapıdaki dökme çelikler: Çekme dayanımları 45-60 kg/mm² ve kullanma sıcaklığı "-40˚C"ye kadar.

Islah edilmiş dökme çelikler (Krom- molibden veya nikel alaşımlı dökme çelikler): 65 kg/mm²ye kadar çekme dayanımı kazandırılır. Kullanma sıcaklığı "-120˚C"ye kadar.

Östenitik dökme çelikler: Ergiyik hâlde tavlanmış ve su verilmiş, kullanma sıcaklığı "-196˚C"ye kadardır.

- **Dökme ıslah çelikleri**

% 5 alaşımlı, 70-120 kg/mm² çekme dayanımı olan dökme çeliğe, az alaşımlı dökme ıslah çelik denir. Yüksek çekme dayanımı, yüksek zorlanma büyük yüklere karşı ıslah çelikleri kullanılır. Bileşimdeki karbon oranı % 0,025–0,46 arasında değişir. Karbon miktarı fazla olduğu takdirde, kaynak esnasında bazı sorunlar doğar. Silisyum % 0,3–0,5, manganez % 0,5–0,9 arasında değişir. Darbelere dayanabilmesi için fosfor ve kükürt miktarı mümkün olduğu kadar az olmalıdır.

Alaşım elementleri olarak molibden, krom-molibden-vanadyum veya krom-nikel-molibden kullanılır. İyi sertleştirme için alaşım elementlerinin uygun ve yeterli miktarda seçilmesi gerekir. Islah çelikleri için en iyi ekonomik alaşım elementi kromdur. Krom miktarı yükseldikçe kritik soğuma hızı çok çabuk düşer. Krom miktarı %3,5'e kadar uygundur. Islah işlemi 70 kg/mm²ye kadar olur. Az karbonlu iken suda sertleştirmemeyle çok iyi darbe dayanımı sağlanır. Molibdenli alaşımlarda sertleştirme iyi sonuç vermez. Darbe dayanımı düşüktür. % 0,20–0,50'ye kadar molibdenli alaşım yapılabilir. Krom-molibden dökme çeliklerde 100 kg/mm² çekme dayanımı ve üstü tokluk sağlanabilir. Eğer iyi bir çekme dayanımı ve iyi dayanıklılık istenirse krom-nikel- molibdenli çelikler seçilmelidir.

2.1.11. Dökme Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemler

Çeliklere uygulanan ısıl işlemleri aşağıdaki gibi belirtmek mümkündür. Bu işlemler için kullanılan diyagram Şekil 2.6'da görülmektedir.

Isıl işlemi: Katı durumdaki metal veya alaşımlarına kimyasal bileşimine göre belirli özelikler kazandırmak amacıyla uygulanan bir ya da daha çok sayıda tavlama (ısıtma) ve soğutma işlemidir (Sıcak biçimlendirme veya sıcak işleme, yüzey korunması amacıyla yapılan ısıtmalar, ısı işlemi sayılmaz.).

- **Sertleştirme**

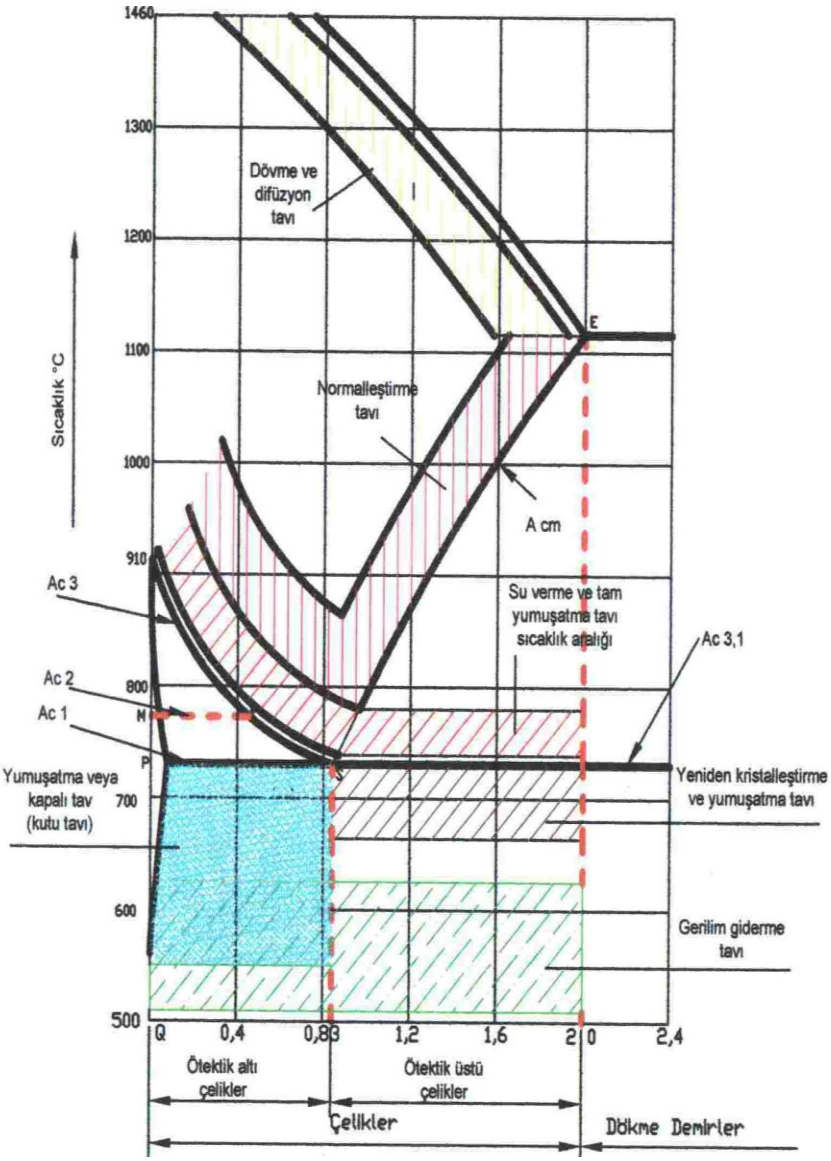
Malzemeye sertlik, diğer bir deyimle mukavemet kazandırmak için yapılır. Malzeme östenit bölgesinde ısıtılır. Burada bir müddet tutulur sonra hızla soğutulur. Bu soğutma, çeliğin cinsine göre su veya yağla olabilir. Hava çeliklerinde havada soğutma yeterli olur. Elde edilen yapı martenzittir. Bu yapı çok kırılgandır. Bu vaziyette kullanılmaz. Menevişlenmesi gerekir.

- **Menevişlenme**

Kırılgan olan martenzitin gerilmelerini almak için menevişleme yapılır. Su verilen malzeme 100-600˚C arasında ısıtılır. Belirli bir süre havada tutulduktan sonra soğutulur. Soğutma hava, su veya yağda yapılabilir. Fakat çok ince karbürler çökelmeye başlar, sertlik biraz düşer. Meneviş sıcaklığı yükseldikçe meneviş süresi de uzadıkça karbürler belirginleşir. Ferrit ana doku görünmeye başlar. Daha sonra karbürler yuvarlaklaşır ve ferrit ana dokusu hâkim olur. Dolayısı ile sertlik de gittikçe düşer. Süneklik artar.

➢ **Normalizasyon**

Herhangi bir nedenle yapısı bozulmuş malzemenin bu yapısını normalleştirmek için yapılır. Sıcak dövülmüş ve döküm malzemeler bu sınıfa girer. Malzeme östenit bölgesinde ısıtılır. Belirli bir süre burada tutulur. Tavlama tamamlanınca havada soğutulur. Dokuda anormal taneler yoktur. İri taneler ufalır. Yapı itibariyle ferrit perlitten ibarettir. Normalize edilmiş doku, sertleştirmeden önce en uygun dokudur. Bu sebeple sıcak dövülmüş çelikler sertleştirme öncesi normalize edilir.



Şekil 2.6: Çeliklere uygulanan çeşitli ısı işlemlerine ait sıcaklık bölgeleri (tavlama bölgeleri)

- **Yumuşatma tavı**

Yumuşatma tavı, genellikle çeliğe perlit dönüşüm noktası Ac_1 civarında, fırında veya özel kapalı bir yerde tavlama ve sonra yavaş soğutma işlemidir.

Ötektoit altı çelikler, soğuk biçimlendirmenin devam etmesi gerektiği hâllerde, 550–723 ˚C arasında bir sıcaklıkta ısıtılarak yavaş soğutulur. Buna ara tavı denir.

Ötektoit üstü çelikler, sert lamel sementitleri küresel sementit hâline dönüşerek talaş kaldırmak için Ac_1 noktası civarında tavlanarak yavaş soğutulur.

- **Gerilim giderme tavı**

Herhangi bir nedenle gerilim altında kalmış yapıda gerilimleri alıp malzemeyi rahatlatmak için yapılır. Kaynak edilmiş, doğrultulmuş, dökülmüş, sıcak dövülmüş, taşlanmış veya benzeri işlem görmüş malzemeler gerilim giderme tavına tutulur. Malzeme 400-600 ˚C'de tavlanır ve genellikle tavlama sonrası bir müddet fırında soğutulur. Daha sonra açık havaya bırakılır. Gerilim gidermeye tutulan iş parçasında istenmeyen gerilimler ortadan kalkar, malzeme rahatlar ve kendi kendine çalışmaz.

- **Islah etme**

Malzemeye yüksek tokluk kazandırmak için yapılır. Malzeme su verildikten sonra yüksek sıcaklıklarda menevişlenir. Bu sıcaklık 500–700 ˚C kadardır. Malzeme taneleri sementit yapıya sahiptir. Ana doku ferrittir.

2.1.12. Dökme Çeliklerin Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tav Fırınları

Dökme çeliklerin ısıl işlemlerinde kullanılan tav fırınları çok çeşitlidir. Dökme çelik atölyesinin şekline ve döküm parçaların durumlarına göre değişik biçim ve büyüklüklerde yapılır.

Tav fırınlarının iç kısımları ısıya dayanıklı ateş tuğlaları veya seramik yünü ile örülür. Tavanları düz veya kavisli yapılır. Döküm parçalar fırınlara elle ya da vinçle konur.

Tav fırınları, arabalı veya arabasız olarak kullanılabilir. Arabalı olanları, kalıpların ve maçaların kurutulmasında kullanılan kurutma fırınlarına benzer. Büyük ve ağır döküm parçalar, araba üzerine vinç ile konur. Sonra da araba raylar üzerinde, fırın içine itilerek yerleştirilir.

Arabasız olanlarda döküm parçalar elle, büyük döküm parçalar ise fırın üstü (tavanı) açılarak vinç ile fırın içine yerleştirilir. Ancak böyle tav fırınları genellikle az kullanılır.

Tav fırınlarının içi, istenilen sıcaklıkta olmalıdır. Tav fırınlarında istenilen tavlama sıcaklıkları gerektiğinde azaltılabilmeli veya artırabilmelidir. Bunun için fırın iç sıcaklığını ayarlayan ve bu sıcaklıkları gösteren sistemler bulunmalıdır.



Resim 2.7: Elektrikli tav fırını

Tav fırınlarının iç sıcaklığı tavlanacak döküm parçalar için çok önemlidir. Fırın içindeki sıcaklığın dışarıya sızmasını önlemek amacıyla fırın kapıları çok iyi izole edilmelidir. Ayrıca diğer kısımların da sıcaklığın sızmaması için iyi izole edilmesi gerekir. Böylece fırın iç sıcaklığı sabit tutulduğu gibi enerjiden de tasarruf edilmiş olur.

Tav fırınlarının ısıtılmasında katı, sıvı ve gaz yakacaklardan yararlanılır. Özel hâllerde veya küçük tipteki tav fırınlarında elektrik de kullanılır. Katı ve sıvı yakacaklarla yapılan tavlamalarda, yakacağın alevi döküm parçaların üzerine doğrudan gelmemelidir. Bu durumdaki döküm parçanın yakacak alevinin doğrudan etkisinde kalan kısımları çok fazla, diğer kısımları ise az ısınır. Bu şekilde tavlama ile döküm parçanın her tarafı istenilen şekilde tavlanmamış olur. Sonuç olarak döküm parçanın mikro yapı değişimi de tam olmaz.

Yakacak alevinin, döküm parça üzerine doğrudan teması önlenmelidir. Bunun için yakacak alevi ile döküm parçaların bulunduğu kısımlar arasına ateş tuğlasından ince duvar örülür.

Tav fırınının ısıtılmasında kullanılan sıvı veya gaz yakacağın ısısı, fırın büyüklüğüne ve şekline göre değişik kısımlardan fırın içine gönderilir. Katı yakacak ile ısıtılan tav fırınlarında ise yakacak, fırının uygun bir kısmına konulan ocak kısmında yakılır. Burada meydana gelen sıcaklık, fırın içine özel olarak gönderilerek tavlama sıcaklığı sağlanır. Bütün bu sistem ve fırın şekilleri döküm atölyesinde yapılan döküm parçaların özelliklerine bağlıdır.

Tavlanmış döküm parçaların gerektiğinde soğutulabilmesi için tav fırınlarının ön veya yakın kısmında yapılmış su havuzları bulunur. Bu havuzlar, tavlanmış döküm parçaların soğutulması için kullanılır. Fırından tavlanmış döküm parçası alınır ve su havuzunda hızla soğutulur. Bu havuzun suyu, gerektiğinde değiştirilebilecek şekilde bir sistemle donatılmış olmalıdır.

2.2. Dökme Çeliklerin Kullanma Alanları

Dökme çelikler döküm sanayi, diğer sanayi dallarının temel üretim sektörü olup mamulleri motor, makine ve hizmet üreten; sanayileşmenin ve kalkınmanın temelini oluşturan aşağıdaki sanayi gruplarının ilk yarı mamullerini teşkil eder.

- Genel otomotiv sanayi
- Genel makine sanayi

- Motor redüktör ve aktarma organları sanayi
- Metal cevheri hazırlama sanayi
- Kimya ve petrokimya sanayi
- Çimento ve tuğla sanayi
- Demir yolları ve genel ulaşım sanayi
- Demir ve çelik sanayi
- Elektrik motorları sanayi
- Dayanıklı tüketim malları sanayi
- Şehir altyapı sanayi

2.3. Dökme Çeliklerin Normlarla Gösterilmesi TS (Türk Standartları)

Standartlar Ts-4034 çelik dökümler / genel amaçlar için

TS-4034	**DIN 1681**	Mat. Nu.	Çekme Dayanımı min. Kgf/mm² (N/mm²)	Akma Sınırı min. Kgf/mm² (N/mm²)	Kopma Uzama % min.	Kesit Daralma% min.	Çentik Dayanımı min. kgf/cm²	Katlama Deneyi min.
ÇD-38	GS-38	1.0416	38 (372)	19 (186)	25	35	- 1.9	- d=2a
ÇD38.3	GS-38.3	1.0420						
ÇD-45	GS-45	1.0443	45 (441)	23 (225)	22	30	- 1.4	- d=3a
ÇD-45.3	GS-45.3	1.0446						
ÇD-52	GS-52	1.0551	52 (509)	26 (254)	18	25	- 1.0	- d=4a
ÇD-52.3	GS-52.3	1.0552						
ÇD-60	GS-60	1.0553	60 (588)	30 (294)	15	-	- 0.6	- -
ÇD-60.3	GS-60.3	1.0558						
ÇD-62	GS-62	1.0555	62 (602)	35 (343)	15	-	- 0.6	- -
ÇD-62.3	GS-62.3	1.0559						
ÇD-70	GS-70	1.0554	70 (686)	42 (412)	12	-	- -	- -

Tablo 2.5: Dökme Çeliklerin Normlarla Gösterilmesi TS

UYGULAMA FAALİYETİ

ÇD- 52 Dökme çelik dökümü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Endüksiyon ocağı çalıştırılmadan önce kontrollerini yapınız. ➢ Ergitilecek hurda çelikleri ocak potasına girebilecek seviyede ve alaşımlarına göre tartarak hazırlayınız. ➢ Ergitilecek malzemeden önce cüruf yapıcı malzemeyi ocağa yükleyiniz (cam, kireçtaşı gibi).  ➢ Ergitilecek çelik malzemeyi ocağa yükleyiniz. ➢ Ocağı çalıştırınız. 	➢ Ocakçı kıyafeti giyiniz.   ➢ Çalıştırmaya 25 amperle başlayınız, 15 dakika çalıştırınız ve amperi yükseltiniz, çıkış gücünü 100 KW'ya çıkarıp bırakınız.

➢ Yükleme yaptıktan sonra enerji vererek ergitme işlemini başlatınız. ➢ Metal ergidikçe ilave çelik malzemeyi yükleyiniz.  ➢ Sıvı metal, döküm sıcaklığına ulaşınca curuf temizleyici maddeyi potaya atınız. ➢ Sıvı metalin cürufunu temizleyiniz. ➢ Sıvı metalin kimyasal yapısını analiz ediniz. ➢ İstenen standarda uygun ilaveler yapınız. ➢ Sıvı metali ocaktan alarak kalıplara dökünüz. 	

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	Koruyucu önlük, gözlük ve eldiven giydiniz mi?		
2	Endüksiyon ocağı çalıştırılmadan önce kontrolleri yaptınız mı?		
3	Ergitilecek hurda çeliği hazırladınız mı?		
4	Cüruf yapıcı malzemeyi (cam, kireç taşı gibi) yüklediniz mi?		
5	Hazırlanan malzemeyi ocağa yüklediniz mi?		
6	Gaz maskesi taktınız mı?		
7	Ocağı çalıştırdınız mı?		
8	Metal ergidikçe ilave çelik malzeme yüklediniz mi?		
9	Sıvı metal döküm sıcaklığına ulaşınca curuf temizlemek için perlit katıp cüruf temizlediniz mi?		
10	Sıvı metalin kimyasal analizini yaptınız mı?		
11	İstenen standarda uygun alaşım malzemesi ilavesi yaptınız mı?		
12	Tekrar kimyasal analiz yaptınız mı?		
13	Gaz almak için alüminyum ilavesi yaptınız mı?		
14	Metali taşıma potalarına alarak kalıplara döktünüz mü?		

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. Bileşiminde en çok % 2 karbon bulunan demir –karbon alaşımı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Dökme demir B) Dökme çelik C) Temper döküm D) Sfero Döküm

2. Demir çelik fabrikalarında ham demir ve hurdadan çelik elde etmeye yarayan değiştiricinin genel adı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kupol ocağı B) Ark ocağı C) Konvertör D) Endüksiyon ocağı

3. Bessemer konvertöründe kullanılan ocak astarı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Asidik astar B) Bazik astar C) Nötr astar D) Seramik astar

4. Bessemer konvertöründe kullanılan gaz aşağıdakilerden hangisidir?
A) Oksijen B) Hava C) Hidrojen D) Azot

5. Thomas konvertöründe kullanılan astarın özelliği aşağıdakilerden hangisidir?
A) Asidik astar B) Bazik astar C) Nötr astar D) Seramik astar

6. Oksijen kullanılan konvertör aşağıdakilerden hangisidir?
A) Bessemer konvertörü B) Thomas konvertörü
C) Oksijen konvertörü D) Bessemer-Thomas konvertörü

7. Oksijen konvertörüne sıvı metal yüklenmeden önce aşağıdakilerden hangisi yüklenir?
A) Hurda çelik + demir filizi B) Kireç taşı + alaşım malzemesi
C) Kireç taşı + hurda D) Hurda + oksijen

8. Az alaşımlı dökme çeliklere en çok aşağıdakilerden hangisi etki eder?
A) Silisyum B) Manganez C) Karbon D) Fosfor

9. % 10 Mn'lı dökme çelik imal ediyoruz. Bu üretilen malzeme aşağıdakilerden hangi sınıflamaya girer?
A) Çok alaşımlı dökme çelik B) Az alaşımlı dökme çelik
C) C + Mn'lı dökme çelik D) Si + Mn'lı dökme çelik

10. Dökme çeliklerin özelliklerine en çok etki eden, sertliğini ve çekmesini artıran, buna karşılık esnekliğini, dövülebilme, kaynak edilme ve kesilme özelliğini azaltan aşağıdakilerden hangisidir?
A) Silisyum B) Manganez C) Molibden D) Karbon

11. Diğer elementler gibi demir filizlerinden veya ocak astarlarından (tuğla vb. örgü gereçlerden) bileşime karışma olur. Dökme çeliklerin bileşimlerinde meydana gelen gaz boşluklarını önleyen ve dökme çeliklerin mekanik dayanımı ile özgül ağırlığını artıran, ayrıca esnekliğini azaltan fakat çekme dayanımı ile akma sınırını ve

bileşiminde % 14 oranında bulunursa kimyasal etkilere dayanıklılığını artıran katkı elementi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Karbon B) Alüminyum C) Silisyum D) Fosfor

12. Dökme çeliklerde kükürt ile birleşerek sülfürlü plastik madde oluşturarak curufa karışan, böylece kükürdü gideren, fazlası karbonla birleşerek karbür oluşturan, bu da çeliğin sertliğini ve dayanımını artıran fakat plastikliğini azaltan, (Bileşimdeki karbon miktarına bağlıdır.) dövme ve kaynak yapılabilme özelliğini olumlu yönde etkileyen, su verme derinliğini ve korozyona etkisini artıran element aşağıdakilerden hangisidir?
A) Karbon B) Silisyum C) Kükürt D) Manganez

13. Çelik dökümlerde istenmeyen bileşimde en çok % 0,030 – 0.050 arasında bulunan, mikro yapının büyük olmasına ve dökme çeliğin kırılgan olmasına sebep olan element aşağıdakilerden hangisidir?
A) Silisyum B) Fosfor C) Manganez D) Karbon

14. Dökme çeliklerde istenmeyen elementtir. Genel olarak bileşimde en çok % 0,05 -0,025 arasındadır. Alaşımın kırılgan olmasına ve işlenebilme özelliğini yitirmesine neden olduğu için manganezle birleşmesi istenir. Bu element aşağıdakilerden hangisidir?
A) Fosfor B) Kükürt C) Karbon D) Manganez

15. Dökme çeliklerin yapı bileşenlerinden ısıl işlemlerde önemli olan yapı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Ferrit B) Sementit C) Östenit D) Perlit

16. Hazırlanan kalıpların fazla rutubetli olması, gaz çıkarıcı maddelerin fazla olması ve bunları tahliye edemediğimiz durumlarda hangi döküm hatası meydana gelir?
A) Gözenek B) Çatlama C) Dart D) Seroksitler

17.
- Sıvı metalin kalıp yüzeyinde rahat akışını sağlar.
- Kalıp kumunun sürüklenmesini önler.
- Yüzeyde kabuklaşmayı önler.
- Döküm parçanın temiz yüzeyli olmasını sağlar.
- Dökülen parçanın kolay temizlenmesini sağlar.

Yukarıdaki faydaları sağlayan kalıplara uygulanan işlemin adı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Perdahlamak B) Boyamak C) Grafitlemek D) Sıkı dövmek

18. Dökme çeliklerde oksijen alıcı olarak kullanılan, demir oksidin oksijeni ile birleşen, sıvı metaldeki ergimiş gazları alarak dökme çeliklerde meydana gelen karınca gibi hataları önleyen, ergimiş çeliğe % 0,5'e kadar katılan elementin adı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Karbon B) Silisyum C) Manganez D) Alüminyum

19. Dökme çeliklerde belli amaçlar için üretilen araç gereçler, bulundukları ortamın tesirlerine dayanabilecek uygun özellikleri taşımalıdır. Bu nedenle belli etkilerde özelliğini bozmadan kullanılabilecek ve dayanabilecek çelik bileşimlerine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

A) Alaşımlı dökme çelikler
B) Sade karbonlu çelikler
C) Otomasyon çelikleri
D) Özel dökme çelikler

20. Katı durumdaki metal ve alaşımlara kimyasal bileşimine göre özellikler kazandırmak amacıyla uygulanan bir veya daha çok sayıda, birbiri peşine tavlama ve soğutma işlemine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

A) Tavlama işlemi
B) Temperleme işlemi
C) Isıl işlem
D) Soğutma işlemi

21. Malzeme östenit bölgesinde ısıtılır, belirli bir süre burada tutulur, tavlama tamamlanınca havada soğutulur. Dokuda anormal taneler yoktur. İri taneler ufalır. Yapı itibariyle ferrit, perlitten ibarettir. Bu işlemin yapıldığı tavlamanın adı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Sertleştirme
C) Islah etme
B) Yumuşatma tavı
D) Normalleştirme (normalize) tavı

22. Kaynak edilmiş, doğrultulmuş, dökülmüş, sıcak dövülmüş, taşlanmış veya benzeri işlem görmüş malzemelerin tabi tutulduğu ısıl işleme verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

A) Yumuşatma tavı
B) Gerilim giderme tavı
C) Sementasyon
D) Sertleştirme

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

KONTROL LİSTESİ

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

	İşlem Basamakları	Evet	Hayır
1	Çelik kalıp kumu hazırladınız mı?		
2	Çelik kalıp kumundan kalıp yaptınız mı?		
3	Kalıbı döküme hazırladınız mı?		
4	Koruyucu önlük, gözlük ve eldiven giydiniz mi?		
5	Endüksiyon ocağı çalıştırılmadan önce kontrolleri yaptınız mı?		
6	Ergitilecek hurda çeliği hazırladınız mı?		
7	Cüruf yapıcı malzemeyi (cam, kireç taşı gibi) yüklediniz mi?		
8	Hazırlanan malzemeyi ocağa yüklediniz mi?		
9	Gaz maskesi taktınız, ocağı çalıştırdınız mı?		
10	Metal ergidikçe ilave çelik malzeme yüklediniz mi?		
11	Sıvı metal döküm sıcaklığına ulaşınca cüruf temizlemek için perlit katıp cüruf temizlediniz mi?		
12	Sıvı metalin kimyasal analizini yaptınız mı?		
13	İstenen standarda uygun alaşım malzemesi ilavesi yaptınız mı?		
14	Tekrar kimyasal analiz yapıp gaz almak için alüminyum ilavesi yaptınız mı?		
15	Metali taşıma potalarına alarak kalıplara döktünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

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

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**B**
2	**C**
3	**A**
4	**B**
5	**B**
6	**C**
7	**A**
8	**C**
9	**A**
10	**D**
11	**C**
12	**D**
13	**B**
14	**B**
15	**C**
16	**A**
17	**B**
18	**D**
19	**D**
20	**C**
21	**D**
22	**B**

KAYNAKÇA

- ARAN Ahmet, **Metal Döküm Teknolojisi**, Birsen Yayınevi, 1993.
- ÇAVUŞOĞLU Ergin N., Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, 1981.
  Döküm Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İTÜ Ayazağa Kampüsü, İstanbul, 22-24 Mayıs 1996.
- FİDANER, Sabri, Süleyman ÇELİK, Halil DOĞMUŞ, Cumhur SÜZEN, Ali DURAY DURAN, **Dökümcülük Bilgisi Cilt 2**, Devlet Kitapları, 1986.
- **Isıl İşlem Sempozyumu**, İstanbul İTÜ, Maslak Kampusü, Oditoryum, 7-8-9 Ekim 1998.
- TSE Çelik Dökümler, **Genel Amaçlar İçin Genel Esaslar,** Birinci Baskı, 1984.
- TÜKEL Necdet, **Demir- Karbon Alaşımları,** Yalkın Ofset Matbaası, 1979.
- Ulusal Döküm Sempozyumu, **Tebliğler**, İTÜ Metalürji Fakültesi, 28-30 Eylül, 1981.
- **Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 2000.