DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ

Dersin Amacı

- Bu ders doğrultusunda entegre ve yarı entegre demir çelik tesislerinde **pik demir** ve **çelik üretimi** ile **uygulanan işlem adımları** öğretilmektedir.

Dersin İçeriği

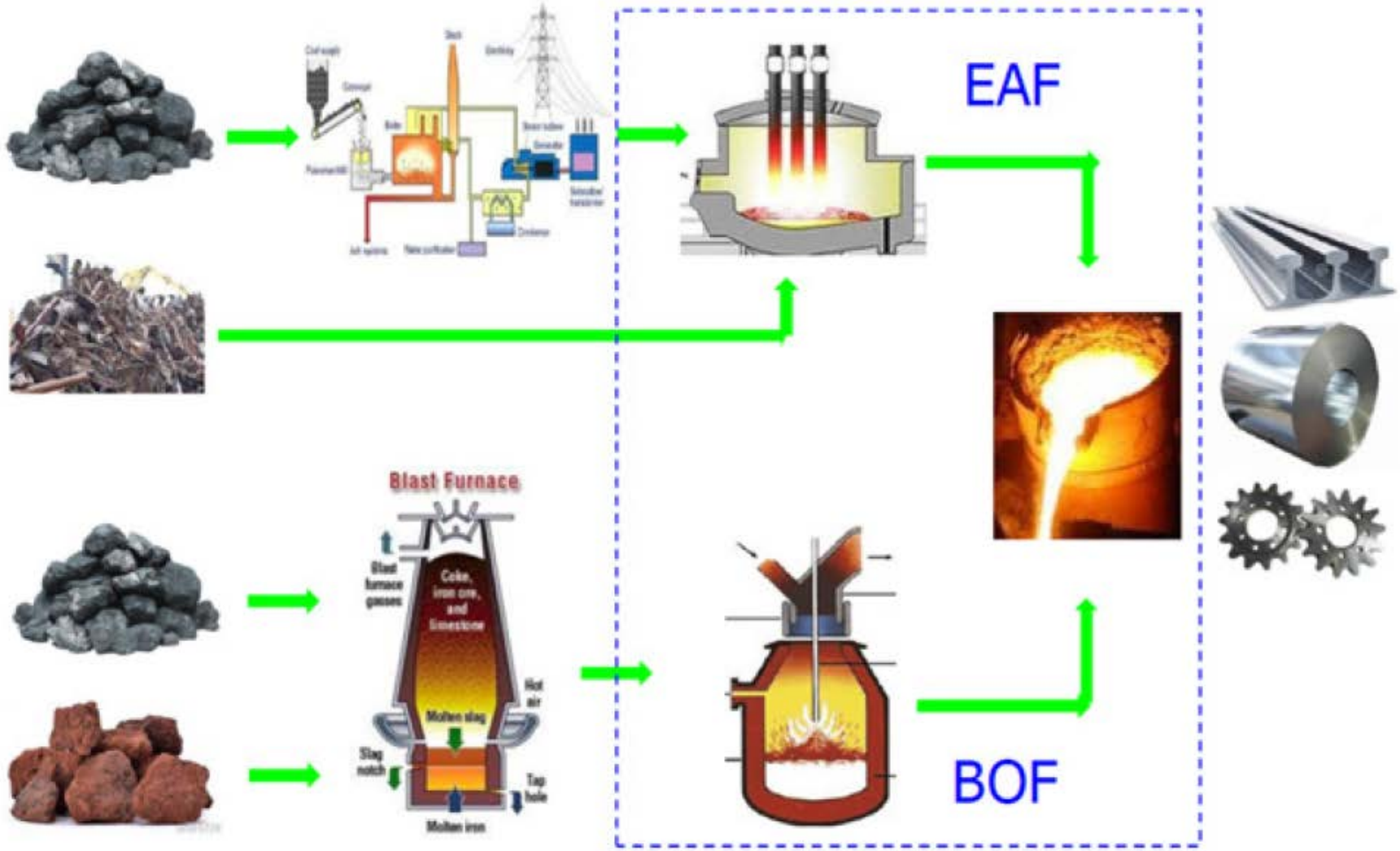
- Demir çelik üretim proseslerinin genel tanımları, ham maddeler, ham demir üretimi ve yüksek fırın, çelik üretiminin temel prensipleri, bazik oksijen konverterleri, elektrik ark fırınları, deoksidasyon, gaz giderme ve rafinasyon, diğer pota işlemleri, ingot ve sürekli döküm yöntemlerinin prensipleri, sünger demir üretimi, dökme demirler, çelikler ve standartları.

- **Demir çelik metalurjisi**; hammaddeden yarı mamul çelik üretimine kadar uzanan kademeleri içerir.

- Çeliğin işlenip mamul olarak tüketime sunulması ile ise imalat teknolojisi ilgilenir.

- **Demir çelik metalurjisi**, bir bilim dalı olarak bir yandan kullanılan yöntemlerin, diğer taraftan da yeni teknolojilerin geliştirilmesine hizmet eder.

- Temel olarak çelik üretimi için iki ana üretim tekniği bulunmakta ve yoğun olarak **yurdumuzda** ve **dünyada** kullanılmaktadır.


EAF
Blast Furnace
Coke, iron ore, and limestone
Hot air
Molten slag
Slag notch
Tap hole
Molten iron
BOF

Blast Furnace

Demir üretiminde hammaddelerin oranları

- Yaklaşık olarak bir ton demir üretmek için yedi ton hammadde gerekmektedir:

  - 2.0 ton demir cevheri
  - 1.0 ton kok
  - 0.5 ton kireç taşı
  - 3.5 ton gaz

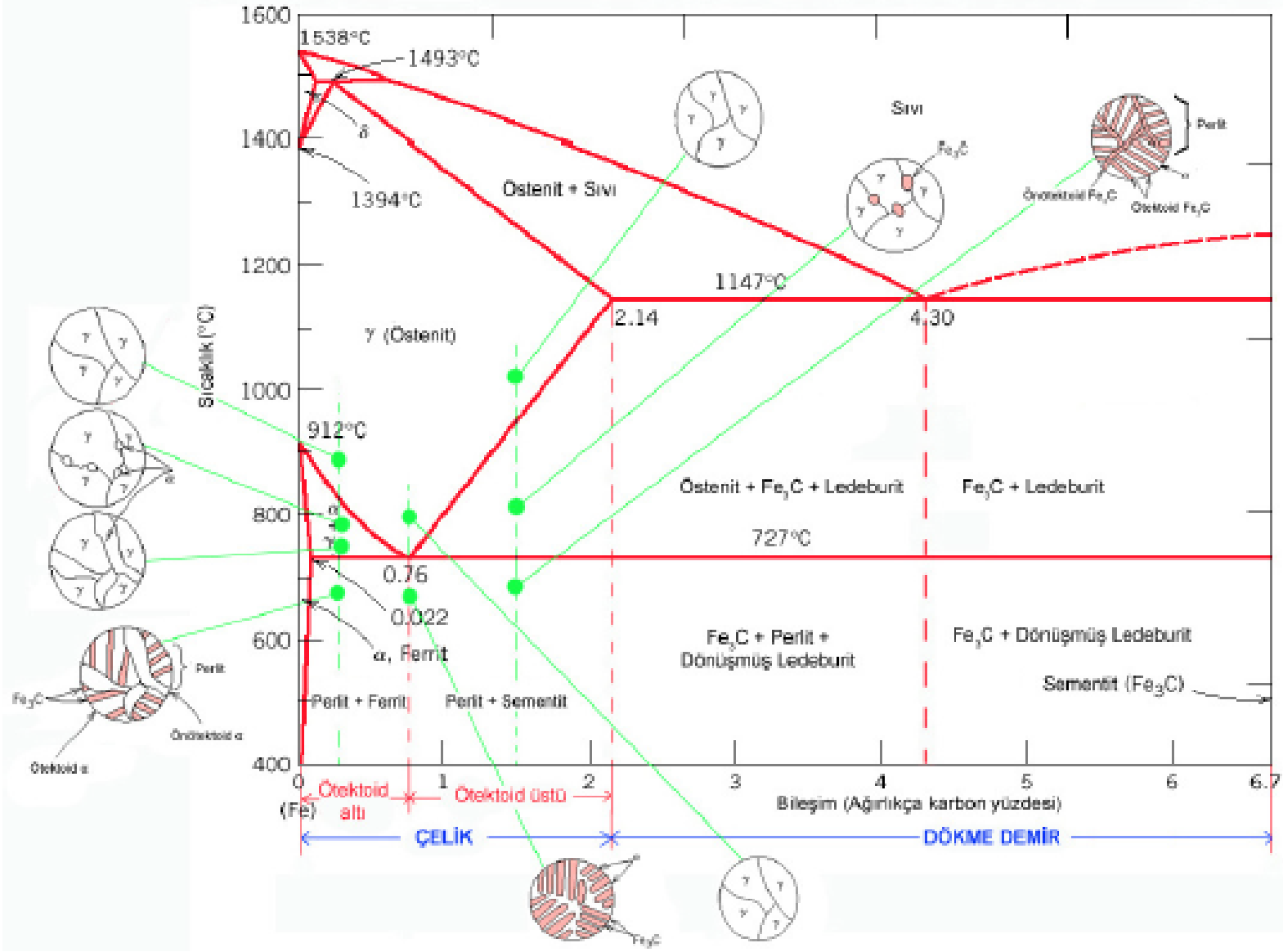
Demir (Fe)

- Demir ve çelik yapımında kullanılan tabii hammaddeler içinde miktar ve değer itibarıyla en önemlisi demir cevheridir.
- Yer kabuğunun % 5,6 sını oluşturan demir yumuşak kolay biçimlendirilebilen bir metaldir.
- Doğada cevherler halinde bulunur.
- Saf olarak gök taşlarında bulunmaktadır.

- ✓ Özgül ağırlığı 7,88 gr/cm^3, erime sıcaklığı 1538 °C , çekme mukavemeti 27 kg/mm^2, 67 BH sertliğinde, % 40 uzayan mıknatıslanabilen, elektrik ve ısıyı iyi ileten **gri** renkli bir metaldir.

- ✓ Demir saf durumda yumuşak olduğu için endüstriyel amaçlara uygun değildir.

- ✓ **Demiri endüstriyel amaçlara uygun kılan içinde bulunan karbon'dur.**


1600
1400
1200
1000
800
600
400
Sıcaklık (°C)
1538°C
1493°C
δ
1394°C
Ostenit + Sıvı
Sıvı
1147°C
2.14
4.30
γ (Östenit)
912°C
Östenit + Fe3C + Ledeburit
Fe3C + Ledeburit
727°C
0.76
0.022
α, Ferrit
Fe3C + Perlit + Dönüşmüş Ledeburit
Fe3C + Dönüşmüş Ledeburit
Perlit + Ferrit
Perlit + Sementit
Sementit (Fe3C)
Perlit
Ötektoid Fe3C
Ötektoid α
0
1
2
3
4
5
6
6.7
(Fe)
Ötektoid altı
Ötektoid üstü
Bileşim (Ağırlıkça karbon yüzdesi)
ÇELİK
DÖKME DEMİR

- **Entegre Tesis :** Çok sayıda birbirine bağlanmış fabrikaları içeren ve Fe esaslı alaşımların üretildiği fabrikalar zinciridir.

ERDEMİR

- **Demir çelik türü malzemelerin başlıca tüketim alanları**, inşaat sektörü (yol, köprü, baraj ve bina yapımında), otomotiv sektörü, beyaz eşya sanayii, makine imalat sanayii, demir yolu taşımacılığında ray ve vagon yapımı, denizyolu taşımacılığı için gemi yapımı şeklinde sıralanabilir.

Demir, metallerin en ucuzudur ve alüminyumun yanında en çok bulunanıdır. Demir ve alaşımları dünya metal üretiminin %90'nını oluşturmaktadır. Saf demir özel uygulamalar dışında kullanılmaz.

Genel olarak demir karbon alaşımına çelik denilmektedir. Metaller arasında en çok kullanılan demir ve çelik günlük yaşantımızın her alanında karşımıza çıkmaktadır.

Bununla birlikte tarihte insanların demiri, altın, bakır ve tunçtan çok daha sonra kullanmaya başladıkları bilinmektedir.

Günümüzde demir, sanayinin temel hammaddesini oluşturmakta ve ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ülkelerin ekonomik gelişmişlik göstergeleri kişi başına düşen gayri safi milli hasıla yanı sıra kişi başına düşen demir-çelik tüketimi ile de ölçülebilmektedir.

Geçmişte, yüksek fırında aranan özelliklere sahip demir cevheri, doğrudan maden ocaklarında yapılan üretimle karşılanmıştır. Ancak sanayide demire olan gereksinimin hızla artması ve yüksek fırına doğrudan yüklenebilir özellikteki cevherin giderek azalması, düşük tenörlü cevherlerin de değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır.

TÜRKIYE'DE DEMIR-ÇELIK ENDÜSTRISININ GELIŞIMI

- Demir çelik üretim metalürjisi, bir bilim dalı olarak bir yandan kullanılan yöntemlerin, diğer taraftan da yeni teknolojilerin geliştirilmesine hizmet eder.

- Temel olarak çelik üretimi için iki ana üretim tekniği bulunmakta ve yoğun olarak yurdumuzda ve dünyada kullanılmaktadır.

- Bunlardan biri konvansiyonel yöntem olarak da adlandırılan yüksek fırında demir cevheri ve kok kömürü ile üretilen ham demir diğeri de yüksek fırın dışında redüksiyon (tam olarak direkt redüksiyon) yöntemi ile sünger demir adı verilen yarı mamul ile çelik üretimidir.

- **Ham demir, sünger demir ve hurda,** çelik üretiminin önemli hammaddeleridir.

Demir-Çelik Sektörü

- Demir - Çelik sektörü, çok eski zamanlardan beri çeşitli sanayilerin gelişmesinde ve toplumların kalkınmasında büyük öneme sahip olagelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler göz önüne alındığında Demir - Çelik sektörü, diğer sektörlere öncülük yapmış ve yapmaya devam etmektedir. Türkiye ve Dünya için önemli bir sektör olan Demir - Çelik sektörü, küresel ekonomide de, ülke ekonomisinde ve sanayileşmede lokomotif sektör özelliğine sahiptir. Sektör, çelik ürünlerin kullanım alanının yaygınlaşması, her geçen gün tüketiminin artması, imalat sanayine ara mal üretilmesi ve ihracat potansiyeli gibi niteliklerinden dolayı ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır .

Demir-Çelik Sektörü

- Demir - Çelik sektörü, demir cevherinin yer altından çıkartılmasını takiben, yoğunlaştırılmasından başlamak üzere dökme, dövme, haddeleme, çekme ve benzeri yöntemler ile üretiminin gerçekleştirildiği bir sektördür. Üretilen ürünlerin çeşitliliği göz önüne alındığında ise geleneksel sanayilerin yanı sıra teknolojik alanlarda da Demir - Çelik sektörünün öneminin giderek daha çok arttığı görülmektedir. Demir - Çelik üretiminde meydana gelen hızlı gelişmeler sonucunda endüstri devrimi gerçekleşmiş ve teknoloji alanında büyük gelişmeler yaşanmıştır.

Demir-Çelik Sektörü

- Demir - Çelik sektöründe üretilen ürünler ara mamuller, ana mamuller ve yan mamuller olmak üzere üç kısımda incelenir. Ara mamul başka bir malın üretiminde girdi olarak kullanılmak üzere üretilen ürünlerdir. Ana mamul bir başka işlem gerektirmeyen, nihai kullanım için üretilen ürünler olup yan mamuller ise üretim süreci sonunda teknik nedenlerle ana ürün ile beraber ortaya çıkan ürünlerdir.

MAMÜL CİNSİ	MAMÜL ÇEŞİDİ
Kok, Kok Tozu, Kok Gazı, Oksijen, Ham Benzol, Pres Naftalin, Granüle Cüruf, Ham Katran, Kreozot, Zift ve Katran Boyası, Amonyum Sülfat	Yan mamul
Sıvı Ham Demir, Pik, Demir Pik (Kanal + Karışık Pik), Sıvı Çelik, Kütük, İngot, Blum	Ara mamul
Yuvarlaklar, Demir Yolları Malzemeleri (Ray), Maden Direği, Profil, Köşebent, Platina	Ana mamul

Türk Demir-Çelik Sektörü

- Ülkemizde ilk Demir - Çelik sanayisi kuruluş çalışmalarına 1932 yılında Kırıkkale'de savunma sanayisinin çelik ihtiyacını karşılamak amacıyla, Askeri Fabrikalar Müdürlüğü'ne bağlı fabrikanın kurulmasıyla başlanmıştır. Bu fabrikada her türlü takım çelikleri, makine yapı çelikleri ve az miktarda da olsa inşaat demirinin üretilmesiyle birlikte demir - çelik sanayisinin temel alt yapısı da oluşturulmaya başlanmıştır.
- Birinci Dünya Savaşı ve Kurtuluş Savaşı sonrasında, ulusal bir Demir - Çelik sanayisine duyulan ihtiyacın sonucu olarak 1935 yılında Sümerbank'a bağlı Karabük Demir Çelik Fabrikaları kurulmuştur. Türkiye Cumhuriyeti'nde Demir cevheri üretimi, Karabük Demir Çelik Fabrikası'nın kurulmasıyla başlamıştır. Karabük Demir Çelik Fabrikası, maden kömürü havzasına yakın oluşu, demiryolu güzergâhına yakın olması ve jeopolitik bakımdan elverişli durumda bulunması nedeniyle, 3 Nisan 1937'de Karabük'te kurulmuş ve işletme üniteleri, 1 Haziran 1939 yılından itibaren, 150.000 ton çelik üretim kapasitesi ile faaliyete geçmiştir

Altyapısı 1930'lu yıllarda atılan Türk demir çelik sektörü, Türk ekonomisinin gelişmesinde ve endüstrileşmesinde önemli bir rol üstlenmiştir.

İlk çelik fabrikası 1928 yılında, savunma sanayiinin çelik ihtiyacını karşılamak amacıyla Kırıkkale'de üretime başlamıştır.

Türkiye'nin ilk entegre demir çelik tesisi olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR), 1937 yılında işletmeye açılmıştır.

KARDEMİR 1995 yılında 1.-TL karşılığında özelleştirilerek çalışanlara devredilmiştir.

Yassı çelik ürünleri talebini karşılamak için, Türkiye'nin ikinci entegre tesisi olan Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları (ERDEMİR) ise 1965 yılında üretime başlamıştır.

1977 yılında, uzun çelik ürünleri ve yarı ürün talebini karşılayabilmek amacıyla, Türkiye'nin üçüncü entegre tesisi, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR) işletmeye açılmıştır.

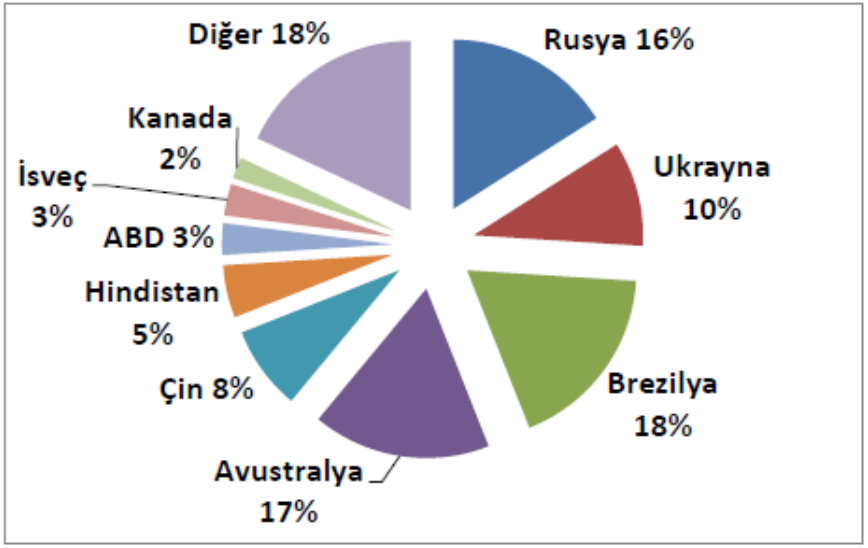
1960'lı yıllardan itibaren özel sektöre ait elektrik ark ocaklı tesislerin faaliyete geçmesi ve 1970'li yıllarda 5 ark ocaklı kuruluşun işletmeye açılması ile özel sektörün çelik sektörü içindeki payı artmıştır.

Özel sektöre ait ilk çelik tesisi İzmir'de kurulan ve şu anda kapanmış olan METAŞ'tır.

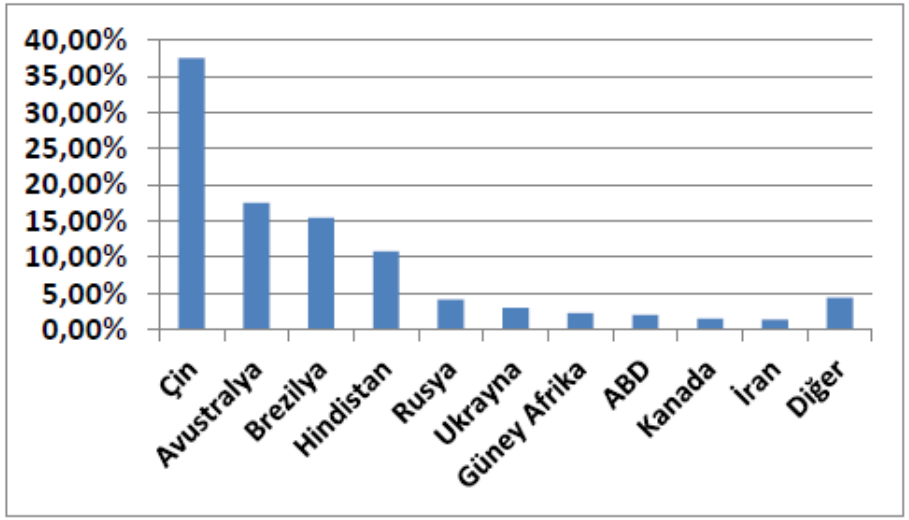
Türk Demir-Çelik Sektörü

- Ülkemizde ham çelikten nihai mamul üreten üreticiler Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz ve İç Anadolu bölgesinde faaliyet göstermekte olup, üreticilerin çoğunluğu Marmara, Ege, Akdeniz sahil şeridinde yer almaktadır. Demir - Çelik sektöründe 2013 yılı itibariyle yaklaşık 150'ye yakın firma faaliyet göstermektedir. Bunların içerisinde kapasiteleri 50.000 ton ile 3.500.000 ton arasında değişen Elektrik Ark Ocaklı tesis ile toplam kapasiteleri 8.500.000 ton olan entegre tesis bulunmaktadır. Diğer tesisler ise sadece haddehane hüviyetinde olup, dışarıdan satın almış oldukları kütük ile profil, filmaşin, nervürlü ve yuvarlak inşaat demiri üreten tesislerdir.

Dünya demir cevherlerinin 2010 yılı itibarıyla dağılımı Şekil 2.1 de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere demir cevheri tüm dünya genelinde dağılım göstermektedir. En büyük demir cevheri rezervleri Brezilya, Avustralya ve Rusya'da bulunmakta, bu ülkeleri Çin ve Ukrayna takip etmektedir. Bununla birlikte bu rezervlerin çıkarılıp değerlendirilmesi, diğer bir ifadeyle cevherin üretim payları, ülkelerin rezervleriyle orantılı değildir. Dünyada en çok demir cevheri madenciliği yapan ülke Çin'dir. Bu ülkeyi sırasıyla Avustralya, Brezilya ve Hindistan takip etmektedir. 2010 yılı itibarıyla dünya demir cevheri üretim payları Şekil 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.1. Dünya demir cevheri rezervlerinin dağılımı (2010)

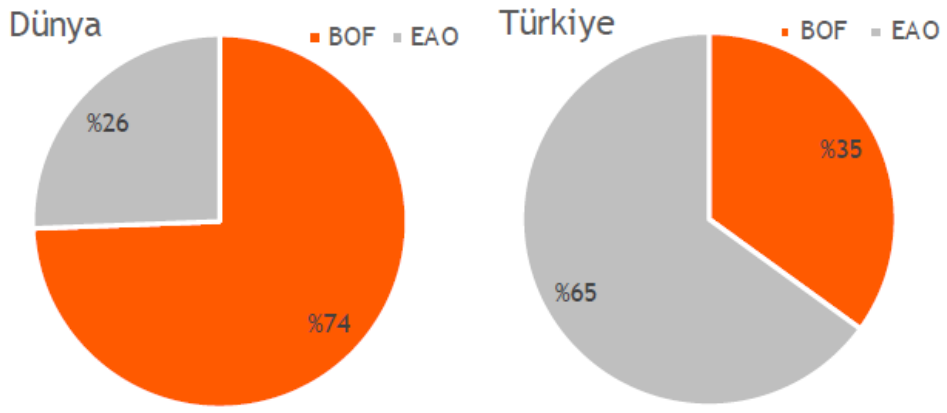


Şekil 2.2. Dünya demir cevheri üretim payları (2010)

Türk Demir-Çelik Sektörü

- Ülkemizde Demir-Çelik sektöründe üretim, yüksek fırına dayalı üretim yapan 3 adet entegre tesis (Erdemir, İsdemir, Kardemir) ve 29 adet elektrik ark ocaklı tesis olmak üzere toplam 31 tesis tarafından gerçekleştirilmektedir.
- Dünya çelik üretiminin %75'ini demir cevheri bazlı yüksek fırınlarda (BOF) yapılırken, Türkiye'de aksine %65'i hurda çelik bazlı elektrik ark ocaklarında (EAO) yapılmaktadır. Türkiye'de demir-çelik üretiminde Kardemir %6,8 Erdemir %29 paya sahiptir.

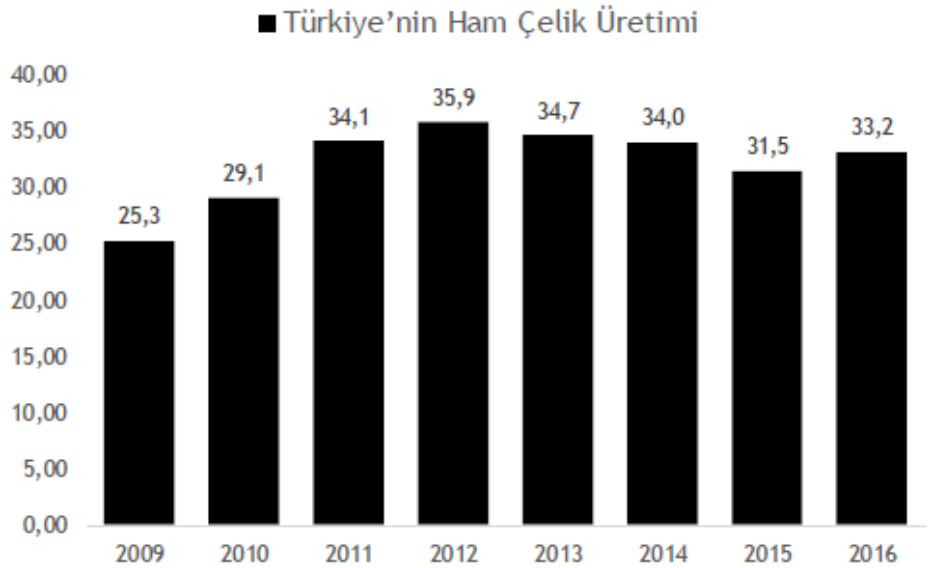
Grafik 12: Çelik Üretim Teknikleri

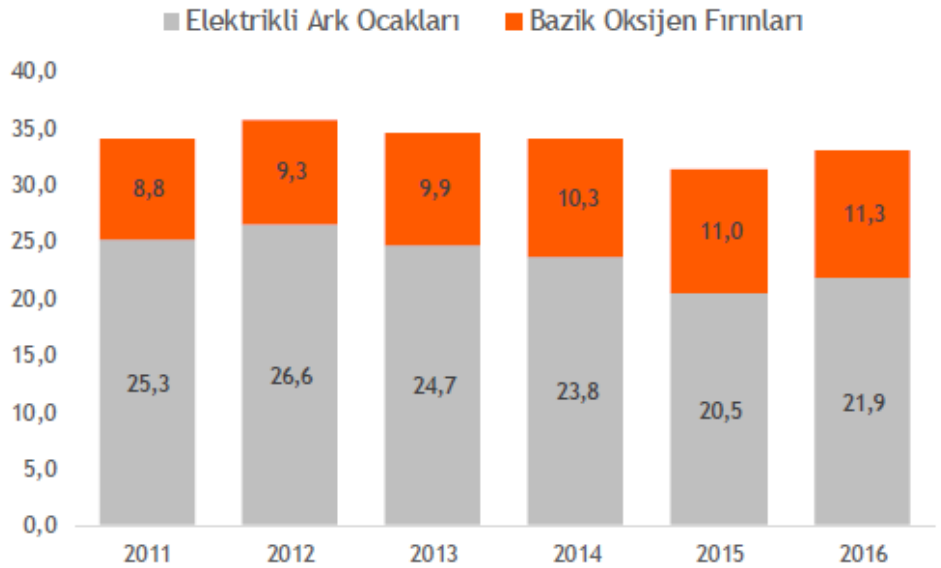


Kaynak: World Steel

Türk Demir-Çelik Sektörü

- Türkiye 2016 yılında yıllık 33,2 mn ton üretimi ile global Demir-Çelik üretiminin yaklaşık %2,1'ini karşılamaktadır. Türkiye'de Demir-Çelik üretimi yıllık bileşik büyüme oranı son 5 yılda (2012-2016) %2,0 daralırken, son 10 yılda %2,8 büyüme kaydetmiştir. Uzun çelik tarafında kapasite fazlası mevcut iken, uzun çelik üretiminin 2015 verilerine göre yaklaşık %40'ı ihraç edilmektedir. Yassı çelik talebinin ise yarısı ithalat ile karşılanmaktadır.

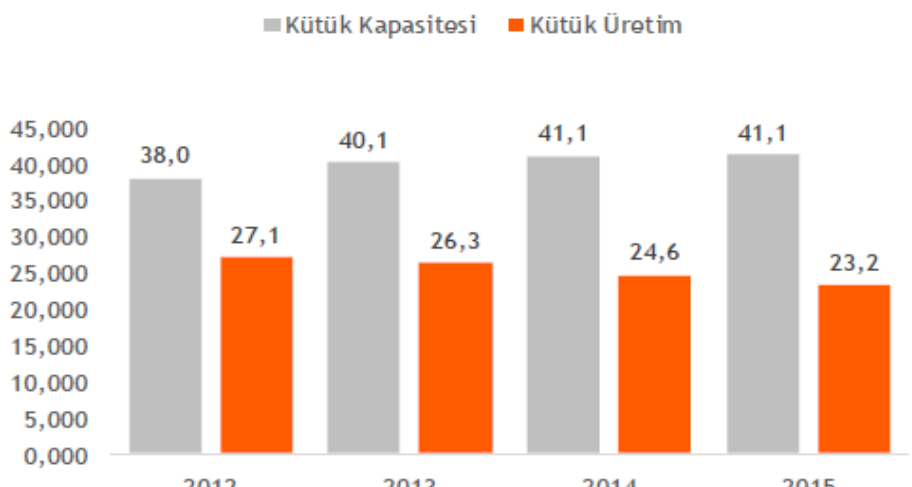




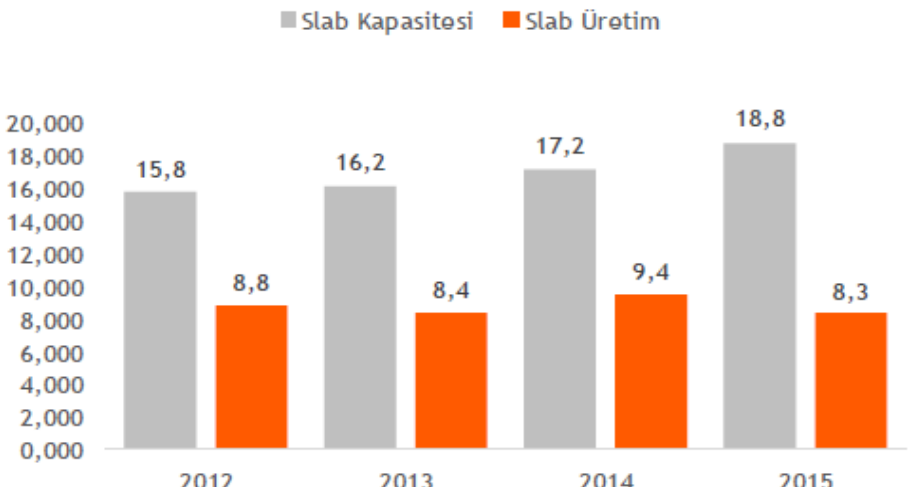
Türk Demir-Çelik Sektörü

- 2016 yılındaki 33,2 mn tonluk üretimin, %31'ine tekabül eden 10,1 mn tonluk bölümü, slab olarak üretilmiştir. 2016 yılında Türkiye'nin kütük üretimi bir önceki yıla göre %1 düşüşle 23,0 mn ton, slab üretimi de %22 yükselişle 10,1 mn ton olarak gerçekleşmiştir.
- 2016 yılı 11 aylık dönemde 30,9 mn tonluk toplam nihai çelik ürünleri üretiminin %71'lik kısmı uzun ürünlerden, %29'lik kısmı yassı ürünlerden oluşmuştur.

Grafik 19: Türkiye'nin Kütük Üretimi&Kapasitesi (mn ton)



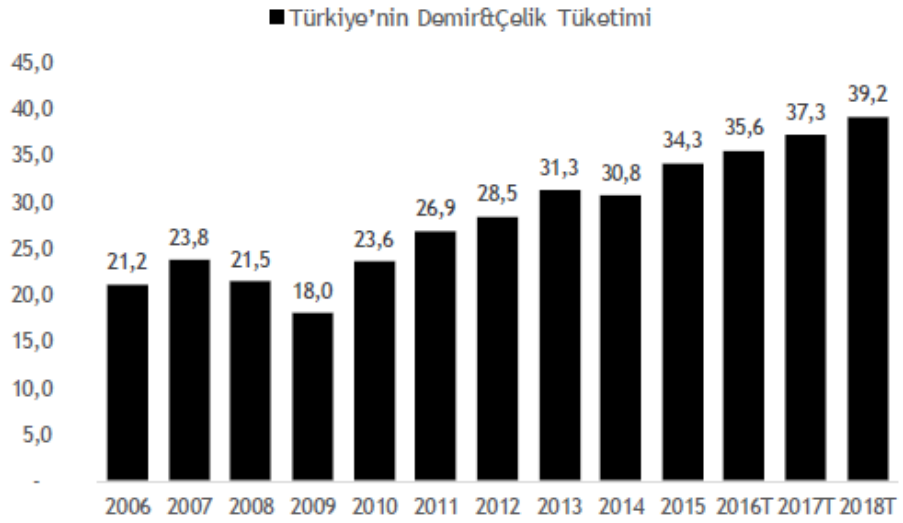
Grafik 20: Türkiye'nin Yassı Üretimi&Kapasitesi (mn ton)



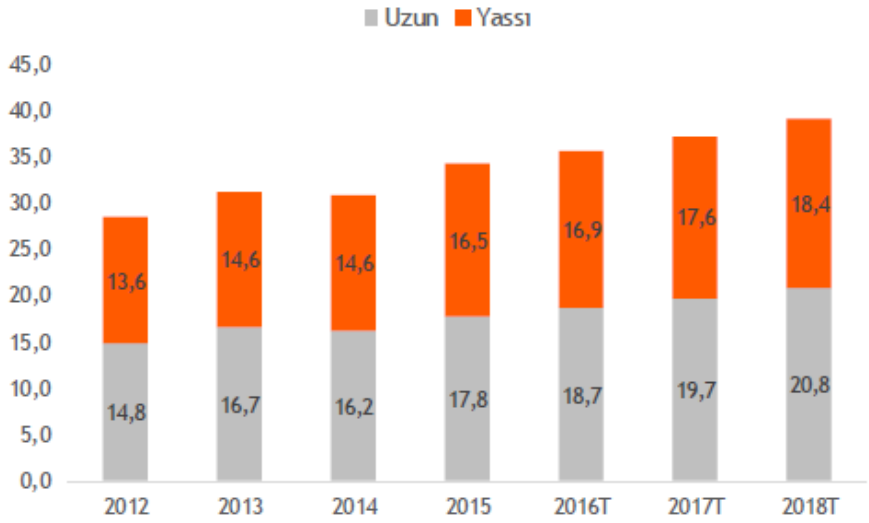
Türkiye’nin Demir-Çelik Tüketimi

- Dünya çelik tüketiminde ilk 10’da yer alan ülkelerin 6’sında 2015 yılında, 2014 yılına göre çelik tüketiminde azalma gerçekleşirken, Türkiye %11,7 artış ile bu ülkeler arasında en fazla büyüme gösteren ülke oldu. Çelik tüketimi, artan kentleşme oranı ve imalat sanayi üretiminin yanında TANAP, 3. köprü ve 3. havaalanı gibi büyük çaplı yeni yatırımlara bağlı olarak artış gösterdi. TL’nin değer kaybetmesini avantaja çeviren başta otomotiv, beyaz eşya ve makine imalat sektörleri dış pazarda rekabet üstünlüğü kazanırken, aynı zamanda güçlü iç tüketim ile de üretim miktarlarında önemli artış sağladı.

Grafik 21: Türkiye’nin Demir-Çelik Tüketimi (mn ton)



Grafik 22: Türkiye’nin Yassı ve Uzun Mamul Tüketimi (mn ton)



Türkiye'deki Dinamikler ve Dünyadaki Eğilimlerin Muhtemel Yansımaları

Dünya genelinde çelik tüketen endüstrilerin tüketimlerinde yaşanan düşüş veya artışlar, ihracatçı bir sektör konumunda bulunan Türk çelik sektörünün üretim performansına da yansımaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği'ndeki borç krizinin derinleşmesi ve buna paralel olarak pek çok AB ülkesinde yatırımların ve çelik tüketiminin hızla azalması nedeniyle, 2012 yılında AB'ye yönelik toplam çelik ürünleri ihracatımız yüzde 31 oranında azalmıştır. Temel ihraç pazarlarındaki bu gelişmeler, demir çelik sektörünün ihracatını ve dolaylı olarak üretimini etkilemektedir.

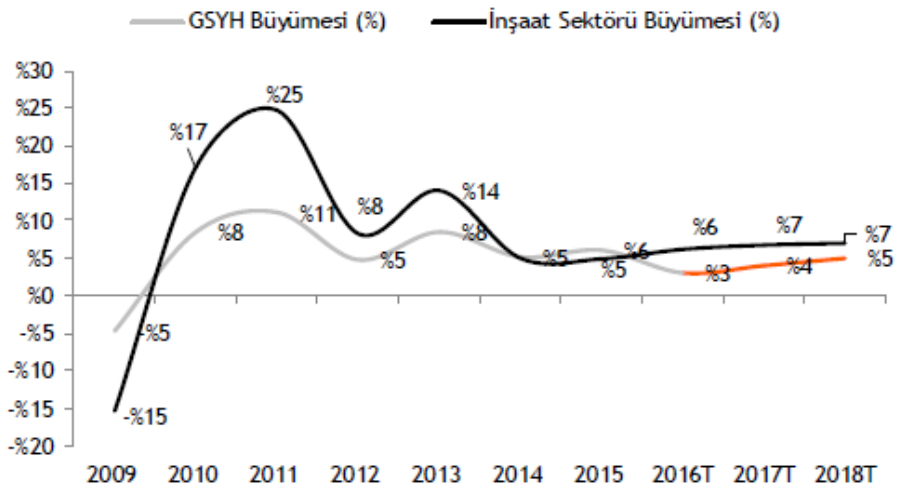
Tablo 31: Türkiye'de Tüketici Sektörlerin Çelik Tüketimindeki Payı, (%)

İnşaat	42,0
Ev Aletleri	3,3
Elektrikli Aletler	4,3
Makine	24,6
Metal Ürünler	14,2
Otomotiv	8,4
Diğer Taşıma	3,2

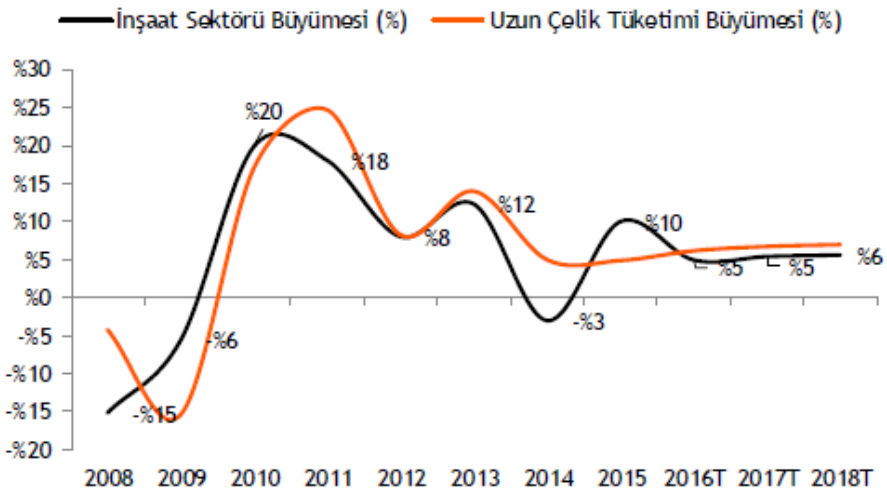
Kaynak: OECD (2013)

Demir-Çelik Tüketiminin GSYH ile Korelasyonu

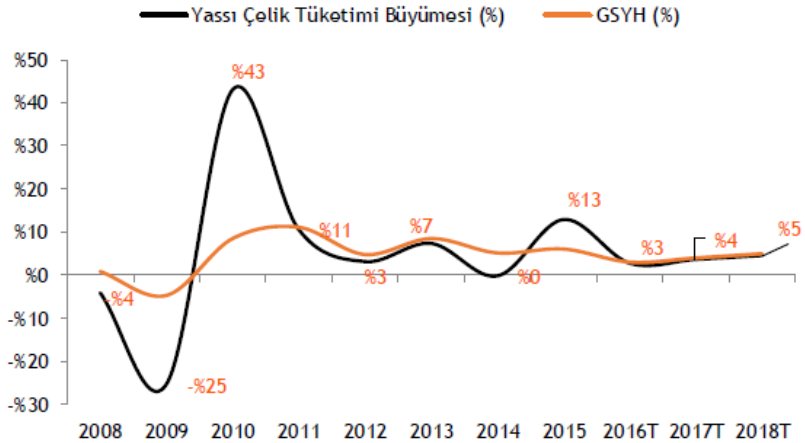
Grafik 25: GSYH Büyümesi & İnşaat Sektörü Büyümesi



Grafik 26: İnşaat Sektörü Büyümesi & Uzun Çelik Tüketim Büyümesi



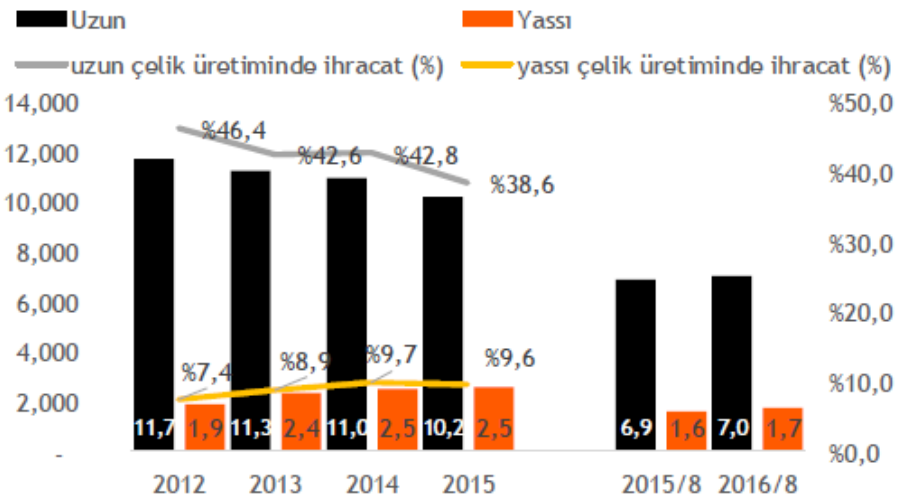
Grafik 27: Yassı Çelik Tüketim Büyümesi & GSYH Büyümesi



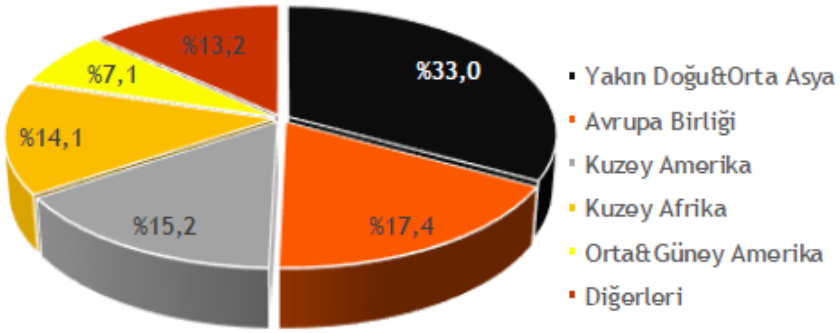
İhracat

- Türk demir-çelik sektörü için en büyük pazarı Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri (MENA) oluşturmaktadır. AB ülkeleri Türkiye için 2. büyük pazarı oluşturmaktadır. Türkiye'nin Avrupa'nın en büyük ikinci çelik üreticisi olmasının yanı sıra lojistik avantajı bölgeye yapılan ihracatı olumlu etkilemektedir. Ayrıca, Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu ile imzalanan ve 1996'dan beri yürürlükte olan Serbest Ticaret Anlaşması uyarınca bölgeye yapılan ihracatın vergi yükünün olmaması yerli üreticiler için bir diğer avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Grafik 28: Demir-Çelik Ürünleri İhracatı



Grafik 29: Demir-Çelik İhraç Pazarları



Kaynak: ÇİB

İhracat

- Türkiye’nin nihai ürün üretiminin büyük bölümü (% 75) uzun ürün üretimidir. Dolayısıyla en büyük Demir - Çelik ihracat kalemimiz % 52’lik pay ile uzun ürünlerdir. Demir - Çelik ürünleri içinde en önemli ihracat kalemimiz olan uzun ürünlerde 2007 yılında AB ülkeleri % 33’lük ihracat oranı ile önemli bir müşterimiz iken 2010 yılında uzun ürün ihracatımızın sadece % 6’sı AB ülkelerine yapılmıştır. Miktar olarak azalış 3 milyon tonun üzerindedir. Uzun ürün açısından Türkiye’nin en önemli müşterileri yıllardan beri ortalama % 50’lik payla Orta Doğu ve Körfez ülkeleridir.
- Türkiye, AB’ye, başlıca olarak, yarı bitmiş veya uzun ürünler ihraç etmektedir. Buna rağmen, Türkiye AB’den yüksek değere sahip yassı ve özel çelik ürünleri ithal etmektedir. Türkiye’nin en fazla Çelik ihracatı yaptığı üçüncü yer Avrupa Birliği olup, Türkiye 2010 yılında Avrupa Birliği’ne 17.3 milyon ton çelik ihraç etmiştir[8].
- Yassı ürünler ve vasıflı çelik ürünlerin entegre tesislerde üretilebilmesi, uzun ürünlerin ise elektrik ark ocaklı tesislerde üretilebilmesi dolayısıyla, entegre tesislerin ağırlıkta bulunduğu ülkeler katma değeri yüksek olan yassı ürünlerin ve vasıflı çelik ürünlerinin ihracatçısı konumunda iken, üretimin çoğunluğunu elektrik ark ocaklı tesislerde gerçekleştiren ülkeler ise bu ürünlerin ithalatçısı konumundadır

İhracat

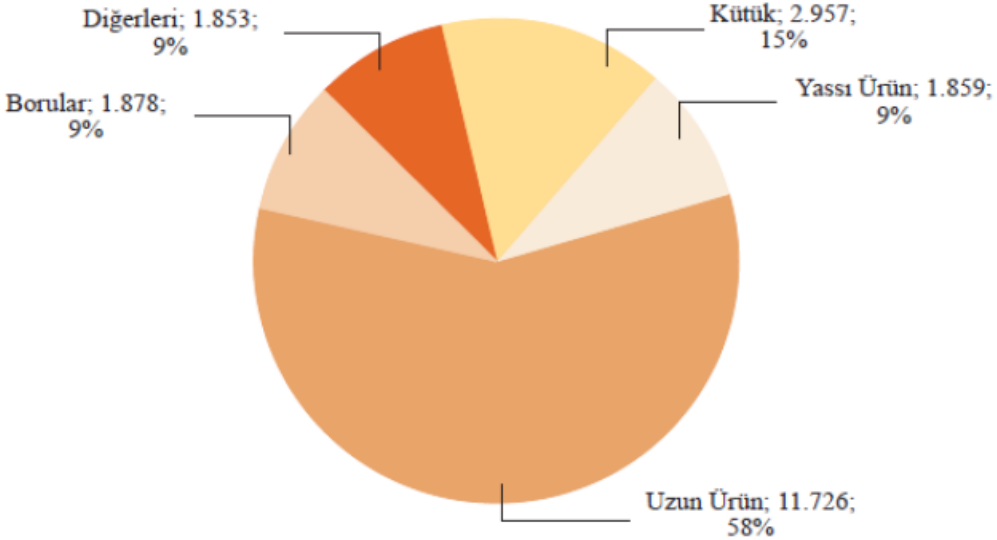
- Türk Demir - Çelik sektörü, 2011 yılında 34 milyon ton ham çelik üretimi ile endüstriyel sektörlerdeki toplam istihdamın % 1'ine ve 17 milyar dolarlık ihracat ile tüm sektörlerin toplam ihracatının % 10'una sahip bulunmaktadır. Bu yönü ile sektör en çok ihracat yapan sektörler arasında yer almaktadır. Sektörün en önemli sorunlarından biri ağırlıklı olarak ithal girdiyle çalışması olup, Elektrik Ark Ocaklı (EAO) gibi kuruluşlarda hammadde olarak kullanılan hurdanın % 70 civarındaki bölümü ithal edilmektedir. 2011 yılında 9,8 milyar dolarlık hurda ithal edilmiş ve bu ithalatın büyük bir kısmı ABD, Rusya, Ukrayna ve AB ülkelerinden yapılmıştır. Entegre tesislerde ise, hammadde olarak 1,1 milyar dolarlık (4 milyon ton) taş kömürü ve 1,2 milyar dolarlık demir cevheri ithal edilmiştir

İhracat

- Dünya’da teknolojik yönden gelişmiş ülkeler, Demir-Çelik üretiminde, miktar olarak fazla üretim yapmaktansa; yassı, vasıflı, paslanmaz, kaplanmış veya daha özel, katma değeri yüksek çelik ürünlerin üretimine yönelmeye başlamışlardır. Buna karşılık, Türkiye de dâhil olmak üzere, gelişmekte olan ülkeler, miktar olarak fazla üretim yapma eğiliminde kalmışlardır. Bu nedenle, vasıflı çelik, paslanmaz çelik ve yassı ürünlerde üretim yapmak önem arz etmektedir. 2011 yılında, Demir-Çelik Sektörünün ülkemizin toplam ihracatı içerisindeki payının % 10 olması sektörün ihracat potansiyelini göstermektedir

Grafik 24: Ürünlere Göre Miktar Bazında Demir Çelik İhracatı (bin ton; % pay)

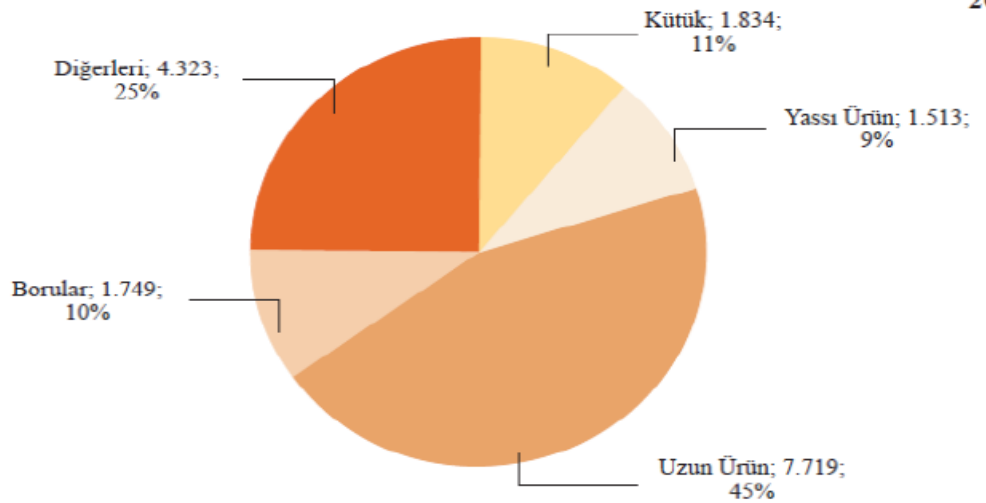
2012



Kaynak: DÇÜD (2013)

Grafik 25: Ürünlere Göre Değer Bazında Demir Çelik İhracatı (milyon $;% pay)

2012



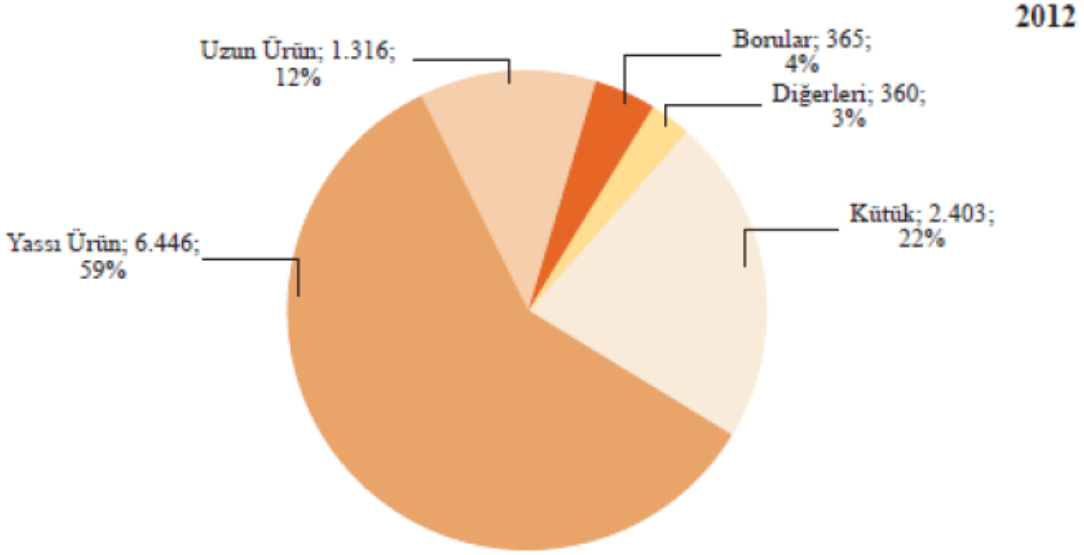
Kaynak: DÇÜD (2013)

İthalat

- 2000’lerden bu yana gerçekleştirilen yatırımlarla birlikte Türkiye yassı ürün kapasitesi açısından tüketimini karşılayabilecek seviyeye gelmiş olmasına rağmen yurtiçi yassı ürünlerin önemli bir kısmı hala ithalat ile karşılanmaktadır. Üretimde kapasitedeki artışa karşın maliyet avantajına sahip olan yabancı menşeli firmaların iç pazarda etkinlikleri giderek yükselmektedir.
- Slab üretiminde kapasite kullanım oranı 2015 yılındaki %44 seviyesinden, 2016 yılında tahmini %54 seviyesine yükselmiştir. Slab kapasitesinin yarısına yakın bir kısmının atıl durumda kalmasında, elektrik ark ocaklı tesislerin rekabet güçlerinin zayıflamasının yanında, bazı ülkelerin arz fazlası kalitesiz, sertifikasız, dampingli ve teşviki üretimlerini, ülkemize yöneltmeleri sonucu slab ithalatındaki keskin artış etkili oldu.

Grafik 27: Ürünlere Göre Miktar Bazında Demir Çelik İthalatı (bin ton; % pay)

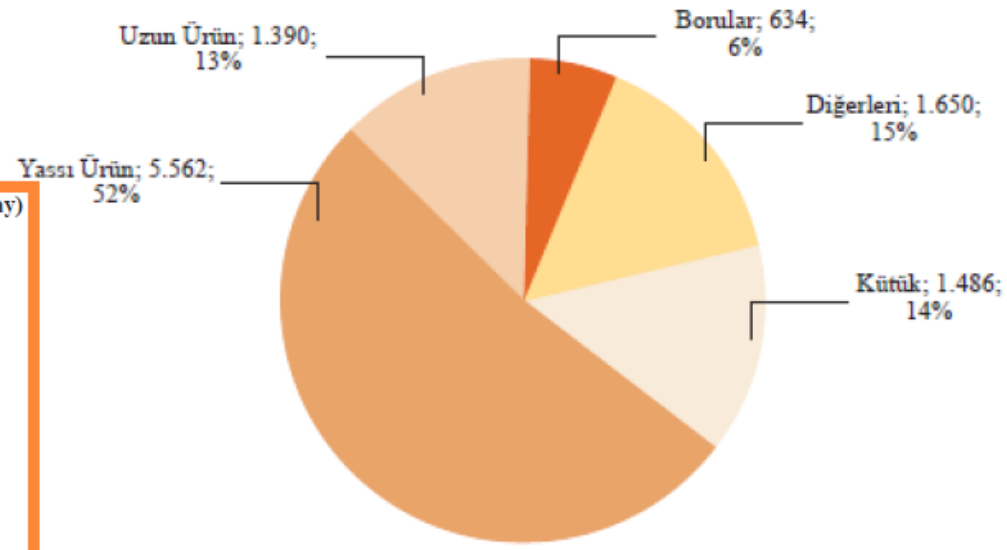
2012



Kaynak: DÇÜD (2013)

Grafik 28: Ürünlere Göre Değer Bazında Demir Çelik İthalatı (milyon $; % pay)

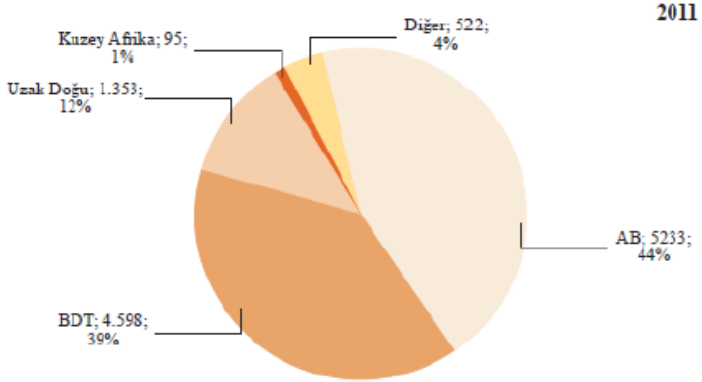
2012



k: DÇÜD (2013)

Grafik 29: Bölgelere Göre Miktar Bazında Demir Çelik İthalatı (bin ton; % pay)

2011



Kaynak: DÇÜD (2013)

Türk Demir-Çelik Sektörü

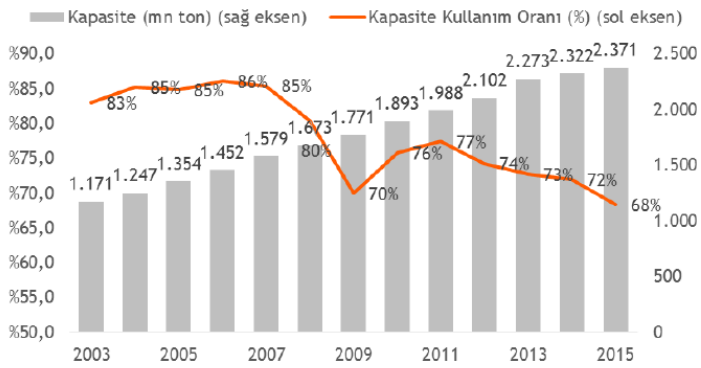
- Demir-Çelik sektörü döngüsel yapısının getirdiği zorlukların yanında global ölçekte yaşanan büyüme kaygıları nedeniyle zorlu bir süreçten geçmektedir. Bununla birlikte **Türk Demir-Çelik sektörünün, kendine has dinamikleri ve global büyümenin üzerindeki büyüme potansiyeli sayesinde dünyadaki genel trendden olumlu ayrışacağı** düşüncesindeyiz.
- Türk demir-çelik sektörünün yukarıda belirttiğimiz gibi kendine has yerel dinamikleri olan ancak, hem hammaddede dışa bağımlılık, hem de sektörün ithalat ihracat dengeleri nedeniyle global gelişmelerden etkilenen bir yapısı vardır.
- Buna göre; üretimin büyük bir bölümü hurdaya dayalı yöntemlerle gerçekleştirilen ve kapasite fazlası olan uzun çelik tarafında, hurda çelik fiyatları ile kok kömürü ve demir cevheri arasındaki fiyat makası oldukça büyük bir önem arz etmektedir.

- Diğer yandan, **Çin ve Rusya başta olmak üzere karşı karşıya kalınan fiyat odaklı sert rekabet Türk demir-çelik üreticileri üzerinde ithalat baskısı yaratmakta olup şirketlerin fiyatlama davranışları üzerinde önemli derece etki etmektedir.**
- Yurtiçinde çelik tüketimi çoğunlukla inşaat, imalat ve otomotiv sektörü tarafından gerçekleştirilmektedir. İnşaat sektörünün yoğunlukla uzun çelik kullanırken, otomotiv sektöründe soğuk/sıcak haddelenmiş ürünler ile galvanizli ürünler yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Dünya Demir-Çelik Sektörü:

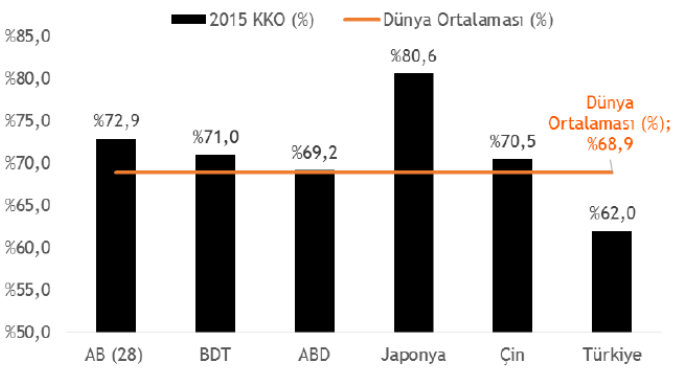
Global ölçekte sektörün gündemindeki en önemli sorun, Çin'in başı çektiği küresel kapasite fazlasıdır. Küresel ekonomik krizin süregelen etkileri nedeniyle, çelik tüketimindeki artış hızı, kapasite ve üretim artışının gerisinde kalmış ve bir arz fazlası oluşmasında en önemli etkenlerden biri olmuştur.

Grafik 1: Dünya Çelik Kapasitesi (mn ton) ve KKO (%)



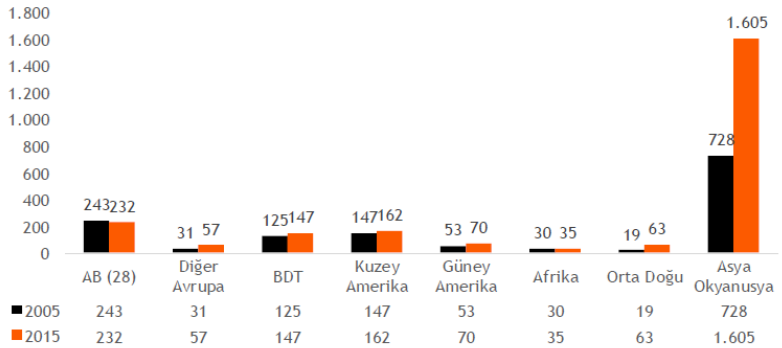
Kaynak: World Steel

Grafik 2: Ülkelere Göre Çelik Üretim KKO



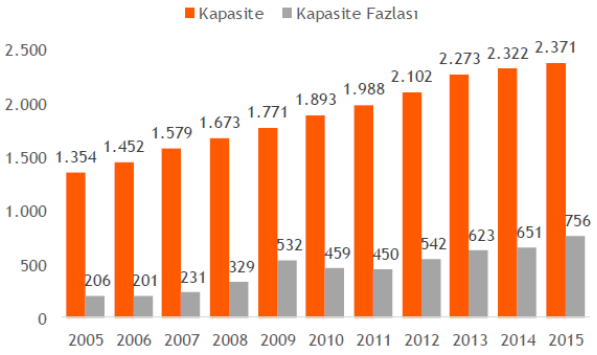
Kaynak: Duke Overcapacity Report

Grafik 3: Bölgesel Çelik Üretim Kapasitesi (mn ton)



Kaynak: Global Steel Trade Monitor

Grafik 4: Dünya Çelik Üretim Kapasitesi, Kapasite Fazlası (mn ton)



Kaynak: OECD, Vakıf Yatırım Araştırma ve Strateji

Dünya Demir-Çelik Üretimi

- Dünya Çelik Birliği'nin (World Steel Association) son verilerine göre AB'nin 27 üye ülkesi 2008 yılında toplamda yaklaşık olarak 1.33 milyar ton civarında olan küresel ham çelik üretiminin % 15'ine denk gelen miktarda (200 milyon ton) ham çelik üretmiştir. AB 2010 yılında 173 milyon ton ham çelik üreterek, Dünyadaki ikinci en büyük çelik üreticisi olmuştur [8].
- Çelik üretiminin coğrafik dağılımına baktığımızda 1 milyar 414 milyon ton olan dünya ham çelik üretiminin çok büyük bir kısmının (% 63,6) Asya kıtasında üretildiği görülmektedir. Asya'dan sonra en büyük pay % 14,60 ile Avrupa'ya ait olup, bu rakamın % 2'si ise Türkiye'ye aittir.

Dünya Demir-Çelik Üretimi

Tablo 1: Dünya Demir-Çelik Üretimi, Ülkelere Göre

Üretim (mn ton)	2012	2013	2014	2015	2016*
Çin	731.040	822.000	822.698	798.785	808.370
Japonya	107.232	110.595	110.666	105.150	104.772
Hindistan	77.264	81.299	87.292	89.026	95.618
ABD	88.695	86.878	88.174	78.845	78.619
Rusya	70.209	69.008	71.461	70.898	70.800
Güney Kore	69.073	66.061	71.543	69.670	68.567
Almanya	42.661	42.645	42.943	42.676	42.082
Türkiye	35.885	34.654	35.035	31.517	33.163
Brezilya	34.524	34.163	33.897	33.256	30.212
Ukrayna	32.975	32.771	27.170	22.968	24.221
Dünya	1.560.131	1.650.354	1.670.145	1.615.575	1.628.500
Dünya-Çin Hariç	858.163	919.314	848.145	792.877	829.715

Kaynak: World Steel

Tablo 2: Bölgelere Göre Dünya Demir-Çelik Üretimi

Üretim (mn ton)	2012	2013	2014	2015	2016*
AB (28 ülke)	168.587	166.357	169.298	160.733	152.145
BDT	110.738	108.408	106.079	98.862	99.994
Kuzey Amerika	121.586	118.978	121.158	110.945	110.987
Güney Amerika	46.379	45.822	45.043	43.899	39.224
Afrika	15.336	15.963	15.023	1.616.779	12.189
Orta Doğu	24.979	26.967	29.986	26.974	21.044
Asya&Okyanusya	1.032.606	1.129.236	1.145.181	1.096.329	1.090.520
Dünya-Çin Hariç	829.091	828.354	847.447	816.790	820.130

Kaynak: World Steel

Tablo 3: Dünya üretiminde şirketlerin sıralaması (2015)

Sıralama	Şirket	mn ton	Pay %	Sıralama	Şirket	mn ton	Pay %
1	ArcelorMittal	97.136	%6,0	11	Wuhan Steel Group	25.776	%1,6
2	Hesteel Group	47.745	%3,0	12	Shandong Steel Group	21.692	%1,3
3	Nippon Steel	46.374	%2,9	13	HYUNDAI Steel Company	20.481	%1,3
4	POSCO	41.975	%2,6	14	Nucor Corporation	19.624	%1,2
5	Baosteel Group	34.938	%2,2	15	Maanshan Steel	18.820	%1,2
6	Shagang Group	34.214	%2,1	16	thyssenkrupp AG	17.339	%1,1
7	Ansteel Group	32.502	%2,0	17	Gerdau S.A.	17.033	%1,1
8	JFE Steel Corporation	29.825	%1,8	18	Tianjin Bohai Steel	16.269	%1,0
9	Shougang Group	28.553	%1,8	19	Novolipetsk Steel (NLMK)	16.049	%1,0
10	Tata Steel Group	26.314	%1,6	20	Jianlong Group	15.141	%0,9
	Top 10 Toplam	419.576	%26,0		Top 20 Toplam	607.800	%37,6

Kaynak: World Steel

Dünya Demir-Çelik Tüketimi

- Tüketimi de üretim gibi domine eden Çin, son 5 yılda dünya tüketiminin %45'ini oluşturmaktadır. Çin tüketimi 2013'ten bu yana daralmakta olup, Çin hariç bölgelerdeki büyüme hızı azalmaya devam etmektedir. Hindistan'ın yerel tüketiminin artmasına bağlı olarak dünya tüketimindeki payı da artmaya devam etmektedir.
- 2015'te dünyadaki görünür çelik tüketimi %3,1 azalarak 1,5 mlr ton seviyesinde gerçekleşmiştir. Avrupa'da 2015 yılında ekonomik büyümede görülen toparlanma ile çelik tüketiminde de artış meydana gelmiştir. BDT ülkelerinden Ukrayna'da Rusya ile yaşanan gerginlikler, Rusya'da ise düşen petrol fiyatları ve ülkeye uygulanan yaptırımlara bağlı olarak ekonomik görünümün kötüleşmesi sonucu çelik tüketimi düşüş göstermiştir.

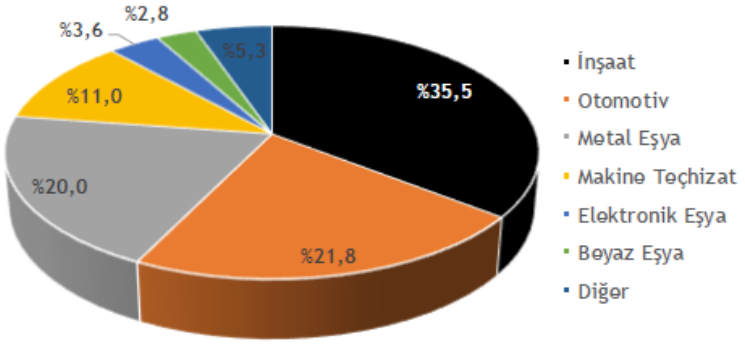
Dünya Demir-Çelik Tüketimi

Tablo 4: Ülkelere Göre Dünya Demir-Çelik Tüketimi

Tüketim (mn ton)	2012	2013	2014	2015
Çin	660	735	711	672
ABD	96	96	76	104
Hindistan	72	74	76	82
Japonya	64	65	68	64
G.Kore	54	52	56	55
Almanya	38	38	39	40
Rusya	43	44	43	39
Türkiye	29	31	31	34
Meksika	21	20	23	24
Brezilya	25	26	26	22
Diğerleri	337	347	393	365
Dünya	1.439	1.528	1.540	1.499
Dünya-Çin hariç	779	793	829	828

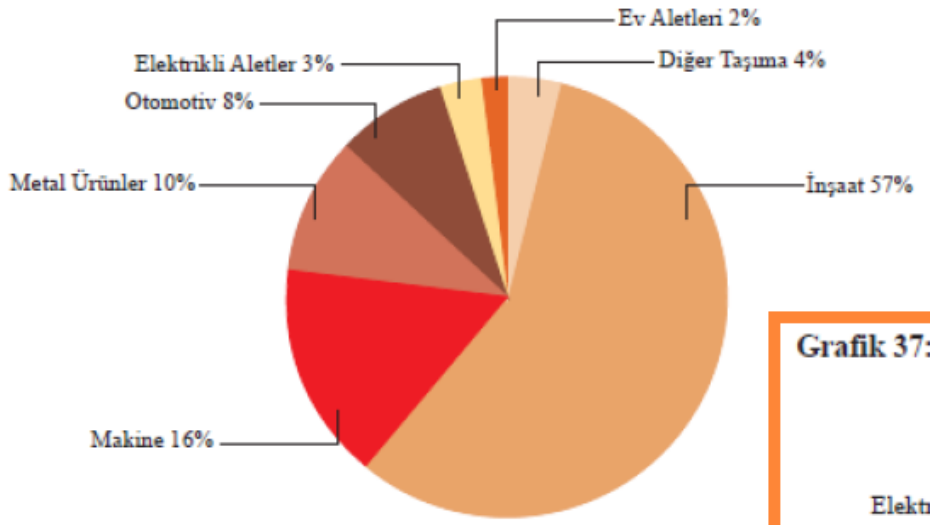
Kaynak: World Steel, CİB
**YBBO: Yıllık Bileşik Büyüme Oranı*

Grafik 7: Gelişmiş Ülkelerde Sektör Bazında Demir-Çelik Tüketimi Dağılım (%)



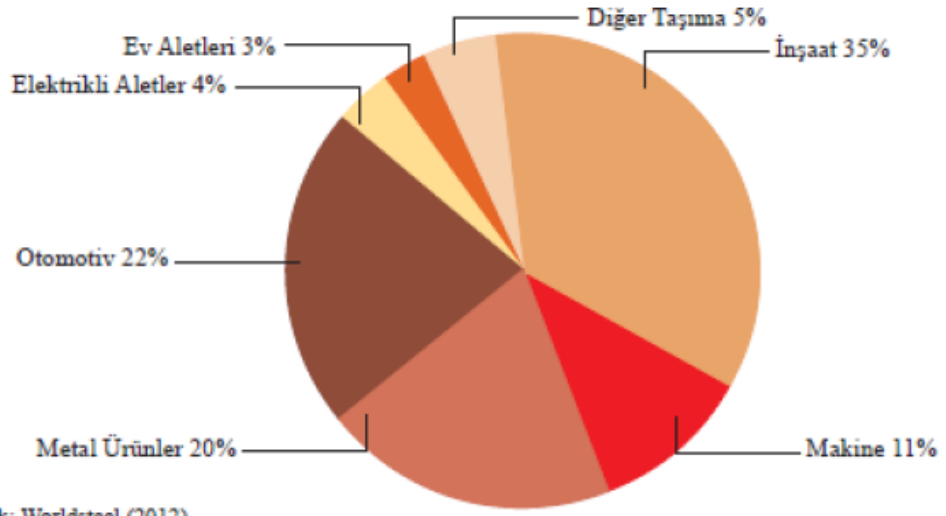
Dünya Çelik Derneği verileri, gelişmekte olan ülkelerde inşaat sektörünün, toplam çelik tüketiminin ortalama yüzde 57'sini gerçekleştirirken, makine, otomotiv ve metal ürünler gibi sanayi kollarının yeterince gelişmediğini göstermektedir. Gelişmiş ülkelerin tüketimlerinin dağılımına ilişkin istatistikler ise, inşaat sektörünün tüketim içerisindeki payının yüzde 36 seviyesinde kaldığını, buna karşılık otomotiv ve metal ürünleri gibi sanayi kollarının geliştiğini ortaya koymaktadır.

Grafik 36: Gelişmekte Olan Ülkelerin Çelik Tüketiminin Sektörlere Dağılımı, 2011



Kaynak: Worldsteel (2012)

Grafik 37: Gelişmiş Ülkelerin Çelik Tüketiminin Sektörlere Dağılımı, 2011



Kaynak: Worldsteel (2012)

Kişi Başına Demir-Çelik Tüketimi

- Demir-çelik sektörünün lokomotif sektör olma özelliği nedeniyle, ülke ekonomileri üzerindeki etkisi çok büyüktür. Bu nedenle, bir ülkenin demir-çelik ürün tüketim düzeyi, o ülkedeki gelişmişliğin en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir.
- 2015 yılında kişi başına nihai çelik ürünleri tüketimi Dünya ortalaması 208,2 kg olarak gerçekleşmiştir. 2015 itibarıyla kişi başına nihai çelik ürünleri tüketiminde 1.113 kg ile ilk sırayı Güney Kore almaktadır. Güney Kore'yi 627,4 kg ile Çek Cumhuriyeti, 497,3 kg ile Japonya izlemektedir. Kişi başına kg olarak nihai çelik tüketimini 2014 yılındaki 396,9 kg seviyesinden 2015 yılında 436,8 kg seviyesine yükselten Türkiye, Fransa, İtalya, İngiltere gibi gelişmiş Avrupa ülkelerinden daha fazla kişi başına nihai çelik ürünleri tüketmiş bulunmaktadır. Kentsel dönüşüm, alt yapı projeleri gibi büyük ölçekli yatırımların ve kamu harcamalarının desteğiyle Türkiye kişi başına çelik tüketiminde dünya sıralamasında 2009'daki 13. sıradan 2015 itibariyle 7. sıraya yükselmiş bulunmaktadır.

Tablo 5: Kişi başı nihai çelik tüketimi (2015, kg)

Ülke (kişi başına kg)	2012	2013	2014	2015	Sıralama
Güney Kore	1.090	1.038	1.109	1.114	1
Tayvan	763	796	837	751	2
Çek Cumhuriyeti	555	556	588	627	3
Japonya	503	514	534	497	4
Çin	487	540	519	489	5
Almanya	466	472	492	484	6
Türkiye	380	411	397	437	7
Avusturya	428	417	421	418	8
Kanada	447	400	474	405	9
İtalya	360	368	368	401	10
Dünya	207	218	217	208	

Kaynak: World Steel

Bugün çelik sektörü tarafından tüketilmekte olan hammaddelerin bir kısmı diğer sektörler tarafından da tüketilmektedir. Dünya üzerinde üretilen;

- Demir cevherinin %98'i,
- Koklaşabilir kömürün % 80'in üzerindeki kısmı,
- Hurdanın % 100'ü
- Manganezin % 90'ı,
- Silikonun % 60'ı,
- Nikelin % 60'ı
- Kromun % 75'i
- Çinkonun % 60'ı
- Molibdenyumun % 60'ı
- Vanadyumun % 85'i
- Kalay'ın % 20'si
- Tungstenin % 20'si

çelik sektörü tarafından tüketilmektedir. (Kaynak: OECD)

Tablo 7: Demir Cevheri Üretimi ve Rezervleri, 2010 (milyon ton)

Ülke	Üretim	Rezerv
Avustralya	433	17.000
Brezilya	375	16.000
Çin	315	7.200
Hindistan	212	4.500
Rusya	101	14.000
Diğer Dünya	291	21.300
TOPLAM	**1.827**	**80.000**

Kaynak: OECD (2012)

Hurda

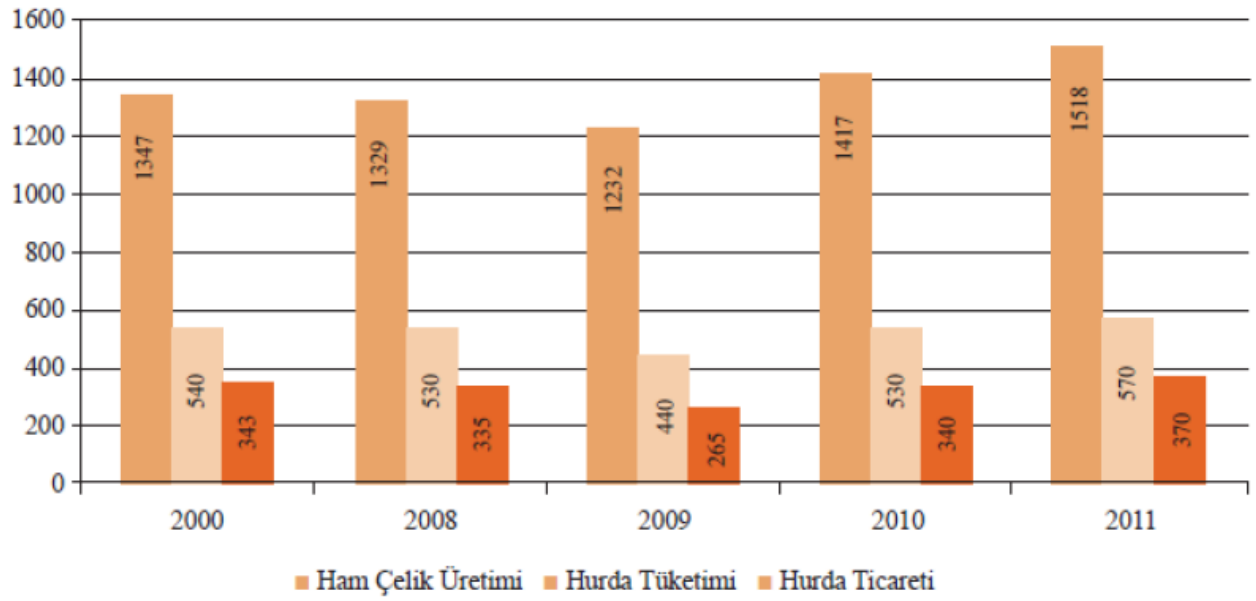
Dünya hurda tüketimi ve ticareti ham çelik üretimine paralel bir seyir izlemektedir. Hurda;

- Çelik üretimi sırasında oluşan hurdalar,
- Çelik tüketen sanayilerin üretimleri esnasında oluşan hurdalar ve
- Kullanım ömrünü tamamlayarak yıkılan binalardan, hurdaya ayrılan otomobil, makine, gemi veya diğer çelik ihtiva eden ürünlerden elde edilen hurdalar

olmak üzere, 3 temel kategori altında toplanmaktadır. Yıllık 100 milyon tona yakın hurda üretimleri ile AB ve Çin en büyük hurda üreticileri arasında yer almaktadır. Avrupa Birliği önemli bir hurda ihracatçısı iken, Çin Halk Cumhuriyeti ürettiği hurdanın tamamını tüketmekte ve buna ilave olarak 6-7 milyon ton civarında ithalat yapmaktadır. AB ve Çin'e ilave olarak büyük hurda üreticileri arasında, ABD, Japonya ve Güney Kore üst sıralarda yer almaktadır. Bir ülkenin hurda üretme potansiyeli, o ülkenin çelik üretimi ve tüketimi yanında, yaklaşık 20-25 yıl önce tükettiği çelik miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu durum, hurda üretiminin genellikle geçmişte yüksek miktarlarda çelik tüketmiş bulunan gelişmiş ülkelerde yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Ham çelik üretiminde hurda tüketimine dayalı elektrik ark ocaklı kapasitelerin artmaya devam etmesi ve iç piyasadan tedarik edilen hurda miktarının sınırlı seviyelerde kalması nedeniyle, Türkiye uzun yıllardan bu yana, dünyanın en büyük hurda ithalatçısı konumunda bulunmaktadır. Hurda ithalat miktarı açısından Türkiye'yi, Güney Kore, Çin, Almanya ve İtalya takip etmektedir.

Grafik 14: Dünya Demir Hurdası Tüketimi ve Ticareti (milyon ton)



Kaynak: Worldsteel, BIR (2012)

Tablo 9: Dünya Hurda Üretimi, 2010 (milyon ton)

Ülke	2009	2010
Çin	65	93
AB27	90	93
ABD	62	75
Japonya	39	44
Kore	18	21
Rusya	23	-
Diğerleri	78	-
TOPLAM	**375**	-

Kaynak: BIR (2012)

Tablo 10: En Büyük Hurda İthalatçısı 10 Ülke (2011)

Sıralama	Ülke	Milyon ton	% Pay
1	**Türkiye**	**21,46**	**20,5**
2	G. Kore	8,6	8,2
3	Çin	6,8	6,5
4	Almanya	6,2	5,9
5	İtalya	5,7	5,4
6	Tayvan	5,3	5,1
7	İspanya	4,6	4,4
8	Belçika	4,6	4,4
9	ABD	4	3,8
10	Fransa	2,7	2,6
	DÜNYA	**104,7**	

Kaynak: BIR, Worldsteel (2012)

Tablo 11: En Büyük Hurda İhracatçısı 10 Ülke (2011)

Sıralama	Ülke	Milyon ton	% Pay
1	ABD	24,4	23,3
2	Almanya	9	8,6
3	İngiltere	7,8	7,5
4	Fransa	6,2	5,9
5	Japonya	5,5	5,3
6	Kanada	4,8	4,6
7	Hollanda	4,5	4,3
8	Rusya	4	3,8
9	Belçika	3,5	3,3
10	Çek Cumhuriyeti	2	1,9
	DÜNYA	**104,5**	

Kaynak: BIR, Worldsteel (2012)

- Demir çelik sektöründe, ağırlıklı olarak ithal girdi kullanılmaktadır. Elektrik Ark Ocaklı (EAO) kuruluşlarda hammadde olarak kullanılan hurdanın %70 civarındaki bölümü ithal edilmektedir. 2011 yılında 9,8 milyar (21,5 milyon ton) dolarlık hurda ithal edilmiş ve bu ithalatın büyük bir kısmı ABD, Rusya, Ukrayna ve AB (27) ülkelerinden yapılmıştır. Entegre tesislerde ise, hammadde olarak 1,1 milyar dolar (4 milyon ton) taş kömürü ve 1,2 milyar dolarlık demir cevheri ithal edilmiştir.

Girdiler	Elektrik Ark Ocakları (EAO)		Entegre Tesisler (BOF)	
(Mal Bazında)	Yerli (%)	İthal (%)	Yerli (%)	İthal (%)
Hurda	30	70		
Demir cevheri			40	60
Taş Kömürü			10	90

Türk Demir Çelik Sektöründe İstihdam

Ham çelikten mamûl üreten kuruluşlarda, 2012 yılı itibariyle 38,4 bin kişiye doğrudan istihdam sağlanmıştır. Diğer çelik kuruluşları ve dolaylı istihdam ile birlikte, sektörün toplam istihdamının 200 bin kişinin üzerinde olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 13: Ham Çelik Üreten Kuruluşlarda İstihdam (Kişi)

	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	% pay 2012
EO	10.525	9.239	13.153	14.505	16.187	16.205	14.834	17.216	18.218	20.914	54,5
BOF	33.145	17.459	17.293	16.264	17.328	16.831	15.313	16.528	17.119	17.483	45,5
Toplam	43.670	26.698	30.446	30.769	33.515	33.036	30.147	33.744	35.337	38.397	100,0

Kaynak: DÇÜD (2013)

Tablonun incelenmesinden de anlaşılabileceği üzere, Elektrik ocaklı (EO) tesislerdeki istihdam yıllar itibariyle kapasitedeki ve yeni tesis sayındaki artışa bağlı olarak yükselirken, BOF'lardaki istihdam azalmıştır. Bazik Oksijen Fırını, Entegre Tesislerdeki (BOF) istihdam azalışı, özelleştirme sonrasında atıl işgücünün tasfiyesi ve gerçekleştirilen modernizasyon yatırımları sayesinde, işgücü verimliliğinin arttırılması sonucu ortaya çıkmıştır.

2012 yılı itibariyle 38,4 bin kişilik istihdamın yüzde 54,5'ine karşılık gelen 20,9 bini EO'lu tesislerde, yüzde 45,5'ine karşılık gelen 17,5 bini ise, BOF'lu tesislerde bulunmaktadır

DEMİR ÇELİK ÜRETİMİNİN KISA TARİHÇESİ

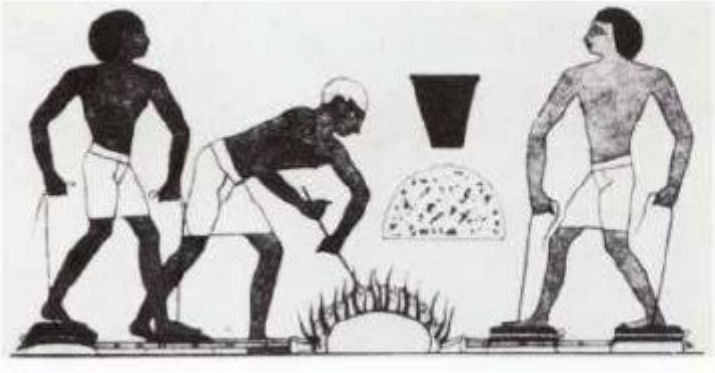
Demir-Çelik endüstrisi, dünyanın en önemli ve gelenek açısından en eski üretim sektörüdür. 3000 yıl kadar önce demir, insanlığın kültür ve medeniyetinde temel teşkil etmekteydi ve cevherden demir elde etme çalışmaları o zaman bile geliştirilmişti. O zamandan bu yana, demir cevherini daha ekonomik olarak kullanılır hale getirmek için enerji kullanımı ve çeşitli tekniklerin bir araya getirilmesi hedefi hep aynıydı.

Demir ve çeliğin daha hacimli olarak üretiminin başlangıcı çok eski zamanlara kadar gitmektedir. Büyük bir ihtimalle demirin üretimi, dünyanın pek çok noktasında (Batı Afrika, Güneydoğu Avrupa, Güney Hindistan, Çin) 1000 yıldan daha önce eş zamanlı olarak keşfedildi. Medeniyetler tarihi önem kazanabilmek için, bu metali silah veya alet haline dönüştürmeleri gerekiyordu. Bunun için de öncelikle nasıl elde edildiğini ve işlenmesi gerektiğini bilmek zorundaydılar.

İlk kullanılan demirin, dünyaya uzaydan düşen büyük bir meteorun olduğu çok açıktır. Şans, gözlem ve yaratıcılık, yeterli miktarlarda redüklenebilir cevherlerin olduğu yerlerde demirin üretim metotlarının gelişmesine yol açmıştır. O zamanlar bolca bulunan ağaçlar sayesinde bu cevherlerin mangal kömürü ile birlikte ergitilmesi de mümkündü. Demir üretiminin gelişimi, farklı gelişim düzeylerinde ama çeşitli bölgelerde eş zamanlı olarak meydana gelmiştir. Metalin teknik özellikleri ve ekonomik önemi yüzünden, bilgi ve tecrübe çoğu zaman gizli tutulduğundan dolayı, belirli üretim yöntemleri belli bölgelerde kısıtlı kalmıştır. Ancak uzun bir süre sonunda yayılmıştır.

Demirci ocakları, kilden, ocak taşlarından veya buzullarla taşınmış kayalardan yapılan alçak kuyulardı. Bu ocaklarda temiz demir cevherleri odun kömürüyle redüklenerek dövülebilir demir haline getirilirdi. Bu işlemde, cevhere yapışmış olan gang, ergitilerek çıkartılırdı. İlk zamanlarda fırınlar doğal hava akımıyla işletilirdi (Şekil 1.1). Daha sonraları elle veya ayakla çalıştırılan körükler yardımıyla gerekli hava sağlandı (Şekil 1.2). Elde edilen ürün dövülebilir demir, cevher ve kömürden oluşan curuf idi. Bu ham demirler, küçük parçalara ayrılarak elle dövülüp, kullanılabilen aletler haline dönüştürüldüler. Bu yöntemde Orta Çağ'a kadar çok az bir değişiklik olmuştur.

Şekil 1.1. 2500 yıl önce Almanya'nın Siegerland bölgesinde demirci ocağında demir üretimi



Şekil 1.2. Yaklaşık 3500 yıl önce Mısır'daki ergitme ateşi. Gerekli ısı, ayaklı körüklerden sağlanan üfleçlerle oluşturulmaktadır.

Isı kullanımı giderek daha fazla yaygınlaştığı için, yaklaşık olarak M.S. 12.Yüzyılda demir cevherini ergitebilecek fırınlar üretilmesi mümkün olmaya başlamıştır. Bunlar yüksek fırınların ilk halleriydi. Önceleri hiç istenmeyen çok sıvı ürünler ortaya çıkmıştır. Belki de bu yüzden "pik demiri" (pig iron – domuz demiri) olarak adlandırıldı. Ama bu gelişme, yani sıvı pik demirin elde edilmesi, bu alanda bir çığır açarak modern çelik üretimine geçişte anahtar bir rol oynamıştır.

Sıvı metal üretilen tesislerin ismi önceleri "akışkan fırınlar" idi. Büyüklükleri arttıkça yüksek fırın (blast furnace) terimi iyice yerleşmeye başlamıştır. Bu fırınlar 18.yüzyıla kadar odun kömürü ile çalıştırılmıştır. Geçmişte katı olarak üretildiğinde dövülebilen demir, sıvılaşmış pik demir olarak yüksek karbon içeriği nedeniyle dövülemiyordu.

15.yüzyılın sonlarına doğru demir kapı
(kapı boyutları 173x91 cm)

Kereste kaynaklarının hızla tüketilmesi yüksek fırınlarda koka dönülmesine yol açtı. Bu kömür ilk kez, 1709 yılında A.Darby tarafından o zamanın önde gelen sanayi ülkesi olan İngiltere'de başarılı bir şekilde yüksek fırında kullanılmıştır. 1796'da ilk kok kömürü fırını Almanya'da, Yukarı Silezya'ya bağlı Gleiwitz'de açıldı (Şekil 1.6).

Kok teknolojisi ve buhar motorlarının kullanılmasıyla yüksek fırınların üretkenliği arttı. Ama sonraları çeliğin rafinasyon fırınlarında üretimi ve sonraki şekillendirme operasyonlarında bir darboğaz oluştu. Çözüm, 1784'de İngiltere'de Henry Cort tarafından haddehanelerle bağlantılı olarak "tavlama" kullanımı ile bulunmuştur (Şekil 1.7). Bu yeni teknoloji, demir ve çelikte sadece üretim akışını hızlandırmadı, aynı zamanda özellikle demir üretiminde odun kömüründen koka dönüşümü tamamlamış oldu. Burada öncelik, kömür veya koktan gelen ve istenmeyen kükürdün çeliğe geçmesini önlemekti. Eğer önlenemezse sıcak kırılma veya yırtılmalar oluşmaktaydı. Cort bu yüzden demirin sadece oksijen zengini yanıcı gazlarla temasa geçebileceği bir yansımalı (reverbatory) fırın tasarlamıştı. Rafinasyon sırasında sıvı metal, çalkalanıp katı bir çelik topuna dönüştürülüp, daha sonra doğrudan haddelemeye gönderilerek şekillendiriliyordu. Şekil 1.8, bu teknolojiye dayalı olarak çalışan tipik bir demir çelik fabrikasını göstermektedir.

Şekil 1.6. 1796'da Gleiwitz'da inşa edilmiş ilk Alman kok yüksek fırını

Sıvı çelik ilk olarak 1740 da İngiliz B. Huntsman tarafından bir pota prosesi olarak üretildi. Bu üretim, Almanya'da 19.yüzyıla kadar gerçekleşmedi. Kitlesel çelik üretim çağı, 1856 yılında başka bir İngiliz olan Henry Bessemer tarafından başlatıldı. Böylelikle ilk defa kok kömürü ile çalışan fırınlardaki sıcak metal üretiminde sağlanmış olan hızlı artış, çok verimli bir teknik ile desteklenebilmekteydi. Bessemer tarafından gerçekleştirilen bu proseste sıvı metale alttan hava enjekte ediliyordu. Bu yöntem, eser elementlerin kolayca oksitlenip egzotermik yanma sürecine dönüşmesine imkan sağlıyordu. İşlemin sonunda homojen bir sıvı çelik elde edilmekteydi. Bessemer prosesi, konverter olarak bilinen armut biçimli bir başka taşıyıcı ile bağlantılı idi (Şekil 1.9). Refrakter astar silisyumlu asit içermekteydi. Bu asidik astar, sadece oldukça düşük fosfor içeren sıvı çelik üretmede uygundu.

Şekil 1.9. Çelik üretiminde kullanılan deney amaçlı Henry Bessemer konverterinin kesidi

Şekil 1.10. Armut biçimli ana Bessemer konverterinin şematik gösterimi;
(sıvı metali rafine etmek için ergiyiğe aşağıdan hava üflenmektedir)

1879 da İngiliz Sidney Gilchrist Thomas, bazik dolomit astarı döşenmiş olan bir konverter ile yüksek fosforlu sıcak metali rafine etmeyi başarmıştır (Şekil 1.10). 1865 yılında çelik üretiminde bir başka etkin yöntem geliştirildi. Yanmış gazların ısısından faydalanarak ısıtma sağlayan ve hazneli olan bu yöntemde de cevher yine sıvı çelik veya hurda çeliğe dönüştürülmekteydi. Bu teknik aslında İngilizce konuşulan ülkelerde açık hazneli (open hearth furnace) fırın olarak bilinse de, onu geliştiren kişilerden dolayı Almanya'da Siemens-Martin olarak biliniyordu. Elektrik enerjisinin yeterli miktarlarda ve ekonomik fiyatlarla kullanılmaya başlanmasıyla, elektrik ile elde edilen ısı, çelik yapımında kullanılmaya başlandı. Bu yönde ilk adımlar 1850 li yıllara kadar gitmektedir. Günümüzde elektrik ark fırınları çelik üretiminde sağlam bir zemin edinmiştir.

Henry Bessemer yüksek saflıktaki oksijeni kullanarak rafinasyon prosesini hızlandıracağının farkındaydı. Ancak o zamanlarda yeterli saflıkta oksijen üretmek mümkün değildi. Bu yüzden bu fikir gerçekçi görünmüyordu. Saf oksijende makul fiyatlara ancak 1930 yılında ulaşılabildi. Thomas veya Bessemer yöntemlerindeki alttan üflemeli sistem, ikinci dünya savaşından sonra üstten üflemeli oksijenle yer değiştirdi ve Bazik Oksijen Fırını (BOF) çelik üretiminde birden yaygınlaştı. Günümüzde Almanya'da çelik üretimi, BOF prosesi ile (ilk BOF prosesi 1957 yılında çalışmaya başladı) elektrikli çelik fabrikalarında yapılmaktadır. Çeliğin sıcak metal aşaması olmadan üretildiği, orijinal "doğrudan" çelik yapım yöntemi, çeşitli doğrudan redükleme prosesleri ile tekrar önem kazanmaya başladı. Çünkü sıvı metal yüksek karbon içermekteydi ve üretimi metalurjik anlamda dolambaçlı bir yol takip ediyordu.

Çelik üretiminin gelişimi, haddehaneler ve dövme teknolojisiyle 19.yüzyılda hızlı bir gelişme gösterdi. Bu yüzyılın ortalarından itibaren kütlesel çelik üretiminin gelişimi, genişleyen sanayi toplumunun taleplerini karşılayabilmek için kitle halinde çelik şekillendirme ihtiyacını da ortaya koydu.

Türkiye Demir Rezervleri

- 1. Sivas-Malatya Bölgesi,
- 2. Kayseri - Adana Bölgesi,
- 3. İçel Bölgesi,
- 4. Payas - Kilis Bölgesi,
- 5. Giresun Bölgesi,
- 6. Ankara - Kırşehir Bölgesi,
- 7. Sakarya - Çamdağ Bölgesi,
- 8. Çanakkale - Balıkesir Bölgesi,
- 9. Kütahya Bölgesi,
- 10. Aydın - İzmir Bölgesi,

Türkiye Demir Rezervleri

- ***Sivas – Malatya – Erzincan Bölgesi:*** Bu bölge, halen işletilmekte olan madenlerin büyük kısmını ihtiva etmesi, rezervlerinin büyüklüğü ve ileride değerlendirilebilecek düşük tenörlü rezervleri de içermesi nedeniyle, Türkiye'nin en büyük demir cevheri bölgesidir. Halen yüksek tenörlü, direk şarjlık cevher üretim merkezi durumunda olan bu bölgede; 1985 yılında Divriği Konsantrasyon ve pelet tesisleri üretime başlamıştır. Düşük tenörlü Hekimhan-Deveci sideritlerini işlemek için planlana kalsinasyon tesisleri ile yine düşük tenörlü Hekimhan-Hasançelebi manyetit yataklarının işletilmesi için düşünülen Konsantrasyon ve pelet tesislerinin de bu bölgede yer alacak olması, bölgenin uzun yıllar Türkiye demir madencilik bölgesi olacağını göstermektedir. Bu bölgede son yıllarda yapılan çalışmalarla önemli rezerv artırıcı gelişmeler kaydedilmiş olup; Divriği A+B Kafa, Dumluca, Bizmişen, Kurudere, Çetinkaya, Otluklise, Deveci, Karakuz, Sivritepe, Hasançelebi bu bölgenin önemli cevher yataklarıdır.

- ***Kayseri – Adana – Bölgesi:*** Türkiye'nin ikinci derecede önemli demir cevheri bölgesi olup, daha ziyade yüksek tenörlü, direk şarjlık cevherler içermektedir. Attepe, Kızıl Menteş, Karaçattepe, Mağrabeli (Koruyeri), Elmadağbeli, Ayıdeliği, Kararnadazı ve Tacir demir yataklarının bulunduğu bu bölgede, son yıllarda (1989- 1993) MTA tarafından yapılan etüd ve sondajlı aramalar sonucunda Mansurlu-Attepe civarında önemli rezervler ortaya çıkarılmış olup, yeni rezervlerin bulunması beklenmektedir.

- ***Ankara – Kesikköprü Bölgesi:*** Ankara-Bala, Kırıkkale-Keskin arasında yer alan bölgede; Madentepe, Büyükocak, Camiisağır, ve Camiikebir yatakları bulunmakta olup, uzun yıllardır Karabük Demir Çelik Tesislerine sevkiyat yapılmaktadır

- ***Batı Anadolu Bölgesi:*** Batı Anadolu Bölgesi demir cevheri yatakları, genellikle yüksek tenörlü, ancak empüriteli cevher ihtiva etmektedir. Bu cevherler ancak diğer cevherler ile harmanlamak suretiyle empüriteleri tolere edilerek kullanılırlar. Bölgede mevcut Şamlı cevheri Cu, Eymir cevheri As ve Ayazmant cevheri Cu ve S yönünden empüritelidir. Ayazmant, Büyük ve Küçük Eymir, Çavdar, Hortuna sahaları bu bölgede bulunmaktadır.
- ***Diğer Bölgeler:*** Yukarıda söz edilen bölgeler dışında kalan cevher yatakları, belirli bir bölgede toplanamayacak şekilde dağınık olup en önemlisi, Bingöl - Genç - Avnik yatağıdır. Yatak önemli miktarda rezerv olmakla beraber fosfat (P) empüritesi içerdiğinden teknolojik proses gerekmektedir. Ayrıca; Sakarya - Çamdağ (karbonat ve silisli), Payas (yüksek alüminalı), İçel yöresindeki (düşük tenörlü) yataklar, Bitlis - Meşesırtı, Öküzyatağı (Fosfat empüriteli), Adıyaman - Çelikhan - Bulam (Fosfat empüriteli), Kahramanmaraş - Beritdağı (düşük tenörlü), yozgat - Sarıkaya (düşük tenörlü) gibi sorunlu cevher yatakları da teknolojik proses gerektirmektedir.

HAMMADDELER VE ÖNİŞLEMLER

3.1. Demir – Çelik Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Demir – Çelik üretimi için gerekli hammadde ve başlangıç malzemeleri aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir;

- Demir esaslı malzemeler (demir cevheri, hurda)
- Yakıtlar ve redükleyiciler (kok, kömür, gaz vb.)
- Flakslar (curuf yapıcılar) ve ilaveler (alaşım yapıcılar)

3.1.1. Demir Cevherleri

Yerkabuğundaki elementler arasında demir %5.6 bulunma oranı ile oksijen, silisyum ve aluminyumdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır.

Demir doğada saf halde yer almayıp kimyasal bileşikler şeklinde bulunmaktadır. En çok rastlananı demir – oksijen (demir oksitler) bileşikleridir. Demir bileşikleri daima "*gang*" olarak bilinen empüriteler ile karışık halde bulunurlar. Bu demir oksit ve gang karışımı ekonomik üretimin mümkün olduğu demir cevherleri olarak sınıflandırılırlar.

Gang bileşimi demir cevherlerinin işlenmesinde önemli bir role sahiptir. Eğer gang yüksek oranda kireç ($CaCO_3$) içeriyorsa cevher "***bazik***", silika (SiO_2) oranı daha fazla ise "***asidik***" olarak nitelendirilir.

Demir çelik sektörünün ana hammaddesi demir cevheridir. Bir madenin cevher olarak değerlendirilebilmesi için işletilmesi ve kullanılmasının ekonomik olması gerekmektedir. Çelik sanayiinde kullanılan demir cevherlerinin harman tenörünün en az %57 Fe olması arzu edilmektedir. Demir cevherleri doğada;

- Manyetit (Fe_3O_4),
- Hematit (Fe_2O_3),
- Limonit ($FeO(OH).nH_2O$),
- Götit ($Fe_2O_3.H_2O$),
- Siderit ($FeCO_3$) ve
- Pirit (FeS_2)

mineralleri şeklinde bulunmaktadır.

Manyetit (Fe_3O_4) ($FeO.Fe_2O_3$)

Yüksek oranda demir içeren (%60-70) ve eser elementlerden geniş ölçüde arındırılmış bir demir cevheridir. Gang mineralleri çoğunlukla silis (asidik) içeriklidir. Demir ve oksijen atomlarının manyetit yapısında çok sıkı bağlı olmaları nedeniyle redüklenmesi zordur. İsminden de anlaşılacağı üzere yüksek manyetiklik özelliği gösterir. İsveç, Norveç ve Rusya'da geniş manyetit yatakları mevcuttur.

Hematit (Fe_2O_3)

Düşük fosfor (P) ve kükürt (S) içeriği, silisli (asidik) yapısıyla yüksek demir içeriğine sahiptir. Belirgin kızıl rengi, demir (üç) oksit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Demir-oksijen bağları daha zayıf olduğundan kolay redüklenebilir. İşlenebilir maden yatakları yerkürenin her yerinde bulunabilir.

Limonit ($FeO(OH).nH_2O$)

Limonit "sulu" olup, demir oksitler su ile kararlı bir bağ oluşturmuştur. Düşük demir konsantrasyonu ile en yaygın bulunan demir cevheridir. Maden işletmesi, maden yatakları çok geniş olduğunda ekonomikliği vardır.

Siderit ($FeCO_3$)

%30-40 Fe içeriği ile siderit cevheri nispeten kolay redüklenebilir. Çoğunlukla kireç, mangan ve düşük oranda fosfor içerir. En ünlü cevher dağı olan Steiermark (Avusturya), bu tür cevherden oluşmaktadır. Siderit madenleri günümüzde ekonomik olarak önemini yitirmiştir.

Götit ($Fe_2O_3.H_2O$) veya [$FeO(OH)$]

Sulu demir bileşiklerinden biri olan götit, genelde doğada limonit ve hematitle birlikte bulunmakta, önemli bir demir cevheri olarak kabul edilmektedir.

Pirit (FeS_2)

Pirit yaygın ve demir oranı yüksek içermesine rağmen, önemli bir demir kaynağı olarak hiç kullanılmamıştır. Hematit gibi birincil demir cevheri değildir. Kükürt kazanımı amacıyla kullanılan bir cevher olarak kabul edilmektedir.

Demir – Çelik üretim fabrikalarının yüksek fırınlarında kullanılan demir cevherlerine uygulanan en basit kalite kriterleri aşağıda sıralanmıştır;

- demir oranının tipi ve miktarı
- metalurjik özellikler (sinterleme sırasında cevherin davranışı, tane parçalanması vb.)
- redüklenebilirlik
- eser elementlerinin tipi ve miktarı (Al, Mn, P, K, Na)
-

Çok dar aralıkta gang ve istenmeyen eser elementlerini tanımlayan demir cevheri kalite standartlarına artık daha sık rastlanmaktadır. Demir cevherinin değerlendirilmesinde üretim ve sıcak metale (sıvı pik demir) veya doğrudan redüklenmiş demire (DRI) dönüşümündeki maliyetler de önemlidir. İlgili kriterler aşağıda özetlenmiştir;

- cevherlerin demir içeriği
- empüritelerin varlığı (gang)
- tane boyut dağılımı
- maden yatağının genişliği
- cevherin madenden çıkarılma maliyetleri
- maden yatağından üretim tesislerine olan nakliye masrafları

Cevherler hem açık maden işletmesi (Şekil 3.1) hem de yer altı madenleri (Şekil 3.2) şeklinde çıkarılabilirler. Çalışılabilir demir cevheri madenlerinin yüzeye yakın olduğu yerlerde, cevher açık işletme şeklinde çıkarılabilir. Yer altı işletmeciliği demir cevheri çıkarılmasında pahalıya mal olmaktadır.

Demir madenleri çok nadir olarak madenden doğrudan demir-çelik fabrikalarının stoklarına gönderilirler. Rota genellikle birden fazla yükleme ve uzun taşıma mesafeleri içermektedir. Taşıma işlemlerinden önce gang minerallerinin çoğunluğu giderilerek cevher konsantre hale getirilir. Bu işlem, cevher zenginleştirme olarak bilinmektedir.

Şekil 3.2. Kapalı demir maden işletmesi

3.1.2. Curuf Yapıcılar (Flaks)

Cevherde bulunan gang mineralleri ve kokun külleri, bileşen elementlerine bağlı olarak 1700 – 2000°C gibi yüksek ergime sıcaklıklarına sahiptir. Bu malzemeler yüksek fırının çalışma sıcaklıklarında kolayca ergitilemedikleri için, flaks adı verilen curuf yapıcı malzemeler ilave edilmektedir. Bunlar gangın ergime sıcaklıklarını 1300 – 1400°C ye düşürerek düşük viskoziteli curuf oluşturur.

Curuf yapıcı ilave maddeler ilavesinde metalin ergimesi sonrasında kimyasal olarak birleştiği veya fiziksel olarak karıştığı yabancı maddelerden ayrıştığı metalurjik işlemlere ***izabe*** adı verilmektedir. Demir izabesinde yabancı maddeler bu her iki durum sürekli mevcut olduğundan ham demir üretimi iki işlem gerektirir:

1) metalin bileşik olarak bulunduğu elemanlardan ayrılması (redüksiyon)

Demir cevherlerinde bulunan ve curufa geçmesi istenen gang mineralleri genelde refrakter özelliktedir, bir diğer ifadeyle kolay reaksiyona girmezler ve yüksek sıcaklıklarda ergirler. Bu gang minerallerinin tam olarak ergimemesi izabe işlemini geciktirir. Bu durumda flaksların birinci görevi, *gang minerallerini daha kolay ergir hale getirmek* tir.

Cevher içindeki bazı elemanlar, demir ile benzer tarzda redüklenmekte, demir içinde ergimekte ve demir ile bileşik yapmaktadır. Hammadde içerisinde demir ile bileşik yapmış bu elemanlar, demir metali yerine tercih edecekleri başka bir madde bulunmadığı sürece demirden ayrılmayacaktır. Bu durumda flaksların ikinci önemli görevi, *gang minerallerinin demir yerine tercih edecekleri bir maddeyi temin etmek ve metalin serbest hale geçmesini sağlamak* tır.

Curuf Yapıcılar (Flaks)

- İzabe işlemine giren bütün curuf yapıcı maddeler aralarında bileşikler yapmak için birbirleri ile reaksiyon gerçekleştirmeleri bakımından *asidik* ve *bazik* olarak sınıflandırılırlar. İzabe işlemlerinde yüksek sıcaklıklarda enaktif asidik bileşenler silis ve fosfor, en bazik bileşenler ise kalsiyum, magnezyum ve sodyum bileşikleridir.
- Flaksların görevlerinden biri, istenmeyen yabancı maddelerle kimyasal reaksiyona girerek kolay ergiyen curufyapmak olduğundan, bazik karakterli yabancı maddeleri gidermek için asidik flaks, asidik karakterli yabancımaddeleri gidermek için bazik flaks kullanılmaktadır. Genel olarak asidik ve bazik maddeler arasındaki reaksiyonlar sonucu oluşan curufun ergime sıcaklığı, curufu oluşturan bileşenlerin ergime sıcaklığından daha düşüktür.

Curuf Yapıcılar (Flaks)

- Birçok cevherde asidik ve bazik karakterli yabancı maddeler bulunmasına karşılık, asidik bileşenler (SiO_2 gibi) daha fazladır. Cevherlerde CaO+MgO gibi bazik oksitler de bulunmakta, ancak asidik olan SiO_2 yi bağlayacak kadar bulunmamaktadır. Bu nedenle hem silisi hem de fosforu curufa atabilmek için yüksek fırında ham demir üretiminde flaks malzemesi olarak kireçtaşı ($CaCO_3$) kullanılmaktadır. Kireçtaşı bazik karakterli flaks olup dolomit de ($MgCO_3.CaCO_3$) diğer bazik flakslara örnektir. Asidik flakslara örnek silika (SiO_2) verilebilir. Bu flaks malzemesi genelde çelik üretiminde kullanılmaktadır.

Curuf Yapıcılar (Flaks)

- Bazik flaks olan kireçtaşı yüksek fırına parça halinde şarj edilebildiği gibi cevherin sinterlenmesi esnasında öğütülerek sinter harmanına katılarak da ilave edilebilir. Bu durumda flaks yüksek fırına şarj edilmeden önce cevherdeki bazı yabancı maddelerle birleşir ve yüksek fırına gerekenden daha az kireçtaşı şarjı sağlanmış olur. Genel olarak sinterleme kullanılacak kireçtaşının tane boyutunun 3 mm'nin altında, yüksek fırında kullanılacak parça kireçtaşının boyutunun 5-10 cm aralığında olması istenir. Fırının normal çalışması esnasında kireçtaşı aşağıdaki reaksiyona göre parçalanır.

- $CaCO3 \rightarrow CaO + CO2$

Curuf Yapıcılar (Flaks)

- CO2 gazı fırının yukarı kısmına doğru giderken CaO fırının alt kısımlarında curuf yapıcı olarak görev yapar. Yüksek fırında kullanılacak kireçtaşının olabildiğine az silika içermesine dikkat edilir. Çelik üretimi esnasında ise kireçtaşı kalsine edilerek yani CaO halinde fırına ilave edilir ki bu maddeye *yanmış kireç* adı verilir.
- Alumina da (Al2O3) flaks malzemesi olarak nadiren kullanılır. Şartlara bağlı olarak asidik veya bazik karakterli davranabilir. Örneğin yüksek silisli curuflarda *aluminyum silikat*, yüksek CaO bulunan ortamlarda *kalsiyum aluminat* bileşiği oluşturur.
- Yüksek fırında kullanılan ve nötr karakterli bir başka flaks malzemesi ***Fluşpat*** (CaF2) dır. Bu flaks malzemesinin temel görevi *curufu daha akışkan yapmak*tır. Fluşpatın genel bir kimyasal bileşimi aşağıda verilmiştir.

Bileşen	%
CaF_2	81
SiO_2	4.75
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	1
S	1
$CaCO_3$	kalan

CEVHER HAZIRLAMA (ZENGİNLEŞTİRME)

- Tabiatta bulunan düşük tenörlü cevherin içerisindeki ana metal mineralinin yüzdesinin yükseltilmesi işlemidir.
- Ana metal minerali ile gang minerallerinin farklı özelliklerinden yararlanılarak mineraller birbirinden kısmen ayrılarak cevher hazırlama veya zenginleştirme işlemi ile gerçekleştirilir.
- Cevher hazırlama <u>ekonomik</u> ve <u>teknolojik</u> sebeplerden dolayı uygulanır.

CEVHER HAZIRLAMA İŞLEMLERİ

- KIRMA : Kırıcılar yardımı ile yapılan kaba boyut küçültmedir. Kaba Kırma (ortalama 100 mm tane boyutu) ve İnce Kırma(1-10 mm tane boyutu) olmak üzere iki aşamada uygulanır.
- ÖĞÜTME : Öğütücüler yardımı ile yapılan ince boyut küçültmedir.(0,1 mm tane boyutu altı)
- ELEME : Elekler yardımı ile yapılan boyut tasnifidir.
- AYIRMA : Minerallerin yoğunluk, manyetik, elektriksel ve yüzey özelliklerinden yararlanılarak kısmen birbirinden ayrılmasıdır.

KIRMA İŞLEMİ VE KIRICILAR

- Kırma İşlemi , kaba boyut küçültmedir. Kırıcılar ile yapılır.
- Kırıcılar:
- Çeneli Kırıcı
- Dönel Kırıcı
- Konik Kırıcı
- Merdaneli Kırıcı

KIRMA İŞLEMİ VE KIRICILAR

- Kırma İşlemi , kaba boyut küçültmedir. Kırıcılar ile yapılır.
- Kırıcılar:
- Çeneli Kırıcı
- Dönel Kırıcı
- Konik Kırıcı
- Merdaneli Kırıcı

ÇENELİ KIRICI

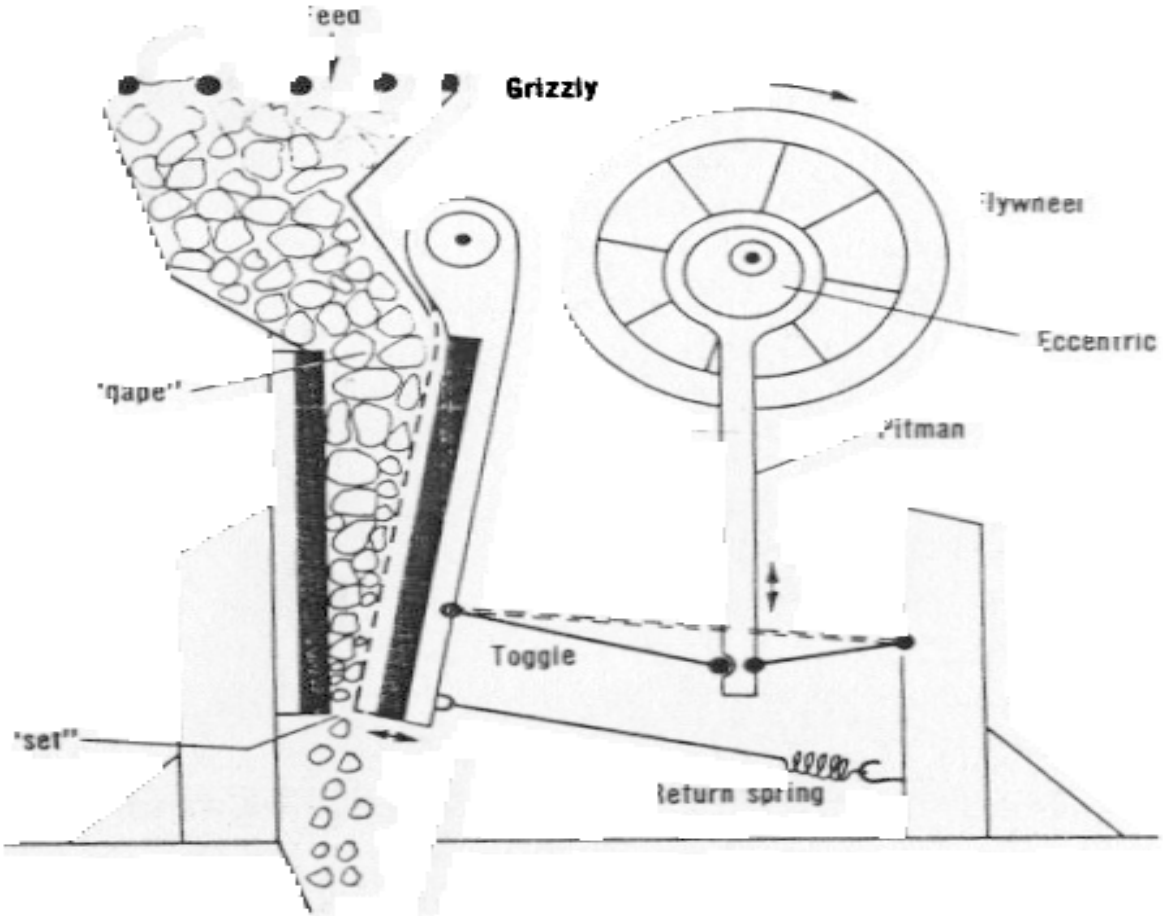


FIG. 11. Schematic jaw crusher. Hard facings are shown in black. Forward travel of jaw is indicated by the broken line. Details of extremely heavy housing have been omitted.

DÖNEL KIRICI

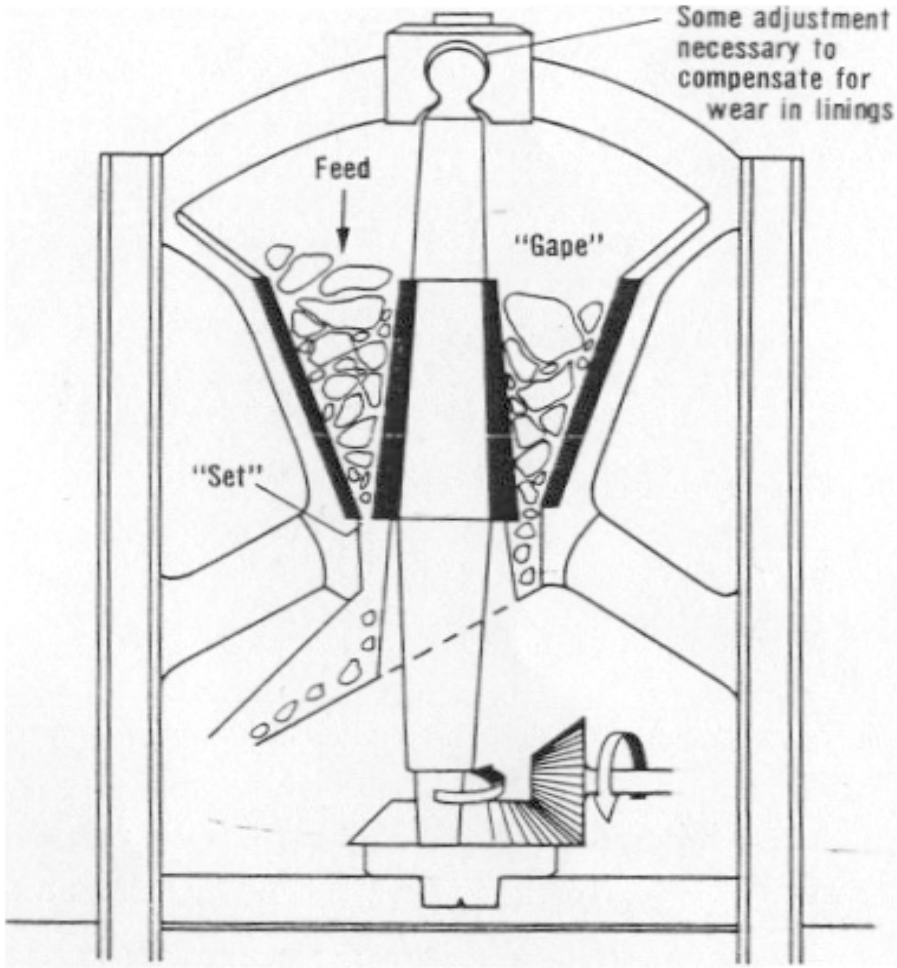


FIG. 12. Schematic gyratory crusher. Hard facings are shown in black.

KONİK KIRICI

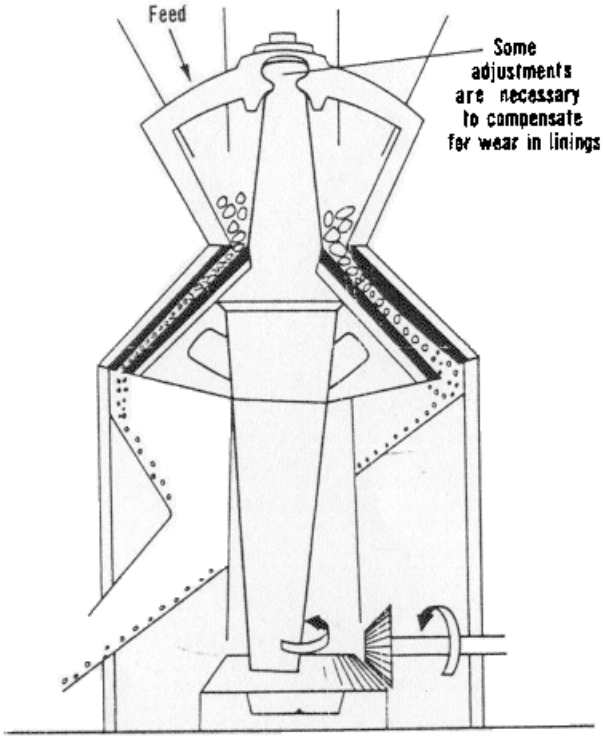


FIG. 14. Schematic cone crusher for secondary reduction. Hard facings are in black and details of heavy housing are omitted.

MERDANELİ KIRICI

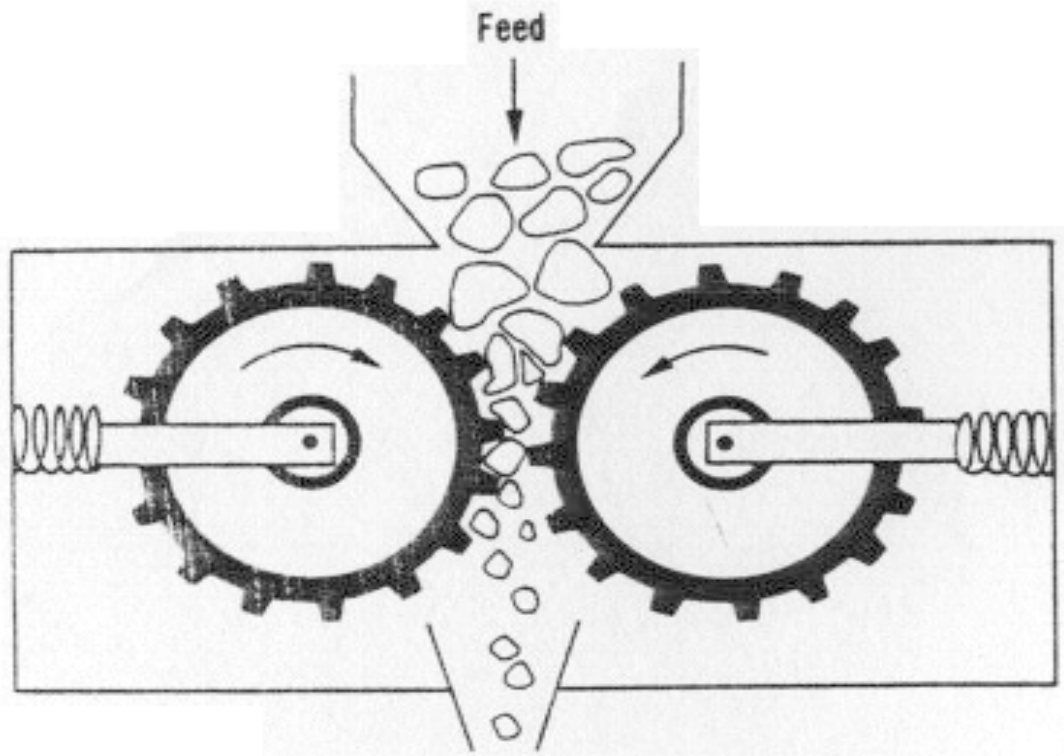


FIG. 13. Schematic roll crusher with sluggers.

ÖĞÜTÜCÜLER (DEĞİRMENLER)

Öğütücüler ince boyut küçültmedir.

Değirmenler

a) Çekiçli Değirmen
b) Bilyalı Değirmen

ÇEKİÇLİ DEĞİRMEN

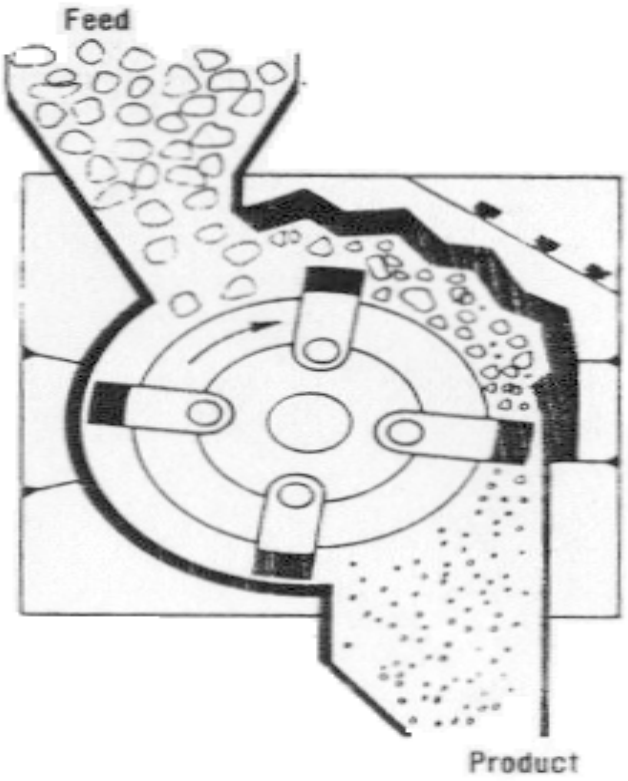
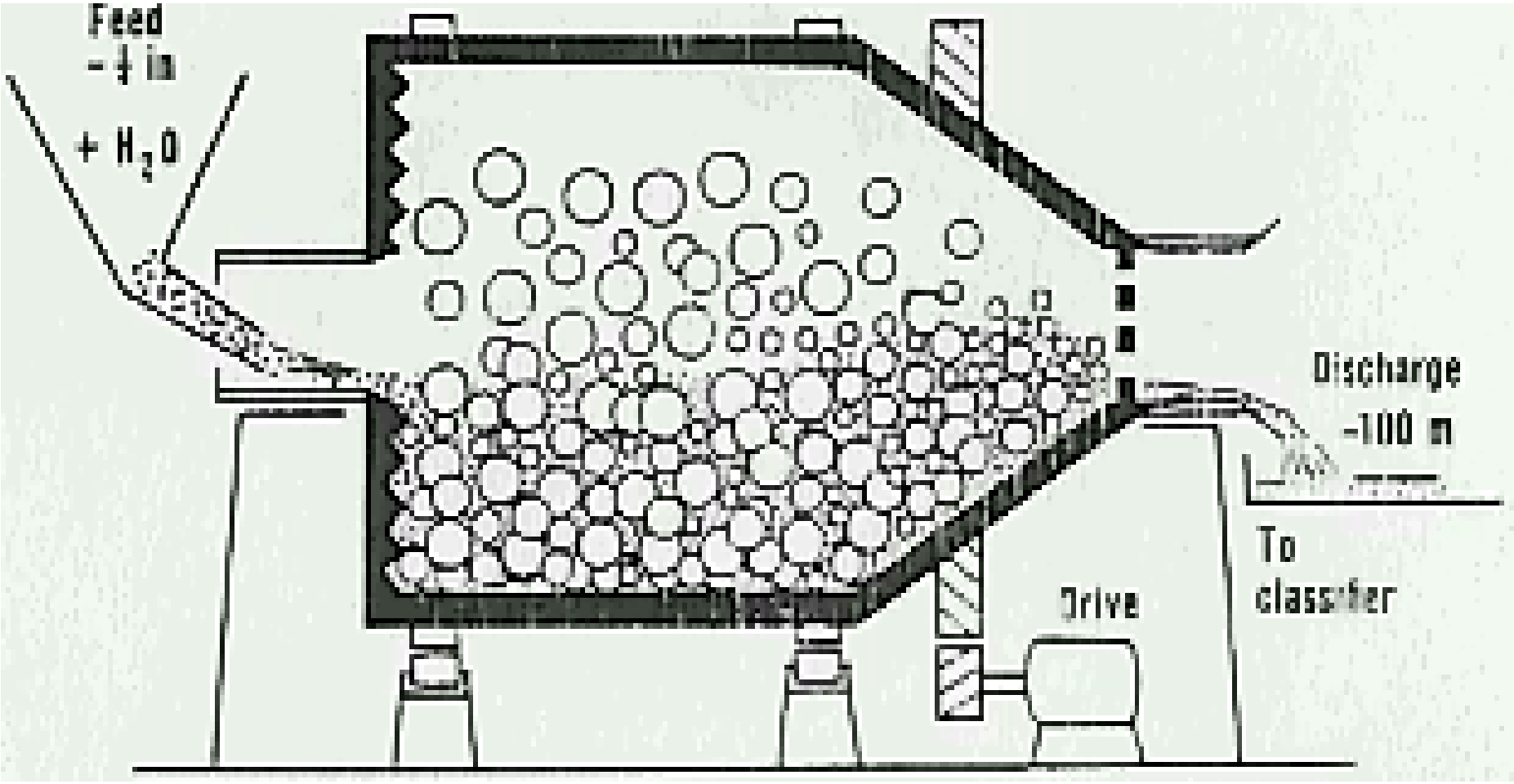


FIG. 15. Schematic hammer mill.

BİLYALI DEĞİRMEN



METALURJİK ÖNİŞLEMLER

Cevherin fiziksel ve kimyasal özelliklerini daha sonraki metalurjik işlemlere uygun hale getirmek için uygulanan işlemlerdir.

METALURJİK ÖNİŞLEMLER

a) Kurutma: Buharlaştırma yolu ile suyun cevherden uzaklaştırılmasıdır.
b) Kavurma
c) Kalsinasyon (Parçalanma)
d) Topaklaştırma (Briketleme, Sinterleme, Peletleme)

KURUTMA

KURUTMANIN TANIMI :Buharlaştırma yolu ile suyun cevherden uzaklaştırılmasıdır

Kurutma niçin gereklidir ?

- Emniyet
- Isı Verimi
- Reaksiyon Verimi
- Ekonomi

KURUTMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- Sıcaklık
- Toplam Dış Basınç
- Suyun Buhar Basıncı
- Atmosferdeki Su Buharının Kısmi Basıncı
- Havanın Hareket Hızı

KAVURMA

Cevherin içerisindeki bazı bileşikleri daha sonra uygulanacak üretim ***metalurjisi*** işlemlerine uygun hale getirmek amacı ile cevherin belirli bir gaz atmosferi içerisinde ergime olmaksızın yüksek sıcaklığa ısıtılmasıdır.

KAVURMA TİPLERİ

- Oksitleyici Kavurma
- Sülfatlayıcı Kavurma
- Redükleyici Kavurma
- Klorürleyici Kavurma

OKSİTLEYİCİ KAVURMA

- Cevherin oksitleyici hava ortamı içerisinde yüksek sıcaklığa ısıtılmasıdır. Sülfür minerali içeren bir cevher, oksitleyici ortamda ısıtıldığında metal sülfürler metal oksitlere dönüşür ve kükürt kısmen giderilir.
- Oksitleyici kavurma reaksiyonu:

$$MS + 3/2\ O_2 = MO + SO_2$$

SÜLFATLAYICI KAVURMA

- Cevher içerisindeki sülfür bileşiklerini sülfat bileşiklerine dönüştürmek amacı ile yapılan kavurma tipidir. Oksitleyici kavurmanın özel bir durumunda yani ortamda SO_2 gazının artması , sıcaklığın düşmesi ve Fe_2O_3 ‘ ün katalitik etkisi sonucunda gerçekleşir.Hidrometalurji uygulaması öncesinde kolay çözünen sülfatları elde etmek için yapılır.
- Sülfatlayıcı Kavurma Reaksiyonları:

$$SO_2 + 1/2O_2 = SO_3$$

$$MO + SO_3 = MSO_4$$

REDÜKLEYİCİ KAVURMA

- Metal oksit mineralleri içeren cevherin redükleyici bir madde veya redükleyici bir gaz ortamında yüksek sıcaklığa ergime olmaksızın ısıtılmasıdır.

Örnek : Demir cevheri 900-1000° C’ kömür veya redükleyici bir gaz (CO veya H_2) ile ısıtılır ve sünger demir elde edilir.

KLORÜRLEYİCİ KAVURMA

KLORÜRLEYİCİ KAVURMANIN TANIMI

Cevherin klorürleyici bir madde (NaCl) veya Klorür gazı ortamında yüksek sıcaklığa ısıtılmasıdır.

KLORÜRLEYİCİ KAVURMA REAKSİYONU

$MS + 2NaCl + 2O_2 = MCl_2 + Na_2SO_4$

Bölüm 3. ÖN İŞLEMLER

- Modern ve yüksek performanslı yüksek fırın üretimleri, cevherin redüklenebilirliğinin arttırılması ile gerçekleşmektedir. Bu ön hazırlıklar, yüksek fırın şarj malzemelerinin *aglomerasyonu* olarak adlandırılan ön işlemlerdir. Genel olarak bu aglomerasyon işlemi sinterleme veya peletleme ile sağlanmaktadır. Bir başka aglomerasyon işlemi ise briketlemedir. Aglomerasyon işleminin 2 temel amacı vardır;

- 1) Boyut büyütme
- 2) Mukavemet ve geçirgenliği arttırma

ÖN İŞLEMLER

- Çok küçük cevher parçacıklarının yüksek fırına şarj edilmesi uygun değildir. Bunun nedeni, küçük partiküller fırın içerisinde reaksiyona girmeden baca gazına karışarak uzaklaşabilecek olmasıdır. Bu yüzden küçük partiküller aglomerasyon işlemiyle daha büyük boyutlu hale getirilirler. Ayrıca aglomerasyon işlemiyle daha boşluklu (poroz) bir yapı elde edilir. Bu sayede özellikle katı – gaz reaksiyonlarında reaksiyon temas alanı artar, redüksiyon daha fazla gerçekleşir.
- Aglomerasyon işlemleri sonrasında elde edilen ürünlerde (aglomeratlarda) aranan temel özellikler ise,
- 1) aglomerat tane iriliği
- 2) parçalanma özelliği
- 3) sağlamlık
- 4) porozite
- 5) yoğunluk
- 6) topaklanma özelliği

ÖN İŞLEMLER

- Özellikle düşük tenörlü cevherlerin, cevher zenginleştirme yöntemleriyle tenörlerinin yükseltilmesi, istenmeyen safsızlıkların giderilmesi gibi uygulamalar aglomerasyon işlemlerinin önemini her gün biraz daha arttırmaktadır. Günümüzde demir cevherleri ve konsantrelerine uygulanan aglomerasyon işlemlerinden sinterleme ve peletleme, çok büyük boyutlara ulaşmıştır.
- Dünyada yüksek fırın şarjının %50 si sinter, geri kalanı parça cevher ve pelettir. Avrupa’da bu oran %70 sinter, %16 pelet, %14 parça cevherdir.

SİNTERLEME

- Demir cevherlerinin sinterlenmesinde 3 temel amaç vardır. Bunlar;
- 1) Çok küçük boyuttaki yani toz halindeki cevherin yüksek fırına şarj edilebilir hale getirmek
- 2) Cevherde mevcut kükürdü oksit haline dönüştürmek ve kükürt miktarını azaltmak
- 3) Yüksek fırın çalışma şartlarında kullanılabilecek ve indirgenme kabiliyeti yüksek, mukavemetli, ufalanmaya karşı dayanıklı şarj malzemesi elde etmek ve bu sayede üretim verimini arttırıp işletme arızalarını en aza indirmek

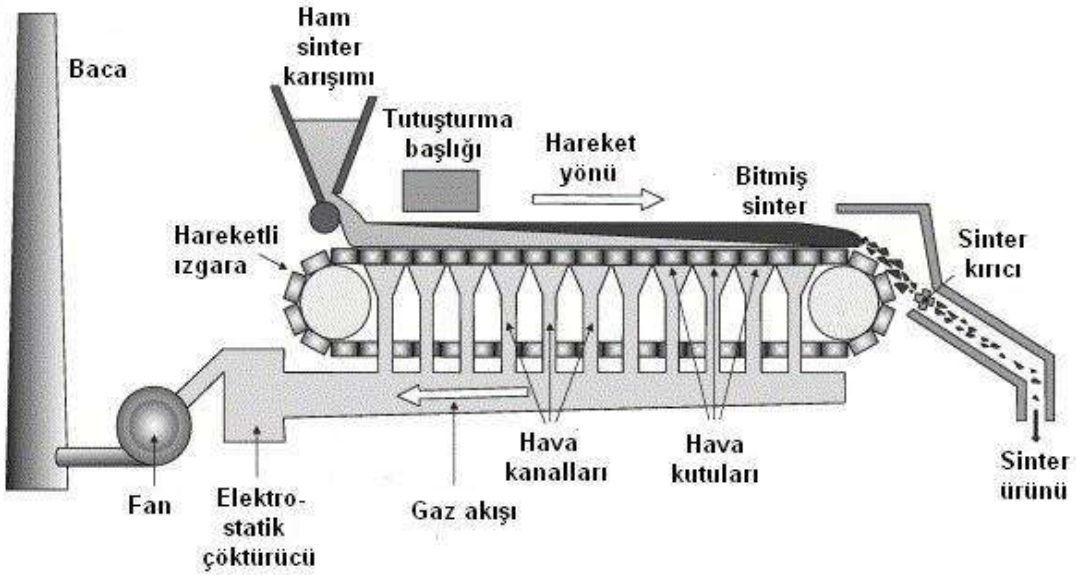
SİNTERLEME

- Bir sinter prosesinde şarj malzemesi;
  - Toz halindeki cevher
  - Katkı malzemeleri (örn. Kireçtaşı)
  - Geri dönüşmüş demir bazlı malzemeler (geri döndürülmüş sinter tozları, toz tutma sistemlerinden gelen tozlar, haddelemeden gelen tufaller vb.)
  - Kok tozu (şarjda yanma olayının sağlanması için)

- Sinterleme işleminden önce şarj malzemelerinin uygun şekilde karıştırılması gerekmektedir. Toz halindeki cevhere kireçtaşı gibi katkı malzemesi, geri dönüşmüş malzemeler ve yanma olayının gerçekleşmesi için kok tozu ilave edilir ve harman bir karıştırıcıya yüklenir. Burada iyi bir karışım sağlanır, hatta bir miktar küçük peletler de oluşabilmektedir.

SİNTERLEME

- Sinter ünitesinde ısıya dayanıklı dökme demirden üretilmiş geniş bir hareket eden ızgara bulunmaktadır. Sinterlenecek malzeme, 3-5 cm kalınlığındaki geri dönüşmüş sinter malzemesinin üzerine yerleştirilmektedir. Alttaki bu tabaka, hem sinter harmanının ızgara boşluklarından aşağıya akmasını önler, hem de ızgarayı yanma ısılarından korur. Modern sinter ünitelerinde sinterlenecek malzeme tabakasının derinliği yaklaşık 40-60 cm arasındadır. Eski tesislerde bu derinlik daha küçüktür.



SİNTERLEME

- Izgarada, sinterleme haznesinin başında, harmandaki koku ateşleyecek, yani yanmasını sağlayacak bir tutuşturma kısmı bulunmaktadır. Tutuşma sağlanan harmanların bulunduğu ızgaraların alt kısmındaki hava kanallarından hava emişi yapılarak karışımdaki yanma işleminin (ve dolayısıyla sinterleme işleminin) devam etmesi sağlanır. 250 m2 hava emiş alanına sahip veya 3 m genişlikte ızgaraları bulunan sinter tesisleri de bulunmaktadır. Sinter karışımı ızgara boyunca ilerlerken yanma bölgesi karışımda aşağıya doğru ilerlemektedir. Bu durum küçük partikülleri sinterleyerek poroz yapılı bir malzeme olmasına yetecek ısıyı (1300 – 1480oC sıcaklık aralığında) sağlamaktadır.

SİNTERLEME

- Sinterleme prosesi esnasında birçok kimyasal ve metalurjik reaksiyon gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar hem sinterin kendisini, hem de toz ve gaz emisyonlarını (yayma, dışarı verme) üretmektedir. Reaksiyonlar üst üste gelişmekte, birbirlerini etkilemekte, sinterleme bölgesinde bulunan katı partiküller, gaz fazı ve ergiyikler arasında katı hal ve heterojen reaksiyonlar meydana gelmektedir. Sinterleme esnasında aşağıdaki prosesler ve reaksiyonlar gerçekleşmektedir;

- Harmandaki nemin buharlaşması
- Temel bileşenlerin ön ısınması ve kalsinasyonu, kokun yanması ve karbon, pirit, klorürlü ve florürlü bileşiklerle ortamdaki oksijen arasındaki reaksiyonların gerçekleşmesi,
- Hidratların dekompozisyonu ve karbonatların ayrışması
- Kalsiyum oksit ile hematit arasında reaksiyon
- Silikat fazı, kalsiyum oksit ve demir oksit fazları arasında ergiyik bir faz oluşturmak ve ergimiş faz oranını arttırmak için gerçekleşen reaksiyon

SİNTERLEME

- Kalsiyum sülfür bileşikleri ile alkali klorür ve metal klorürlerle birlikte florür içeren bileşiklerin oluşumu
- Yüksek sıcaklık bölgesinde demir oksitlerin metalik demire redüksiyonu
- Kokun yanması ve nemin buharlaşmasının etkileriyle boşluk ve kanalların oluşumu
- Sinter soğuması esnasında küçülme ve sertleşme etkileriyle yeniden oksitlenme ve yeniden kristallenme reaksiyonları
- Sinter soğuması esnasında termal gerilmeler nedeniyle çatlakların oluşumu ve sinter yapısında kusurların oluşumu

- Elde edilen sinter sıcak halde parçalanır, eleme işlemi yapılır ve soğutma işlemi yapılır. Soğutma işlemi havayla yapılır. Sinter soğutmasında kullanılan hava 300°C ye kadar çıkabilir bu ısınmış hava, sinterleme işleminde kullanılmaktadır. Soğutulmuş sinterde 5 mm den daha küçük parçacıklar sinter harmanında kullanılmak üzere geri gönderilmektedir.

- Sinterler *Asidik sinter* ve *Flakslı sinter* olmak üzere iki türdedir. Asidik sinterler içerisine flaks malzemesi katılmayan sinterlerdir. İçerisinde flaks bulunan ya da sonradan eklenen sinterlere ise flakslı sinter adı verilmektedir.

- Asit sinterde sinterlemenin avantajları;

1) Tozların sert, kuvvetli ve düzgün süngerimsi parçalar halinde toplanması, iyi yatak geçirgenliği sağlar

2) Cevherde varsa kükürt ve arseniğin %60-70 kadarı sinterleme esnasında uzaklaştırılır

3) Rutubet ve diğer uçucu bileşenler giderilir

4) Yumuşama sıcaklığı artar, yumuşama aralığı daralır.

- Flakslı sinterlemedeki avantajlar ise;

1) Kireçtaşı sinterleme esnasında kalsine olduğundan yüksek fırında enerji kaybına neden olmaz

2) Kireç ilavesi viskoziteyi ve curuf ergime sıcaklığını düşüreceğinden daha az kok kullanılır

3) Sinter içindeki kireç, birincil curufun (FeO-Al_2O_3-SiO_2) ergime sıcaklığının dengeli olmasını sağlar

4) Kireç, sinter içindeki silikanın indirgenmesini engeller

5) Kireç, sinter içinde *fayalit* ($FeO.SiO_2$) oluşumunu engeller. Bu maddenin redüksiyonu zordur.

6) Asidik sinterle oluşan curufun viskozitesine göre daha düşük viskozite sağlar

7) Sinterlenme hızı daha yüksektir

8) Fırın üretimini pelete göre daha çok arttırır, çünkü daha gözenekli yapıya sahiptir

PELETLEME

- Tenörleri düşük ve safsızlık miktarları yüksek fırında kullanılamayacak kadar çok olan cevherler, cevher zenginleştirme işlemlerine tabi tutulurlar. Özellikle öğütme işlemlerinde çıkan ve 0.05 mm den küçük tozlar ortaya çıkar. Zenginleştirme sonrası elde edilen bu konsantre ürünlerin yüksek fırına şarj edilmesi uygun değildir. Ayrıca sinterleme prosesinde sinter geçirgenliğini de düşüreceğinden sinter yapmaya da uygun değildirler. Böyle durumlarda konsantre ürünün içerisine katılan bir *bağlayıcı* ile, ayrıca nem ve ısı ile belirli boyutlara getirme işlemine ***peletleme*** adı verilmektedir.

PELETLEME

- Toz halindeki demir cevherini peletleme işleminin amacı, aglomerasyon ve sertleştirme yoluyla demir yönünden zengin ince mineralleri pelet olarak tanımlanan yüksek fırın şarj malzemesi haline getirmektir. Peletler sert ve genelde küresel maddeler olup yüksek fırında kullanılmaları için belirli özellikleri taşımaları gerekmektedir.

PELETLEME

- Peletlerin sahip olması gereken özellikleri;

1) Toz, kırıntı ve ince kısımdan arındırılmış olmalı

2) Taşınma ve stoklanma sırasında meydana gelebilecek kırılmalara karşı fiziksel dayanıklılığa sahip olmalı

3) Yüksek fırında ısıtılırken çeşitli reaksiyonlar sırasında meydana gelebilecek zamansız ufalanma karşı direnç gösterecek yapıya sahip olmalı

PELETLEME

- Peletlenecek cevher ve kaynakları, zenginleştirilmiş düşük tenörlü demir cevheri veya doğrudan yüksek fırına şarj edilmeyen toz halinde bulunan yüksek tenörlü cevherler olabilir.
- Peletleme harmanında bulunan demir cevheri fiziksel ve kimyasal açıdan birkaç özellik taşımalıdır. Yapısına göre %60 demir içeren cevherler peletlenebilmektedir. Ancak dünya genelinde %65 den yüksek demir içeren cevherler peletleme işlemine tabi tutulmaktadır. Ham pelet eldesinde en önemli etkenlerden biri cevherin özgül yüzey alanıdır. Cevherin yapısına göre bu değer ortalama 1500 cm2/g veya daha düşük olabilir. Ham pelet eldesinde peletlenecek cevherin %5-10 nem içermesi istenir. Daha düşük veya yüksek nem içeriği peletleme olayına olumsuz etki etmektedir.

PELETLEME

- Ham peletlerin hazırlanmasında kullanılan ikinci önemli madde bağlayıcıdır. Bağlayıcı maddelerin iki önemli görevi vardır. Bunlar;

1) cevher konsantresi içindeki suyu tutmak

2) peletlerin ısıl işlemi esnasında curuf bağları oluşmadan ön ısıtma işlemleri esnasında parçalanıp dağılmasını önlemek

- Peletlemede bağlayıcı kullanım oranları, filtre kekinin (zenginleştirilmiş cevher) nemi ile doğru orantılıdır. Özellikle topakların büyüme hızı, nem ile kontrol edilmektedir. Bu nedenle bağlayıcı olarak kullanılan maddeler, suyun akışkanlığını azaltacak nitelikte olmalı, peletlenecek malzemenin yapısal özelliklerini bozmamalı, peletleme işlemindeki diğer bölümlere uyum sağlamalıdır. Ayrıca peletlemede kullanılacak malzeme yeterli miktarda ve kolayca bulunabilmeli, ekonomik olmalıdır.

PELETLEME

- Bağlayıcı maddeler 3 ana grupta toplanmaktadır.
- İnorganik kimyasal maddeler
- Organik maddeler
- Bentonit

- Peletlerde bağlayıcı olarak kullanılan katkı maddeleri hem ham pelet üretiminde serbest suyu kontrol eder hem de kuru peletin dağılmasını önler. İnorganik bağlayıcıların tersine organik bağlayıcılar içinde bulunan bazı maddeler, peletleme işleminin ısıl işlem bölümlerinde yok olmakta, ürün peletlerin kimyasal yapısında bulunmamaktadır.
- Dünyada gerek bulunabilirliği, gerekse ucuz olması nedeniyle bağlayıcı olarak ***bentonit*** kullanımı çok yaygındır. Bentonitte genel olarak %58-65 SiO_2, %18-25 Al_2O_3, maks.%6 Fe_2O_3, maks.%4 Na_2O+K_2O, maks.%5 $CaO+MgO$, maks.%6.5 ateş kaybı bulunmaktadır. Cevher yapısına bağlı olarak %0.5-1 oranında cevher içerisine bağlayıcı katılır. Bentonit, hacminin %10-15 katına kadar su emme özelliğine sahip olup çok ince tane boyutuna sahiptir. Kurutuldukları zaman dış cidarlarında dayanıklı bir film oluşur. Bentonitin bu özelliği, ham peletteki serbest suyu kontrolde ve ön ısıtma işlemleri sırasında ham peletin dağılmasını önlemede önemli rol oynar. Bununla birlikte cevher bünyesine katılan bentonit, yüksek fırınlar için arzu edilmeyen bir katkı malzemesidir. Bu nedenle cevher içerisine katılan miktar kadar cevherin kalitesini düşürdüğü gibi bünyesinde bulunan silika, alumina ve alkalilerden dolayı cevherdeki empürite miktarını arttırarak yüksek fırın veriminin düşmesine neden olurlar. Her %1 bentonit ilavesi, cevher konsantresindeki demir tenörünü %0.6 oranında düşmesine neden olur.

PELETLEME

- Yüksek fırına şarj edilecek cevherin kontrol edilmesi gereken önemli değişkenlerden biri, şarjın asitlik veya baziklik derecesidir. Cevherde bulunan SiO_2 asidik, CaO ve MgO bazik karakterlidir. Peletleme işlemi iki ana bölümden oluşur:

- 1) ***Ham (yaş) pelet üretimi***: zenginleştirilmiş cevherin bağlayıcılar ile karıştırılması ve topaklanması
- 2) ***Ürün pelet üretimi***: ham peletin önce ısısal daha sonra soğutma işlemine tabi tutulması

PELETLEME

- Ham pelet üretimi prosesin en önemli aşamasıdır ve bu aşamada mukavemet, boyut, çarpma mukavemeti ve diğer pelet özellikleri tayin edilir. İşlem tambur, koni ve diskler gibi döner cihazlar kullanılarak gerçekleştirilir. Peletlerin topaklanıp bilya şeklini alması, suyun yüzey gerilimi ve parçaların birbirine çarpması sonucu gerçekleşir. Başlangıçta su eklenerek ufak bir pelet çekirdeği oluşturulur, daha çekirdek büyüyerek pelet halini alır. İnce partiküller bir bağlayıcı ile peletleme haznesine yüklendikten sonra karıştırma işlemi gerçekleştirilir. Belirli bir açıda dönen pelet haznesinde tozların topaklanması, akabinde belirli bir boyutta gelişen peletlerin ortamdan taşması prensibine dayanmaktadır.

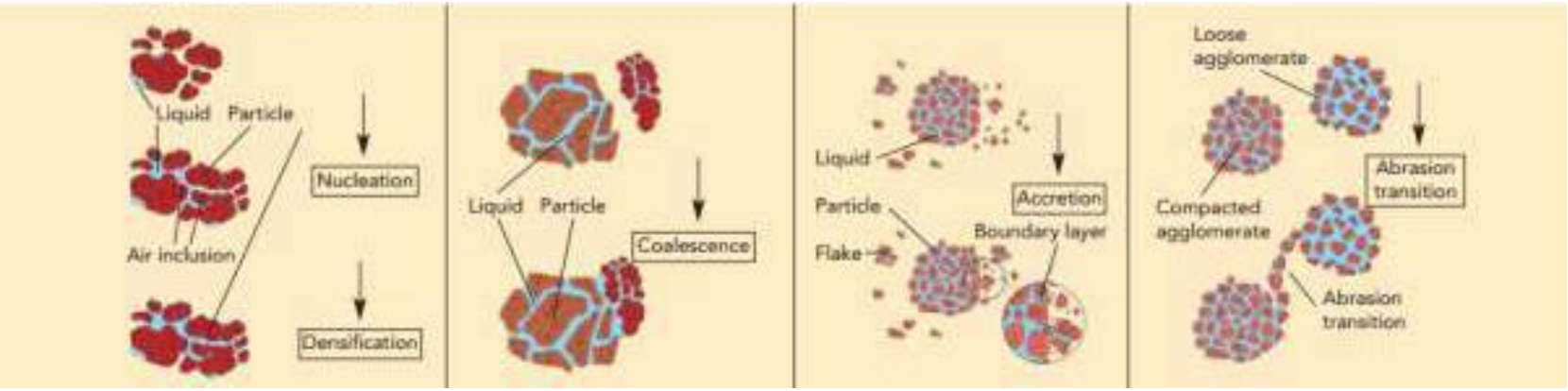
PELETLEME

Şekil 3.8. Disk şeklinde peletleme hazneleri

Şekil 3.9. Drum (davul) tipi peletleme hazneleri

PELETLEME

- Ham pelet üretimi esnasında nem miktarı %5-10 aralığındadır. Ortalama nem miktarı çok önemlidir. Az miktardaki su boşluklara hava girmesine, çok fazla su ise yapıştırıcı özelliğin tahrip olmasına neden olmaktadır.



PELETLEME

- Ürün pelet üretiminde, diğer bir ifadeyle ham peletlerin pişirilmesi işleminde, döner fırınlar kullanılmaktadır. Bu fırınların çapı yaklaşık 5.2 m, uzunlukları yaklaşık 34.5 m, eğimleri ise 3° dir. İşletme tonajına bağlı olarak 0.5- 1.5 devir/dakika hızla dönen fırında yakıt olarak fuel oil kullanılmaktadır.

PELETLEME

- Ham peletlerin şarj edildiği ilk bölge kurutma bölgesidir. Bu bölge yaklaşık 350°C olup burada peletlerdeki nem ve yapısal su giderilmektedir. Ön ısıtma bölgesinde ise sıcaklık 970 – 1130°C civarındadır. Bu bölümde de yapısal su atılmaktadır. Ayrıca hidratlar, karbonatlar ve sülfatlar parçalanarak ayrışmaktadır. Curuf bağları oluşmaya başlar, cevherdeki manyetit (Fe_3O_4) hematite (Fe_2O_3) dönüşmeye başlar. Aynı zamanda 50-60 kg/pelet mertebesinde mukavamete ulaşırlar. Döner fırındaki sıcaklık ise 1250 – 1320°C aralığında olup bu bölgede curuf bağları ve kristal büyümesi tamamlanır.

BÖLÜM 4 YAKITLAR VE METALURJİK KOK

- Demir-Çelik endüstrisinde kömürün en çok tüketildiği alan yüksek fırındır. Kok yüksek fırında kullanılan evrensel bir yakıttır. İndirgeyici ve ısı sağlayıcı olarak görev alır. Aynı zamanda üretim maliyeti için önemli bir yer kaplar. Kömür, kok olarak ve enjeksiyon halinde toz kömürün yüksek fırına yakıt olarak yüklenmesi şeklinde tüketilmektedir. Bunun yanında kömürün çok daha az tüketildiği buhar ve elektrik üretimi için de kullanımı mevcuttur. Yine çelikhanede çelik üretimi sırasında karbon ilavesinde ve demir çelik prosesinde doğrudan ergitme (Kupol Ocağı) işlemlerinde de kullanılmaktadır.
- Kok üretimi için satın alınan kömürlerden beklenen özellikler, diğer proseslerde beklenen özelliklerden çok farklıdır. Sadece belirli bir sınıf kömür, yüksek fırında pik üretimi için çok spesifik özellikleri sağlayacak şekilde kaliteli kok üretimine imkan sağlar.

- Kokun yüksek fırında beş fonksiyonu vardır.
  - 1. Termal ihtiyaçları sağlamak için bir yakıt olarak kullanılır. Reaksiyonu,
    - $2C+O_2 \rightarrow 2CO$ H= - 2300 k.cal / kg
    - $2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2$ H= - 8150 k.cal / kg
  - 2. Demir oksitlerin indirgenmesi için CO sağlar.
  - 3. Metal ve metaloit oksitleri, Mn, Si, P gibi indirger.
  - 4. Demiri karbürize ederek erime noktasını düşürür.
  - 5. Kuru ve ıslak bölgelerde geçirgenliği sağlar ve mekanik destek olur. Kokun geçirgenliği cevher, sinter ve pelete göre % 60-100 oranında daha fazladır. Tüyer seviyesine ininceye kadar erimez ve burada hava tarafından indirgenir.

- Demir oksitten ekonomik olarak metalik demir üretmek için en uygun indirgen karbondur. Önceleri bu nedenden dolayı erimeye elverişli karbon içermesi ve uygun özelliklerinden dolayı odunun damıtılmasıyla elde edilen odun kömürü kullanılmıştır. Fakat bugün yüksek fırınlarda demir eldesinde kok kullanılmaktadır. Kok, antrasit ve veya taş kömürün (bitümlü kömür) kuru damıtılmasıyla elde edilir. Kok gözeneklidir. Kokun kimyasal bileşimi gibi fiziksel özellikleri de kullanılan kömüre ve damıtma sıcaklığına bağlıdır. Metalurjik kokun üstün fiziksel özelliklere sahip olması için yüksek sıcaklıklarda (1100–1250 °C) elde edilmesi gerekir.

Kok ve koklaşmaya uygun kömürler

- Bütün bitümlü kömürlerin kok imaline uygun olmaması gibi, kok imalatına uygun olan bütün bitümlü kömürler de metalurjik olarak kullanmaya uygun aynı sağlamlıkta gözenekli metalurjik kok vermezler (ör. S, P içeriği yüksek ise). Yani, her kömürden kok olmaz. Her kok olan kömürden de metalurjik kok olmaz. Bazı kömürler diğerleri ile karıştırılmaksızın kendi başlarına oldukça iyi kok imaline uygundur (örneğin Sibirya ve Güney Afrika kömürleri). Bazıları ise yalnızca karıştırılarak kullanılabilir (Örneğin Zonguldak taşkömürleri). Kok üretim tip ve metodu da yüksek fırında kullanılacak kokun kalite ve randımanına fazlasıyla tesir eder.

Kok Cinsleri

- Kok kömürleri imal edildikleri metoda göre başlıca üç cinse ayrılır: ***Düşük-Orta-Yüksek sıcaklık kokları.***
- Metalurjik kok üstün fiziksel özelliklere sahip olması için yüksek sıcaklıklarda üretilir. Koklaşmaya uygun üstün vasıflı bir kömür bile düşük sıcaklıklarda (500-900°C) koklaştırılırsa metalurjik maksatlar için uygun değildir. Genel olarak, en iyi yüksek fırın koku pulverize edilmiş ve harman yapılmış, fazla ve az uçucu madde ihtiva eden kömürlerin karışımından yüksek sıcaklıklarda üniform bir ısıtma ile elde edilir.
- Bugün çok az işletme kok imali için tek bir kömür kullanmaktadır

Metalurjik kokun özellikleri

- Yüksek fırınlarda kullanılacak kok sevkiyatta parçalanmayacak ve yüksek fırının ağır şatlarının basıncı altında ezilmeyecek kadar sağlam ve dayanıklı olmalıdır.
- Toz ve ince parçaları ihtiva etmemeli ve istenilen yanma hızı ile yanması için kok parçalara fazla iri olmamalıdır.
- Kokun yüksek fosfor ve kükürt içermesi arzu edilmez. Genel olarak koktaki fosfor miktarı yüksek değildir ve hemen daima % 0.05'in altındadır. Kükürt ise yüzde 0.6 dan 2 ye kadar olabilir. Fakat pik demirine geçmesi bakımından mümkün olduğu kadar düşük olması arzu edilir.
- İyi bir metalurjik kokun kimyasal bileşiminde çok az uçucu madde ve % 85-90 karbon bulunur. Koktaki uçucu madde miktarı % 2'yi aşmaz. Geri kalan kül, kükürt ve fosfordur.

- Kömür fırına şarj edilip ısıtıldığında 315-475°C de plastik hale gelir.
- Bitümlü kömür **(*taş kömürü*)** bu sıcaklık aralığına ısıtıldığında uçucu maddeler önce hızlı olarak sonra 950°C a kadar daha yavaş olarak kömürden çıkarlar.
- Plastik sınırdan sonra yavaş ısıtma kokun sertliğini biraz arttırır.
- Kok parçalarının ebatları büyük ölçüde şarj edilen kömürün ebadına bağlıdır.

- Koktaki kül miktarı çok iyi kalitelerde % 6 civarında, düşük kalite koklarda % 14- 16 ve genelde % 8-12 arasındadır. Koktaki kül miktarı kömür koklaşmadan önce yıkamaya tabi tutularak azaltılabilir. Metalurjik fırınların ekonomik olarak işletilmesinde düşük kül miktarının büyük önemi vardır.

Sabit karbon	En az %87
Kül	En çok %11
Kükürt	En çok %1
Uçucu maddeler	En çok %2
Su	En çok %5
Ufalanma ve toz	En çok %6
Özgül ağırlığı	1.5-1.9 kg/dm^3
Basınca dayanım	100 kg/cm^2
Yanma ısısı	7000-8000 kcal/kg
Parça büyüklüğü	40 mm elek üstü

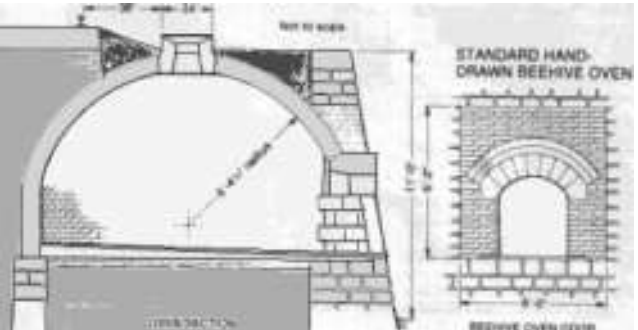
Metalurjik Kok Üretimi

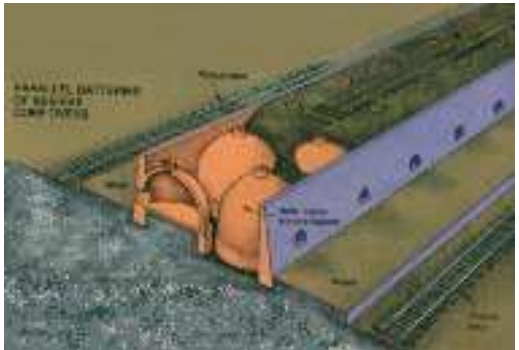
- Metalurjik kok üretiminde kullanılan iki metod bulunmaktadır. Bunlar;
  - 1) Kovan Metodu
  - 2) Yan Ürün Metodu

Kovan Metodu

- Bu yöntem bugün için önemini kaybetmiştir. Kok üretiminde kullanılan en eski yöntemdir. Bu yöntemde kovan şeklinde fırınlar kullanılır. Fırına yukarı kısmından yaklaşık olarak 8 ton kömür yüklenir. Kömür seviyesi düzeltildikten sonra fırın kapağı 3 cm kadar aralık kalacak şekilde kapatılır. Bu aralık koklaşma için yetecek havanın fırına girmesini sağlar. Fırın sıcak olduğu için uçucu maddelerin damıtılması hemen başlar. Kömür kütlesi ısındıkça sıcaklık damıtma gazlarının yanma noktasının üstüne çıkar ve bu gazlar kömür kütlesinin üzerindeki boşlukta yanar. Bu gazların yanması fırının ısısını yükseltir ve koklaşma tamamlanana kadar damıtma üsten alta doğru ilerler.

- Damıtma süresi (üstte gazın yanması) 3,5 saat kadardır. Kokun fırında kalma süresi 48- 72 saat arasında değişmektedir. Zaman uzadıkça daha sert ve daha az uçucu maddeler içeren kok elde edilmektedir. Fırının kapısı üzerinde bırakılan boşluktan giren havanın damıtma gazlarının yanmasına yetecek kadar olması gerekir. Fazla hava kok verimini düşürür. Yanan gazlar fırının üst kısmında bulunan delikten atmosfere bırakılır. Bu yöntemle kok eldesinde verim %60 kadardır ve ortalama olarak fırın başına 5-5,5 ton kok elde edilir. Koklaşma tamamlandıktan sonra kapının tuğlaları sökülür ve kok fırından çekildikten sonra su ile söndürülür. Kullanım için depolanır. *Bu yöntem yerini yan ürün metoduna bırakmıştır.*



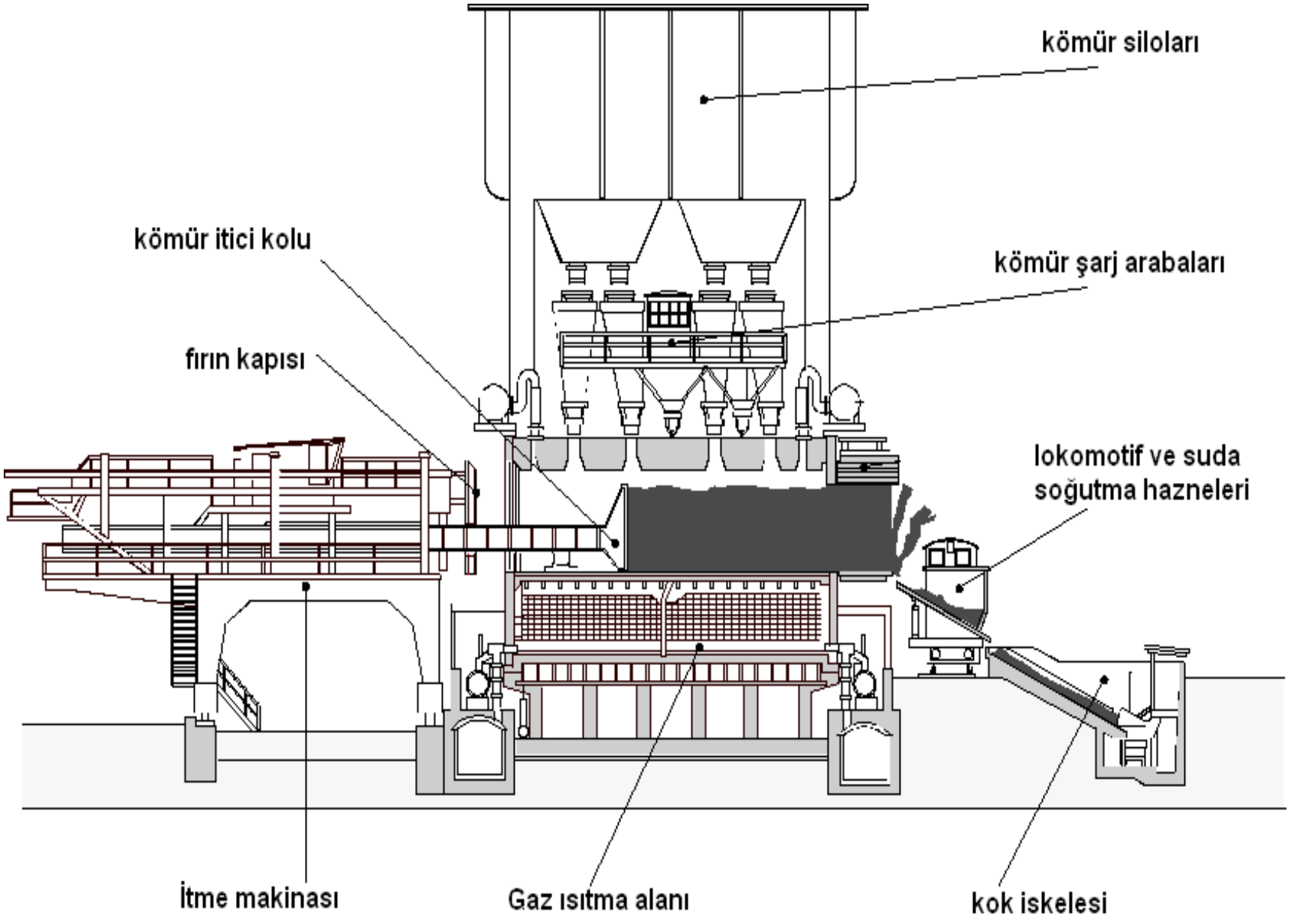


- Bu yöntemin en önemli avantajı, üretilen kokun sertliğinin ve basma mukavemetinin yüksek olmasıdır.
- Dezavantajları ise aşağıda verilmiştir:
  - 1) Bu fırınlar yan yana inşa edilir ve bazen bunların kapladığı sahanın uzunluğu 400 metreyi bulur
  - 2) Üretilen koktaki kül miktarı fazladır.
  - 3) Verim daha düşüktür.
  - 4) Çok uzun sürede kok elde edilir.
  - 5) Fazla işçilik ve ustalık gerektirir.
  - 6) Fırınlar birbiri ile uyum içerisinde çalışmalıdır. Yüksek fırına yeterince kok sağlamak için bu gereklidir.
  - 7) Çıkan gazların tamamı yanar.

Yan Ürün Metodu

- Bu yöntemde koklaşmanın gerçekleştiği fırınlarda hava yoktur. Damıtma için gerekli ısı fırının dışarıdan ısıtılmasıyla sağlanır. Koklaşma sonucu elde edilen gazlar fırının bitişiğindeki bölümlerde yanar ve fırını ısıtırlar. Koklaşma sırasında açığa çıkan uçucu maddeler değişik işlemler uygulanarak gaz ve yan ürün olarak elde edilir. Üretilen gazın %40'ı tekrar kok fırınlarını ısıtmada kullanılır.

- Genel olarak kok fırınlarında üç bölüm bulunmaktadır.
  - • *Koklaşma kamaraları*
  - • *Isıtma kamaraları*
  - • *Rejeneratif kamaralar*


kömür siloları
kömür itici kolu
kömür şarj arabaları
fırın kapısı
lokomotif ve suda
soğutma hazneleri
İtme makinası
Gaz ısıtma alanı
kok iskelesi

Fırın sayısı	159
Fırın genişliği (itme taraf, PS)	400 mm
Fırın genişliği (kok taraf CS)	476 mm
İçten içe fırın uzunluğu	12,332 mm
Dıştan dışa fırın uzunluğu	13,170 mm
Fırın yüksekliği	4,572 mm
Fırın üstü kalınlığı	1,127 mm
Fırın sıcak hacmi	23.2 m^3
Her bir fırına şarj edilen kömür	18.5 t (yaş)
Koklaşma süresi	17.5 saat
Günlük itilen fırın sayısı	225
Ortalama yanma kamara sıcaklığı	1,350 °C
Bir fırında yanma kamara sayısı	28

- Sistem batarya şeklinde dikdörtgen şekilli odacıklardan oluşmuştur. Odacıkların sayısı 100-200 arasında değişmektedir. Bataryalarda sırası ile bir koklaşma odacığı bir ısıtma odacığı bulunmaktadır. Böylece her koklaşma kamarasının iki yanında birer ısıtma kamarası bulunmaktadır.

- Isıtma kamaralarına gaz ile beraber rejeneratif kamaralardan geçerek ısınmış hava verilmektedir. Rejeneratif kamaralar ısıtma ve koklaşma kamaralarının altında olup, ısıtma kamaralarında gazla karışıp yanmayı sağlayan havanın ısıtılması için kullanılırlar. Kömürlerin koklaşabilmesi için gerekli ısı, ısıtma kamaralardan geldiği için koklaşma yan duvarlardan başlar ve kömür yatağının ortasına doğru ilerler. Koklaşma işlemi tamamlandıktan sonra kok itici makine ile itilerek fırının diğer tarafından vagona alınır. Fırının kok tarafı kokun kolayca boşalabilmesi için itici tarafından 5-10 cm. daha geniştir. Vagona alınan sıcak kok üzerine su püskürtülerek söndürülmektedir. Koklaşma süresince fırının her iki ağzı refrakter astarlı kapılarla sıkıca kapatılır. Uçucu gazların çıkması için fırın tavanında bir uçta veya her iki uçta delikler vardır. Bu deliklerden dışarı alınan gazlar bir boru vasıtasıyla bataryanın gaz toplama ana borusuna gider. Bu gazlara daha sonra değişik işlemler uygulanarak değişik yan ürünler elde edilmektedir.

a) Zengin Gaz ile Isıtma

- Yüksek fırınlardan gelen yüksek fırın gazı gazometreye gelir. Gazometreden bataryalara geliş hattında hemen gazometre çıkışında özel bir vana tertibatı ile yüksek fırın gazına kok gazı katılarak zengin gaz karışımı elde edilmiştir. Bu şekilde yüksek fırın gazının kalorisi 870 Kcal/m3 den 1100-1150 Kcal/m3'e yükseltilerek daha iyi bir kalori değeri elde edilir. Zengin gaz rejeneratöre (rejeneratif kamaralar), oradan da yanma kamaralarına (ısıtma kamaraları) iletilmektedir.
  - Yüksek Fırın gazı (870 kcal/m3):
  - %22.6 CO, %20 CO_2, %4 H_2, %1 CH_4, %52.4 N_2
- Zengin gaz sisteminin devreye girmesi ile bataryalarda eski sisteme nazaran daha yüksek sıcaklıklar elde edilmiş olup, daha yüksek kapasitede çalışma imkânını vermiştir. Ayrıca baca çekişlerinde de daha iyi netice elde edilmiştir.

b) Kok Gazı ile Isıtma

- Batarya altında mevcut kok gazı borusundan çıkan kok gazı bir emniyet vanası ile yanma kamaralarına gaz dağıtan kok gazı dağıtım borusuna gelir. Buradan spiral borular vasıtası ile ayrılan gaz, kok gazı nozulundan geçerek dikey silindirik bir kanaldan yükselir. Nozulun bulunduğu yerde mevcut olan dolaşım kanallarından bir miktar yanmış gaz jet prensibine göre çekilerek kok gazı içine ilave edilir. Bunun sebebi yüksek difüzyon katsayısına sahip olan kok gazının difüzyon katsayısını düşürerek yanma kamaraları içindeki alev boyunu yükseltmektir. Bu şekilde yanma kamarasına gelen kok gazı, yüksek fırın gazında olduğu gibi gelen hava ile yanma kamarası içinde birleşerek yanar. Kok gazı ile ısıtmada ana kok gazı borusuna gelen gaz bir ısıtıcıdan geçirilerek sıcaklığı 60°C yükselir. Ayrıca rejeneratörlerde dikey kanal içinde yükselirken yüksek fırın gazında olduğu gibi rejeneratör ısısının da bir miktarını bünyesine alır ve ısınır. Bu ön ısınma sayesinde daha kolay yanması sağlanır. Kok gazında çalışırken yüksek fırın gaz kutularından gaz geçmez, bunlar değişerek hava ve yanmış gaza (bacaya) dönüşür.
  - Kok gazı (4300 kcal/m3):
  - %7.8 CO, %2.6 CO_2, %60 H_2, %21 CH_4, %4.6 N_2, %0.2 O_2, %1.2 C_2H_6, %2.6 C_nH_m

c) Karışık Gaz İle Isıtma

- Bu yöntemde karışık gaz, 8 inçlik kok gazı borusundan gelen kok gazı ve 10 inçlik yüksek fırın gazı borusundan gelen yüksek fırın gazının ısıtıcı (eşanjör) girişinde karıştırılması ile oluşmaktadır. Ayrıca yüksek fırın gazı ile ısıtmada anlatılan tüm olaylar yani yüksek fırın gazı haznesinden yüksek fırın gazının kutuları ve rejeneratörler yolu ile yükselmesi, bu tip ısıtmada da aynen geçerlidir. Özetle kok gazı hattından (yüksek fırın gazı + kok gazı) yani karışık gaz, yüksek fırın gazı hattından da yüksek fırın gazı geçirilerek yanma kamarası tabanında hava ile birleştirilir ve yanma sağlanmış olur.

KOKLAŞMA

- Sıcak kamaraya doldurulan kömür dıştan içe doğru yavaş yavaş ısınır. Koklaşma anında ilk 200°C ile 400°C arasında kömür tanecikleri tarafından absorbe edilmiş su buharı, CO_2 ve CH_4 (metan) gazları açığa çıkar. Koklaşma sıcaklığı arttıkça metan, etan gibi doymuş, etilen gibi doymamış hidrokarbonlar parçalanmaktadır. Buna karşılık H_2 miktarı artmaktadır. Aynı şekilde sıcaklık arttıkça CO_2, CO 'e dönüşmekte ve CO miktarı artmaktadır. Kömürün koklaşması fırının yanma kamaralarının duvarından başlar, kömür yığınının ortasına doğru ilerler. Koklaşabilir kömür havasız ortamda sıcaklığı 400°C civarında yumuşayarak şişer. Sıcaklık arttıkça kömür plastik veya yarı plastik hale gelir. Plastik kitle içindeki gazlar, sıcaklığın tesiri ile genişleyerek kömürü şişirir.
- Kömürün sıcaklığı 500°C'ye ulaştığında kömür büzülerek katılaşır, gözenekli kok şeklini almaya başlar. 600°C civarında koklaşma başlar. Sıcaklık 1000-1100°C'ye kadar çıkartılır ve bu sıcaklıkta 18-22 saat bekletilen kömür, gaz ve buharlaşan maddelerini vererek akkor halinde bir kütle oluşturur. Koklaşma hızı maksimum kapasitede 1 inç/saat'tir. Koklaşmanın sonunda fırın içindeki kızgın kok kütlesinin ortasında yukarıdan aşağıya bir çizgi oluşur, buna **koklaşma çizgisi** denir. Bu çizginin belirginliği ve devamlılığı incelenerek kokun kalitesi hakkında yorum yapılır. İyi bir koklaşmada elde edilen kok kütlesinde bu çizginin ***belirgin ve devamlı olması*** gerekmektedir

Kömür enjeksiyon sistemi

- Ebadı 200 mesh'in (0,05 mm) altında ve rutubeti % 1'den az kömürlerin yüksek fırınlara enjekte edilmesi işlemine *Pulverize Kömür Enjeksiyonu* (PCI) denir. Sistemde kullanılan ham kömür, kömür stok sahasından PCI tesisi kömür hazırlama bölümüne konveyör vasıtası ile getirilir. Kömür, ham kömür silolarına nakledildikten sonra kömür besleyicisi ile pulverizöre gelir ve burada öğütülür. Daha sonra, yüksek fırın soba bacası atık gazı ve yüksek fırın gazı kullanan sıcak gaz jeneratöründen elde edilen sıcak gaz vasıtası ile kurutulur ve sınıflandırılır.

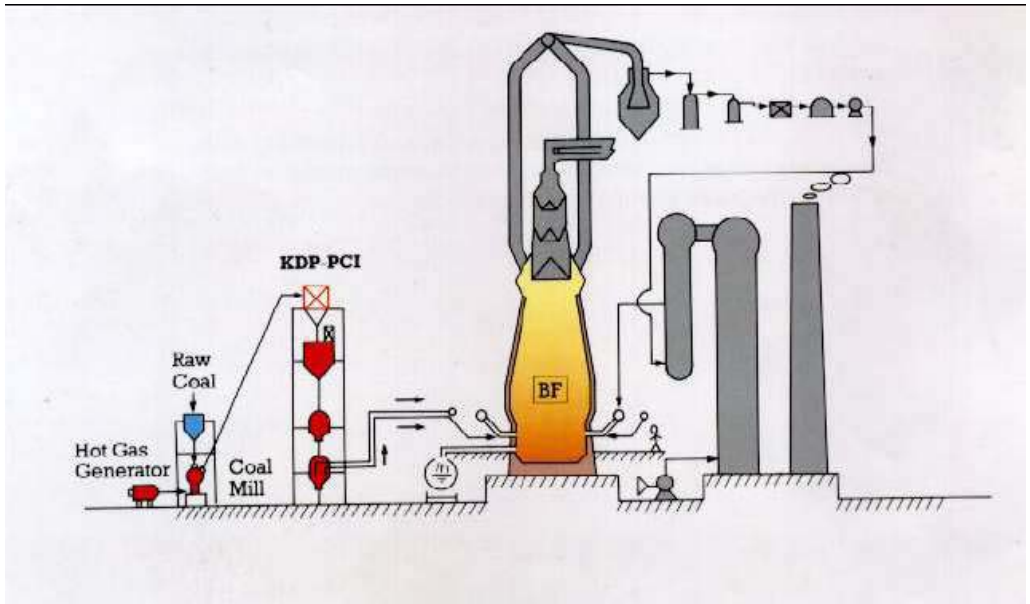
Kömür enjeksiyon sistemi

- Enjeksiyon tankından çıkan kömür, lanslar vasıtası ile yüksek fırınlara enjekte edilir. Enjeksiyon sırasında enjeksiyon tankındaki PC azaldığı zaman enjeksiyona ara vermeden ara tankdan enjeksiyon tankına PC beslemesi yapılır. Yüksek fırınlarda kömür enjeksiyonuna geçiş sebepleri 1979 yılında yaşanan 2. petrol krizinden bu yana dünya demir çelik endüstrisinde önemli yer tutan ülkelerdeki şirketler yüksek fırınlarda uyguladıkları sıvı yakıt enjeksiyonuna alternatif bir sistem geliştirmek için çaba sarf etmişlerdir. Çünkü sıvı yakıt enjeksiyonu, yüksek maliyeti nedeni ile terk edildikten sonra yüksek fırın prosesinde aşağıdaki olumsuzluklar meydana gelmiştir;

- 1) Alev sıcaklığında artış,
- 2) Kenar bölgelerdeki ısı akışında artış,
- 3) Kok oranında artış,
- 4) Askı ve kayma sayısında artış ve fırın çalışmasını bozulması,
- 5) Gaz geçirgenliğindeki azalmalar sonucu fırın çalışmasının bozulması

Kömür enjeksiyon sistemi

- Fırın çalışmasında meydana gelen bu düzensizlikler bir takım önlemler alınarak düzeltilmeye çalışılmışsa da (*örneğin, hava sıcaklığı azaltılıp rutubet miktarı artırılarak alev sıcaklığının kontrolü, cevher/kok oranının azaltılarak gaz geçirgenliğinin artırılması gibi*), bu önlemler kok tüketiminin artması, yüksek fırın veriminin düşmesi ile sonuçlanmıştır. Bunun üzerine 1860 yıllarında Avrupa'da uygulanan, fakat bu tarihi takip eden yıllarda petrol fiyatlarındaki düşüş nedeni ile üzerinde fazla araştırma yapılmayan kömür enjeksiyon sistemi yeniden gündeme gelmiştir. Böylece uzun yıllar sonra kısa aralıklarla yaşanan petrol bunalımları sonucu kömür enjeksiyon sistemi üzerinde çalışmalar yoğunlaşarak bu sistemi kullanan fırınların sayısı artmıştır



Niçin kömür enjeksiyonu ?

- **a)** Kömür enjeksiyon sisteminde enjekte edilen kömürün **1 tonunun enjeksiyon maliyeti $80** civarındayken yeni yapılacak bir kok fabrikasından üretilen kokun **1 tonunun maliyeti $250 civarındadır** (yatırım maliyetleri dahil). Kömür fiyatlarının ucuz olması nedeni ile sistemin geri ödeme süresi oldukça kısadır (1.5 - 2 yıl gibi).
- **b)** Sıcak hava sobalarındaki yanma havası ve yüksek fırın gazının ön ısıtılması için gerekli olan ısı kazanım sisteminin önemli olduğu 80'li yıllarda hava sıcaklığı 1200 oC'ye kadar yükseltilebiliyordu. Sonuç olarak iyi bir fırın çalışmasını garanti etmek amacı ile alev sıcaklığını kontrol etmenin ekonomik yolları bulunmalıydı. Bu yıllarda kömür/kok/fuel-oil fiyatlarına bakılınca en ekonomiğinin kömür olduğu görülmüştür.
- **c)** Kömür enjeksiyon sistemlerinin çoğalmasının ana sebeplerinden biride çevre etkileridir. Kok fabrikalarından çevreye yayılan atıkları kontrol etmek zordur ve yatırım gerektirir. Kömür enjeksiyon sistemlerinde ise çevre kirliliği kok fabrikalarına kıyasla daha azdır.

Kömür Enjeksiyonu – Kok Karşılaştırılması

- ***Tamamen kok ile çalışıldığı durumla kıyaslanınca:***
- **1)** Kok oranından % 25 tasarruf elde edilir.
- **2)** Enerji maliyeti azalır.
- **3)** Alev sıcaklığı daha iyi kontrol edilir.
- **4)** 210 kg/TSM enjeksiyon yapılabilen bir tesiste hava rutubetinde 16 gr/m3 düşüş, hava sıcaklığında 200 oC artış, oksijen zenginleştirilmesinde % 3 artış elde edilir.
- **5)** Aynı yakıt oranında yüksek fırın şarj kapasitesi artırılarak üretim artışı elde edilir.
- **6)** Dünyanın bir çok yerinde mevcut olan metalurjik olmayan kömür kullanılabilir.
- Antrasit'den linyite kadar, kül miktarı % 3'den % 18'e kadar kömür çeşitleri kullanılabilir. Kullanılan kömürün karbon miktarı yüksekse enjeksiyon oranı da artar.
- **7)** Yüksek fırın daha düzenli çalışır (sıcak maden kalitesi artar).

Kömür Enjeksiyonu – Kok Karşılaştırılması

- ***Fuel oil ve doğal gaz enjeksiyonu ile çalışıldığı durumla kıyaslanınca:***
- **1)** Dünyanın bir çok yerinde mevcut olan metalurjik olmayan kömür kullanılabilir.
- **2)** Politik bağımlılığı olmayan bir enerji kaynağıdır.
- **3)** Kömürün alev sıcaklığına etkisi fuel-oil ve doğal gazdan daha az olduğu için alev sıcaklığını kontrol açısından yüksek enjeksiyon oranı elde edilebilir.
- **4)** Daha az değerli bir enerji kaynağıdır.
- **5)** Kömürdeki karbon/hidrojen oranı fuel-oil'inkinden daha büyüktür. Bu nedenle hidrokarbon yakıtlara kıyasla daha fazla kömür yakılabilir.

Kömür enjeksiyonunun fırın çalışmasına etkisi

- Kömür enjeksiyonu başlayınca fırın kesiti boyunca etkili gaz dağılımını mümkün olduğu kadar sabit tutmak gerekir. Yüksek uçuculu kömür kullanılarak yüksek enjeksiyon uygulandığında yüksek gaz hızı ve gaz sıcaklığından dolayı raceway derinliği artar *(haznedeki yanma bölgesi derinliği : raceway olarak adlandırılır).*
- Tüyerler önünde kömür taneciklerinin koklara çarpması, kok üzerinde termomekanik bir stres oluşturur. Kokun parçalanması sonucu oluşan parçacıklar ve yanmayan kömür taneleri raceway'in arkasında kalın bir birikim meydana getirir. Bu birikim gazı merkezden uzaklaştırır. Böylece gaz duvardan geçmeye başlar ve kenar ısı akımı artar. Aynı zamanda gazın fırın merkezinden geçememesi sonucu fırın ısı seviyesinin düşmesi gibi problemlerle karşılaşılır. Bu tür problemleri çözmek amacı ile mevcut kullanılan tüyer çapları büyütülerek gaz hızı yavaşlatılır.