

Demir Cevherinin Metalürjisinin Doğuşu ve Tekamülü

Hazırlayan: Kutlay ORAL (*)

Demir cevheri metalürjisinin doğuşu ve tekamülü :

Ham demir ve çelik imalatı bugünkü şekline gelinceye kadar çeşitli tekamül safhalarından geçmiştir.

Demirin ilk defa ne zaman ve nerede elde edildiği kat'î olarak bilinmemekle beraber bugünkü bilgimiz ilk defa Küçükasya'da elde edildiğidir. Tesadüfler, tecrübe ve araştırmalar vasıtasıyla zengin ve kolay indirgen demir cevherlerinin ve kâfi miktarda odunun mevcut olduğu yerlerde odun kömürü vasıtasıyla demirin metalürjisinin tekâmül ettiği aydınlanmıştır.

Önceleri balçık, mıcır taşı ve kompakt taşlardan yapılmış çukur ve derin olmayan kuyu şeklindeki fırınlarda demir cevheri ekseriye yıkandıktan ve kavruktan sonra odun kömürü ile izabe ediliyordu. Bu tip fırınlara Renn fırını (Rennofen) ve Rennateşi (Rennfeuer) adı veriliyordu.

Daha sonra su kuvveti ile çalışan körükler yardımı ile Renn fırınlarının duvarları yükseltılarak münferit fırınlar (Stückofen), meydana getirildi. Bu fırınlar aynen Renn fırınlarının sisteminde çalışmakta idiler.

Eskî îzabecilere göre bu son usûl bîr temizleme îdî. Bu fırınlarda Kömür, Mangan, Silisyum v.s. gibî ham demire refakat eden yabancı maddeler kuvvetli bîr rüzgarın meydana getirdiği odun kömürü alevinde yani oksijen îhtiva eden bir atmosferde yakılırdı. Bu öyle olurdu ki ham demir odun kömürü ile birlikte tekrar erimeye başlar ve

(*) Maden Y. Mühendisi, M.T.A. Enstitüsü.

damla damla akarken bu damlalar okside olurlardı. Bu usûl Puddel usulü ile değiştirildi. Bu yassı bir ocaktan ibaret olup için-> de ham demir bir kömür veya gaz ateşi ile erimekte ve bir gelberi ile karıştırılarak demirin oksidasyon alevi çıkarmasına mani olunuyordu. Böylece bilhassa C, Mn, Si, P okide oluyorlardı. Bu karbonun azaltılması muamelesi vasıtasıyla erime noktası yükseliyor ve mahsûl muamelenin sona ermesi ile hamur halinde elde ediliyordu. Bu iki usule Kaynak çeliği usulü (Schweisstahl verfahren) denilmekte ve 19. uncu yüzyıl ortalarına kadar ham demirden çelik yapmanın yegahe pratik imkânı îdi.

Yüksek Fırın :

13ncü yüzyıl sonlarında veya 14ncü yüzyıl başlarında harrt demir içindeki yabancı maddelerin bîr kısmının veya tamamen kömür ile uzaklaştırılması öğrenildi ve daha sonra Almanya'da Batı ormanlarının odunca zengin kısımlarında 14 ncü yüzyıl sonlarına doğru döküm demiri yapılması ortaya çıktı. Filhakika her yerde yeni Orman içi demir ciliği ve yüksek fırınlar yayılmıştı. Daha sonra uzun bir devreyi kapsayan bir durgunluk devresi başladı ve bu devre 1735 de demirin kömür veya kok ile izabesine kadar devam etti. Almanya'da ilk yüksek fırın 1796 yılında Gleiwitz (Obserschleisen) de tamamlanmıştır.

Yüksek fırınlar geçirdikleri tekâmül neticesinde bugünkü şeklini almıştır. Boyları çerçeve tabanından ağız sahanlığına kadar 15-30 m yi bulmakta ve hacimleri 450-1000 m* ara-

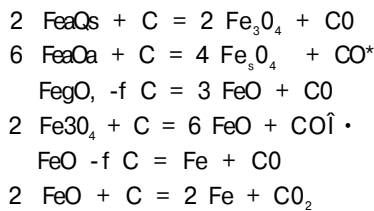
sindadır. Yüksek fırının iç duvarları refrakter tuğlalarla örülmüş olup bu iş için şamot tuğlaları kullanılmaktadır. Taban kısmı için ise çatlamaları önlemek için asit (silikat) tuğlalar kullanılmaktadır.

Karabük demir ve çelik fabrikalarında senelik kapasiteleri 150 000 ton olan iki tane ve 300 000 olan bir tane yüksek fırın vardır. Ereğli fabrikalarında halen faal haldeki yüksek fırının kapasitesi günde 1 500 ton ve yüksek basınç altında işletilirse bu kapasite 2 250 ton ham demirdir.

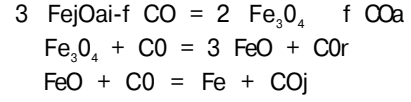
Yüksek fırına demir cevheri, kok ve kalker üstten ve çift kapaklı bir kısımdan şarj edilmektedir. Cevher, Kalker ve kokun karışım oranı şöyledir: 100 ton cevhere 50 ton kok ve 25 ton kireç taşı gerekmektedir. Yüksek fırını alttan çevreleyen bir hava borusu vasıtasıyla ısıtılmış hava verilmektedir. Beher ton cevher için hava ihtiyacı 4,5 ton kadardır. Havanın ısıtılması işi yüksek fırından demirin izabesi esnasında çıkan yüksek fırın gazları vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu gazlar önce temizlenmekte ve sonra hava ısıtıcılarında yakılarak havanın ısınmasını temin etmektedir. Burada hava 650°Cye kadar ısınmakta ve yüksek fırına bu sıcaklıkla girmektedir.

Yüksek fırında meydana gelen redüksiyon olayı redüktör olarak kullanılan kok yardımı ile olmaktadır. Eritici olarak da kalker ve duruma göre silis, Flürit veya adi tuz ve hatta vasattaki demir oksit erimeyi kolaylaştırır.

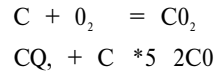
Redüktör olarak kullanılan kok ya doğrudan doğruya veya fırın içinde husule getirdiği karbon monoksit vasıtasıyla demir cevherine tesir ederek redüksiyonu yapmaktadır. Kok'un doğrudan doğruya cevhere tesir ederek yaptığı redüksiyona direkt redüksiyon denilmekte ve şu şekilde olmaktadır.



Direkt redüksiyon esnasında teşekkül eden karbon monoksidin demir cevherine tesiri ile meydana gelen redüksiyon olayı ise şu şekilde cereyan etmektedir.



Karbon monoksidin teşekkülü ise üstten şarj edilen kok ile alttan gelen havanın oksijeni ile yanması neticesinde aşağıdaki gibi olmaktadır.



Yüksek fırın içindeki sıcaklık alt kısımlarda 1700-1800°C olup direkt redüksiyon kısmında bu sıcaklık yukarıya doğru 1000°Ca kadar düşmektedir. Buradan itibaren karbonlaşma zonu başlamakta ve bu zonun üst kısmında sıcaklık 900-950°Ca düşmektedir, indirekt redüksiyon ise karbonlaşma zonu ile ilk ısınma zonu arasındaki kısımda vukubulmakta ve sıcaklık alt kısımlarda 900-950°C ve üst kısımlarda 400-600°Cdir. Daha üstlerde sıcaklık 150°Ca kadar düşmektedir.

Redüksiyon esnasında teşekkül eden cüruf 120-150 cm kılınlığında bir tabaka halinde sıvı haldeki ham demir üzerinde yüzmekte ve cüruf deliğinden akıtılarak boşaltılmaktadır. Alt kısımdaki sıvı ham demir (font) yine altta bulunan bir delik vasıtasıyla karıştırıcılara boşaltılmaktadır.

Elektrik usulleri ile font istihsalı : Elektrik enerjisinin bilhassa çok ucuz olduğu kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da font istihsalı elektrikli yüksek fırınlarda yapılmaktadır. Bu iş için kullanılan yüksek fırınlar 3 fazlı akımla işlemektedir. Mevcut üç elektrot ile fırın zeminindeki metal arasında meydana gelen ark bu mntıkayı ısıtır ve üst kısımdan sarf edilen cevher ile odun kömürü arasında diğer fırınlardaki malum reaksiyonlar cereyan ederler. Elektrik usulleri ile font istihsalinde elektrik enerjisi ihtiyacı 2100-2500 KW saat/ton ham demir ve elektrot ihtiyacı 5-9 kg/ton ham demirdir.

Sünger - Demir ameliyesi: (Wiberg-So-detors)

Muhtemelen ticari sahada da gelişmiş olan en tesirli düşük temparatür metodu iş-veç'in Sünger-Demir ameliyesidir. Bu ameliyede cevher veya konsantre yüksek fırındaki ameliye'ye benzer şekilde kuyu tipindeki bir tesisin içinden yer çekimi vasıtasıyla aşağıya doğru inerken başka bir tesiste elde edilen karbon monoksit gazı yukarıya doğru yükselir ve redüksiyon vazifesini yapar. Kuyunun tabanından alınan imalat metalik fakat erimemiş haldedir. Bundan başka metalik kısımda cevherde mevcut bütün tali karışık maddeler (kükürt hariç) mevcuttur. Buna mukabil, redüklenmiş metalin karbon miktarı düşük kalır. Çünkü Sünger-demir, yüksek fırın ameliyesinde olduğu gibi, koktan kükürt ve karbonu emmek fırsatını bulamaz. Bu usulde fırına kok ve cüruf hasil edici maddeler sokulmaz.

•OUHD - Renn Usulü : Direkt redüksiyon usullerinden olan Krupp-Renn usulünde ince taneli cevher kömür veya kok ve eritici maddelerle karıştırılarak bir döner fırına şarj edilir. Döner fırın üç zondan ibarettir. İlk zon ısıtma işini görür ikinci zonda redüksiyon olayı cereyan eder. Redüksiyona uğramış cevher demir kürecikleri hasil ederler ve cüruflla örtülürler. Bu örtü sayesinde tekrar okside olmaktan kurtulurlar. Üçüncü zon nodülleşme zonedir. Fırın masulünde % 0.7-0.9 karbon % 95 Fe mevcut oluo nodüllerin büyüklükleri 1 - 8 mm arasında'dır. Normal sıcaklığa kadar solutulan fırın deşarjı demiri cüruftan ayırmak için kırılır ve manyetik seperatörlerle demir cüruftan ayrılır.

HSçinanSs Usulü: 1911 den beri Höganös'te (İsveç) ve Riverton, N. J de kullanılmakta olan bu usulde yüksek dereceli manyetik konsantresi kurutulur ve kok tozu veya kömür kırıntıları ile kireç taşı karışımı münavebe ile seramik Saqerlere (Özel bir maden kabı) doldurulur. Bu sagerler 600 feet (182. 88 m) uzunluğundaki tünel ocaklara yerleştirilir. Bu ocakta saçerlerden çıkan karbon monoksit yanarak ısıtma işini görür. Karbon monoksit demir oksidin redüksiyonu esnasında hasil olmaktadır. Bun-

dan başka bir miktar karbon monoksit gazı (Pioducer) ilâve edilir. Sagerler 1200°C sıcaklıkta tutulur ve 30 50 saat kadar durması gereken bir devrede soğutulur. Soğutmadan sonra sünger-demir mahsulünden kok ve kireçtaşı ayrılır. 1 ton sünger-denj için 1200-1300 pound (450-500 kg) ki kullanılmaktadır. Bir devreden çıkan kok % 30 kadarı ikinci bir devreye sokulab mektedir.Mahsul % 96 demir ihtiva eder hiç kükürt yoktur.

R-N Usulü : Bu usul Ala,Birmîngham'da^ki bir pilot fabrikada uygunlanmış ve 1954-1960 yılları arasında 160.000 tondan fazla cevher işlenmiştir. Fırın 150 feet (45. 72 m) uzunluğunda ve 19 feet (2. 74 m) çapındadır. Japonya'da 1.200.000 ton kapasiteli ticari büyüklükte bir fabrika Yawata çelik şirketi tarafından yapılmaktadır.

R-N usulünde genellikle 1 inçten küçük taneli cevher, kalker veya dolomit ve kok tozu, antrasit tanesi veya kömür gibi katı karbon redükten fazlaları döner bir fırın içinde muamele edilir. Bu yakıtlar redükleme gazlarından bir çoğunu temin ederler. Yakıt fazlası redüklenmiş malzemeyi korur ve cürufflanma temayülünü azaltır. Dakikada 0,25 devir yapsn fırın tabîî gaz, petrol veya kömür tozu ile ateşlenir. Yakıt fırının tamamı boyunca sayısız hava jetlerinde yanar ve fırında ısı kontrolünü garantiler. R-N fırını, içindkilerin erime noktaları altında bir ısıyla da işletilebilir. Bu şekilde metal halindeki ürün yakıttan kükürt toplamaz. Fırın mahsulü eleme, manyetik ayırma, tablalarda ayırma işlemine tabî tutulur ve tekrar devredilen karbon fazlası elde edilir. Redüklenmiş demir muhtevalı manyetik kısımdan kademeli taneleme, manyetik ve ağırlıkla ayırma yollarından faydalanılır ve bir filtre kalıbı elde edilir. Bu kalıp (% 90 veya daha fazla demir, % 3 den az silis muhtevalı) kısmen kurutulur ve her biri 5-7 pound (2, 27-3, 18 kg) ağırlığında kalıplanır. Şayet düşük dereceli cevher kullanılırsa bîri % 90 Fe den fazla diğeri % 80-85 Fe muhtevalı iki cins mahsul elde edilir. Bu usulü daha da geliştirmek için çalışmalar yapılmaktadır.

S - L Usulu : Bu usui Labrodor'dan gelen yüksek dereceli cevher konsontrelerini işleme, münavebe ile kullanılmak üzere Kanada çelik şirketi tarafından geliştirilmiştir. J. G. Siliakin'in tarifine göre dakikada 0.25 - 0.4 devir yapan bir döner fırın ve döner soğutucudan ibaret olan tesiste fırın ve soğutucu yatayla 2° lik bir meyil yaparlar. Pilot fabrikadaki fırın Lurgi tipindedir ve yakıcılar fırın yapısının üzerindedir. Bu yakıcılar her dirsekten 72° meyilli ve eşit uzaklıktadır. Bir mihverli yakıcı fırının sonuna yerleştirilmiştir. Fırın 115 feet (35,05 m) uzunlukta ve iç çapı 7,5 feet (2,28 m) dir. Fırının altına bindirilen rotarî soğutucu 65,5 feet (19,96 m) uzunlukta ve dış çapı 5 feet (1.52 m) dir. Kuvvetli iki halka fırını üçe böler. Fırın yakıcıları, ocak yapısına da ısı temin edebilmek için ocak gazları akımına ters yönde yanacak şekilde plânlanmıştır.

Kullanılan ham madde saçma gibi (% 66.7 Fe) muhtevalı konsantre, dolomit, kömür veya antrasittir. Redüksiyon ve ısı hasil etmek için lüzumlu karbon fazlası da doldurulur. İsaçma büyüklüğü en iyisi olmamakla beraber 5/8 inç ile 1/4 inç arasındadır. Fırında, ısı kontrolü ile birlikte tanelerin yok edilmesi, duvara yapışmaları ve şarjın toplanmasına mani olur. İşletme ısı 1090°C civarındadır. Bu ısıda bırakılan malzeme daha serin fırınlarda 65°C a kadar soğutulur.

% 93 Fe havi sünger demirin kükürdü düşüktür. Sünger demirin elektrik fırınlarında, Linz Donawitz konvertörlerinde tasfiyesi mümkün olmakla beraber açık ocaklı fırınlarda briket olarak kullanılması faydalı ve esas olarak düşünülmektedir.

Kalling - Domrarvet Usulü: Bu usulde Sünger demir üretimi döner fırınlarda yapılmaktadır. Yakıt ve redükleme vazifesini kok yapmaktadır. Kok ve redüksiyon için lüzumlu karbon monoksidi tutuşturmak için, hava merkezi bir boru sistemi ile fırına sokulur. Bunun sebebi aynı derecede bir ısı temin etmek ve fırın içinde topaklanmayı önlemektir. Kok tüketimi 1 ton demir için 500 gr dir. Bu usul İsveç'te Domrarvet'deki pilot fabrikada geliştirilmiştir.

Strategie Udy Usulu : Bu usulu geliştirmek için Kanada'da Niyagara Şelalelerindeki bir pilot fabrikada 1956 dan beri çalışılmaktadır. Bu usulün faydaları hakkında ileri sürülen iddialara göre; usul başka şekle dönebilmekte ve her türlü cevher kullanılabilir. Taneli cevher mahzurlu olmayıp istihsal olunan ham demir sıcak metalden ibarettir.

Usulün esası; karbonlu redükleyici ile karışmış demir cevheri ve kireç taşının bir döner fırında ön redüklemeye tabi tutulması ve redüklenmiş sıcak cevheri bir elektrik fırınına doldurmaktan ibarettir. Redükleyici olarak her hangi bir katı yakıt kullanılabilir.

Elektrik fırınlarında elektrodlar en fazla 3 inç kadar fırın banyosuna girmiş vaziyettedir. Fırında, kullanılan elektrik enerjisi cevher kalitesine, fırın malzemesinin ısı derecesine ve ön redüksiyon derecesine bağlı olarak değişir 1 ton için 1000-1300 KW/saaf olan elektrik enerjisine mukabil kömür tüketimi 425 kg civarındadır.

Bu usul ile ticarî mahiyette ilk çelik üretimi 1963 Temmuzunda Corporacion Venezolana ve Guayna'nın Orinoca çelik işletmesinde yapıldığı bildirilmektedir. Burada yılda 750 000 ton çelik üretimi yapmak üzere 9 adet Elkem (20 000 KW) fırını kurulmuştur. Bunlardan bir tanesi değiştirilmiş ve 351 feet (106.98 m) döner fırında ön redükleme yapılmış cevher kullanılacak şekle getirilmiştir. Strategic Udy usulu kullanmayan diğer fırınların günlük üretimi 250 ton olduğu halde bu fırının kî 400 ton/gün kapasiteli olması beklenmektedir.

Tam geliştirilmemiş diğer usuller :

Dwight - Lloy - Mc Nane (DLM) usulu : Bu usulde esas ön redüksiyon ve elektrik fırınlarında müteakip redüksiyondur.

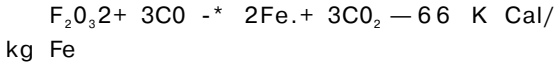
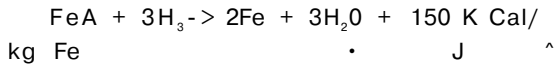
Allis-Chalmers usulu: (Toplama - Redüksiyon (ACAR) usulu) Bu usul için iki tane bir merkezli fırın kullanılmaktadır.

Orcorb - elektrik fırını usulu : ACAR usulundeki gibi topaklaşma, ön redükleme ve elektrik tasfiyesi safhalarından ibaret bir usuldür.

Cyclosteel usulu : Dikey siklon fırını içinde oksijen tasfiye esasına dayanan bir usuldür. Bu usulde karışımın yapışkan olma noktasının altındaki bir ısıya kadar bir sıvı yatak reaktöründe önceden ısıtılmış cevher kömür karışımı kullanılır.

Gazlarda direkt redüksiyon :

Gazlarda yapılan direkt redüksiyon metodlarında tazyik, ısı redüktan ve redüktörlerle oksitler arasındaki temas tarzı gibi bazı değişmeler vardır. Esas reaksiyonlar 827°C ısıda olmak üzere şu şekildedir.



Demir-Oksijen-Hidrojen ve Demir-Oksijen - Karbon muvazene diyagramları, hidrojeni zengin gazların yüksek ısıda daha iyi kullanıldığını göstermektedir. Fakat CO için düşük ısıların daha uygun olduğu söylenmektedir. Yalnız ısı 700°C dan daha düşük olursa CO, Karbon ve Oksijen'e ayrılmaktadır.

Redüksiyon gazlarının kullanılması yanında reaksiyon hızları da önemlidir. Hidrojeni zengin gazlar demir oksidi CO'e nazaran daha süratle redükte ederler. CO ise) yüksek ısılarda daha süratli redüksiyon yapar. Fakat bazı derecelerde redükte olmuş demir parçaları fırın cidarına yapışma temayülü gösterir ve meyilleşmeyi önler. Bunun gibi her iki redüktörün avantaj ve dezavantajları vardır. Gazlarla direkt redüksiyon metodları adı altında şu usuller geliştirilmiştir.

- 1 — Hyl Metodu
- 2 — H - Demir metodu
- 3 — Esso - Araştırma metodu
- 4 — Nu - Demir metodu

Hyl metodu : Meksikalı çelik istihsalcisi Hojalata y Lamina'dan isim alan bu metodda 200 ton/gün kapasiteli bir fırınla işe başlanmış ve 1960 da 500 ton/gür bir fırın daha ilave edilmiştir. 200 tonluk fırında 5 tane dönücü distile kabı vardır. Bunlardan ikisi ilk redüklemeyi ikisi ikinci redüklemeyi diğeri de doldurma veya boşaltma işini yapar. Top

lam devir zamanı 5 saat olup cevher % 90 redüklenerek sünger demir haline gelir. Redüktan olarak tabii gazdan elde edilen hidrojen kullanılmaktadır. Bu metodla fosfor ayrılmakta fakat kükürt miktarı !% 85 azalmaktadır. 500 tonluk fırında kullanılan cevherde % 65 Fe mevcut olup ince taneli kısım azdır. Sinter ve peletizasyon ile yapılan testler bu metodun kullanılabilirliğini göstermiştir. 1 ton Sünger demir için 70 kva enerji ve 21000 kübik feet tabii gaza ihtiyaç vardır. Elde edilen sünger demir, normal olarak elektrik fırınlarına giren şarjın % 60-75 nisbetindedir. Fakat 1% 100 nisbetine kadar sünger şarjı fırında muvaffakiyetle eritilmiştir.

H - Demir Usulu : Hidrokarbon araştırma ve Bethlehem çelik Şirketi tarafından geliştirilen bu usulde redüktan olarak Hidrojen kullanılmaktadır. Hidrojen; tabii gaz; kok gazı, metan, petrol ve diğer yakıtlardan elde edilmektedir.

Metoda göre 20 ilâ 325 mesh arasındaki demir tozları önce 480°C a kadar ısıtılarak yükleyicilere taşınır ve hidrojenle tazyik altında bırakılır. Tazyik redüksiyon kabından 150 lb/ft³ fazla olduğu zaman cevher bir musluk vasıtasıyla redüksiyon kabına geçirilir. Kuru hidrojen 540°C a kadar ısıtılarak indirgeyicinin tabanına geçirilir ve serî halindeki üç sıvı yataktan geçirilir. Mahsul, yoğun faz nakli vasıtasıyla bir siloya nakledilir ve burada oksidasyonu önlemek için hidrojenli bir hava içinde saklanır. Sonra nonpyrophoric (havada vanmaz) hale getirmek için 815°-870°C a kadar ısıtır.

Bir ton sünger için 17000 fi* metan gazına ihtiyaç vardır. Bu metodun ticarî olarak ilk kullanılışı 1959 da 50 ton kapasiteli bir fırında olmuştur (Alan Wood Çelik Şirketi Conshohocken, Pensilvanya).

Esso - Araştırma Usulu : Bu usule devamlı mlayleştirilmiş yatak usulu adı verilmektedir. Redüktan olarak CO ve H₂ tabii gazın kısmen yakılıp parçalanmasından elde edilmektedir. Sulandırılmış nitrojen (azot) ısı taşıyıcısı olarak kullanılır. Reaksiyon 1-4 atmosfer basınç altında ve 700 - 900°C ısıda olur.

Hava önce 815-870°C a kadar tabii gaz da 650°C a kadar ısıtılarak birbirinden ayrı ayrı olarak kısmen oksidasyon gaz jeneratörüne verilir. Kısmi yanma redüksiyon için gerekli ısıyı temin eder.

Cevher, önce önceden ısıtıcı ve redükleyici bir mayileştirilmiş yatağa alınır. Burada gazların bir kısmı yakılarak cevher ısıtılır ve cevher Gravite yardımı ile indirgeyici reaktöre alınır ve üç mayileştirilmiş yataktan geçirilir jeneratörden çıkan CO ve H redük-töre alt kısımdan 921°C ısıyla girer ve üç yatağı geçerek yukarıya çıkar.

Demir cevheri önce ferro-demir haline ye daha sonra diğer iki merhaleden geçerek metal demir haline gelir. Tabii gaz ihtiyacı % 85 metalik demir tonu başına 1400 feet? dür. Bu metod önce 4 inç çaplı bir sıvı yatakla denenmiş ve daha sonra 1 feet çaplı bir pilot fırında 4 er ayda 2 defa olmak üzere işletme yapılmıştır.

Nu - Demir Usulü : B. Amerika çelik şirketi güney Şikako'daki bir fırında bu usulü incelemiştir. Bu usulde demir cevheri iki yataklı bir şakuli reaktörde devamlı olarak redüklenmektedir. Reaktör dışarıdan ısıtılır ve 15 lb/inç² tazyik altında çalışır. Sistem iki kademedden ibaret olup birinci kademedde Fe₃O₄ ve FeO indirgenir ve FeO da ikinci kademedde taze indirgeyici gazlar vasıtasıyla Fe'e indirgenir 705°C da Fe₃ ün FeO ya hidrojen kullamlarak indirgemesi için gerekli muvazane sabiti; FeO'nun Fe'ye in-gemesi için gerekli sabitten yüksek olması bu usulü mümkün kılmaktadır.

Yüksek kaliteli ve 10 mesh incelikteki demir cevheri önce 370°C a kadar kullanılmış gazlarla ısıtılır daha sonra tabii gaz ve diğer yakıtlar vasıtasıyla ısı 870°C'a yükseltilir. Isıtılma esnasında FeA veya Fe₂O₃ aynı zamanda FeO ya indirgenir. Bu ısıtılmış mahsul devamlı olarak 705°C ısıdaki iki basamaklı reaktörün ilk basamağına nakledilir. Hidrojen 870°C a kadar ısıtılarak ikinci basamağın 50 lb/inç² tazyikle verilir. Elde edilen % 90 - 95 lik demir tozu biriket haline getirilebilir.

Gazlar ikinci basamaktan sonra 705°C ısıdadır. Bu ısı kısmen kullanılarak soğuk hidrojen ısıtılır sıcak hidrojenin yardımı ile sağıtma işine devam edilir ve suyu ayırmak için daha çok soğutulur ve hidrojen sıkıştırılarak tekrar devreye alınır.

Bu usul için 2000 ton/gün kapasiteli bir fırın projesi yapılmış fakat yüksek fırınlar daha ekonomik olduğu için inşa edilmemiştir.

Yukarıda izah edilen direkt redüksiyon metodlarında başka sistemler de vardır .Mesele Freeman, Stelling ve Öster katı yakıt kullanılarak Jet Smelting ise gaz kullanılarak geliştirilen metotlar arasında'dır.

Çelik İmalatı Metodları :

Bessemer usulü: Kaynak çeliği usulünden sonra ilk defa 1855 yılında İngiliz Henry Bessemer tarafından içinde büyük miktarda çelik husule getirilen devridaime, bir buluş yapıldı. Bu usule akıcı çelik usulü (Flusso-stahl verfahren) adı verildi. 1862de Alfred Krupp tarafından Almanya'da tatbik edilen bu usule ile ancak fosforsuz ham demir (Font) işlenebiliyordu. Bu bakımdan çok az işletmelerde tatbik imkanı buldu.

Çelik imalatı Bessemer konvertörlerinde yapılmaktadır. Konvertörün iç cidarı fosforun meydana getirdiği bazik karaktere gelmeyen kuvarstan mamul refrakter malzeme ile kaplıdır. Pratik bakımından birkaç safha arzeden Bessemer usulünde armut şeklindeki konvertör bir miktar kok yakmakla ısıtılır ve akkor hale getirdikten sonra boşaltılır. Konvertör yatay durumda iken font şarj edilir. Bu durumda taban kısmındaki hava cerevanını temin eden tertibat kapalı vaziyette-dir. Cihazın doğrutulması ile hava cereyanı başlar ve havanın meydana getirdiği oksidasyon olayı silise tesir ederek silisin yanmasını temin eder. Husule gelen SiO₂ nin en büyük kısmı FeO ile birleşerek cürufu teşkil eder. Daha sonra cihazdan çıkan mavi alev CO in yandığını gösterir. Bu sırada cihazda büyük bir hararet ve dolayısı ile bir kaynama meydana gelir. Karbonun tamamen yandığı, kesilen alev ve meydana getirdiği boğuk bir ses ile anlaşılır. Bu andan itibaren cihaz tek-

rar yatay duruma getirerek bir miktar ferro-mangan likit halde ilave edilir ki iyi bir çelik imali için gerekli karbon ve mangan bu ferro - mangan eriyiğinden temin edilir. Cihaz tekrar dik duruma getirilir ve havanın tekrar geçmeye başlaması ile önce cürufu çok kolay eriyen demir ve mangan silikatları ve safhanın nihayetine doğru demir oksidin redüksiyona uğraması neticesi çok akıcı bir cüruf veren bir mangan silikat daha meydana gelir. Daha sonra cihaz içindeki metal kalıplara dökülür.

Thomes usulü : Bazik karakterdeki bir tasfiye ameliyesi ilk defa 1879 da Sidney Gilchrist Thomas tarafından bulunmuştur. Thomas konverterinde fosforlu ham demir, bazik bir madde mesela kireç ile muamele görebilmektedir. Refrakter malzeme dolomit-ten ibarettir.

Bu usulde konvertöre önce kireç ve daha sonra likid haldeki font yüklenir. Silisyum oranı düşük olduğundan bu elementin kıvılcım neşrederek yanması uzun sürmez. Daha sonra karbonun yanmasına delalet eden mavi ışık müşahade edilir. Bu safhada ısı düştüğünden demir donmağa başlar ve bu yüzden eriyiğin akıcılığı azalır. Karbon yandıktan sonra hava ceryanı şiddetlendiğinden demirin bir kısmı ile birlikte fosfor da oksitleşir ve ısı yükselir. Husule gelen P₂O₅ ile demir oksit cürufa geçer. Yüklenen font'un % 20 sini bulabilen cüruf konvertörden alındıktan sonra münasip bir ferramangan ilavesi ile ameliyeye Besssemer usulünde olduğu gibi devam edilir.

Siemens Usulü : Siemens kardeşlerin buldukları bu usul (Rejeneratif - Ateşleme) font'un doğrudan doğruya tasfiyesi esasına dayanır ve oksitleştirme amili olarak silisi az demir cevheri kullanılır. Yüksek sıcaklıkta çalışma mecburiyetinde ne rağmen verim gayet iyidir.

Martin Usulü : Bir Fransız olan Pier Martinin bulduğu bu usulde fonttaki yabancı maddelerin yakılmasından ziyade fazla miktarda demir veya az karbonlu çelikte dağtırmak esası hakimdir. Bu usul ile hurdanın da kıymetlendirilmiş olması mühimdir.

Siemens - Martin Usulü: Bu iki usulün bir arada yapılması ile geliştirilmiş olan Siemens-Martin usulünde istenilen evsafda bir çeliğin doğrudan doğruya elde edilmesi pek mümkün değildir. Bunun sebebi tasfiyenin umumiyetle istenilen dereceyi aşarak karbon oranı düşük bir metal vermesidir. Bu yüzden ameliyenin sona ermesinden evvel eriyiğe münasip miktarda, ferro mangan şeklinde karbon ilave etmek gerekir. Diğer taraftan fırın'ın asit veya bazik olabilen cidarları ameliyeler üzerinde büyük bir tesir icra ederler Mesela martin usulü gerek asit gerekse bazik cidarlı fırında tatbik edilebilir. Fakat asit cihazda fosforlu font kullanılamaz. Çünkü ameliye esnasında husule gelen P₂O₅ likiddeki karbonu redükte edeceğinden fosforun atılabilmesi için bütün karbonun yanması icap eder. Diğer taraftan P₂O₅ dışarıya çıkarmak için vasata bazik eritici katmak lazımdır. Bu ise ewela fırın cidarlarına tesir ederek hızlı bir aşınmaya sebep olur. Buna mukabil böyle bir mahzuru olmayan bazik vasatta fosforlu font kullanılabilir. Siemens usulünde tasfiye amili olarak demir cevheri kullanılıyordu. Asid ameliyede bu cevher fırın cidarına tesir ederek demir silikat vereceğinden, burada ancak bazik cidar kullanılabılır. Binaenaleyh her iki usulde de esas itibariyle aynı olan reaksiyonların gelişmesi doğrudan doğruya cidarının cinsine tabidir. Siemens-Martin usulünden 12 saatte 175 ton çelik yapılabilmektedir. Fırın takriben 20 m uzunluğunda ve 6 m genişliğindedir. Boşaltma esnasında fırın boşaltma deliği istikametinde bir beşik gibi devrilebilmekte ve 80 cm derinlik meydana gelmektedir.

Fırını doldurmada, önce eritici madde olarak kalker ve daha sonra hurda demir doldurulmakta ve hurdanın bariz erimesinden sonra da ham demir doldurulmaktadır. Mayi çelik ve cüruf kendilerine ait deliklerden boşaltılmakta ve bir kısım cüruf da çelik potası üzerinde akıtılarak alınmaktadır.

Elektrikle Çelik İmalatı

Yüksek gerilimli büyük manyatometrik makinelerin imali ile elektrik akımı vasıta-

ıyla çelik imalatı imkanları hareketlendi 19 uncu yüzyılın ilk yarısında başlayan ilk araştırmalardan sonra yüzyılın sonunda fırın inşa tarzı geliştirildi 1909 yılında Almanya'da aynı zamanda Saar bölgesindeki Volklingen'de Röchlinschen çelik fabrikası ve Remscheid'deki Richard Lindenburg çelik fabrikasında ilk elektro çelik fırınları kuruldu. Elektrikli çelik fırınları demir endüstrisinde kendine böylece sağlam bir mevki bulmuştur.

Elektrikli çelik fırınlarını şöyle bir ayırma tabii tutabiliriz.

I — Elektrik arkı fırınları,

- a — Isı verici fırınlar (Elektrik arkı elektrotlar arasında)
- b — Direkt ark fırınları
 - 1 — Gövde elektrotlu olanlar
 - 2 — Gövde elektrotlu olmayanlar

II — İndüksiyon fırınları,

- a — Alçak frekanslı indüksiyon fırını veya kanal fırını
- b — Yüksek frekans fırını veya İndüksiyon - pota fırını
 - a — Isı verici fırınlar : Çelik endüstrisinden gayri Bakır ve Pirinç eritilmesinde mühim bir fırın olup silindirik şekilde ve elektrotları dikeydir.

b — Direkt ark fırınları : Yarım, silindirik şeklinde devrilebilen bir fırındır. Heroult tipindeki böyle bir fırında iki elektrot mevcut olup elektrik akımı bu elektrotlardan birinden girmekte fırın içindeki banyo (likid kısım) dan geçerek diğer elektroda ulaşmaktadır. Bu guruba giren yeni bir fırın tipi de Fiat Fırınıdır.

II — İndüksiyon fırınları : Bu tip fırınlar sadece likid doldurulduğu zaman iyi çalışırlar. Banyo elektrikli durumdan dolayı bir dönme hareketi yapar ve bir defa oluşun meylinde bir defa da dikey olarak hareketle banyo sathı meyilli kalır. Bu meyilli ^urum do-

layısı ile banyo sathı cürufufla tam manasıyla örtülmez.

Bu esas üzerine 17 tonluk bir fırın (Frick-Ofen) imal edilmiştir. Burada birinci kutup kasnak şeklindeki bir sargı vasıtasıyla meydana getirilmiş olup bu şekildeki bir sargı, banyo sathının ufki kalması için banyo üzerine sevkedilmektedir.

Elektrik arkı fırınlarında üç tip elektrot kullanılmaktadır. Bunlar, Amorf kömür elektrot, Grafit elektrod ve Söderberg elektrodudur.

Elektrik arkı fırınlarında çelik imalatı su safhaları ihtiva etmektedir.

- 1 — Doldurma
- 2 — Eritme
- 3 — Oksidasyon periyodu
- 4 — Redüksiyon v.s. İnceleme periyodu
- 5 — Alaşım yapma
- 6 — Desoksidasyon *
- 7 — Boşaltma.

Doldurma el ile veya mekanize olarak yapılabilir. Hurda olarak; inşaat demiri, paslanmayan çelikler, yüksek kaliteli çelikler ve az karbonlu çelikler kullanılabilir. Hurdanın doldurulmasından evvel bazik fırınlara bir miktar kalker ve asit fırınlara bir miktar kum doldurulur. Erime esnasında desoksidasyon safhasından evvel bazik fırınlarda bir miktar asidik malzeme muhtevalı cevher veya sinter mahsulü ilave edilir ve doldurma esnasında elektrodlar yukarıya çekilir.

Doldurma tamamlandıktan sonra fırının kapağı kapatılarak elektrodlar aşağıya indirilir. Bir elektroddan giren elektrik akımı fırın yükünden geçerek diğer elektroda varır ve bu esnada meydana gelen büyük bir hareket eritme işini görür. Banyo üzerinde teşekkül eden cüruf bir gelberi ile akıtılır. Erime başlar başlamaz karbonu ve diğer kirleticileri bertaraf etmek için demir cevheri ilave edilir ve daha sonra ilave edilmiş olan kuru kalker vasıtasıyla bazik cüruf teşekkül eder. Kalker, kükürdü bertaraf eder ve karbonu azaltır. Diğer ilave mesela, silisyum muh-

tevali demiridir. Bu demir cevheri çiligin oksijen muhtevasını redukte eder ve ilave edilecek flüorit de cürufu akıcı halde tutar. Cürufun gelberi ile akıtılması esnasında fırın bir miktar geriye devrilir.

Hurdanın erimesi esnasında indirilen elektrodlar erimenin devamı ile uygun olarak yavaş yavaş inmeye devam ederler. Boşaltma esnasında fırın, cürufun akmaması için çabucak ileriye devrilir.

İndüksiyon fırınlarında da elektrik arxi fırınlarında olduğu gibi; doldurma, eritme, Oksidasyon peryodu, Redüksiyon v.s. İnceleme peryodu, alaşım yapma, desoksidasyon ve boşaltma safhaları aynen vardır. Esas olarak alçak ve yüksek frekanslı induksiyon fırınlarında bazik veya asit elektrik arkı fırınlarında olduğu gibi aynı metalürjik çalışma mümkündür.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- 1 — CENTO (1963) : Symposium on Iron Ore-Ankara.
- 2 — Holliday, W. (1956) : Minerals Exacts and Problems sayfa 371 - 396 Bureau of Mines Bulletin.
- 3 — BTim Joseph (.) : Werkstoffe Band I Legierungsbildung Stahl und Eisen Sayfa 72-90.
- Mobil (1958) : Ein Zetischrift der Mobil oil A.G. Heft 5 - Hamburg.
- 5 — Technische Hochschule Hagen : Metalürji Ders Notlan.
- 6 — Terem, H. (1947) : Metalürji m. Fasikül İstanbul Üniversitesi Yayınları Sayı 285.