



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

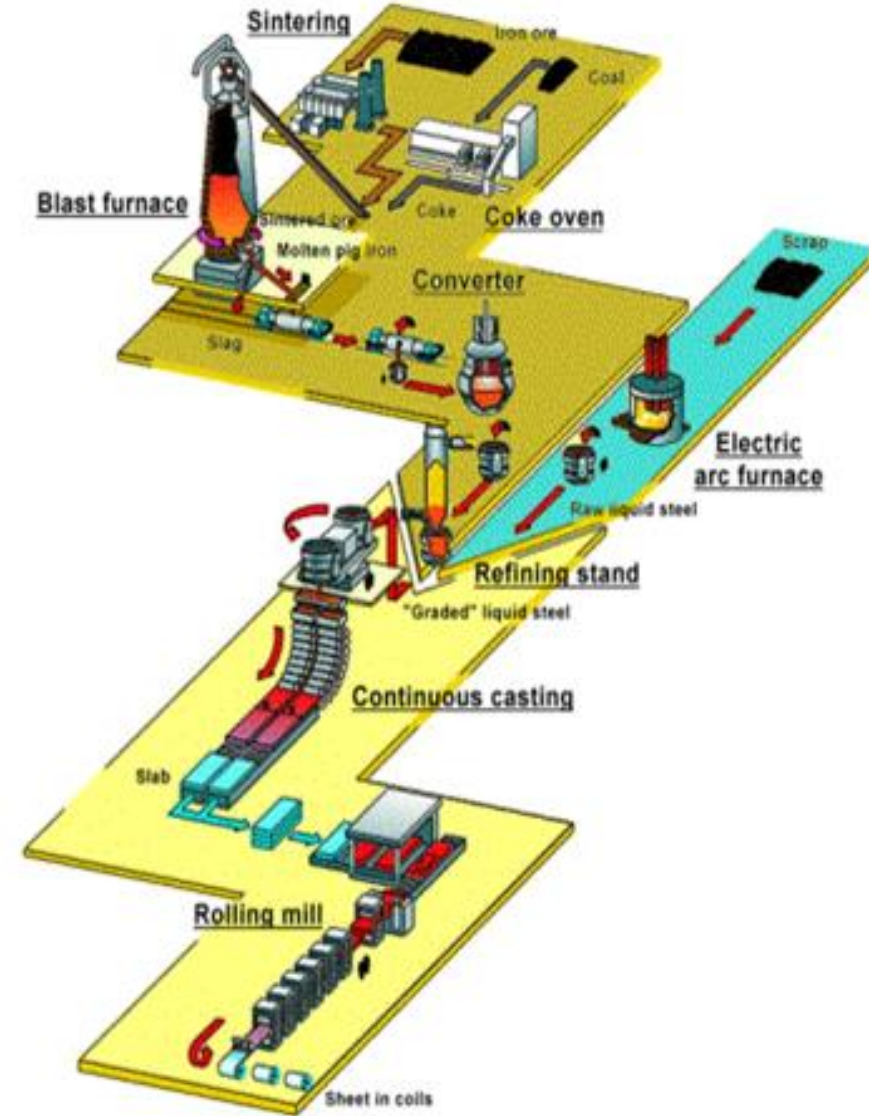
EKÖK METAL DEMİR-ÇELİK PROSES TANITIMI





DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİNİN İKİ YÖNTEMİ BULUNMAKTADIR.

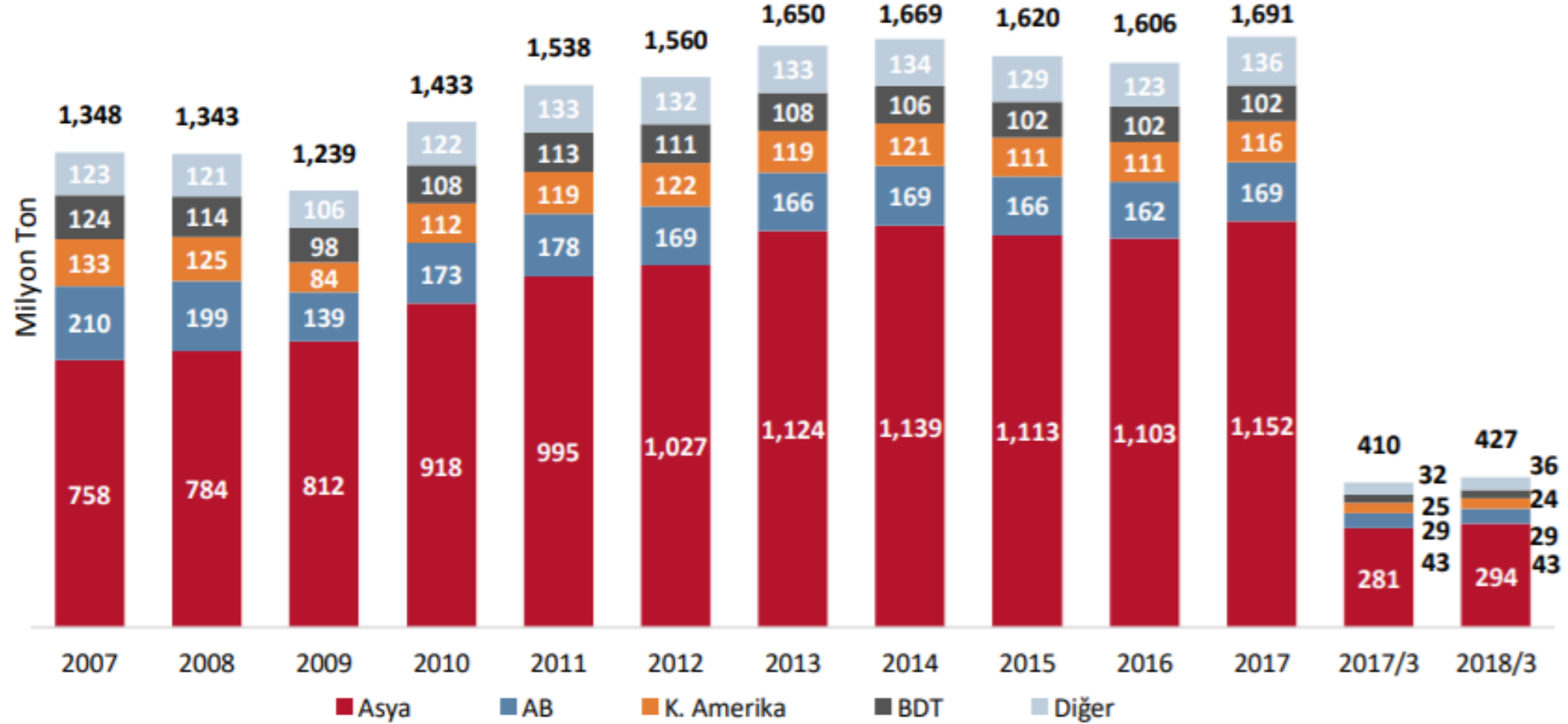
- 1- Entegre Tesislerde cevherden üretim (Birincil Metalurji)
- 2- Elektrik Ark Ocaklarında hurdadan üretim (İkincil Metalurji)



Demir-Çelik Sektörü...

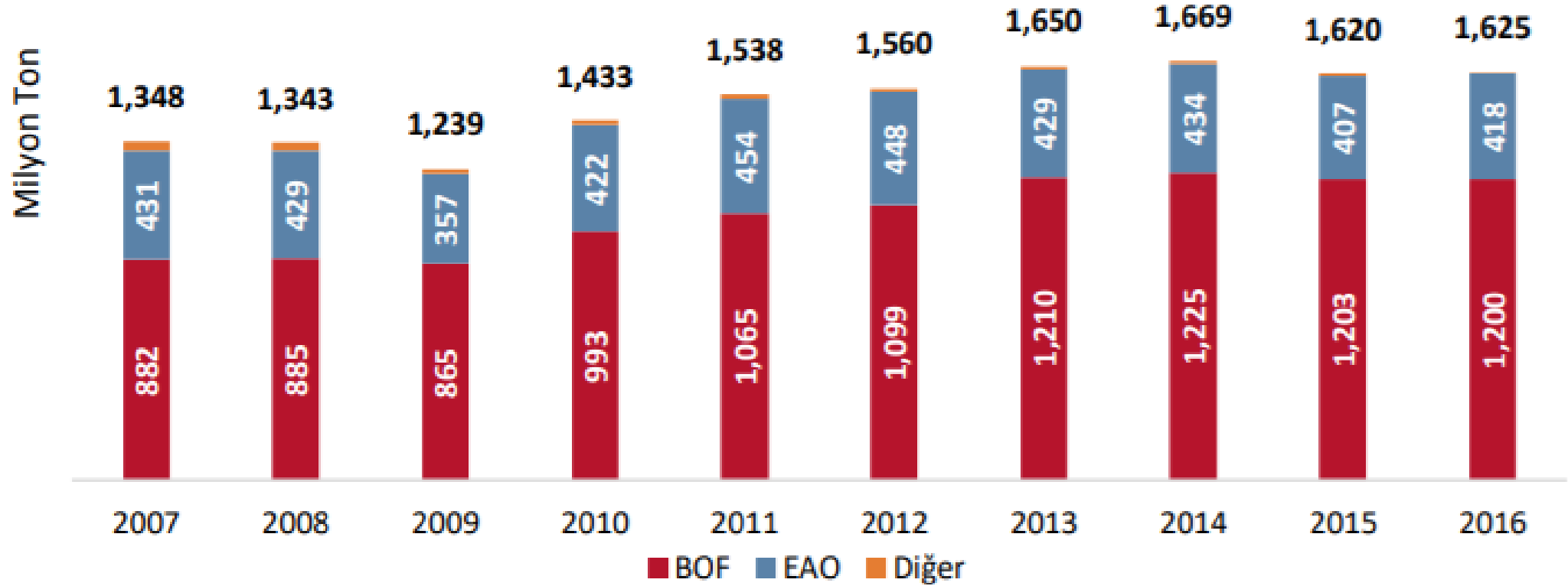
Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ve sanayileşmenin önemli göstergelerinden birisi olan demir-çelik sektörü, aynı zamanda global sektörlerden biridir ve sektörün arz-talep dengeleri, üretim kapasiteleri, vergisel uygulamalar, ithalat-ihracata yönelik kısıtlama ve teşvikler global ölçekte fiyatlandırma davranışları açısından önem arz etmektedir.

Grafik 10: Küresel Ham Çelik Üretimi



Kaynak: Worldsteel

Grafik 11: Üretim Yöntemine Göre Ham Çelik Üretimi



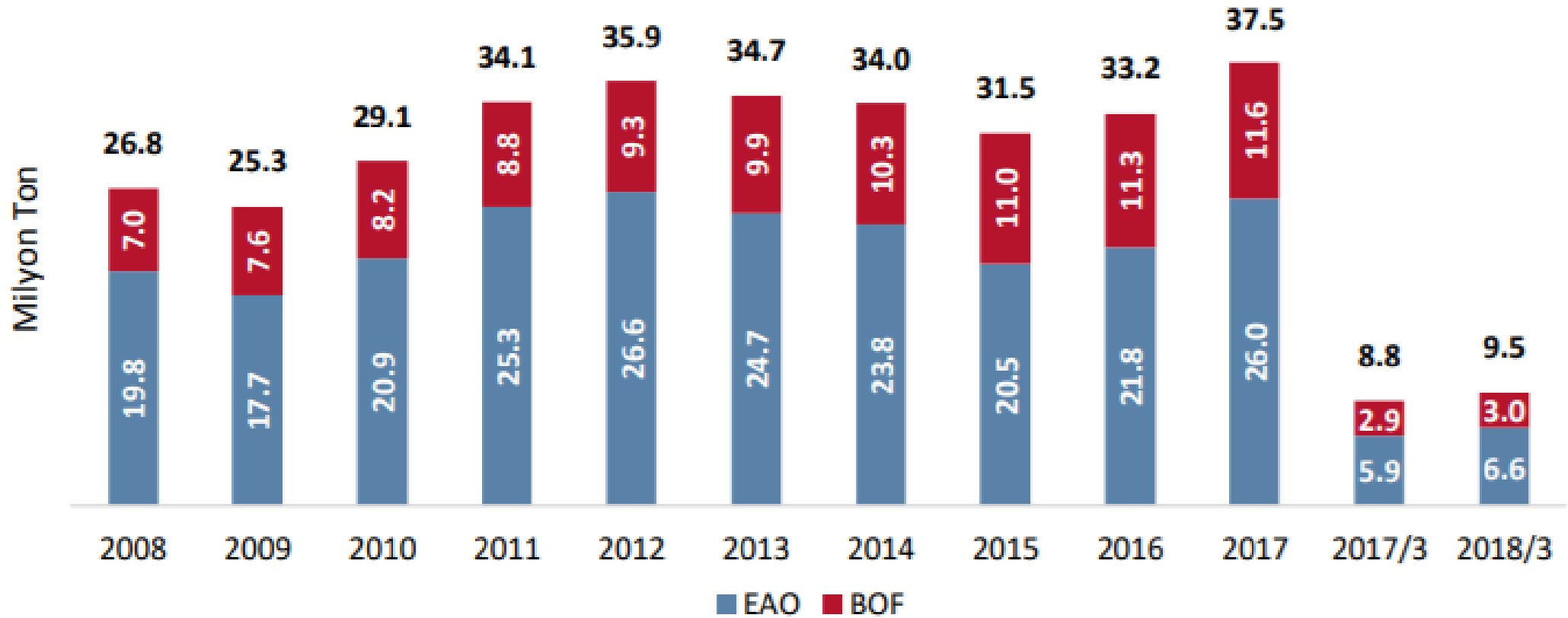
Kaynak: Worldsteel

Tablo 4: Ham Çelik Üretiminde Önde Gelen Ülkeler

Sıralama	Ülke	2017 Üretimi (Mn Ton)	2016 Üretimi (Mn Ton)	Değişim (%)
1	Çin	831,7	786,9	5,7
2	Japonya	104,6	104,7	(0,1)
3	Hindistan	101,4	95,5	6,2
4	ABD	81,6	78,5	4,0
5	Rusya	71,3	70,5	1,3
6	Güney Kore	71,1	58,6	3,7
7	Almanya	43,6	42,1	3,5
8	Türkiye	37,5	33,2	13,1
9	Brezilya	34,4	31,3	9,9
10	İtalya	24,0	23,4	2,9
Dünya		1.691,2	1.606,1	5,3

Kaynak: Worldsteel

Grafik 25: Üretim Yöntemlerine Göre Türkiye'nin Ham Çelik Üretimi Gelişimi



Kaynak: TÇÜD

Grafik 28: Nihai Mamul Türüne Göre Çelik Üretimi Dağılımı (%)



Kaynak TÇÜD



1- ENTEGRE TESİSLERDE CEVHERDEN ÜRETİM (BİRİNCİL METALURJİ)

Entegre Demir Çelik Tesisleri bütün tesis ve birimleri ile iç içe çalışan tesislerden oluşur. İş akış sırası ile

- Kok Fabrikaları
- Hammadde Hazırlama
- Sinter Fabrikaları
- Yüksek Fırınlar
- Çelikhane
- Haddehanelerden

oluşan Demir Çelik tesisleri, tüm sistemin çalışması için gereken elektrik ve akışkanları üreten Enerji Tesisleri ile üretimi gerçekleştirir.





- **Kok Fabrikaları**

Kok yüksek fırında kullanılan evrensel bir yakıttır. İndirgeyici ve ısı sağlayıcı olarak görev alır. Aynı zamanda üretim maliyeti için önemli bir yer kaplar. Demir oksitten ekonomik olarak metalik demir üretmek için en uygun indirgen karbondur. Önceleri bu nedenden dolayı odunun damıtılmasıyla elde edilen odun kömürü kullanılmıştır. Fakat bugün yüksek fırınlarda demir eldesinde kok kullanılmaktadır. Kok, koklaşmaya uygun kömürlerin 1000–1250^oC'da damıtılmasıyla elde edilmektedir.



- **Kok Fabrikaları**

Kokun yüksek fırında beş fonksiyonu vardır.

- Termal ihtiyaçları sağlamak için bir yakıt olarak kullanılır.
- Demir oksitlerin indirgenmesi için CO sağlar.
- Metaloit oksitleri, Mn, Si, P gibi indirger.
- Demiri karbürize ederek erime noktasını düşürür.
- 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



• Kok Fabrikaları

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
Yama ısısı	7000-8000 k.cal./kg.
Parça büyüklüğü	40mm. <u>elek üstü</u>

Tablo 2. Metallurjik kokun özellikleri



- **Kok Fabrikaları**

Kok Fabrikaları 4 ana bölümden oluşmaktadır.

- Kömür Hazırlama Tesisi
- Kok Bataryaları
- Kok Kırma Eleme Tesisi
- Yan Ürün Tesisleri



- **Kok Fabrikaları**
Kömür Hazırlama Tesisi





- **Kok Fabrikaları**
Kok Bataryaları





- **Kok Fabrikaları**





- **Kok Fabrikaları**



Söndürme İşlemi



- **Kok Fabrikaları**

Kok Kıрма Eleme Tesisi





- **Kok Fabrikaları**

Kok Kıрма Eleme Tesisi





- **Kok Fabrikaları**
Yan Ürün Tesisleri

- **Kok Gazı Hattı Kapasitesi:** 600.000 m³/gün
- **İşlevi:** Ham Kok Gazını temizleyerek şebekeye verilecek kaliteye getirir.
- **Ürünler:** Gazda bulunan; amonyak, naftalin ve ham benzol absorblanarak temizlenir. Amonyum sülfat ve ham benzol kazanılır. Ham katranın işlenmesiyle RT-2, RT-9, karbol yağı, naftalin yağı, kreozot, pres naftalin üretilir.



- **Kok Fabrikaları**





• Cevher Hazırlama

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 ($2Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$), Götit ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$), Siderit ($FeCO_3$) ve Pirit (FeS_2) mineralleri şeklinde bulunmaktadır.

Ülkemizde demir cevheri ve rezervleri, Demir Çelik Fabrikalarının kullanımına göre 3 kategoride toplanabilir. Türkiye'nin bugüne kadar tespit edilen demir cevheri rezervi; işletilebilir 82,5 milyon ton, Sorunlu 962,8 milyon ton ve potansiyel 321,5 milyon ton olmak üzere toplam 1363,5 milyon tondur.



- **Cevher Hazırlama**

Cevher hazırlama, cevherin madenden çıkarıldıktan sonra, fırında kullanılabilir hale gelinceye kadar yapılan bütün işlemleri kapsar. Bunlar kırma, öğütme, eleme, yıkama, harmanlama, konsantrasyon, topaklama ve benzeri gibi işlemlerdir.

Cevher hazırlama işlemlerinin amacı hammadde şartlarının iyileştirilmesi bunun sonucunda da yüksek fırın verimini arttıracak daha ucuza sıvı demir üretmektir. Yukarıda sayılan işlemlerden topaklama hariç bütün diğerleri iyileştirme işlemleri olarak adlandırılabilir.



• Cevher Hazırlama

Cevher İyileştirme İşlemleri

Kırma, Öğütme, Eleme İşlemleri

Cevherin kalitesine bağlı olarak boyutunun 6-60 mm arasında olması gerekmektedir. 6 mm altındakiler gaz geçirgenliğini olumsuz yönde etkilerler. Üst limit ise indirgenebilirlik ile sınırlandırılmıştır. 6-60 mm'lik boyut aralığı düzenli gaz akışını sağlayabilmek için çok geniştir. Bu aralıktaki cevherler yeniden elenerek 6-20 mm'lik, 20-40 mm ve 40-60 mm boyutlarında yeniden sınıflandırılabilirler. Her bir guruptaki cevherler ise fırına ayrı ayrı şarj edilebilir.

Konsantrasyon

Konsantrasyon, cevherin içindeki gang ve zararlı maddelerden arındırarak zenginleştirme işlemidir. Eğer cevherden ton sıcak maden başına 40-50 kg silika atılırsa, flaks yapmak için gerekli olan kireç taşı da 100-130 kg azalır. Bunun sonucunda da curuf miktarı 100 kg, kalsinasyon reaksiyonu neticesinde çıkan CO₂ gazı da 50 kg azalır. Bu iki faktörde kok miktarının 40-50 kg düşmesine sebep olur. Üretiminde %5-10 arasında arttığı görülür.



• Cevher Hazırlama

Konsantrasyon işleminin yapılıp yapılmayacağına sadece cevherin kompozisyonuna bakılarak karar verilmez. Konsantrasyon işlemi bazı durumlarda demir cevheri son derece zengin olsa da uygulanır. Örneğin %60-65 Fe içeren Hindistan cevherleri yüksek oranda alümina içerirler. Bu da cüruf akışkanlığını azaltır. Bu tip cürufu çalışmak ve alüminayı cevherden atmak çok güçtür. Cevher konsantrasyonu için, yaygın olarak şu yöntemler kullanılır.

- Yıkama
- Ağır parçaların ayrılması
- Flotasyon
- Magnetik ayırma



- **Cevher Hazırlama**

Harmanlama

Bütün hammaddelerin kimyasal kompozisyonlarının düzgün olması ve kok külü ve rutubetinin düzgün olması; yumuşama sıcaklığının, cevherin indirgenmesinin, demirin erimesinin, cüruf erime bölgesinde cüruf oluşumunun düzgün olmasını, ayrıca gaz geçirgenliğinin kolay olmasını sağlar. Sonuçta, fırın çalışma hacminin maksimumu, maksimum hava sıcaklığı ve maksimum şarj sayısı ile birlikte kullanılabilir. Bu da malzemelerinin düzgün kimyasal kompozisyonlara harmanlanması ile elde edilir. Hammaddenin farklı kaynaklardan sağlandığı fabrikalarda harmanlama çok önemlidir. Büyük depolama ve harmanlama sahalarına ihtiyaç duyulur.

Ekonomik harman karışımı bulmak çok güçtür. Fakat Rusya'da yapılan testler sonucunda üretim %7 artmış, yakıt oranı % 4 ve demir maliyeti % 2,5 düşmüştür. Harmanlama yapılan cevher, harman yapılmayan cevhere göre maliyeti % 4-5 düşürmüştür.



Topaklama

Maden çıkarımı ve iyileştirme işlemleri sırasında çok önemli miktara (%40-50) ufak boyutta malzeme üretilir. Bunlar direkt olarak yüksek fırına şarj edilmeyeceğinden sinterleme ve pelletleme gibi işlemlerden geçirilerek boyutları büyütülür. Sinterde ve peletde bulunması gereken en önemli özellikler indirgenabilirlik, çarpma, sürtünme ve sıkıştırma mukavemetinin iyi olmasıdır.

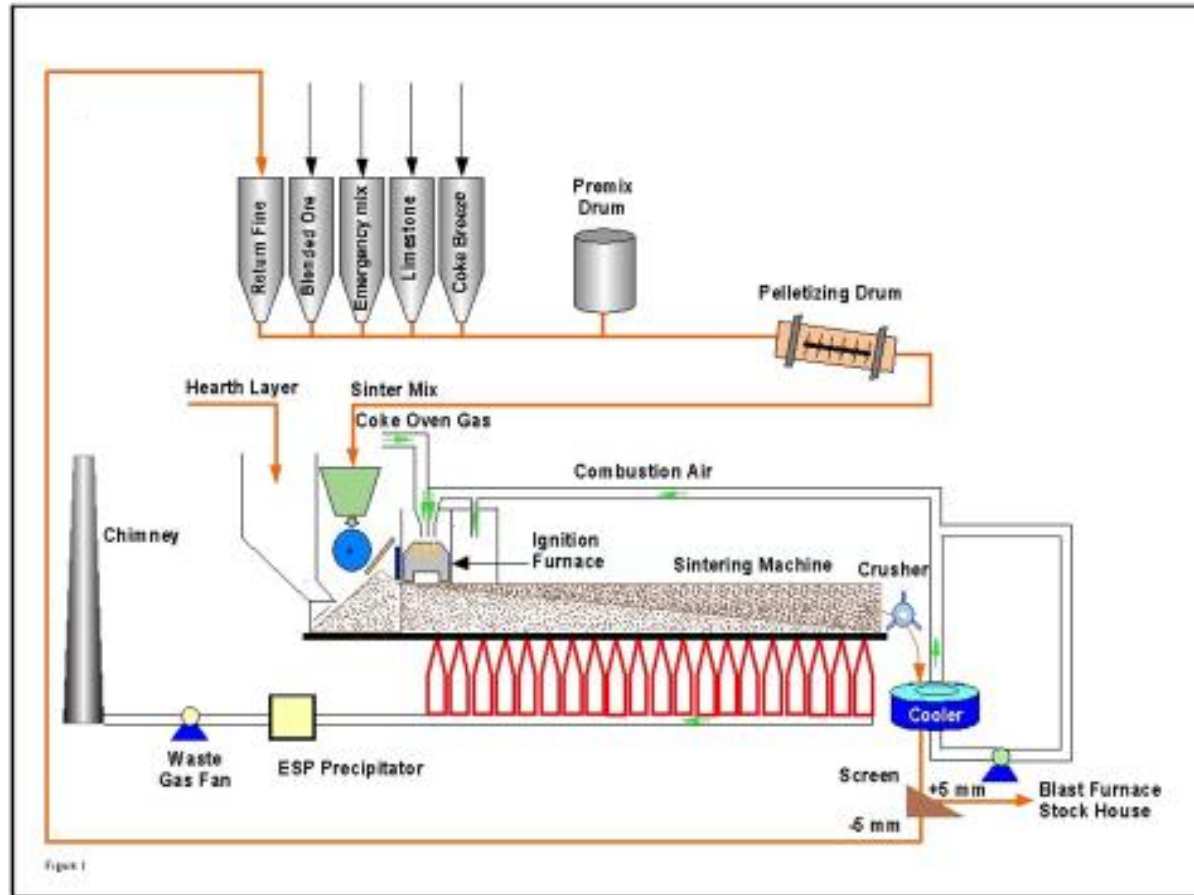
Sinterleme

Sinterleme işlemi ile yapılan topaklama sonucunda büyük sert gözenekli parçalar elde edilir. Bu parçalar şu şekilde elde edilirler;

- Kısmi ergime metodu ile ufak parçaların temas yüzeylerinden birbirine yapışmaları,
- Yeniden kristalleşme ile difüzyon bağlarının oluşması ve parçaların erimeden birbirine yapışmalarını sağlayan hematit ve magnetit kristalinin büyümesi.



• Cevher Hazırlama





• Cevher Hazırlama

Bütün bu işlemler toz cevherlerle karıştırılmış olan kok tozunun yanması sırasında meydana gelir. Karbonun tamamıyla yanmasından dolayı 1300-1400°C sıcaklık kolaylıkla elde edilir. Bu proses sabit yada Dwight – Lloyd tipi hareketli sinter makinalarında uygulanabilir. Bu tip makinalarda 40-50 cm kalınlığında sinter karışımı kullanılabilir. Kok tozunun yanması, tabii gaz ya da yanma yağı kullanılarak karışımın üst yüzeyinde başlatılır. 800-1000 mm'lik bir emme ile sinter karışımını geçirgenliğine de bağlı olarak, karışımın alt kısımlarına kadar inen karışımı şarj etmeden önce ızgaraların üzerine 5 cm kalınlığında 8-10 mm boylarında sinter verilir. Bunun amacı erime sonucunda ızgara açıklarının tıkanmamasıdır. Sinter karışımı baca tozu, elekaltı malzemeler, kireçtaşı, dolomit gibi malzemelerde ihtiva eder. Elekaltı sinter tozu, sinterleme işlemlerinden önce kullanılan karışıma göre daha düşük erime sıcaklığına sahiptir.



- **Cevher Hazırlama**

Yanma

Kokun yanması ince yatay katmanda başlayıp aşağıya doğru iner. Kok tozunun yanmasını sağlayan hava bir önceki sıcak sinter katmanından ısınarak geçer. Önceden ısıtılmış hava ve soğuk karışım ve yakıtın tamamıyla yanıp CO₂'ye dönüşmesi, prosesi termal olarak çok verimli hale getirir. Teorik olarak sinter içerisinde % 4-8 kadar kok tozu, sıcaklığı 1400 °C çıkarmak için yeterlidir.

Yanma tozunun altındaki katmanlarda ısınma, nemin buharlaşması ve karbonatların yanmasıyla olur. Rutubetten arınmış sıcak gaz içinde soğur ve su daha aşağı katmanlarda yoğunlaşma sıcaklığına ulaştığında yoğunlaşarak çökler (Genellikle 50-60 °C) . Bu proses en sonuncu katmana ve soğuk karışım kalmayınca kadar devam eder.



- Cevher Hazırlama





- **Yüksek Fırın**

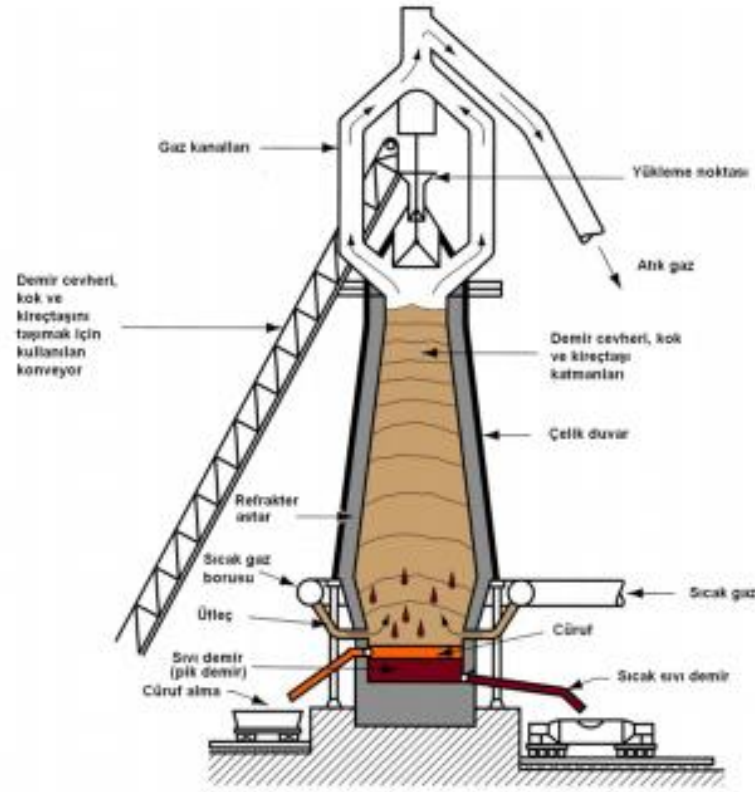


Yüksek Fırın

Hazırlanmış parça cevher (kalibre), sinter ve peletin, kok ile indirgenerek ham demirin elde edildiği tesistir. Ayrıca yan ürün olarak yüksek fırın gazı ve cüruf elde edilir.



• Yüksek Fırın



Şekil 1. Yüksek Fırın





• Yüksek Fırın

Fırın tuğla örgüsü ateşe dayanıklı tuğlalardan oluşur. Bosh ve Belly gibi alt ve daha sıcak kısımlar zengin alüminyum (%40-50) ateş tuğlaları ile kaplanmalıdır. Üst bölgelerde ise tuğlaların sadece aşınmaya karşı dayanıklılık göstermeleri yeterlidir. Isısal olarak en hassas kısmı haznedir ve hazne tabanı yüksek alüminyum silikatlı veya karbon tuğlalar ile örülür. Tuğla ömrü, tepeden hazneye kadar döşenmiş soğutma plakaları, hazne soğutma suları ve/veya taban soğutma havası ile artırılır.





• Yüksek Fırın



Yüksek Fırın şu kısımlardan oluşmaktadır

Fırın Üstü Şarj Sistemi

Boğaz (Throat)

Gövde (Stack)

Bel (Belly)

Karın (Bosh)

Hazne (Heart)

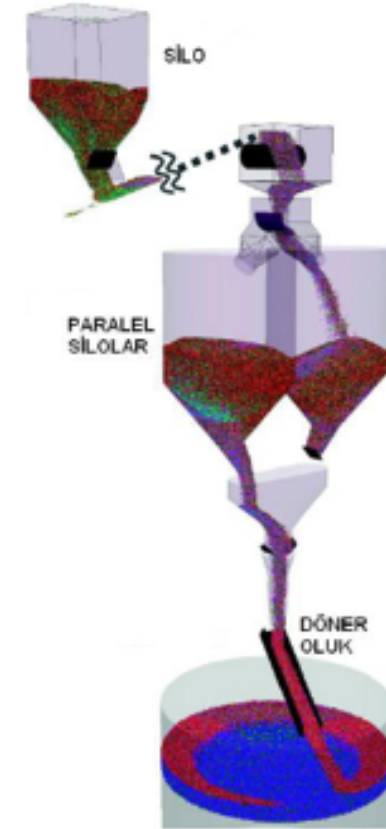


• Yüksek Fırın

Çansız Tepe Sistemi

Fırın üzerine taşınan malzemeler, uygulanacak şarj programına göre sıra ile siloya boşaltılır. Malzeme fırın içerisine boşaltılmadan önce üst sızdırmazlık valfi kapanır ve silo iç basıncı fırın basıncına eşitlenir. Eşitleme işlemi bittikten sonra alt sızdırmazlık valfi açılır ve malzeme döner oluk vasıtası ile fırın içerisine homojen biçimde yayılır.

Silo içerisindeki malzeme tamamen boşaldıktan sonra malzeme kapısı ve alt sızdırmazlık valfi sıra ile yeniden kapanırlar. Silonun yeniden malzeme alabilmesi için, iç basıncın atmosfer basıncına eşit olması gerekir. Bu nedenle tahliye valfi açılarak silo içerisindeki basınç tahliye edilir.



Şekil Çansız şarj sistemi



• Yüksek Fırın



Bu bölgeden itibaren dikey ekseninde aşağı doğru birkaç metre uzunluğunda BOĞAZ kısmı bulunur. Bu bölümde fırın içine aktarılan malzemelerin, fırın içerisindeki tuğlalara zarar vermemesi için aşınma plakaları bulunur.





• Yüksek Fırın



Fırının karın kısmının altında hava üfleme boruları ve tüyerler vardır. Sobalar tarafından ısıtılmış sıcak hava, simit şeklindeki bir boru kollektörüne bağlı olan bu borular vasıtasıyla fırına verilir. Fırına verilen bu hava yanma sağladığı gibi, fırın içerisindeki şarj malzemelerini de askıda tutar. Hava üfleme boruları fırının etrafını çevirecek şekilde eşit





- Yüksek Fırın

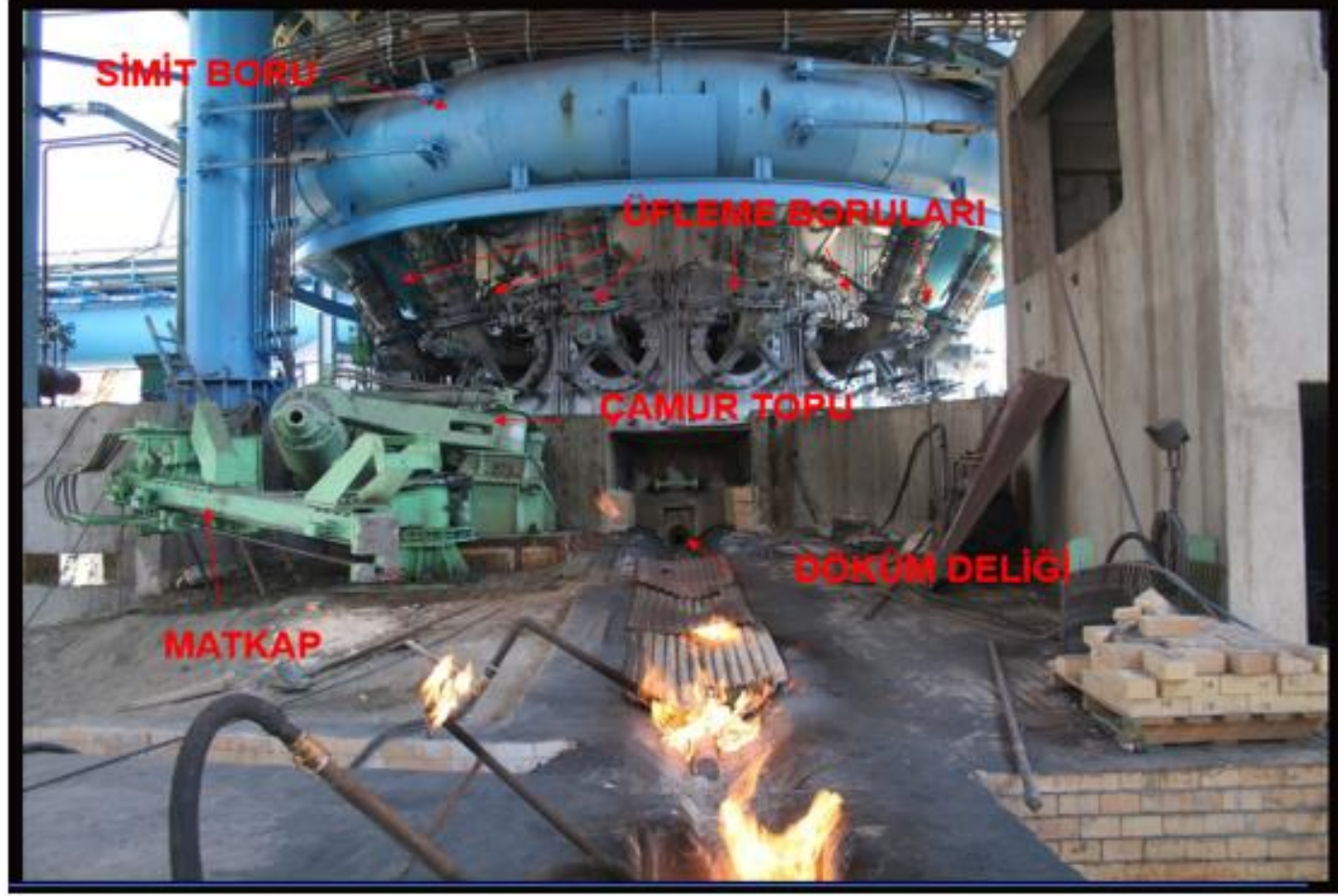
SOBALAR

Yüksek Fırın Sobaları, fırın içerisinde kokun yanmasını sağlayan sıcak havanın elde edilmesinde kullanılan ve yakıt olarak Yüksek Fırın Gazı kullanan bir tür ısı eşanjörleridir.





• Yüksek Fırın





- Yüksek Fırın

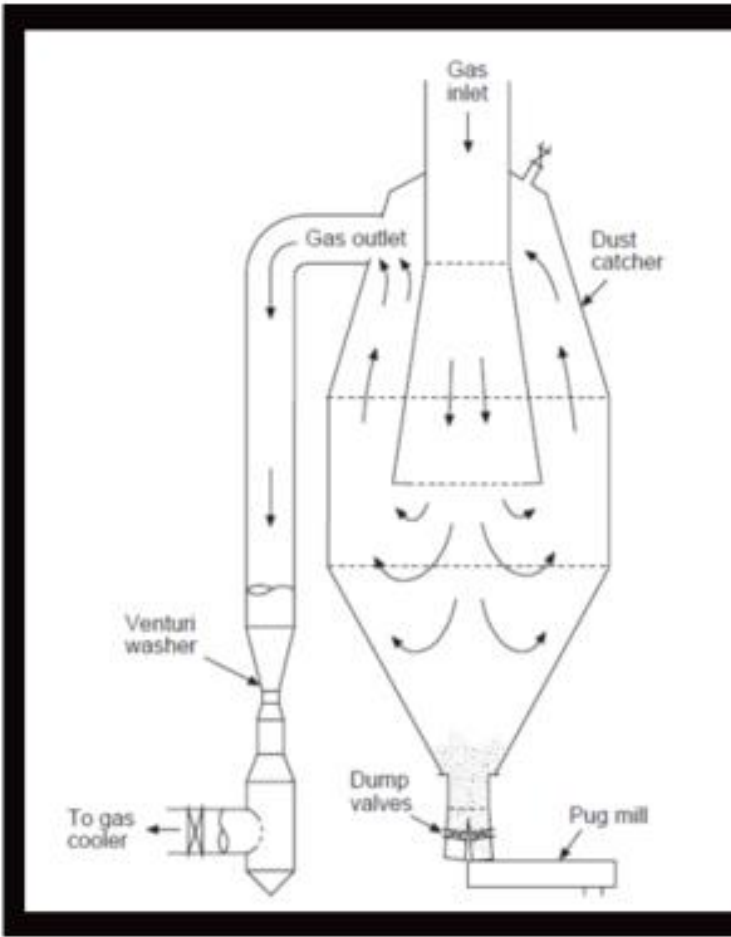
TOZ TUTUCU (SİKLON)

Yüksek Fırın içerisine üflenen hava, fırın içerisindeki kimyasal reaksiyonlar sonucunda, yanıcı bir gaz olan Yüksek Fırın Gaz'ı olarak çıkar. Sobaların yakıtı ve entegre tesisin muhtelif yerlerinde yakıt olarak kullanılan bu gazının, sobalara girmeden önce ve diğer tesislere gönderilmeden önce ihtiva ettiği toz partiküllerden arındırılması gerekmektedir.





• Yüksek Fırın



Tozlu Yüksek Fırın Gazı, siklon içerisine konik bir boru vasıtası ile girer ve bu konik borunun etrafından yukarıda bulunan çıkışa yönelirken, gazın ihtiva ettiği toz partikülleri yerçekiminin etkisiyle siklon tabanına iner. Bu sayede Yüksek Fırın Gazının tamamen olmasa da temizlenmesi sağlanmış olur.



- Yüksek Fırın





• Yüksek Fırın

ELEKTROSTATİK FİLTRE



Bu tip toz filtrelerinde, gaz içindeki toz tanecikleri bir elektrik alanının etkisi ile çöktürülürler.

İçinde toz tanecikleri bulunan YF gazı, elektrik gerilimleri sıfır olan topraklanmış levhalar arasından geçirilir. Levhaların bu gerilimle yüklenmesi ve levhaların topraklanması, gaz içindeki tozların yüklenmesine neden olur ve bunların levhalara doğru bir kuvvet ile çekilmelerini sağlar. Gaz temizlenmiş olarak levhalar arasından çıkarken, tozlar levha üzerinde birikerek, bir kek oluşturur. Zaman zaman elektrik akımı kesilerek bu kekin levhadan uzaklaştırılması sağlanır.

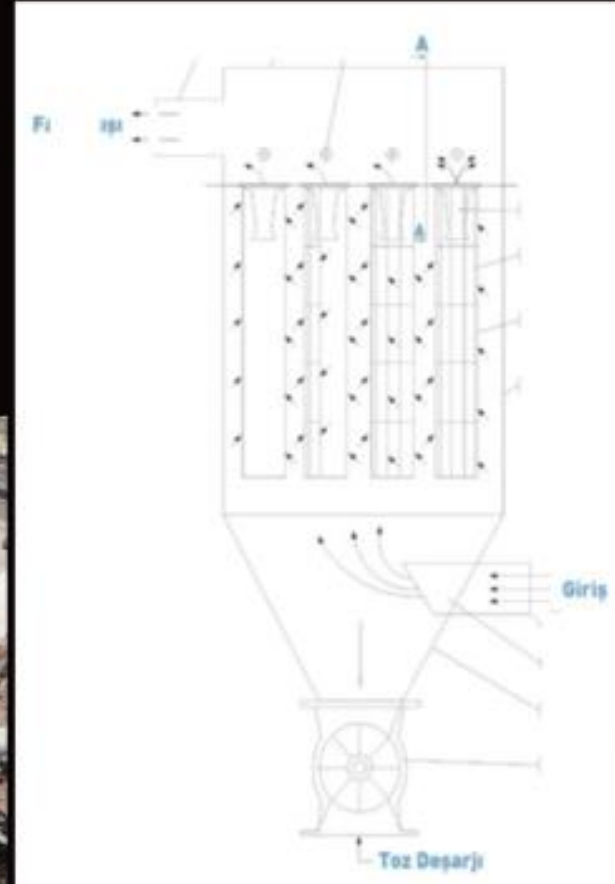
Siklonda, toza etki eden dış kuvvetin daha fazla arttırılamaması nedeniyle tutulamayan tanecikler bu filtrede tutulabilmektedir.



• Yüksek Fırın

TORBALI TİP FİLTRE

İçerisinde filtre torbaları bulunan silolardan oluşan bu sistemde, silo girişinden giren YF gazı, içerisinde kafes bulunan elyaf filtre torbaları içerisinde siklon tarafından yakalanamayan tozunu bu filtre torbaları üzerinde bırakır. Zamanla filtre torbası üzerinde biriken toz, torba içerisine azot üflenerek, silonun alt tarafında toplanır.

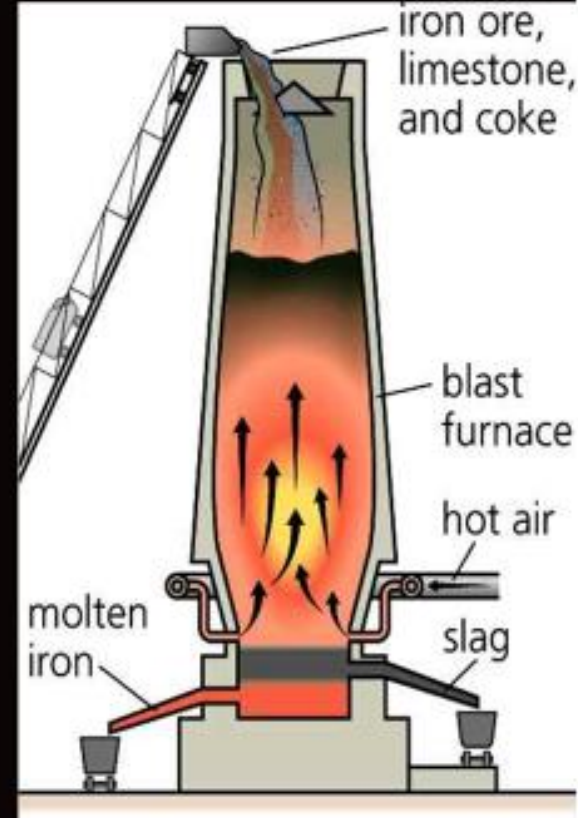




• Yüksek Fırın

YÜKSEK FIRIN PROSESİ

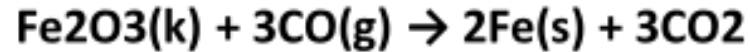
Yüksek fırınlar içerisine boğaz kısmından katmanlar halinde şarj edilen demir içerikli malzeme (sinter, pelet, kalibre, cevher) ve ilave yardımcı malzemeler (kireçtaşı, dolomit, kuvarsit, manganez, vs) metalurjik kok ile birlikte şarj edilir. Fırın içerisindeki metalurjik kok, yüksek fırın sobalarında ısıtılan havanın fırın hazne üstünde bulunan tüyer isimli hava kanallarından içeriye verilmesi ile yakılır. Oluşan CO gazı ve açığa çıkan enerji ile fırın içindeki hammaddeler hem redüklenerek hem de ergiyerek sıvı ham demiri ve cürufu oluşturur. Döküm deliğinden dışarıya alınan sıvı ham demir potalara doldurularak çelikhaneye gönderilirken, yoğunluğu sıvı hamdemire göre daha düşük olan cüruf ise ayrı bir kanaldan cüruf havuzlarına alınarak çimento fabrikalarında kullanılmak üzere granüle edilir.



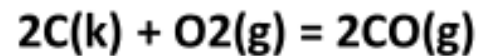


- **Yüksek Fırın**

Yüksek fırındaki operasyon, karbon monoksidin (CO) demir cevherindeki oksijene olan afinitesinin (ilgisinin) demirden daha fazla olmasına ve demiri elementel hale indirgerme prensibine dayanmaktadır. Karbon monoksit ayrıca pik demirden giderilmesi gereken silikayı da (SiO₂) redükler. Silika, kalsiyum oksitle (CaO) reaksiyona girer ve sıvı pik demirin yüzeyi üzerinde yüzen curufu oluşturur. Sıvı pik demir oluşumdaki temel kimyasal reaksiyon,



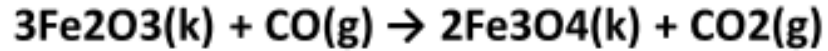
olmasına karşın bu indirgenme reaksiyonu birkaç kademedede gerçekleşmektedir. Her şeyden önce fırına üflenen sıcak hava kok ile reaksiyona girer, bunun sonucunda hem ısı hem de CO üretilir.



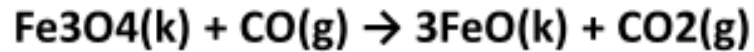


• Yüksek Fırın

Bu üretilen sıcak karbon monoksit, demir cevheri için redükleyici bir maddedir ve demir oksidi elementel demir haline getirirken karbon dioksit (CO₂) oluşumu da gerçekleşir. Fırının farklı bölgelerindeki sıcaklığa bağlı olarak demirin kademeli redüksiyonu gerçekleşir. Fırının üst kısımlarında sıcaklık genelde 200 – 700°C aralığındadır ve bu bölgede Fe₂O₃ (hematit) kısmen Fe₃O₄'e (manyetit) redüklenir.



850°C civarında fırının daha aşağı kısımlarında manyetit (Fe₃O₄) wüstite (FeO) redüklenir.



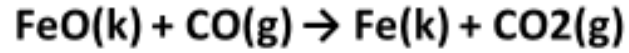
Yüksek fırında şarj malzemeleri aşağıya doğru inerken ters-akım şeklinde yukarıya doğru çıkan gazlar şarj malzemesini ön ısıtır ve şarjda bulunan kireçtaşını (CaCO₃) parçalar.



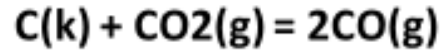


- **Yüksek Fırın**

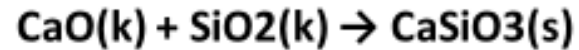
1200°C ye varan sıcaklıkların olduğu fırının alt kısımlarında wüstit (FeO) metalik demire redüklenir.



Bu proste oluşan karbon dioksit (CO₂), kokla reaksiyona girerek tekrar karbon monoksit oluşturur. Yüksek fırında sıcaklığa bağımlı olarak gerçekleşen bu reaksiyona Boudouard Reaksiyonu adı verilmektedir.



Kireçtaşının parçalanmasıyla oluşan CaO ise cevherdeki başta silika olmak üzere asidik empüritelerle reaksiyona girerek curufu oluşturur.



Üretilen pik demir yaklaşık % 4-5 C içermektedir ve oldukça gevrek.



• Yüksek Fırın

Yüksek Fırın Curufu ve Baca Gazı

Ticari cevherlerde genel olarak bulunan iki mineral silika (SiO_2) ve alüminadır (Al_2O_3). Bu durumda curuf oluşumu için CaO ve MgO gibi maddeler kullanılır. Oluşan curufun genel bileşim aralığı $38-44\%$ CaO , $8-10\%$ MgO , $34-38\%$ SiO_2 , $10-12\%$ Al_2O_3 , $0.5-1.0\%$ MnO , $1-2\%$ S , $0.1-0.6\%$ K_2O and $<0.2\%$ FeO şeklindedir. Genelde curufun kimyasal karakteri kompozisyonuna ve içerdiği bileşenlerin miktarına bağlıdır. Curufta bulunan bileşenlerin karakteristikleri aşağıdadır:

Asidik oksitler: SiO_2 , P_2O_5 , B_2O_3

Bazik oksitler: CaO , MgO , MnO , FeO , Na_2O , K_2O

Amfoter (ara) oksitler: Al_2O_3 , Fe_2O_3



• Yüksek Fırın

CaO içeriği yüksek olan curuflar bazik, SiO₂ içeriği yüksek olanlar asidik curuf olarak tanımlanır. Curufun asitlik (veya baziklik) derecesi, curuftaki bazik karakterli bileşenlerin toplamının asidik karakterli bileşenlerin toplamına oranı şeklinde belirlenir, ancak farklı hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Tipik olanları aşağıda verilmiştir.

$$\text{CaO} / \text{SiO}_2 ; (\text{CaO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2 ; (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \approx 0.9-1.2$$

Curufun fırından rahatça tahliye edilebilmesi için için gerekli olan en düşük hazne sıcaklığı Kritik hazne sıcaklığı olarak adlandırılır ve 1500 –1550°C arasındadır. Yüksek fırın curufları çeşitli yerlerde kullanılmaktadır. Curufların büyük kısmı kırılıp istenen ölçülere getirildikten sonra, demir yolu traverslerinin altına ve yol yapımında kullanılmasıdır. Minimum % 12 alümina içeren, ani soğumadan sonra camsı yapıyı koruyan yüksek fırın curufları çimento yapımına uygundur. Çimento yapımında kullanılan curufların granüle hale getirilmesi gerekir. Curufu granüle hale getirmek için değişik yöntemler vardır. Sıvı curuf kısmen su ile doldurulmuş bir çukura dökülerek veya curuf akımına su püskürtülerek granüle edilebilir. Ayrıca cüruf katılaştırken üzerine hava veya buhar üflenerek hafif, yanmaz ve ısıya yalıtkan bir malzeme curuf yünü elde edilir.



- **Yüksek Fırın**

Baca gazı, Ergitme bölgesinde meydana gelen gazlar esas itibariyle N_2 ve CO den ibaret olup, havadaki su buharının parçalanması sonucu az miktarda da hidrojen ihtiva etmektedir. Bu gazlar şarj kitlesi arasından geçerken CO gazının oksitleri indirgemesi sonucu CO gazlarının bir kısmı CO_2 'e dönüşür. Ayrıca karbonatların parçalanması sonucu ortaya çıkan CO_2 gazı da bu gazlara karışmış olacaktır. Yüksek fırını bacadan terk eden gazların yaklaşık olarak kompozisyonu aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. YF Baca gazının kompozisyonu

Bileşen	%
CO_2	14 – 16
CO	23 – 25
H_2	3 – 5
N_2	56 – 57



- **Yüksek Fırın**

Yüksek fırını terk eden gazlar bir boru vasıtasıyla üst kısımdan toz toplayıcıya verilir. Buradan gazın hızı ve dolayısıyla toz taşıma özelliği azalır ve gaz içindeki tozun büyük bir kısmın bırakır. Yüksek fırın gazındaki toz parçacıklarının büyükleri 2 mm'den birkaç mikrona kadar değişir. 20 mesh ten küçük olanlar toz toplayıcıda çökelmeyip gaz ile beraber sürüklenir. Toz toplayıcıdan çıkan gaz yıkayıcıya gelir. Burada gaz akımına su püskürtülerek içindeki parçacıklar ıslatılır. Islanan parçacıklar ağırlaşır ve su ile sürüklenir. Yıkayıcıda gazın içindeki tozun %90 – 95'i giderilir. Gaz burada soğuma kulesine geçer ve üzerine sıvı püskürtülerek sıcaklığı azaltılır. Soğuyan gazın sonra nemi alınır. Temizlenen gaz yüksek fırına üflenen havayı ısıtan sobaları ısıtmada, kok fırınlarında kullanılır. Elde edilen toz sinterlenerek yine yüksek fırında kullanılır.



• Mikserler



- Mikser adedi: 2
 - Mikser kapasitesi: 600 ton/adet
 - Mikser doldurma vinçleri: 2x100 ton
- Konverterin üretim programına göre online olarak sipariş edilen sıvı maden çıkış tarafında bulunan tartım kantarı üzerine konan konverter şarj potasına doldurulur.
- Mikser içerisine şarj edilen sıvı madenin donmaması için mikser içerisinde kok gazı yakılarak sürekli 1300 °C de tutulur.



• Kükürt Giderme Tesisi



- Kükürt çelik içerisinde istenmeyen bir elementtir,
- Yüksek fırın veya BOF konverterleri içerisinde elimine edilmesi oldukça zor ve oldukça da maliyetli bir iştir, bu nedenle yüksek fırınlar ile BOF konverterleri arasında kükürt giderme tesisi kurularak kükürt elimine edilmektedir.
- Bu tesislerde kükürt giderici malzeme olarak Magnezyum, mikronize edilmiş kireç ve karpid kullanılmaktadır.
- Günümüzde kükürt giderme tesisleri ürün kalitesini arttırıcı tesisler olarak sürekli geliştirilmektedir.



Sıvı maden içerisindeki kükürt miktarı ile hedef kükürt miktarları bilgisayara girilir ve üflenecek magnezyum miktarını bilgisayar otomatik hesaplar. Üfleme start yapıldıktan sonra sırası ile enjeksiyon lansı sıvı maden banyosu üzerine kadar iner, azot ve mikronize kireç akışı başlar, lans maden içerisine girdikten sonra ise magnezyum akışı başlar ve enjekte edilen magnezyum miktarı set edilen değere ulaştığında işlem tamamlanır. Daha sonra sıvı maden üzerinde oluşan curuf çekilir. Kükürt'ü giderilmiş sıvı maden konvertere şarj edilir.



- **Bazik Oksijen Konvertörü**



- Kükürt giderme işleminden sonra potalar ile sıvı pik demir konvertere şarj edilir



• Bazık Oksijen Konvertörü

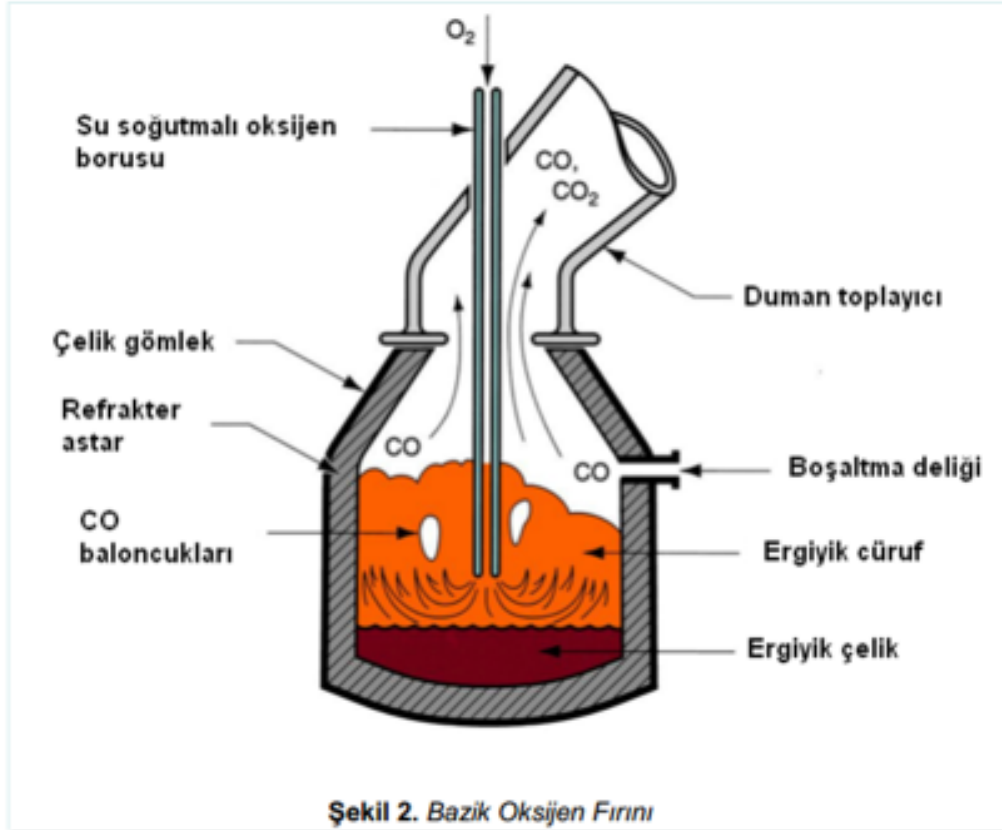
Konverter tabir edilen ocaklarda sıvı halindeki ham demirin üzerinde %99,5 - %99,8 saflıkta oksijen üfleme ile çelik üretilen metottur. Ham demir içindeki (C),(Si), (Mn) ve (P) ün oksitlenmesi ile oluşan ısı, çeliğin sıcaklığını yükseltir, oksijen üflenmesi anında yüksek sıcaklık oluşumunu önlemek için hurda gibi soğutucu özelliği olan malzeme ve/veya hurdaya ilave olarak kireçtaşı, demir cevheri gibi malzemeler sıcaklık kontrolü maksadıyla konvertere şarj edilir. Şarj malzemelerinde %30 oranına kadar hurda kullanılmasına imkân veren bu metot, özellikle yüksek oranda sıvı ham demir ile çalışılan yerlerde büyük önem kazanmıştır.

Bu prosesin dünya genelinde çok hızlı yayılmasında ki en önemli etkenlerden bazıları;

- Birim zamanda üretilen çelik miktarı diğer proseslerle mukayese edilemeyecek kadar yüksektir.
- Büyük tonajlarda tesisler kurulması mümkündür,
- Refrakter sarfiyatı daha düşüktür,
- Çelik üretim maliyeti diğer proseslerle mukayese edilemeyecek kadar düşüktür.
- Çalışan personel sayısı daha düşüktür veya kişi başına göre üretim miktarı oldukça fazladır.
- Üretilen çelik kalitesi daha yüksektir,
- Ancak tesis yatırım maliyetleri diğer proseslere oranla daha yüksektir.



• Bazik Oksijen Konvertörü



BOF konverterleri daha önceki dönemlerde alttan hava üflenerek çelik üretiminde kullanılan BESSEMER konverterlerine üstten saf oksijen üflenmesi sonucu geliştirilen bir metoddur. Bu metod ilk defa 1952-1953 yıllarında Avusturya'da bulunan Linz ve Donawitz işletmelerinde uygulanmıştır. Tabandan saf oksijen üflenmesine uygun kalitede refrakter bulunmaması bazı problemler yaşanmasına sebep olmuştur ve daha sonraki yıllarda üstten su soğutmalı lans ile yüksek hızda oksijen üflenerek bu proses geliştirilmiştir. Bu proses Avrupa'da LD proses ve Amerika'da ise bazik oksijen prosesi(BOP) olarak adlandırılmaktadır.



• Bazik Oksijen Konvertörü

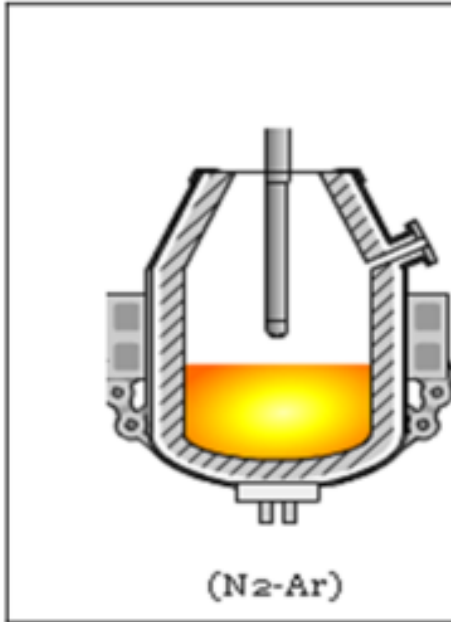
•BOF konverterleri ile çelik üretilmesi esnasında harici bir yakıt kullanılmamaktadır. Sıvı maden içerisinde bulunan karbon(C), silisyum(Si) ve mangan(Mn) gibi elementler oksijenle reaksiyona girerek çeliğin sıcaklığının yükselmesini sağlar. Sıvı madenin ve cürufun oksitlenmesi oldukça komplike bir prosestir ve bu işlemler konverter içerisinde bir çok kademededen oluşmaktadır.

Oksijen ilk olarak, daha fazla miktarda bulunduğu için, demir ile reaksiyona girer ve demir oksit FeO teşekkül eder. Demir oksit demir içerisinde çözünür ve demir refakat elementleri ile reaksiyona girer. Oksijen, demir oksitten demir refakat elementlerine geçer. Demir redüklenir, demir refakat elementleri oksitlenir. Şöyle ki:

- | | |
|--|----------------------|
| 1) $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow \text{Fe} + \text{SiO}_2$ | CÜRUF |
| 2) $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$ | CÜRUF |
| 3) $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$ | BACA GAZI |
| 4) $2\text{FeO} + \text{S} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{SO}_2$ | BACA GAZI, CÜRUF |
| 5) $5\text{FeO} + 2\text{P} \rightarrow 5\text{Fe} + \text{P}_2\text{O}_5$ | BANYO İÇİNDE ÇÖZÜNÜR |



• Bazik Oksijen Konvertörü

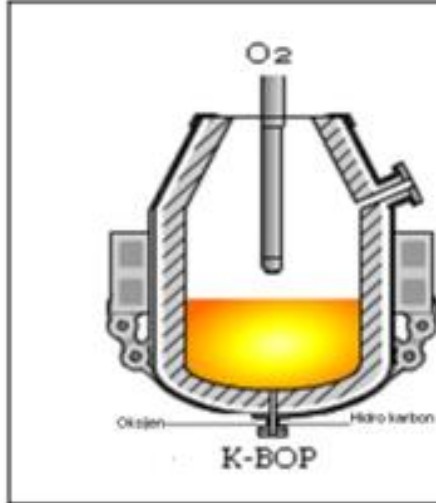


Azot ve Argon(N₂-Ar) ile alttan karıştırma prosesinin başlıca faydaları;

- Curuf içerisindeki FeO oranı düşer, metalik verim artar ve dolayısıyla konverter refrakter ömrü artar,
- Üfleme sonrasında çelik içerisinde oluşan çözünmüş oksijen oranı düşer
- Kükürt ve fosfor tasfiye oranı artar,
- Alttan karıştırma nedeniyle çelik banyosundaki karışım daha fazla olacaktır, dolayısıyla dekarbürüzyon hızı daha yüksektir ve oksijen üfleme süresi daha kısadır.



• Bazik Oksijen Konvertörü



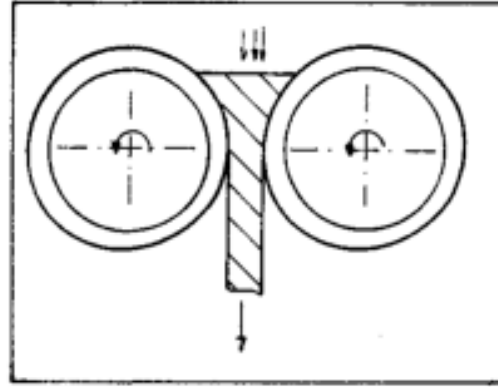
K-BOP

- Bu proses 1970'li yıllarda geliştirilmiştir,
- Konverter tabanından tüyerlerle hidro-karbon gazları (Doğal gaz veya propan) verilmek suretiyle refrakter iç yüzeyinde soğuma sağlayarak tabandan oksijen enjeksiyonu yapılmaktadır.
- Bu proses ile alttan oksijen enjekte edilerek hem çelik banyosunda ve hem de curuf-metal ara yüzeyinde güçlü karışım oluşturularak daha verimli bir üretim amaçlanılmıştır.



- **Sürekli Döküm Tesisi**

Sürekli döküm, bir potada bulunan ergimiş çeliği kalıp değiştirmeden sürekli olarak aynı kesitte, fakat gerektiğinde değişik boylarda katılaştırabilme arzusundan doğmuştur. Fikir olarak, ham demirden çeliği elde etmeyi başaran Henry Bessemer'in 1857 yılında patentini aldığı bu buluş Şekil.1'deki makina tasarımı ile ortaya çıkmıştır.



Şekil.1. 1857 yılında Henry Bessemer'in patentini aldığı sürekli döküm makinesi tasarımı.

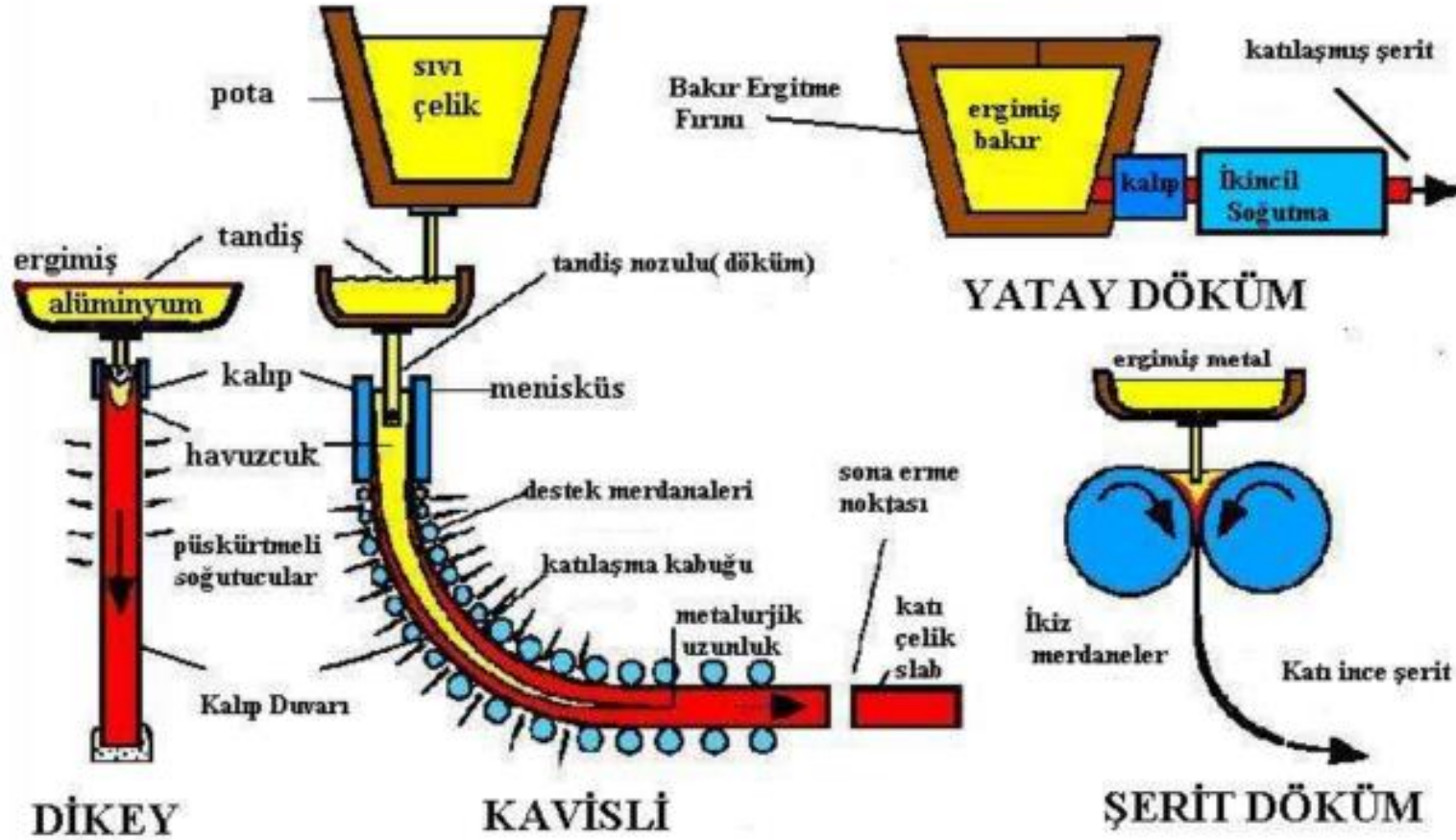


- **Sürekli Döküm Tesisi**

Klasik döküm yönteminde kalıplara dökülen ergimiş çelik tamamen katılaştıktan sonra kalıplardan alınır iken, sürekli döküm yönteminde çeliğin tamamen katılaşması beklenmez. Klasik döküm yönteminde katılaşmış malzeme aynı ağızdan alındığı halde, sürekli döküm yönteminde ergimiş çelik kokilin üst ağzından kalıba dökülür ve eşzamanlı olarak aynı miktar kalıbın altından çekilir. Kokilden dışarı çıkan malzeme (ingot) ince bir kabukla çevrilidir, iç bölge ergime sıcaklığının biraz üzerinde sıvı çelikle doludur.

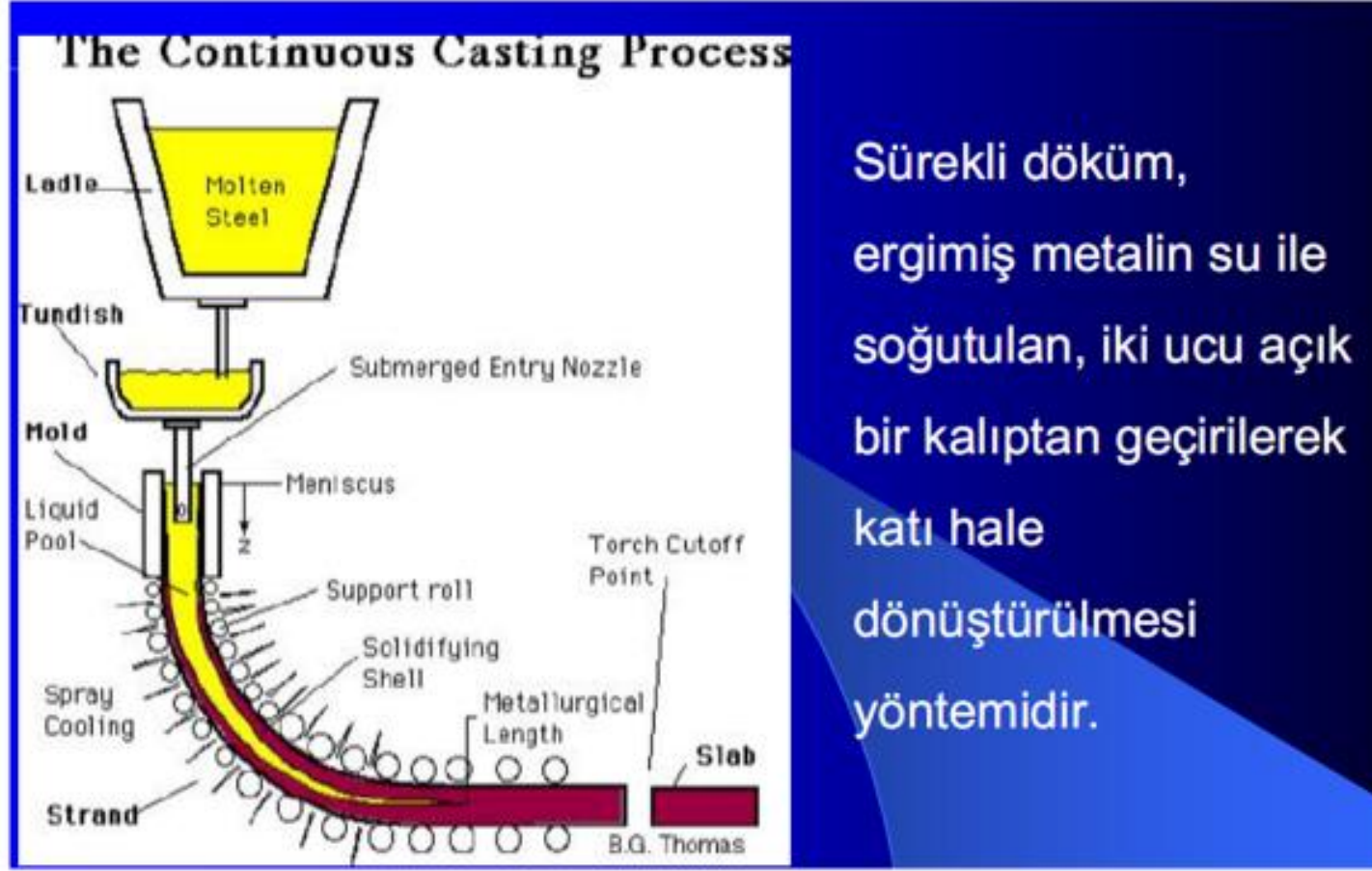


• Sürekli Döküm Tesisi





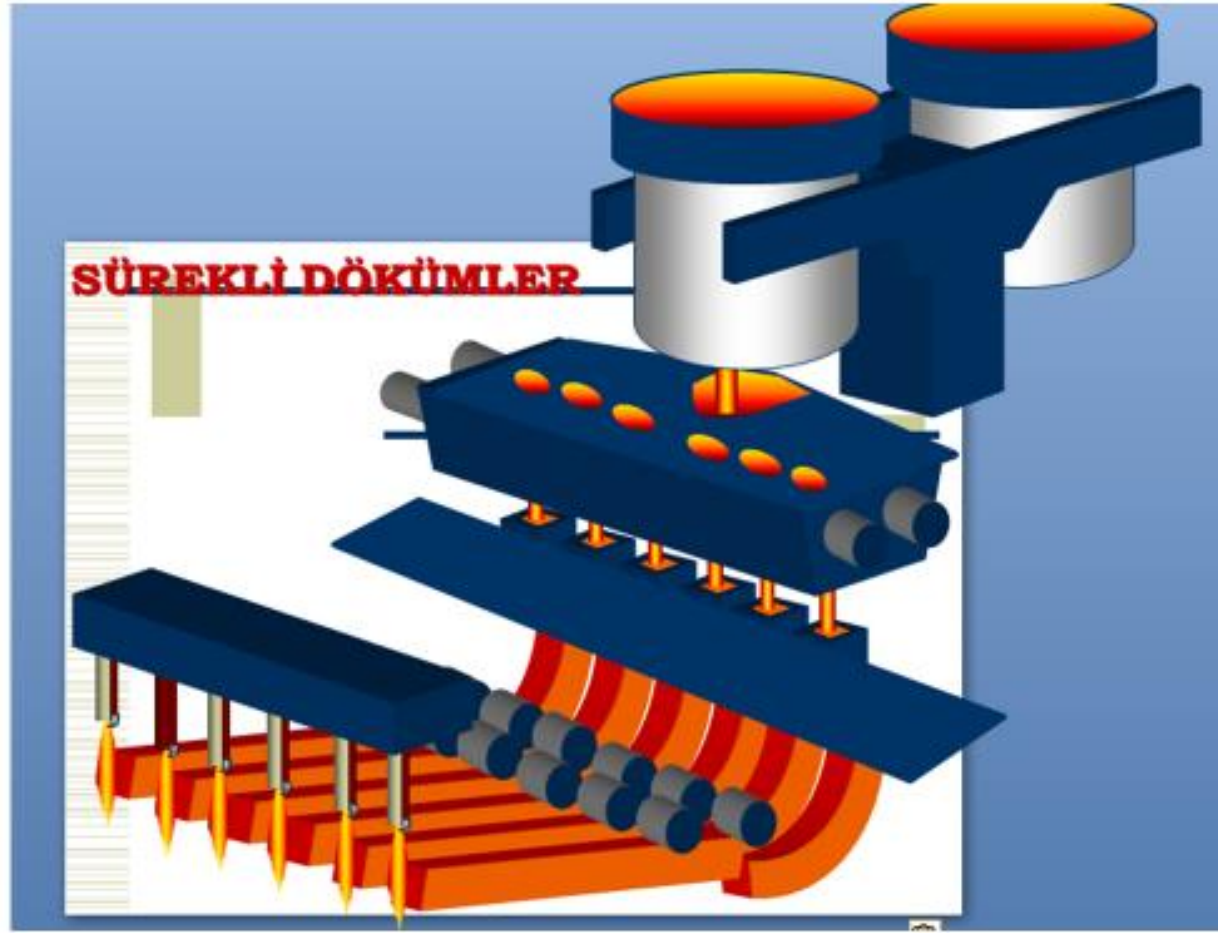
• Sürekli Döküm Tesisi



Sürekli döküm,
ergimiş metalin su ile
soğutulan, iki ucu açık
bir kalıptan geçirilerek
katı hale
dönüştürülmesi
yöntemidir.

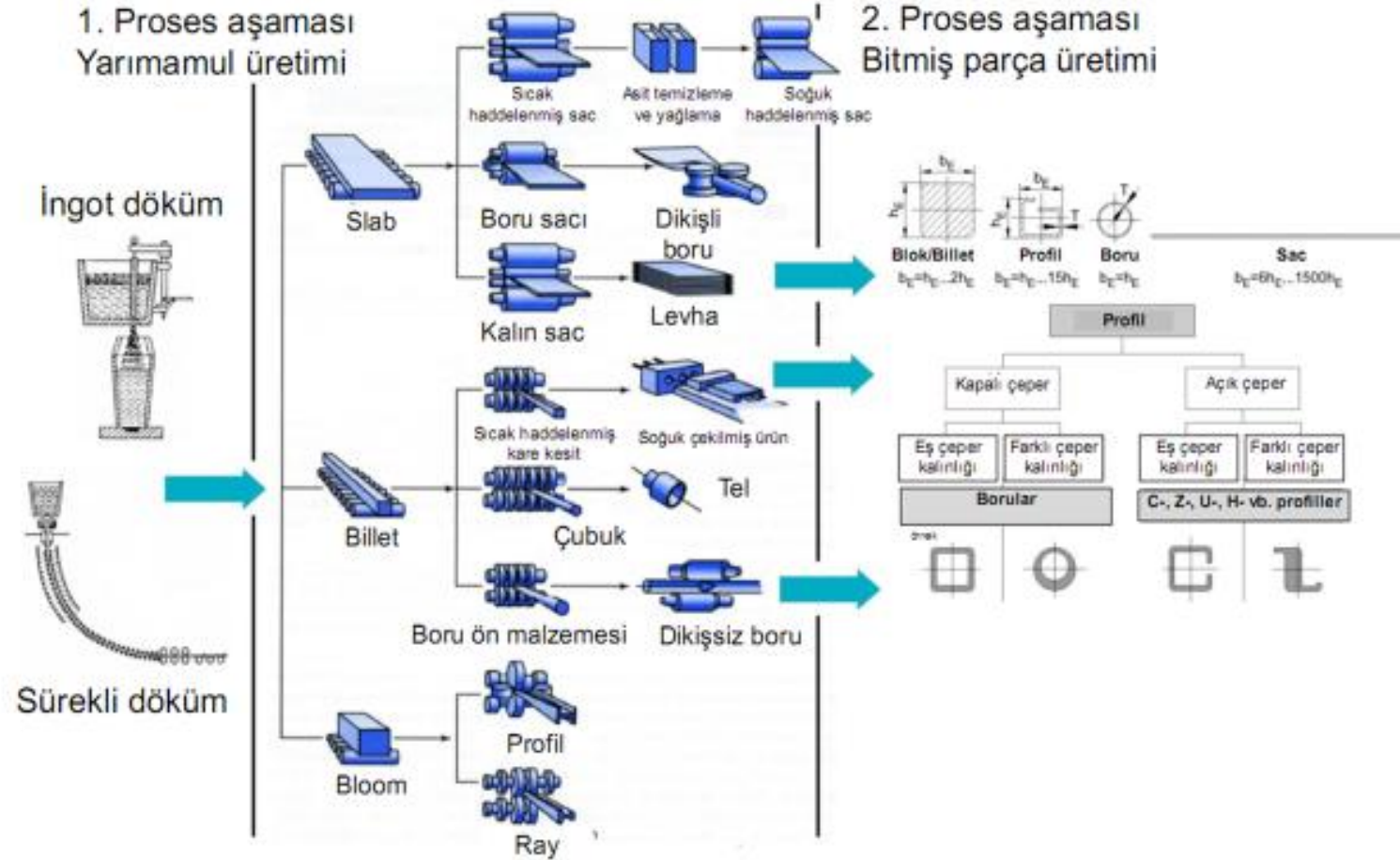


- Sürekli Döküm Tesisi





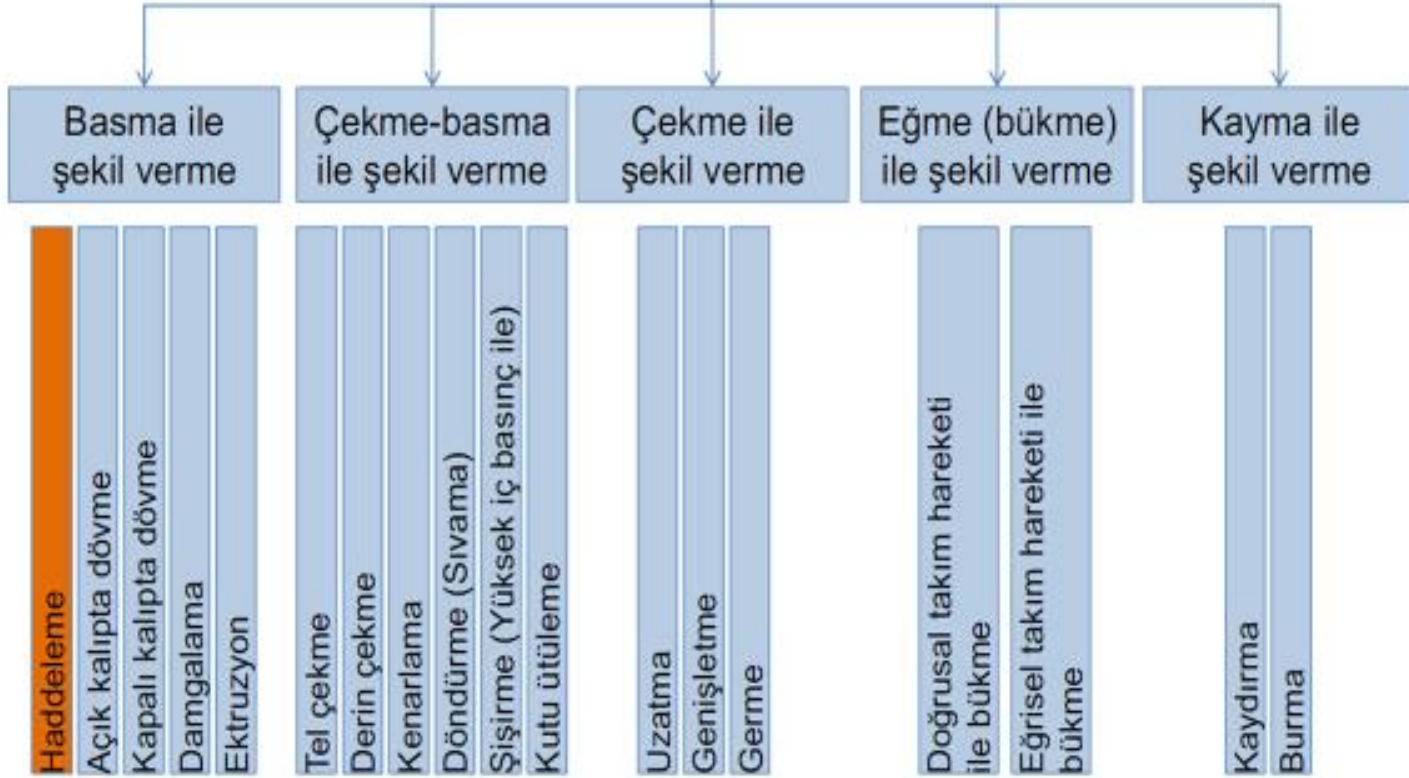
• Sürekli Döküm Tesisi





• Haddeme Tesisi

Plastik Şekillendirme Yöntemleri





• Haddeleme Tesisi

İki tane döner merdanenin basma kuvvetinin etkisiyle araya giren malzemeye soğuk yada sıcak olarak plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme yoluyla; kare, yuvarlak, yassı, çokgen, kesit, köşebent, T demiri, I demiri, U demiri, ray gibi mamuller üretilir.



SLAB

(Dikdörtgen) 150*60 cm



BLOOM

Kare-30*30 cm



KÜTÜK

Kare -15*15 cm

Not: Tüm ölçüler değişebilir.



- **Haddeleme Tesisi**

Kardemir entegre demir çelik tesislerinin son ünitesini teşkil eden haddehaneler, çelikhane sürekli döküm tesislerinde üretilen blum, profil taslağı (Beam Blank) ve kütüklerin hadde tezgâhlarından geçirilerek istenilen kesitte ve boyutta yarı mamul ve mamul ürünlerin elde edildiğı tesislerdir. Kardemir’de bu amaç için kurulmuş olan Ray ve Profil Haddehanesi ile Kontinü Haddehane olmak üzere iki büyük haddehane bulunmaktadır.



• Haddeleme Tesisi Ray ve Profil Haddehanesi

- 100 ton/saat kapasiteli yürüyen kirişli fırın, 22,3 m uzunlukta ve 8,8 m genişlikte olup ürün çeşidine göre çift sıra ve tek sıra şarj imkanı sağlamaktadır.
- Ürün çeşitlerine göre
260x360 mm,
280x360x90 mm,
150x150 mm,
2,7 - 8 m arasında uzunluktaki yarı mamul kullanılmaktadır.
- Tavlama çelik cinsine göre, fırın içi sıcaklık kontrolü ve tavlama süresi vb. kontroller bilgisayar kontrolü ile tam otomasyonlu yapılmaktadır. 1250 C de blumlar 1.kaba haddeye verilmektedir





• Haddeme Tesisi Tufal Temizleme

Blum üzerinde oluşan tufal tabakasını temizlemek ve ürün yüzey kalitesinde kaliteyi yakalamak amaçlı 2 adet tufal temizleme ünitesi mevcuttur.

Fırın çıkışında bulunan ve 250 bar çalışma basıncı ile blum'a 4 yüzeyden de basınç uygulayarak tufal kaldıran sistem mevcuttur.

Tandem hadde girişinde de 250 bar çalışma basıncı ile çalışan sistem, kaba haddelemeden gelen tufalleri hassas haddeleme öncesi temizlemekte kullanılmaktadır.





- **Haddeleme Tesisi**
1.Kaba Hadde

Haddeleme işleminin başlangıcı olan kaba hadde, üretim çeşidine göre fırından deşarj yapılan yarı mamullerde komple otomasyon sistemi ile kontrol edilmek suretiyle ön ezme verilerek 2. kaba haddeye hazırlama blumunu haddelemektedir.





- **Haddeleme Tesisi**
2. Kaba Hadde

2. Kaba hadde tezgahında kalibre dizaynına göre hassas haddeleme için gerekli olan mamul ezmeleri yapılarak tandem grubuna gönderilir. Hadde kontrol sistemleri tam otomasyondur.





• Haddeme Tesisi Tandem

Üniversal haddeme ile 3 tezgahta 4 yönden haddeme yapılarak en üst düzeyde hassasiyet sağlanmaktadır. Tandem Grubu kompakt sistem prensibine göre dizayn edilmiş olup, önemli avantajı çok sıkı toleranslar arasında çalışmasıdır.





• Haddeme Tesisi Merdane /Ebat Değişimi

Tandem grubunda çalışan Üniuersal Kaba (UR), Orta Hadde (Edger) ve Üniuersal Finish (UF) tezgah merdane değişimleri, çabuk merdane değiştirme (Quick Change) sistemi ile yapılmaktadır.

Bu özellik sayesinde ebat değişimi 20 dakika gibi kısa bir sürede tamamlanarak hadde tekrar üretime başlamaktadır. Bu sayede merdane tonajına bağlı olan üretim aksaması minimum seviyelere indirilmiştir.





• Elektrik Ark Ocakları

Elektrik enerjisinden faydalanılarak ilk defa 20.yüzyılın başlarında Fransa'da Heroult tarafından elektrik ark fırını ile çelik üretilmiştir.

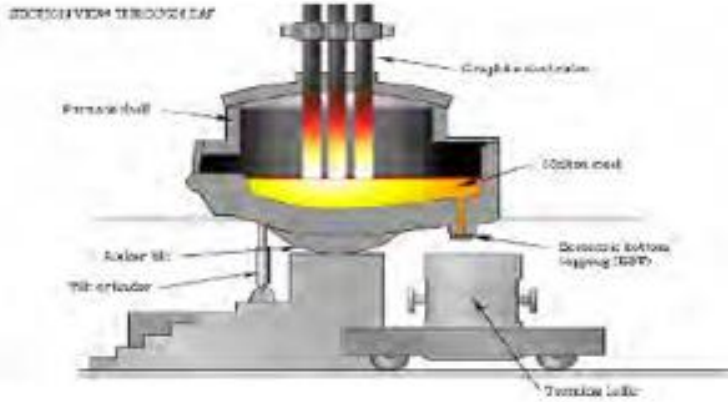
Ark ocaklarında elektrik enerjisi ark oluşumu ile ısıya çevrilmekte curufa, çelik banyosuna ve şarj malzemelerine direkt veya konveksiyon ile nakledilmektedir. Ocaklar genellikle bazik astar ile çalışmaktadırlar. Genelde ark ocakları hurda dönüşümünün fazla olduğu, ancak demir cevheri ve koklaşabilir kömür rezervlerinin düşük olduğu bölgelere kurulması için geliştirilmiştir. Bugün ise ark ocaklarında da çok büyük teknolojik ilerlemeler kat edilerek her türlü çeliğin üretilmesinin sağlanmasının yanında oksijen enjeksiyonu, kömür enjeksiyonu ve doğalgaz enjeksiyon proseslerinin geliştirilmesi neticesinde hem EAF'lerin döküm süreleri 45 dk. altına düşürülmüş hem de üretim maliyetleri azaltılmıştır. 100% hurda şarjı ile çalışıldığı için çelikte olması istenmeyen bazı empurite oranları LD-konverterli proseslere göre daha yüksektir. Ancak hem empurite oranlarını düşürmek ve hem de üretim maliyetlerini aşağıya çekmek için EAF'lere 10–40% oranlarında sıvı maden şarjı ile ilgili tesislerde kullanılmaya başlanılmıştır. Yatırım maliyeti entegre demir çelik tesislerine göre oldukça düşüktür.



• Elektrik Ark Ocakları

Elektrik ark fırınlarında (EAF) hurda çelik ergitilir ve yeniden yüksek kaliteli çeliğe dönüştürülür.

Modern elektrik ark fırınlarının pek çoğunun temel görevi katı hammaddeyi olabildiğince kısa sürede sıvı ham demire dönüştürmektir. Dünya çelik üretiminin üçte biri EAF'larında gerçekleşmektedir. Hurda çelik tüketerek EAF'larında geniş bir aralıkta düşük ve yüksek alaşımli çelik üretilmektedir (özellikle paslanmaz çelikler). Normal olarak EAF'nın kapasiteleri 50-150 ton arasında değişmektedir. Üretim süresi ise 45 dakika ile 2 saat arasında değişebilir. Fırındaki hurda tamamen ergidiğinde fırın sıcaklığı 1650°C üzerine çıkar.





• Elektrik Ark Ocakları

Hurda malzemeler;

- 1-Kimyasal kompozisyonlarına göre (düşük alaşımlı, Paslanmaz çelik gibi)
- 2-Atık element miktarına göre (S, P ve Cu gibi)
- 3-Fiziksel boyut ve şekline göre gruplandırılır.

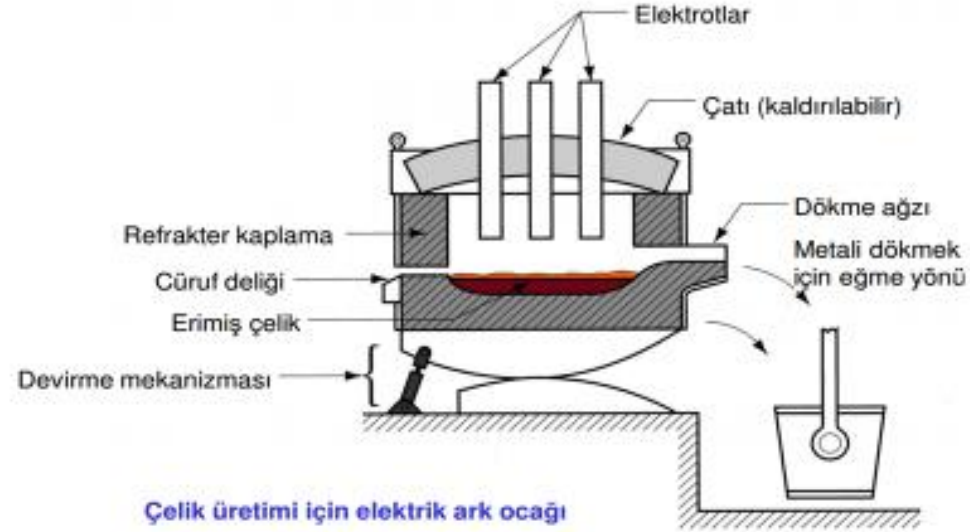
Yüksek kalite hurda demek, her yönüyle (fiziksel ve kimyasal içerik olarak) çok iyi tanımlanmış, düşük atık içeren hurda demektir. Bu tip hurdalar çok pahalıdır ve çelik üretiminde son aşamada tüketilir.





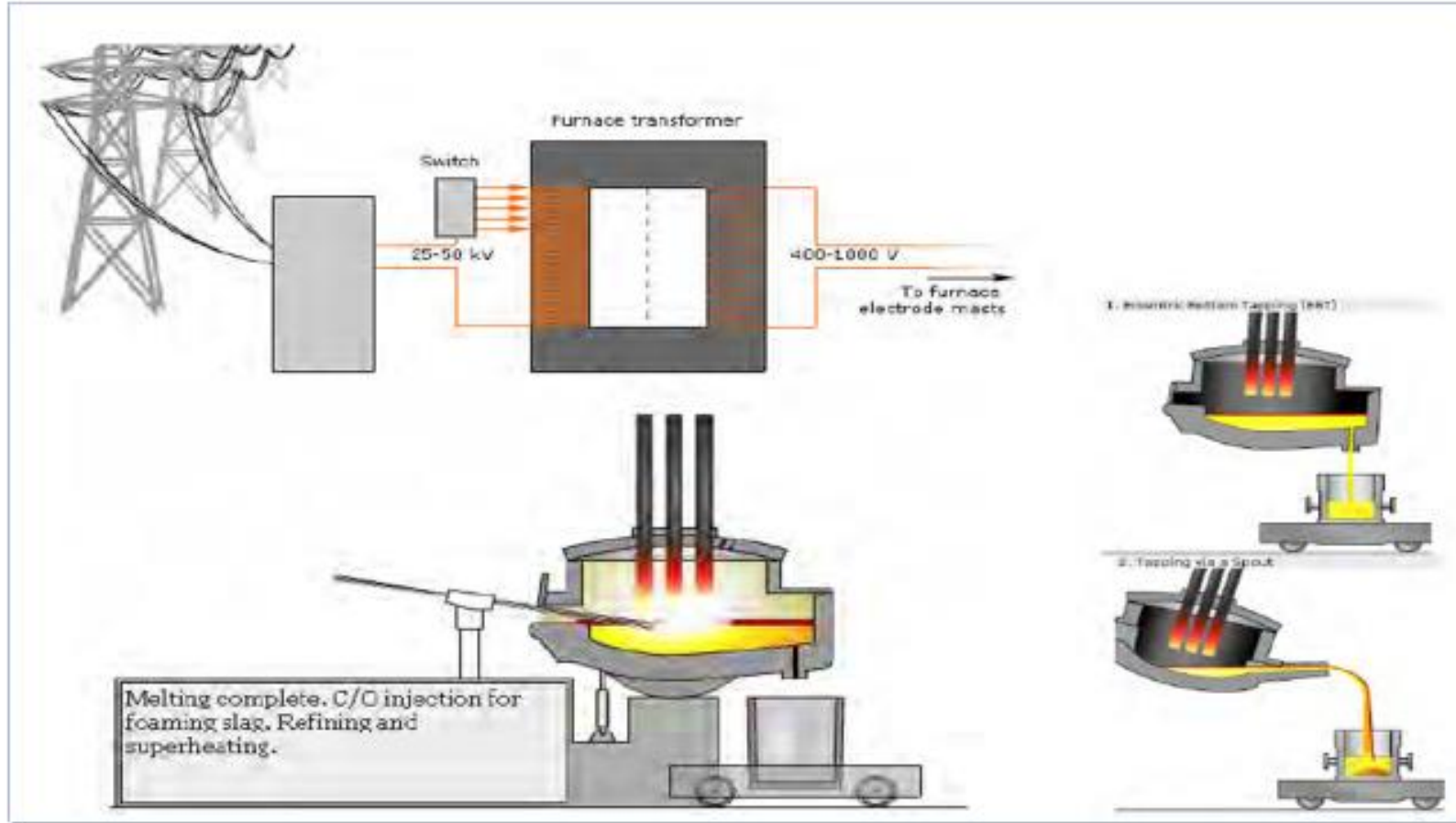
• Elektrik Ark Ocakları

Çelik hurdası veya diğer demir içeren malzemeler ilk olarak EAF'da yüklenir. Daha sonra fırının kapağı kapatılır. Bu kapak üzerinde fırın içerisine inip kalkabilen grafit elektrotlar bulunmaktadır. Elektrotlara verilen akım ile elektrotlardan fırın içerisindeki malzemeye geçerken ara yerde şiddetli ark oluşmaktadır. Bu ark ile açığa çıkan ısı ise fırın içerisindeki hurda malzemeyi eritmektedir.





• Elektrik Ark Ocakları





- **Elektrik Ark Ocakları**

Ergitme işlemi esnasında elde edilecek çelikte gerekli kimyasal kompozisyonu sağlayacak şekilde diğer demir esaslı metaller ilave edilir. Bazı oksijen fırınlarında olduğu gibi çeliği saflaştırmak için fırın içerisine oksijen üflenir. Ayrıca yapıdaki demir dışı atıkları bağlayarak cüruf oluşturacak katkı maddeleri ilave edilir. Kimyasal kompozisyonu kontrol etmek üzere numune alımından sonra sıvı ergiyik üzerinde bulunan önce cüruf alınır. Daha sonra fırından çelik alınarak ya ikinci bir arıtma işlemine ya da sürekli döküm ünitesine gönderilir.

Bu gün modern elektrik ark ocaklarında her ergitmede 150 ton çelik üretilirken bu işlem için gerekli süre yaklaşık 90 dakika kadardır. Bu fırının tek avantajı içeri katkı maddesi vermeden temiz bir ısıtma sağlamasıdır. Bu metot elektriğin ucuz ve bol olduğu ülkelerde daha fazla tercih edilen bir metottür.

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER