



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇELİK ÜRETİMİNDE OKSİJEN KULLANIMI
VE
KONVERTERLERDEKİ ETKİSİ**

FATİH KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya / HATAY

OCAK-2009

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK ÜRETİMİNDE OKSİJEN KULLANIMI
VE
KONVERTERLERDEKİ ETKİSİ

Fatih KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAPICI danışmanlığında hazırlanan bu tez 13 / 01 / 2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Ahmet
YAPICI

Başkan

Yrd. Doç. Dr. İbrahim
KELEŞ

Üye

Yrd. Doç. Dr. Faruk F.
ÇALIM

Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No :

Prof. Dr. Necat AĞCA

Enstitü Müdürü

Not : Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	6
4.1. İskenderun Demir ve Çelik Fabrikaları.....	6
4.1.1. İsdemir Limanı.....	7
4.1.2. Sinter ve Hammadde Manipulasyon Tesisleri.....	7
4.1.3. Kok Ve Yan Ürünler Tesisleri.....	7
4.1.4. Yüksek Fırınlarda Tesisleri.....	8
4.1.5. Çelikhane Tesisleri.....	8
4.1.6. Sürekli Döküm Tesisleri.....	9
4.1.7. Haddehane Tesisleri.....	9
4.1.8. Enerji Tesisleri.....	10
4.1.9. Mekanik ve Yardımcı Atölyeler.....	11
4.2. Oksijen Gazı	12
4.2.1. Oksijenin Elde Edilişi	15
4.2.1.1. Joule-Thomson Etkisi.	15
4.2.1.2. Linde Prensibi	16
4.2.1.3. Hava Ayrıştırma Tesislerinde Oksijen Eldesi	16

4.3. Demir-Çelik Sektöründe Oksijen.....	21
4.3.1. Yüksek Fırınlarda Yakma Havaasının Oksijence Zenginleştirilmesi.	21
4.3.2. Kesme ve Kaynak İşlemlerinde Oksijenin Kullanılması.....	25
4.3.3. Çelikhanede Çelik Yapımında (BOF Prosesi.).....	28
4.3.3.1. Çelik Üretimi ve Kaliteyi Etkileyen Unsurlar	28
4.4. Bazık Oksit Fırınları (BOF).....	31
4.4.1. BOF Fırınlara Konverter Dizaynı.....	32
4.4.2. Konverterde Kullanılan Hammaddeler.....	33
4.4.2.1. Yüksek Fırından Sıcak Metal.....	33
4.4.2.2. Hurda veya Soğutucular.....	34
4.4.2.3. Curuf Yapıcılar.....	37
4.5. BOF Prosesinde Oksijen Kullanımı.....	37
4.5.1. BOF Reaksiyonları.....	33
4.5.1.1. Karbon-Oksijen Reaksiyonu.....	38
4.5.1.2. Silis-Oksijen Reaksiyonu.....	39
4.5.1.3. Mangan-Oksijen Reaksiyonu.....	40
4.5.1.4. Fosfor-Oksijen Reaksiyonu.....	40
4.5.2. Oksijen Lansı ve Üfleme Pratiğı.....	40
4.5.2.1. Üfleme Pratiğı.....	41
4.5.2.2. Üfleme Sonu Ölçümü.....	43
4.5.2.3. Tekrar Üfleme.....	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	55
TEŞEKKÜR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ÖZET

ÇELİK ÜRETİMİNDE OKSİJEN KULLANIMI VE KONVERTERLERDEKİ ETKİSİ

Oksijen, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan en önemli yaşam kaynağıdır. Havayı meydana getiren gazlar içinde yaklaşık %21'lik bir paya sahiptir. Değişik yöntemlerle havadan ayrıştırıldığında elde edilen şekli ile çok geniş kullanım alanları vardır. Tıp, kimya, endüstri bu kullanım alanlarının başında gelir. Özellikle Demir Çelik endüstrisinin de Oksijenin kullanılmaya başlanması ile ve bu amaçla imal edilen özel fırınlar sayesinde sektör daha temiz bir yapıya kavuşmuş, üretimde sürekliliği ve kaliteyi sağlamıştır. Oksijen, demir ve çelik üretiminde ergitmenin hızlandırılmasında ve enerji optimizasyonun da kullanılır. Yanıcı gazlar ile karıştırıldığında, kaynak, kesme ve metal işleme için gerekli ısıyı sağlar. Bu nedenlerden dolayı oksijen bu sektör için kullanılması gerekli bir elementin ötesinde kullanımı zorunlu bir enerji kaynağı haline gelmiştir.

Çelik Endüstrisinin de giderek vazgeçilmez olan oksijenin en yoğun kullanım alanlarından biri de Bazik-Oksit Fırınlar yani konverterlerdir (BOF, 1974). Sistemin en önemli özelliği sıvı pikin istenilen bileşim ve sıcaklığa getirilmesinde ilave enerjiye ihtiyaç duyulmamasıdır.

Oksijenin üretimi, miktarının ayarlanması, faz durumu, sisteme ekleme yöntemi, kimyasal tepkimelerinin oluşumu ve ortaya çıkardığı ısı enerjisi, bu ısı enerjisinin kullanımı ve kontrolü, tepkimeler sonucu açığa çıkan gazların kullanım alanlarının ve çevreye etkilerinin irdelenmesi ve teorik, pratik uygulamalarının gösterilmesi bu çalışma ile hedeflenmiştir.

2009, 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: Demir, Çelik, Oksijen, Bazik Oksit Fırınlar(BOF)

ABSTRACT

EFFECT OF OXYGEN'S IN PRODUCTION OF STEEL AND OXYGEN CONVERTERS

Oxygen is the important life source for alive to maintaining the life. It appears nearly %21 in the air. When resolve with different ways from air, it has a lot of useful area. Medical, chemistry, industry are incoming first area of usage. Specially at the Steel Industry, When specific furnaces are produced and oxygen is used in there, industrial sector has been reached better structure. Furthermore oxygen supported continuous production and quality requirements. Oxygen is used for increasing speed of melting and energy optimisation in Iron and steel production. When it is mixed with combustion gases, it supplies required temperature for welding, cutting and metal processing. Therefore oxygen has been to used in industrial sectors like an energy source.

One of the oxygen using areas is basic – oxide furnaces it means converter (BOF, 1974). The most important point of this system don't need extra energy to supply required composition and temperature of liquid iron pig.

In this work, our aim explains ;

- Oxygen production, adjustment of quantity and condition, methods of supporting the system.
- Becoming of chemical reactions and how much thermal energy has been produced, controlling and using of thermal energy in the BOF converters.
- End of the reactions some gases has been produced in converters and where we can use these gases
- Environmental effect of converter gases, Indicate the theoretical and practical applications in steel industry.

2009, 57 pages

Key words: Iron, Steel, Oxygen, Basic Oxide Furnaces (BOF)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CO	Karbon monoksit
BOF	Bazık oksijen fırını
mA	Miliamper
ml	Mililitre
SiC	Silisyum kalbür
SiO ₂	Silisyum dioksit
Fe ₂ O ₃	Demir (III) oksit
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
°C	Santigrad derece
ST	Üniversal Makine
RE	İstif Makinası
SHD	Sıvı Ham Demir
MDY	Modernizasyon
PCI	Kömür Enjeksiyon Tesisi
Tph	ton/saat
GGBFS	Yüksek Fırın Cürufu
CDSO	Kükürt Giderme
EA	Elektrikli Ark Ocakları

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Havayı meydana getiren gazlar ve özellikleri.....	12
Çizelge 4.2. Oksijen gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	14
Çizelge 4.3. Yüksek Fırınlara verilen Turbo Körük Havası ile Oksijen Enjeksiyonu değerleri.....	23
Çizelge 4.4. Yüksek Fırınlarda kullanılacak PCI miktarı, kok miktarı ve üretim miktarı.....	23
Çizelge 4.5. Sabit gider tasarrufu.....	24
Çizelge 4.6. Yüksek Fırınlara oksijen enjeksiyonu ile sağlanan fayda.....	25
Çizelge 4.7. BOF Üfleme şablonu oksijen üfleme gruplar örneği.....	42
Çizelge 4.8. Sert ve Yumuşak Üflemenin Konvörtlere Etkisi.....	43
Çizelge 4.9. Nervürlü İnşaat Demiri Uluslar arası Standardı.....	45
Çizelge 4.10. 8336430 nolu Döküm Oksijenle üfleme öncesi	46
Çizelge 4.11. 8336430 nolu Döküm Oksijenle üfleme sonrası.....	47
Çizelge 4.12. 8336430 nolu Döküm Oksijenle üfleme öncesi ve sonrası Analiz Değerleri.....	48
Çizelge 4.13. 1.1421_01 kalite demirin CDSO ve Konverterdeki değerlerinin üçlü ortak gösterimi.....	49
Çizelge 4.14. 8336427 nolu Döküm Oksijenle üfleme öncesi ve sonrası Analiz Değerleri.....	50
Çizelge 4.15. 8336430 Numaralı Döküme Ait Tüm Analiz Bilgileri.....	51
Çizelge 4.16. Yeniden Üfleme Anında Lans ve Konverterin Durumu.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Genel olarak Linde Prensibi şematik gösterimi.....	16
Şekil 4.2. İSDEMİR Hava ayrıştırma tesisi proses akışı.....	18
Şekil 4.3. Oksijen Gazının Dağıtım Şeması.....	20
Şekil 4.4. Tipik BOF Kesiti.....	31
Şekil 4.5. Yüksek Fırından BOF'a malzeme akışı.....	36
Şekil 4.6. Konvörtere Saf Oksijen üflenmesi ile giren ve çıkan elementlerin durumu.....	38
Şekil 4.7. Sıvı Demirde C ve O Dengesi.....	39
Şekil 4.8. Oksijen Lansı Genel Görünümü.....	41

1.GİRİŞ

Canlı yaşamının kaynağı olan oksijen, reaktif özelliğinden dolayı endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Oksijenin ticari amaçlı ilk kullanımı sahne aydınlatmasıdır. Yüzyılın başından itibaren kaynak ve tıp alanında da kullanılmaya başlanmıştır. 1950’li yıllardan sonra da çelik üretiminde yoğun miktarlarda tüketilir hale gelmiştir. Oksijen, demir ve çelik üretiminde ergitmenin hızlandırılmasında ve enerji optimizasyonun da kullanılır. Ayrıca diğer birçok endüstri uygulamasında oksidasyon işlemlerinde kullanılmaktadır.

Demir ve çelik endüstrisinde oksijenin kullanılması 18. yüzyıla dayanır. Bessemer (1855), Siemens-Martin (1864), Thomas (1879) yöntemlerinin bulunmasıyla ham demirin sıvı halindeyken arıtılması sağlanabilmiş ve geniş ölçüde dökme çelik üretimi olanağı ortaya çıkmıştır. Daha önceleri sadece silah ve eşya yapımında kullanılan demirin, 18. yüzyılda İngiltere’de, yüksek fırın yöntemiyle geniş ölçüde ham demir ve pik demir üretimi sonucunda yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi olanağı çıkmıştır. 20. yüzyılın başından itibaren elektrik fırınlarının da kullanılmaya başlanmasıyla dökme çelik üretimi artmıştır. Dökme çeliğin kullanılmaya başlanmasıyla da modern çelik yapı tekniği ortaya çıkmış ve bu alanda büyük ilerlemeler meydana gelmiştir. (Ward, 1989).

Yüksek Fırınlar ve devamında Bazik Oksit Fırınlar (BOF) Demir – Çelik sektöründeki modern yapılaşmanın birer parçalarıdır. Cevherden üretim yapmanın bir metodu olan Yüksek Fırın prosesi, maliyetleri düşürerek daha ucuza çelik elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Daha çok oksitli demir cevherlerini pik demire indirgemek, ayrıca yine cevherlerden kurşun, kalay ve bakır metallerini elde etmek için kullanılan bu fırınların en önemli özelliği, fırının içine üflenerek yüksek basınçlı hava yardımı ile içerdeki yanma olaylarının hız ve şiddetinin çok büyük olmasıdır. Üretilen sıvı ham demir torpidolar vasıtasıyla, çelikhaneye gönderilir. Çelikhanede BOF prosesi, sürekli dökümler ve haddeleme işlemlerinden sonra kullanıma hazır demir elde edilir.

Bu çalışmada Türkiye’nin İskenderun ilçesinde bulunan entegre bir demir çelik fabrikası olan İSDEMİR A.Ş. tesisleri üzerinde detay çalışmalar yapılacak, Demir üretiminin safhalarına kısmen yer verilecek, Demir-Çelik sektöründe oksijenin kullanılması ve konverterler (BOF)’deki etkisi incelenecektir. Oksijenin saf olarak

eldesinin yöntemleri araştırılacak, Yüksek Fırınlarda kullanımı irdelenecek, üretimdeki yeri ve önemi detaylı olarak incelenecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Oksijen ilk defa 1774 yılında İngiliz kimyager Joseph Priestly tarafından, civa oksidinin ısıtılması ile elde edildi. Oksijen elementini bulan kişi sayısı aslında fazla ama ilk olarak saf bir halde elde eden kişi Priestley olmuştur. Oksijenin bulunuşu, kimyadaki dönüm noktalarından biridir. Onu bu kadar önemli kılan şey, oksijenin bulunmasına kadar geçerli olan flogiston teorisinin çökmesidir. 1774' lü yıllara kadar insanlar yanan maddelerin içinde flogiston adı verilen bir madde içerdiğini, yanma sonucu bu maddenin havaya karıştığını ve aynı zamanda çıkan ısıdan da bu görünmez maddenin sorumlu olduğunu düşünüyorlardı. 30 Subat 1774'te Priestley Oksijen elementini havadan izole edince bu teoride çökmüş oldu. Ancak Priestly oksijen olarak izole ettiği şeyi O, gülme gazı olarak bilinen N_2O olarak sanıyordu. Priestley'in çalışmalarından haberdar olan Fransız kimyager Lavoisier de oksijeni izole etti ama o da saf hava olduğunu düşünüyordu. Her ikisi de oksijeni izole etmiş fakat bunun ayrı bir element olduğunu farketmemişlerdi. 1781 yılında Lavoisier, oksijenin havada bulunan ve yanmaya etki eden bir madde olduğunu bildirdi ve bu maddeye asid yapısı anlamına gelen oxygenium ismi verildi. Çünkü Lavoisier, bütün asitlerin oksijen ihtiva ettiğini sanıyordu. Daha sonra aslında izole ettiğinin havanın bir bileşeni olduğunu anladı, böylelikle Oksijenin varlığı kabul edilmiş oldu.

Oksijen bulunuşundan sonraki süreçte Hidrojen ve asetilen gibi yanıcı gazlarla birleştirilerek kaynakçılıkta kullanıldı. Ortaya çıkan alevin sıcaklığı yaklaşık $4000^{\circ}C$ olduğu için, metal yüzeylerini eriterek, metalleri birbirine mevzi alarak birleştirmede, metaller ve çelikleri kesmede kullanıldı. Aynı zamanda tıpta oksijen tedavisinde, Roketlerin tahrikinde, dalgıçların su altında çalışmalarında, su gazı imalinde, yüksek fırınlarda, sentetik taşların imalinde, kimyevi sentezlerde kullanıldı.

Özellikle 18. yüzyılda Demir-Çelik Endüstrisinin gelişmesine paralel olarak Oksijenin kullanım alanları yaygınlaşmış, devamında BOF prosesi gelişmiş ve bu konuyla ilgili olarak bir çok araştırma yapılmıştır.

James R. Buck ve ark. Endüstriyel proseslerle ilgili olarak 1987 yılında simulasyon yöntemi ile uygulamalar yapmışlardır. Proses fizibiliteleri ve çözümleri ilgili olarak Bazik Oksijen Fırınları, sonrasındaki çelik üretimi ve sac imalatı ile ilgili yaptıkları simultane çalışmalarda yeni proses teknolojileri, güncel operasyonlardaki

çözülemez problemleri ve hassas proseslerdeki ekipman hatalarını çözmeyi amaçlamışlardır. Bu simülasyonlar sonucunda dizayn açısından olabildiğince ekonomik ve ergonomik çözümler bulmayı hedeflemişlerdir. (Buck ve ark., 1987)

Alanyalı ve ark. 2008 yılında yaptıkları çalışmada Bazik Oksijen Fırınları cürufunu Portland Çimentosuna karıştırarak yeni bir ürün geliştirmeyi amaçlamışlardır. Kardemir Demir Çelik Fabrikaları BOF cürufunu, çimento katkı maddesi olarak kullanmışlardır. 325 ve 425 cins çimentolara çelik cürufu ekleyerek %30' luk kütle artışı sağlayıp, yüksek basınca dayanıklı beton elde etmeye çalışmışlardır. Bu alternatif çimento üretimi, pişirilerek suyu ve CO₂' si alınmış yani kalsine edilmiş pahallı materyaller kullanmak yerine hem ucuz hemde çevreye duyarlı bir imalat imkanı sağlamıştır. (Alanyalı ve ark., 2008)

Mahieux ve ark.'larının yaptıkları çalışmada ise Yüksek Fırın cürufu (GGBFS), BOF cürufu ve katalizör kullanarak nasıl daha yüksek basınca dayanıklı (10 Mpa 56 gün) bir harç elde edilebileceği araştırılmıştır. BOF cürufunu sıvı akışkanlı yol bağlayıcılarının esas yapıtaşı olarak kullanmışlardır. BOF ve GGBFS cürufları içindeki elementlerin kimyasal, mineral ve fiziksel karakteristikleri X-Ray yöntemiyle araştırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucu BOF cürufunun etkileşimlerini tespit etmiş ve %52,5 GGBFS, %42,5 BOF ve %5 katalizör katkılı bir çimento harcının daha yüksek dayanıma sahip olduğunu tespit etmişlerdir. (Mahieux ve ark., 2009) (yayınlanmamış)

Yongjie Xue ve ark. ise 0,01 mM NaNO₃ içinde baziklik ve konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak tekli ve çoklu element karışım sisteminde Cd, Cu, Pb'nin BOF cürufuna bağlanmasını araştırmışlardır.

Toplam metal konsantrasyonu ; tekli element sisteminde 0,84 mM ve çoklu element sisteminde herbirinden (Cd, Cu, Pb, Zn) 0,21 mM olduğu tepkime indirgeme deneylerinde baziklik 2,0 ve 13,0 arasında değiştiğini, pH (%50 tepkimenin olduğu pH) değeri tekli element sistemlerinde Zn>Cu>Pb>Cd, çoklu element sistemlerinde Pb>Cu>Zn>Cd sıralaması izleyerek elde etmişlerdir. Çoklu element sistemlerindeki pH 6.0 tepkime eş sıcaklıklarının, BOF cürufu içindeki çeşitli metaller arasında bir yüzeyde tutunma çekişmesi olduğunun göstergesi olduğunu savunmuşlardır. (Xue ve ark., 2009) (yayınlanmamış)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Uygulamaya dönük çalışmalar Türkiye’de çelik üretiminde söz sahibi olan İSDEMİR’de yapılacaktır. Bu çalışma da materyal olarak hem konveterlerden alınan numuneler hem de konveterler üzerinde yapılan ısı analizler kullanılacaktır.

Konverterlerden alınan numuneler, kalite ve metalürji laboratuvarlarında teste tabi tutulup, ölçüm sonuçları sürecin bilimsel olarak analiz edilmesinde kullanılacaktır. Bunun yanı sıra, konverterlerde meydana gelen termik süreçler de yapılan ölçüm ve testlerle incelenecektir. Elementlerin birbirleri ile olan reaksiyonları irdelenecektir. Butün tepkimeler (C, O, Mn, P, Si gibi) bir bütün olarak incelenip açığa çıkardıkları toplam enerjiye bağlı olarak potadaki ilave metallerin ihtiyaç duyacakları ısı enerji miktarı ve bu miktarı karşılayabilmek için üflenmesi gereken oksijen miktarı ve faz durumu tespit edilip bunların grafiksel sunumu yapılacaktır.

Bu amaçla İSDEMİR’de gözlemlediğimiz ve Demir-Çelik Üretiminin önemli iki prosesi olan Kükürt Giderme anı pota metalurjisi ve devamında Oksijenle Üfleme (BOF) prosesi pota metalurjik halleri element değerleri çizelge olarak oluşturulacaktır. Tezimiz konusu olan Oksijenin Üflenmesi öncesi ve sonrası diye adlandırabileceğimiz bu iki proste Demir ve Çeliği oluşturacak olan Eriyik değerleri bir garfiğe dönüştürülerek gerçekleşen değişim ifade edilecektir.

Oksijenin bu olaylara olan etkisinin nedenselliğininide anlayabilmek için oksijen ve çelik üretimi ile ilgili genel bir giriş yapılacaktır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. İskenderun Demir ve Çelik Fabrikaları

İskenderun Demir ve Çelik A.Ş Türkiye'nin güneyinde İskenderun körfezinde bulunmaktadır. Tesisler İskenderun ilçesinin 17 km. kuzeyinde Yakacık yöresinde sosyal tesisleri ile birlikte toplam 16.757.238 m2 alan üzerine kurulmuştur. İsdemir Türkiye'nin kuruluş tarihi itibari ile üçüncü, uzun mamul üretimi açısından ise en büyük entegre tesisidir.

Kuruluş çalışmalarına 1966 yılında başlanan İsdemir 25 Mart 1967 Tarihinde Sovyetler Birliği ile yapılan Teknik ve Ekonomik İşbirliği anlaşması kapsamında Tiajpromexprot firmasına projeler yaptırılmış, aynı firma ile 10 Ekim 1969 tarihinde fabrika kuruluş anlaşması gerçekleştirilmiştir. 1,1 milyon ton/yıl blum kapasitesinde kurulması planlanan tesisin temeli 3 Ekim 1970 tarihinde atılmıştır. İnşaat ve montaj faaliyetlerinin tamamlanmasını müteakiben üretim üniteleri 1975 yılından itibaren kademeli olarak işletmeye alınmıştır.

1,1 milyon ton/yıl kapasiteli tesislerin yapım faaliyetleri sürdürülürken 2,2 milyon ton/yıl kapasiteye tevsi çalışmalarına başlanmış ve 24 Aralık 1972 tarihinde Sovyetler Birliği ile ikinci dilim kredi anlaşması imzalanmıştır. Tevsiat sonunda tamamlanan tesisler 1984 yılından itibaren kademeli olarak devreye alınarak kapasite 2,2 milyon ton/yıl çelik bluma çıkarılmıştır. İskenderun Demir ve Çelik Müessese Müdürlüğü ünvanı ile TDÇİ Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak faaliyetini sürdürmekte iken T.C Başbakanlık Yüksek Planlama Kurulu kararı ile 14 Ekim 1994 tarihinden itibaren İskenderun Demir ve Çelik A.Ş. (İsdemir) adı altında Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün bağlı ortaklığı haline dönüştürülmüştür. 2 Mart 1998 Tarihinde özelleştirme kapsam ve programına alınarak; Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'na bağlandı. İSDEMİR hisselerinin tamamı, 31.01.2002 tarihli hisse devir sözleşmesi ile Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından İSDEMİR'de yassı üretimine geçilmesine yönelik yatırımların yapılması şartı ve 50 Milyon USD karşılığında ERDEMİR'e devredilmiştir. ERDEMİR hisse senetleri de Özelleştirme Yüksek Kurulu'nun 01.12.2005 tarih ve 2005/140 sayılı kararına istinaden hisselerinin tamamı OYAK'a ait olan ATAER Holding A.Ş.'ye 27.02.2006 tarihli hisse satış sözleşmesi ile devredilmiştir. Halen 750 Milyon YTL ödenmiş sermayesi olan İSDEMİR'in

hisselerinin % 90.87'si ERDEMİR'e, % 9.13'ü ise İSDEMİR Çalışanları Yardım Sandığı Vakfı'na aittir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.1. İsdemir Liman Tesisleri

Limanda yükleme ve boşaltma için; 2 adet her biri 50 ton kaldırma kapasiteli portofa vinçler, 5 adet her biri 15 ton kaldırma kapasiteli kanguru vinçleri ve 4 adet her biri 10 ton kaldırma kapasiteli döner vinç bulunmaktadır. İsdemir limanı; demir cevheri, pelet, maden kömürü ve fuel oil tahliyesinin yanı sıra işletmelerde üretilen ihraç ürünlerin sevkiyatının yapıldığı önemli bir tesistir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.2. Sinter ve Hammadde Maniplasyon Tesisleri

Tesisin ana amacı; fabrikaya karayolu, demiryolu ve denizyolu ile gelen, demir cevheri, pelet, dolomit, kireçtaşı vb. hammaddeleri boşaltmak, stoklamak ve daha sonra bunları stoktan alarak kırma-eleme ve büyük bir kısmını sinterleme işlemine tabi tutup, yüksek fırın ve çelikhane tesislerinin ihtiyacına uygun hale getirmektir. Sinter tesislerinde, hammadde hazırlama bölümünde çeşitli cevherlerden kırılıp elenerek hazırlanan homojen yapıdaki toz cevher, tesislerin dozajlama kısmında belirli oranlarda kireçtaşı, dolomit ve kok tozu ile karıştırılıp kok gazı ile yaklaşık 1.100-1.200°C ısıtılarak sinter elde edilir. Fırınlardan külçe halinde çıkan sinter, kırılıp elenerek 06-50 mm tane boyutları arasında olanlar yüksek fırınlara gönderilir. Tesiste 4 adet 75 m² alanlı sinter makinası bulunmakta olup, tesisin toplam kapasitesi 2.520.000 ton skip sinteri/yıl'dır. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.3. Kok ve Yan Ürünler Tesisleri

Kok fabrikalarının temel işlevi, yüksek fırınların ihtiyacı olan metalürjik koku üretmektir. Ünite kömür hazırlama, kok bataryaları ve yan ürünler tesislerinden oluşmaktadır. Kok bataryalarının toplam kapasitesi kuru bazda 2.000.000 ton/yıl'dır. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.4. Yüksek Fırınlar Tesisleri

Bu ünitenin ana görevi sıvı ham demir (SHD) üretmektir. İsdemir’de Cemile, Ayfer ve Gönül isimli üç adet yüksek fırın yer almaktadır. Cemile ile Ayfer’in üretim kapasiteleri 2.000 ton SHD/gün ve Gönül’ün üretim kapasitesi 3.000 ton SHD/gün olup, toplam üretim kapasiteleri 7.000 ton/gün ve yıllık ise 2.450.000 ton SHD’dir. Sıvı ham demir elde etmek için yüksek fırına sinter, pelet, parça cevher ve metalurjik kok şarj edilir. Ayrıca fırın içerisine kireçtaşı, kuvarsit, dolomit gibi cüruf yapıcı yardımcı malzemeler de şarj edilir. Üretilen SHD’nin büyük bir kısmı çelikhaneye gönderilirken bir kısmı ise piyasanın pik ihtiyacını karşılamak üzere pik kalıplarına dökülür. İsdemir’de toplam kapasitesi 750.000 ton/yıl olan 2 adet pik makinası bulunmaktadır.

Yüksek fırınlarda sıvı ham demir üretiminin yanında yan ürün olarak yüksek fırın gazı ve granüle cüruf da üretilir. Yüksek fırın gazı hem yüksek fırınlarda hem de fabrikanın diğer birimlerinde yakıt olarak kullanılır. Cüruf ise; cüruf granüle tesislerinde işlendikten sonra çimento üretiminde kullanılmak üzere çimento fabrikalarına sevk edilir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.5. Çelikhane Tesisleri

Yüksek fırınlardan çelikhaneye potalarla gelen Sıvı Ham Demir (SHD), her biri 1.300 ton kapasiteli olan 2 adet mikserle 180 tonluk vinçlerle boşaltılır. Mikserler, yüksek fırından gelen SHD’nin depo edilmesini ve konverterlerin kullanabileceği şartlara uygun homojen kompozisyon sağlar. Mikserde pikin sıcaklığını korumak için kok gazı yakılır. Her mikserde birer adet kantar ve birer adet cüruf çekme makinesi vardır.

Tesislerde çelik yapımı, 3 adet 130 ton şarj kapasitesinde üstten üflemlili oksijen (BOF) konverterlerinde gerçekleştirilir. Yıllık kapasite toplam 2,2 milyon ton olan bu konverterlerden 1 ve 2 nolu konverterler 1977, 3 nolu konverter ise 1984 yılında işletmeye alınmıştır. Konvertere önce çelik hurdası daha sonra mikserlerden potalara alınan SHD şarj edilir. SHD’nin içindeki karbon, kükürt, silisyum, mangan ve fosfor gibi elementler 17-20 dakika oksijen üflenerek ve diğer yardımcı malzemeler

(kalsine kireç, dolomit, kok tozu, florit gibi) ilave edilerek istenen değerlere düşürülür. Çelikhanenin ihtiyacı olan kalsine kireç, Kireç Kalsinasyon tesislerinden karşılanmaktadır. Kireç taşının kalsinasyonu ile metalurjik kireç temin etmek üzere projelendirilmiş ve her biri 100 ton/gün kapasiteli 6 adet dikey (sabit) fırın mevcuttur. Fırınlarda manyezit ve dolomit de işlenmektedir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.6. Sürekli Döküm Tesisleri

Konverterden çıkan sıvı çeliğin kalite ve sıcaklığını istenen değerlere göre ayarlayan 1 adet elektrikli ve 1 adet kimyasal pota istasyonu bulunmaktadır. Konverterden alınan sıvı çelik, potalar vasıtasıyla direkt pota metalurji istasyonlarında (kimyasal ve elektrikli) işleme tabi tutulup sonra radyal kontinü kütük döküm makinalarına gönderilir. Sürekli dökümler ünitesinde dik blum döküm makinalarının yerine kurulan ve yapımına 2002 yılı içerisinde başlanarak Ekim 2003 yılında devreye alınan 2 adet Kontinü Kütük Makinası bulunmaktadır. Bu makinalarda 100 x 100 mm'den 180 x 180 mm'ye kadar kare kesit kütük dökülebilmekte olup, kütük boyları sipariş durumuna göre 6 metre ile 12 metre arasında gazlı kesme ile kesilir. Makinelerin toplam kapasitesi 2,5 milyon ton/yıl'dır. Kontinü kütük döküm makinasında çelik, potadan tandişe ve tandiş'ten makinadaki su ile soğutulan bakır kristalizatör kalıplarına dökülür. Kalıpta ve makinanın ikinci soğutma bölgesinde soğuyarak katılaştıran çelik neticede kütük olarak şekillenir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.7. Haddehane Tesisleri

Haddehanelerde, sürekli dökümlerden gelen kütükler hadde tezgahlarından geçirilerek istenilen kesitte ve boyutta yarı mamul ve mamul ürünleri elde edilmektedir. İsdemir'de bir adet Kontinü Tel Çubuk Haddehanesi (Kangal Haddehanesi) mevcuttur. Tel çubuk haddehanesine gelen kütükler haddelenerek nihai ürün olan kangal üretilir. Kütükler önce 130 ton/saat kapasiteli tav fırınlarında tavlanylır ve daha sonra hadde tezgahlarından geçirilir. Tel çubuk haddehanesinin üretim kapasitesi 500.000 ton/yıl olup 5,5 -16 mm kalınlıklarında kangal üretebilmektedir. Kullanılan kütüklerin boyu fırın genişliği olan 12 metre ile sınırlı olup, en fazla 130 x

130 mm kare kesitli kütükler haddelenebilmekte ve 1,5 ton ağırlığında kangal üretilmektedir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.8. Enerji Tesisleri

Enerji tesislerinde işletmelerin distile su, buhar, elektrik, yüksek fırın yanma havası, oksijen, azot, basınçlı hava ihtiyaçlarının üretimleri, yüksek fırın gazının temizlenmesi yüksek fırın gazı ve kok gazı dağıtımları; likit olarak alınan LPG, argon, azot ve oksijenin depolanarak gaz fazında dağıtımları yapılır. Elektrik enerjisi üreten kuvvet santralının yıllık proje üretim kapasitesi 1,1 milyar kwh'dir. Ayrıca tesisler, ulusal enterkonnekte şebekeden elektrik alabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Kuvvet santralında 2 adet 25 MW'lık, 3 adet 55 MW'lık, 1 adet ise 5,4 MW' gücünde turbo-jeneratör bulunmaktadır. Jeneratörler için gerekli buhar, her biri 220 ton/saat kapasiteli 5 adet buhar kazanı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Yüksek fırınlara üfleme havası temini içinde her biri 2.900 m³/dk. kapasitede 3 adet ve 3.600 m³/dk. kapasitede 2 adet turbo körük bulunmaktadır. Oksijen tesislerinde, her biri 4.850 Nm³/saat dizayn kapasitesinde 5 adet oksijen bloku mevcuttur. Üretilen %99,5 saflıktaki oksijen çok büyük oranda çelikhane konverterlerine ve işletmelerin diğer ünitelerine boru hatları ile sevk edildiği gibi fabrikanın ve piyasanın ihtiyacını karşılamak için oksijen tüplerine de doldurulabilmektedir. Bunun yanında tesiste %99,9 saflıkta azot elde edilir. Mayıs 2004 tarihinde devreye giren demineralize su tesisinin kapasitesi 600 ton/saattir. (İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.1.9. Mekanik Ve Yardimci Atelyeler Tesisleri

İSDEMİR bünyesindeki tüm ünitelerin üretim, bakım-onarım, revizyon ve modernizasyonlarında ihtiyaç duyduğu makine parçalarının imalatlarını ve tamiratlarını yapmaktadır(İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

İSDEMİR ülkemizin uzun çelik (inşaat demiri) üretimi alanında en büyük entegre tesisidir. Ürünleri kalite olarak da dünya standartlarında olup başta AB ve ABD olmak üzere çeşitli ülkelere de ihraç edilmektedir. İSDEMİR’de ürün olarak ;

- Düz yuvarlak çelik : Kangal 5,5 mm – 16 mm arasında nominal ağırlığı 1500 kg olan kangallar şeklinde üretilmektedir.
- Kütükler : 100x100 mm – 180x180 mm ebatlarında ve 6 -12 m boyları arasında istenilen boyda üretilmektedir.
- Pik Demir : H-1, H-2, Ç-1, Ç-2 ve isteğe bağlı özel pik çeşitleri üretilmektedir
- Yassı Ürün (Slab,Sac-2008 yılı itibariyle) imalatları gerçekleştirilmektedir.
(İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008)

4.2. Oksijen Gazı

Oksijen havada birçok gaz ile beraber bulunur. Ayırtırmada faydası olması açısından havayı meydana getiren diğer gazlarında yoğunlukları ve kaynama sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.1. Havayı meydana getiren gazlar ve özellikleri

	Hacimce Karışım (%)	Kaynama Sıcaklığı (°C)	Gaz Yoğunluğu (kg/m ³)	Sıvı Yoğunluğu (kg/l)
Azot	78.03	-195.8	1.249	0.812
Oksijen	20.99	-182.95	1.428	1.140
Argon	0.933	-185.7	1.783	1.400
Hidrojen	0.01	-252.74	0.0899	0.070
Neon	0.0018	-245.9	0.899	1.204
Helyum	0.00052	-268.88	0.178	0.125
Kripton	0.00011	-151.7	3.740	2.155
Xenon	0.0000086	-109.1	5.890	3.520

Oksijen ilk defa 1774 Joseph Priestly tarafından cıva (II) oksitin ısıtılması ile elde edildi. 1781 yılında Lavoisier, oksijenin havada bulunan ve yanmaya etki eden bir madde olduğunu bildirdi. Bu maddeye asit yapan anlamına gelen oksijen ismi verildi.

Oksijen canlıların yaşamı için kaçınılmaz bir gazdır. Solunum için gerekli olup organik maddelerin yükseltgenmesinde, kömür, gaz, odun gibi maddelerin yanmasında yoğun şekilde tüketilir. Atmosferde %21 oranında oksijen bulunmaktadır. Oksijenin kaynağını fotosentez sonucunda ortaya çıkan serbest oksijen oluşturur. Denizlerdeki fitoplanktonlar ile karadaki bitkiler, atmosfere oksijen verir. Fotosentez sırasında üreticiler su ve karbondioksidi kullanarak güneş enerjisinin ve klorofil pigmentinin de yardımıyla karbonhidratları sentezler. Bu sırada atmosfere oksijen verirler.

Atmosferde, hacim olarak %99, ağırlıkça %23,2 oksijen ihtiva eder. Su, ağırlıkça %88,8 oksijen bulundurur. Yer kabuğunun ise %50'sini teşkil eder. Oksijen, serbest halde, havada, suda, çözülmüş olarak ve toprak içinde en çok nitrat, fosfat ve karbonat halinde yer kabuğunun içerisinde bulunmaktadır.

Oksijen kimyada *O* sembolü ile gösterilir. Atom numarası 8 olan oksijenin doğada kütle numaraları toplamı 16'dır (%99,76), 17 (%4) ve 18 (%0,20) olan üç izotopu vardır. Oksijenin atom ağırlığı 16 olarak kabul edilir. Kütle numaraları 14, 15

ve 19 olan izotopları radyoaktiftir. Fakat bu radyoaktiflerin ömrü oldukça kısadır. Oksijenin çekirdeğinde 8 proton bulunmaktadır. Kimyasal tepkimelerin hemen hemen hepsinde iki elektron alarak eksi hale geçer. Oksijen normal sıcaklıkta pasiftir; yüksek sıcaklıkta aktiftir.

Oksijenin sudaki çözünürlüğü 0 °C'de 14,6 mg/L'dir. Oksijenin kritik sıcaklığı -118,8 °C'dir. Oksijen, bu sıcaklığın üzerinde sıvılaşamaz. Yani sadece basınç ile sıvılaştırılmaz. Oksijenin kritik basıncı 49,7 atmosferdir. Bir atmosfer basıncındaki ergime noktası -218,8 °C ve kaynama noktası -183 °C dir. Belirli bir miktardaki oksijen, katı ve sıvı hallerinin her ikisinde de açık mavi ve şeffaftır. Sıvı oksijen, kuvvetli bir magnetiktir. Şayet sıvı oksijenin bir atmosfer basıncındaki bir hacmi, normal şartlar altında (760 mm Hg ve 20 °C) buharlaştırılırsa, buharın hacmi sıvı hacminin 860 misli olur. Katı oksijenin yoğunluğu -252,5 °C de 1,426 g/cm³'tür. Metallerin çok azı, sıvı halde iken oksijen absorblar (emerler). Absorblanan bu oksijen metal katılaşıırken tekrar metali terk eder. (Anonim, 2008)

Oksijen gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri genel olarak Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Oksijen gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Anonim, 2008)

Temel özellikleri	
Atom numarası	8
Element seri	Ametaller
Grup, periyot, blok	16, 2, p
Görünüş	 Renksiz
Elektron dizilimi	[He]2s ² 2p ⁴
Enerji seviyesi başına elektronlar	2,6
Fiziksel Özellikleri	
Maddenin hali	Gaz
Yoğunluk	1,419 g/cm ³
Ergime noktası	50,35 °K
	-222,65 °C
	-368,77 °F
Kaynama noktası	90,18 °K
	-182,82 °C
	-297,08 °F
Ergime ısısı	0,22259 kJ/mol
Buharlaşma ısısı	3,4099 kJ/mol
Atom özellikleri	
Kristal yapısı	Kübik
Elektronegatifliği	3,44 Pauling ölçeği
İyonlaşma enerjisi	1313,9 kJ/mol

Havada diğer gazlarla karışık halde bulunan oksijeni saf olarak elde edebilmek için değişik yöntemler mevcuttur ;

4.2.1. Oksijenin Elde Edilişi

Doğada saf olarak bulunmayan oksijen değişik yöntemler uygulanarak saf olarak elde edilebilir. Örneğin ;

Oksijen suyun elektrolizinden yararlanılarak elde edilebilir. Az miktarda baz veya asit ilave edilmiş saf su elektroliz edilirse, anotta, çok saf oksijen elde edilir.

Laboratuarda, potasyum kloratın, mangandioksit ile tepkimesinden elde edilir. Potasyum permanganat ile hidrojen peroksit, asitli ortamda oksijen verir.

Endüstride, havadan elde edilir. Sıvı havanın fraksiyonlu destilasyonunda (sıvılaştırılıp damıtılması) önce azot buharlaşır, geriye %99,5 saflıkta oksijen kalır.

Yine endüstride, çok saf oksijen, baryum peroksid'in 800 °C ye kadar ısıtılmasından elde edilir.

Konu çalışmamızda Oksijenin Endüstrideki kullanım alanları irdelenecektir. Dolayısıyla Oksijenin elde ediliş yöntemlerinden destilasyon ve ısıtma yöntemleri detaylıca incelenecek, meydana gelen kimyasal reaksiyonlar ve bu tepkimeler sonucu açığa çıkan enerjinin Demir-Çelik Endüstrisinde kullanımı anlatılacaktır.

Oksijenin ayırıştırma işi öncelikle Joule-Thomson Etkisi diye adlandırılan deneysel gözlem sonucu bulunan bir veri ile başlıyor;

4.2.1.1. Joule-Thomson Etkisi

William Thomson ve James Prescott Joule (ingiliz ve fizikçi) 1852 de yaptıkları deneylerde, basınç altında tutulan bir gazın, sadece genleşmesiyle (ilave güç ve sıcaklığa ihtiyaç duymadan) soğukluğun artmasına sebep olduğunu buluyorlar.

Basınç artışı → Sıcaklık yükseliyor

Basınç düşmesi (genleşme) → Sıcaklık düşüyor (soğuma)

Daha sonra Dr. Carl von Linde (1879) Joule-Thomson Etkisi prensibinden yararlanarak Linde adıyla kendi prensibini geliştirir. Bugün Endüstri işletmelerindeki Hava Ayırıştırma Tesisleri Linde Prensibini esas alarak üretim yapar.

Atmosferden alınan hava, ana hava kompresöründe 3 kademedede sıkıştırılarak 4,5 bar'a basınçlandırılır ve hava soğutucuya gelir. Hava soğutucuya havayı soğutma amacıyla iki noktadan su gelir. Bunlardan biri azot püskürtmeli su soğutucu 'dan diğeri Soğutma Kulesindendir. Azot püskürtmeli su soğutucuda; Cold Box'ın (üretim bloğu) üst kolonundan alınan kirli azot ile soğutma kulesinden gelen su 12-13 $^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulur ve hava soğutucuya gönderilir. Soğutma Kulesinden ise 32 $^{\circ}\text{C}$ su gelmektedir. Burada hava bu iki noktadan gelen su ile 15 $^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulur ve Moleküler Tutucuya (Molecular Sieve) geçer.

Moleküler Tutucuda hava içerisindeki nem, karbondioksit ve bazı hidrokarbonlar tutulur. Moleküler Tutucudan çıkan havanın bir kısmı Booster (yüksek basınç) kompresörüne, bir kısmı da Ana Isı Değiştiriciye (Main Heat Exchanger) gider.

Yüksek basınç Kompresörüne 4,5 bar da giren kuru hava; 6 kademedede 62 bar'a basınçlandırılarak Ana Isı Değiştiriciye gönderilir.

Ana Isı Değiştiriciye iki hattan gelen kuru hava girişi vardır. Bunlar Moleküler Tutucu ve Yüksek basınç Kompresörüdür. Moleküler Tutucudan gelen hava 4,5 bar da , -173 $^{\circ}\text{C}$ ye soğutulur ve Cold Box'a (Üretim Bloğu) gider. Yüksek basınç Kompresöründen gelen kuru havanın bir kısmı 62 bar da , -80 $^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulur ve Gaz Türbinine, diğer kısmı ise 62 bar da, -170 $^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulur ve Sıvı Türbinine gelir.

Gaz Türbini 90 $^{\circ}\text{C}$ lik bir soğutma yapar ve 62 bar'daki havayı 4,5 bar 'a düşürerek -173 $^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutur. Buradan çıkan hava Üretim bloğuna gönderilir. Sıvı Türbini ise 62 bar, -170 $^{\circ}\text{C}$ deki havayı 3 $^{\circ}\text{C}$ daha soğutur ve 4,5 bar'a, -173 $^{\circ}\text{C}$ 'ye düşürerek Üretim bloğuna gönderir. Türbinlerden bu genişleme sırasında elektrik üretimi yapılır(Sıvı Türbini 70-80 Kwh, Gaz Türbini 230 Kwh).

Hava ayırıştırma işleminin gerçekleştiği Üretim bloğu ana ekipman olarak alt kolon, üst kolon, ham argon kolonu ve saf argon kolonundan meydana gelir. Kaynama noktası sıcaklıkları farkı ile ayırıştırma gerçekleştirilir. Oksijen -183 $^{\circ}\text{C}$ de, argon -186 $^{\circ}\text{C}$ de, azot ise -196 $^{\circ}\text{C}$ elde edilir. Alt kolonda (yüksek basınç - 4,5 bar) sıvı hava oluşur. Üst kolonda (düşük basınç - 0,35 bar) sıvı oksijen elde edilir. Hava ayırıştırma tesisi proses akışı Şekil 2'de gösterilmiştir. (Enerji Tesisleri Müd., İsdemir, 2008)

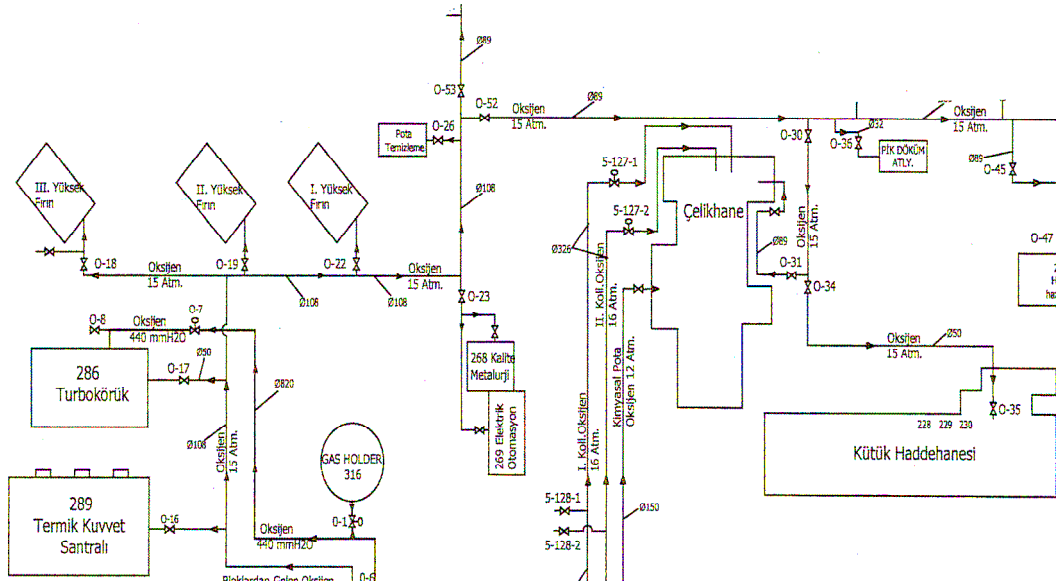
Üretilen bu Sıvı Oksijen Tanklarda depolanır. İsdemirde depo amaçlı kullanılan tanklardan birinin görünüşü Resim 4.1.'de verilmiş olup kapasite değerleri aşağıdaki gibidir.



Resim 4.1. Oksijen Tankı (İsdemir)

Kapasitesi : 2.000 m³

Proses sonucunda elde edilen saf ve sıvı oksijen sıvı pompalar aracılığıyla tüketici ünitelere dağıtılır.



Şekil 4.3. Oksijen Gazının Dağıtım Şeması (Kısmi görünüm, Enerji Tesisleri Müdürlüğü, İsdemir)

Oksijen Tesislerinde üretilen oksijen kullanıcı ünitelere Şekil 4.3.'te de görüldüğü gibi boru hatları vasıtasıyla ulaştırılmaktadır. Yüksek Fırınlara Yakma havası ile birlikte, Çelikhaneye BOF Prosesi kapsamında, Kütük Haddehanesi Tesislerine ve diğer ünitelerede de kesme amaçlı olmak üzere gönderilmektedir.

4.3. Demir-Çelik Sektöründe Oksijen

Demir-çelik sektöründe oksijen kullanılması olmazsa olmaz proseslerdendir. Hava Ayırıştırma Tesisinden oksijenin elde edilmesinden sonra boru hatları ile tüketicilere gönderilen oksijen Yüksek Fırınlarda yakma havasının zenginleştirilmesinde, Çelikhanede sıvı ham demir içindeki karbonun seyreltilmesinde, Sürekli Dökümler ve diğer ünitelerde kesme-kaynak işlemlerinde kullanılır. Buna göre sınıflandıracak olursak;

- Yüksek Fırınlarda Yakma Havasının Oksijence Zenginleştirilmesi
- Sürekli Dökümler ve Diğer Ünitelerde Kesme-Kaynak İşlemlerinde
- Oksijen tüpü olarak
- Çelikhanede Yüksek Fırından ergimiş vaziyette gönderilen pikten çelik yapımında, (BOF Prosesi)

4.3.1. Yüksek Fırınlarda Yakma Havasının Oksijence Zenginleştirilmesi

Oksijen elementi doğada flor elementinden sonra en kuvvetli yakıcı elementtir. Dolayısıyla Yüksek fırınlarda bu özelliğinden faydalanılır.

Çelik üretiminde geleneksel yol; demirli hammaddeyi yüksek fırında indirgeyip eriterek kazanılan sıvı ham demiri bazik oksijen konverterlerinde çeliğe dönüştürmektir.

Cevherlerden yapılan birincil demir çelik üretiminin %95'in üzerindeki çok büyük oranı yüksek fırın prosesini içeren entegre tesislerde gerçekleştirilmektedir. Bu üretim şeklindeki en önemli proses çok etkili çalışan büyük ünitelere sahip modern yüksek fırınlardır.

Yüksek fırınlar sarj sistemleri, baca gazı temizleme sistemleri, hava ısıtma sobaları ve hava üfleme üniteleri ile donanmış dev boyutlu düşey fırınlardır. Yüksek fırında sorunsuz üretim yapabilmek için düşey fırına sarj edilen hammaddelerin ve yakıt olarak kokun uygun özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Hammaddelere uygun özellikler kazandırmak için yapılan demir cevherlerinin ve/veya konsantrelerinin aglomerasyonu¹ ve kömürün koklaştırılması pahalı proseslerdir.

¹ Aglomerasyon, belirli tane boyutuna getirme.

Yüksek fırına demirli hammadde (parça cevher, sinter ve pelet), kok ve cürufuştıricılardan oluşan sarj malzemeleri fırının tepesindeki düzenekle sarj edilirler. Fırının tüyerler bölgesine ısınarak gelen kok, tüyerlerin önünde üflenerek sıcak hava ile yanarak CO üretirler. Oluşan bu CO ile havadan gelen N₂ karışımı kızgın gaz yükselirken, alçalan sarja ısısını verir. Gazdaki CO çeşitli sıcaklık seviyelerindeki indirgeme potansiyellerine göre demir oksitleri;



reaksiyonu gereğince Fe'ye indirger ve CO₂ dönüşür.(Eşitlik 1.1). C'nin varlığında CO₂ boudouard reaksiyonu ile tekrar CO'ya dönüşür. Reaksiyon yüksekçe endotermiktir. CO'nun kararlılığı sıcaklığın azalması ve basıncın artmasıyla azalır. Maksimum kararsızlık 600-800 °C sıcaklıkları arasındadır. Dolayısıyla fırının üst kısımlarına doğru sıcaklık azaldığından fırın gazının yukarıya yükselmesiyle CO; CO₂'ye ve C'ye parçalanır (kurumlaşma veya karbon çökmesi). Çöken C'yle sağlanan çekirdeğin katalitik etkisiyle reaksiyon hızlanır. C çökmesi düzgün isleyen fırınlarda genellikle fırının üst kısımlarında olur.

Yüksek fırının alt bölümünde 1300 ° C'lere ısıtılmış ve oksijen içerikleri arttırılmış hava ile kızgın kokun yanması sonucu oluşan 1800-2000 ° C gibi yüksek alev sıcaklığına sahip tüyer gazı, fırın bacasından çıkarken 100-250 ° C'e soğur. Sarj malzemeleri de yukarıdan aşağıya akarken ısınırlar ve tüyerlerin üstünde 1400- 1450 ° C'ye soğur. Bu bölge sarjın yumuşadığı ve ergidiği bölgedir. Direkt indirgenme ve metal ve cürufun ergimesi burada olur.

Yüksek fırın cürufu başlıca SiO₂, Al₂O₃, CaO ve MgO içerir. Bazik oksitlerin asit oksitlere oranı olarak tanımlanan baziklik oranı; genellikle 0,9 - 1,1 aralığında tutulur. Bu dört madde cürufun yaklaşık %95-96'sını oluşturur. Diğer maddeler FeO, MnO, FeS, CaS, alkali silikatlar vb.dir. (Yüksek Fırınlarda Müd., İsdemir A.Ş.)

Yüksek Fırınlarda Yakma Havaasına ilave Oksijen Enjeksiyonu ile üretimde belli bir artış elde edilmektedir. İsdemirde 7. no'lu hava ayırıştırma tesisinin devreye girmesi ile birlikte yüksek fırınlara 18.000 Nm³/saat oksijen enjeksiyonu yapılabilecektir. Bu miktarın dağılımının aşağıdaki şekilde olması beklenmektedir.

Çizelge 4.3. Yüksek Fırınlara verilen Turbo Körük Havaası ile Oksijen Enjeksiyonu değerleri

Yüksek Fırın No	Turbo Körük Havaası (Nm ³ /dk)*	Oksijen Enjeksiyonu (Nm ³ /saat)	Oksijen Enjeksiyonu (%)
1.YF	2.500	5.250	3,5%
2.YF	2.500	5.250	3,5%
3.YF	4.200	7.500	3,0%
Toplam	9.200	18.000	3,3%

Not: * Turbo körük havaası ortalamadır. Oksijen, şu an turbo körük emiş havaasına karıştırıldığından hava oranına göre hesaplanmaktadır.

Bu durumda yüksek fırınlarda kullanılacak PCI miktarı, kok miktarı ve üretim miktarı Çizelge 4.'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Yüksek Fırınlarda kullanılacak PCI miktarı, kok miktarı ve üretim miktarı

	SHD Üretimi (ton/gün)		Kok Tüketimi (kg/TSHD)(Y.B)		PCI Tüketimi (kg/TSHD)		Toplam Yakıt Tüketimi (kg/TSHD)	
	O ₂ 'li	O ₂ 'siz	O ₂ 'li	O ₂ 'siz	O ₂ 'li	O ₂ 'siz	O ₂ 'li	O ₂ 'siz
1.YF	2.763	2.552	519	536	60-75	40	570,0	570,0
2.YF	2.875	2.655	506	536	75-100	40	570,0	570,0
3.YF	4.808	4.440	420	458	100-110	55	505,0	505,0
Toplam/Ortalama	10.446	9.647	469,93	500,22	82,54	47	540,1	540,1
Fark	799		-30		36		0	

Not: 2.YF'da Oksijensiz üretim için 1-9 Mayıs 2008 ve oksijenli üretim için 16-31 Mayıs 2008 tarihleri arasında yapılan ortalama üretim, kok tüketimi ve PCI tüketimi baz alınmıştır.1.ve 3.YF için Mayıs 2008 ayı ortalama üretim miktarlarına göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.4.'te de görüleceği üzere Yüksek Fırınlara oksijen enjeksiyonu ve bu sayede PCI enjeksiyonunun artacak olması ile birlikte;

- 799,4 ton/gün (23.981 ton/ay) üretim artışı sağlanacak, bu artış ile birlikte sabit maliyetler düşecektir.
- Yaş baz Metalürjik kok tüketimi 500 kg/TSHD seviyesinden 470 kg/TSHD seviyesine düşecek,
- PCI tüketimi 47 kg/TSHD seviyesinden 83 kg seviyesine çıkacak (PCI kullanımı 862 ton/gün seviyesine çıkacak ve bu sayede PCI sabit giderleri düşeceğinden PCI maliyeti, 261,3 USD/ton olacaktır.)

23.981 ton/ay üretim artışı ile birlikte çelikhane, kütük döküm ve slab döküm tesislerinde ton başına sabit gider düşecektir. Bu sayede oksijensiz üretim durumuna göre sıcak maden üretim maliyetinde 725.000 USD/ay maliyet tasarrufu sağlanacaktır. Sabit gider tasarrufunun faydası Çizelge 4.5'te yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Sabit gider tasarrufu

Sabit Giderler	Oksijen zenginleştirme olmadan	Oksijen Zenginleştirme ile Üretim Artışı sonrası	Fark
Çelikhane (USD/ay)	4.561.163	4.561.163	
Kütük Döküm (USD/ay)	1.611.681	1.611.681	
Slab Döküm(USD/ay)	3.293.606	3.293.606	
TOPLAM (USD/ay)	9.466.450	9.466.450	
SHD Üretimi (ton)	289.410	313.391	23.981
Sabit Gider(USD/TSHD)	32,71	30,21	2,50

Not: Çelikhane, Kütük döküm ve slab döküm sabit giderleri İSDEMİR Nisan 2008 maliyet föyünden alınmıştır.

Yüksek fırınlara oksijen enjeksiyonu ile sağlanan fayda Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Çizelge 4.6. Yüksek Fırınlara oksijen enjeksiyonu ile sağlanan fayda

Yüksek Fırınlara Oksijen Enjeksiyonunun Faydası			
	Ton/ay	Birim Kar(USD/ton)	Maliyet Tasarrufu(USD/ay)
Üretim Artışı	23.981	231	5.318.080
Yüksek Fırınlara Maliyet Tasarrufu	289.410	0,57	165.061
Sabit Gider Düşüşü (Çelikhane ve Sürekli Dökümler)	289.410	2,50	724.389
TOPLAM			6.207.531

Çizelge 4.6'dan da görüleceği üzere yüksek fırınlara oksijen enjeksiyonu ile birlikte üretim artışı, PCI kullanım artışı ve sabit gider düşüşü ile toplam 6,2 milyon USD/ay gelir elde edilecektir.

4.3.2. Kesme-Kaynak İşlemlerinde

Saha içerisinde kesme ve kaynak işlemlerinde oksijen kullanılır. Oksijenle kesme prosesi, yüksek sıcaklıktaki metalin oksijen ile reaksiyona girerek (yakılarak) belli bir aralıkta ana parçadan uzaklaştırılmasıdır (yakılmasıdır). İşlem için gerekli sıcaklık bir yanıcı gazın oksijenle yakılması ile elde edilen ön ısıtma alevinden sağlanır. Ayrıca oksijen ve diğer gazların değişen kalınlıklarda ayarlanması gereken gaz basınçları vardır. Buda şaloma üreticilerinin kataloglarında mevcuttur. Ayarlamaların buna göre yapılması gerekir. Basınç ayarlamalarında başka bir etken de hortum uzunluğudur. Hortum içinde ilerleyen gaz, sürtünmenin etkisiyle hız kaybeder. Bu da gazın debisinin azalması demektir. İstenen debiye ulaşmak için basıncın artırılması gerekir. Dolayısıyla üreticilerin verdiği basınçların şaloma girişindeki basınçlar olduğu ve tüp çıkışındaki basınçların artan hortum uzunluğu ile orantılı olarak yükseltilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Bir metal veya alaşımın oksijenle kesilebilmesi için önce aşağıdaki şartların gerçekleşmesi gerekir:

- Kesilecek metal oksijen karşısında yanabilmelidir.
- Kesilecek metalin yanma ısısı büyük, ısı iletme katsayısı küçük olmalıdır.
- Kesme sırasında akışkan bir oksit oluşmalıdır.
- Tutuşma sıcaklığı malzemenin ergime sıcaklığının altında bulunmalıdır.

- Kesme sırasında meydana gelen oksidin sıcaklığı malzemenin tutuşma sıcaklığının üstünde olmalıdır.
- Kesme sırasında meydana gelen oksidin sıcaklığı malzemenin ergime sıcaklığından düşük olmalıdır.

Belirtilen şartları sadece düşük alaşımlı çelik sağlar. (Bodsworth B., 1987)

Kesme ve kaynak işi yapabilmek için yakıcı gazın yanında birde yanıcı gaza ihtiyaç vardır. Yanıcı gazın kesme operasyonundaki görevi aşağıdaki gibidir ;

- Çeliği tutuşma sıcaklığına çıkarmak
- Kesme reaksiyonunun devamlılığı için ekstra enerji sağlamak
- Kesme oksijeni jetiyle havanın ilişkisini kesmek
- Kesilecek çelik üzerindeki pas, yağ, curuf gibi kirlilikleri temizlemek.

Bu amaçlar doğrultusunda birçok yanıcı gaz kullanılabilir. Kesmede kullanılabilecek yanıcı gazlar ;

Asetilen ; yüksek alev sıcaklığı, kolay bulunabilirliği, alev karakteristiklerinin kolayca tanınması bakımından yanıcı gaz olarak son derece uygundur. Asetilenin oksijenle yanması sırasında ön ısıtma deliklerinin tam önünde parlak bir iç alev oluşur. Yanma bir dış alevle birlikte tamamlanır. Asetilen-Oksijen alevinin en sıcak kısmı birincil alevin ucudur. Nötr alev, 1 kg asetilen ile 1 m³ oksijenin yanması ile elde edilir. Bu durumda maksimum alev sıcaklığı elde edilir. Yüksek ön ısıtma alevi sıcaklığı kesme hızını artırır, fakat bu kalitenin de aynı oranda arttığı anlamına gelmez. Aslında en iyi kalite nispeten daha zayıf alevlerle elde edilir. Bu nedenle büyük kesme tezgahlarında tutuşma sıcaklığına ulaşıncaya kadar güçlü alev uygulanır, kesme başlayınca alevin gücü düşürülür.

LPG ; %70 Bütan, %30 Propan karışımı olan LPG, oksijenle yakıldığı zaman gerekli ön ısıtmayı sağlayabilen diğer bir yanıcı gazdır. 1 kg LPG ile 1.9 m³ Oksijen yakıldığında nötr alev elde edilir. Dolayısı ile LPG alevi ile ön ısıtma için daha çok oksijen harcamak gereklidir. LPG-oksijen alevinde asetilenin tersine dış alevde daha çok enerji vardır. Bu nedenle LPG ile kesim yaparken birincil alevin kesilecek

malzemeden maksimum bir alev boyu daha uzakta tutulması, ısıdan en iyi şekilde faydalanmak için gereklidir. LPG'nin bu özelliği özellikle kalın (300 mm'den büyük) parçaların kesilmesinde son derece faydalıdır. Asetilen ile kesim yapılırsa bek çok yaklaşacağından ısınır. LPG tüp içinde sıvı halde bulunduğundan depolanması kolaydır.

Doğal Gaz : Ana bileşeni Metan olan doğal gaz Oksijen ile yakıldığında ön ısıtma için gerekli alev sıcaklığını verir. Ancak doğal gaz alevinin sıcaklığı daha düşüktür, alev daha az yoğundur. Bu nedenle daha yüksek miktarda kullanılması gerekir. Nötr alev elde etmek için 1 m³ doğal gaz, 1.5 m³ Oksijen gerektirir. Doğal gazın da ısısı daha ziyade dış alevde fazla olduğu için kesme esnasında birincil alevin kesilecek malzemeden maksimum bir alev boyu uzakta tutulması gerekir.

Yakıcı Gaz : OKSİJEN - Kesme oksijeni saflığı minimum %99.5 olmalıdır. Bunun üzerindeki saflıktaki oksijen ile yapılan çalışmalarda herhangi bir avantaj gözlenememiştir. Ancak saflık %99.5'in altına düştüğünde kesme hızında düşme ve buna bağlı olarak da oksijen sarfiyatında artma görülür. Örneğin oksijen saflığının %98.5'e düşmesi ile hızda %25 azalma olur. Saflığın %95'in altına düşmesi durumunda ise kesme, yakma yerine bir ergitme işlemi haline gelir. Ayrıca oksijen saflığı düştükçe ITAB²'da ısının tesiri altında kalan bölge genişler.

2 ITAB,Isının tesiri altında kalan bölge

4.3.3. Çelikhanede Çelik Yapımında, (BOF Prosesi)

Bu konuyu irdeleyebilmek için öncelikle çeliğin ana yapısını açıklamak ve üretimini etkileyen faktörleri incelemek gerekir.

Çelik, tabiatta oksit, hidroksit ve karbonat halinde diğer maddelerle karışık olarak bulunan demir cevherinden elde edilir. Karışımında bulunan zararlı maddelerin belirli bir yüzdeye kadar uzaklaştırılması ve bazı maddelerinde ilave edilmeleri gerekmektedir.

Karışımında bulunan zararlı maddeler: Fazla karbon, kükürt, fosfor, bakır, arsen, azot vs.

İlave edilen maddeler ;

Krom : Çeliğin mukavemetini artırır.

Manganez : Mukavemeti artırır, sıcakta islenmesini kolaylaştırır.

Silisyum : Mukavemeti artırır.

Molibden : Bilhassa yüksek sıcaklıklarda çeliğin mukavemetini artırır.

Karbonun, çeliğin mukavemeti üzerindeki etkisi çok büyüktür. Karbon miktarı ağırlık itibarıyla 17/1000'den fazla olursa, çeliğin islenmesi zorlaşır. Diğer zararlı maddelerin ve karbonun, yüksek fırınlarda yüzde miktarlarının azaltılmasına çalışılır.

Zararı dokunan maddelerin en basında fosfor gelir. Fosfor çeliğin çok gevrek olmasına ve çabuk kırılmasına yol açar. Bünyesinde %0.2 fosfor bulunan bir çelik yere düştüğünde kırılır ve cam gibi parçalanır. İkinci zararlı madde ise kükürttür. Kükürt çeliğin yüksek sıcaklıkta gevremesine ve kırılmasına neden olur. Bu nedenle her ikisinin toplam olarak değerinin 1/1000'den az olması istenir. (Bodsworth B., 1987)

4.3.3.1. Çelik Üretimi ve Kaliteyi Etkileyen Unsurlar

Çelik üretimi esas itibarıyla sırasıyla belirtilen 6 aşamada gerçekleşir. Konu itibarıyla Çelik üretiminde Oksijen ve BOF prosesini işlendiğinden diğer konulara değinmeden sadece BOF prosesine ginceye kadarki süreci irdeleyip yani çeliğin eritilmesini irdeleyip devamında Isıl işlemler kapsamında BOF sistematğine geçiş yapılacaktır.

- Çeliğin eritilmesi
- Isıl işlemler
- Deoksidasyon
- Kükürtten arındırma ve sülfür oluşumu
- Çeliğin dökümü ve katılaşması
- Sıcak haddeleme (USS, 1970)

Çelik üretimi iki türlü yapılmaktadır. Bunlardan ilki Yüksek Fırın yardımı ile cevherden çelik üretimi, ikincisi ise Ark Ocakları yardımı ile hurdadan çelik üretimidir. İlk yöntemin yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle dünya çelik üretimine bakıldığında ağırlıklı üretim yönteminin ark ocağı yöntemi ile olduğu görülmektedir. Dünyada Üretim % 65 BOF - % 35 EAO ile Türkiye’de ise % 35 BOF - %65 EAO (BOF : Bazik Oksijen Fırını,EAO : Elektrik Ark Ocağı) aralıklarında yapılmaktadır. (Anonim, 2005)

Üretim yöntemi esası ile ark ocağında üretilen çeliklerde ilk etapta S ve P istenilen oranda ergitme işlemi esnasında bünyeden uzaklaştırılmaz. Bunun istenilen oranda yapılabilmesi için çeliğin ikinci bir işlem görmesi gerekir. Bu işlem Pota Ocağı Metalürjisi olarak adlandırılır. Bu işlemde çeliğin yapısındaki S ve P uzaklaştırılır. S, demir ile bileşik oluşturarak yapıda hapsedilmiş olur ve dövme sıcaklığında eriyerek yapıyı kırılgan hale getirdiği için, fosfor ise çeliği soğukta kırılgan yaptığı için çelik yapısında minimum oranda istenir.

Yüksek fırınlarda demir filizinden eritilerek elde edilen ham demirin metalurjik iç yapısı yüksek miktarda C, P ve Si içermekte ve bu nedenle ne haddelenebilmekte ne de çekiçle dövülerek şekil verilebilmektedir. islenebilirliği sağlamak için önce sözü edilen maddelere –özellikle de karbona- ait miktarların diğer maddelerin katkısıyla azaltılması gerekir. Çelik üretiminde bu maddeler “ısıl işlem” diye adlandırılan bir yöntem kullanılarak kireç ilavesi ile oluşturulan bazik cüruf ile bağlanır. Çeliğin ısıl işleme tabi tutulmasında güdülen amaç sudur ;

Karbon miktarını istenilen çelik cinsine göre azaltmak, büyük miktarda fosfor uzaklaştırılırken, silisyum ve manganın okside edilmesini sağlamak .

Isıl işlemde meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucunda karbon azalmakta,



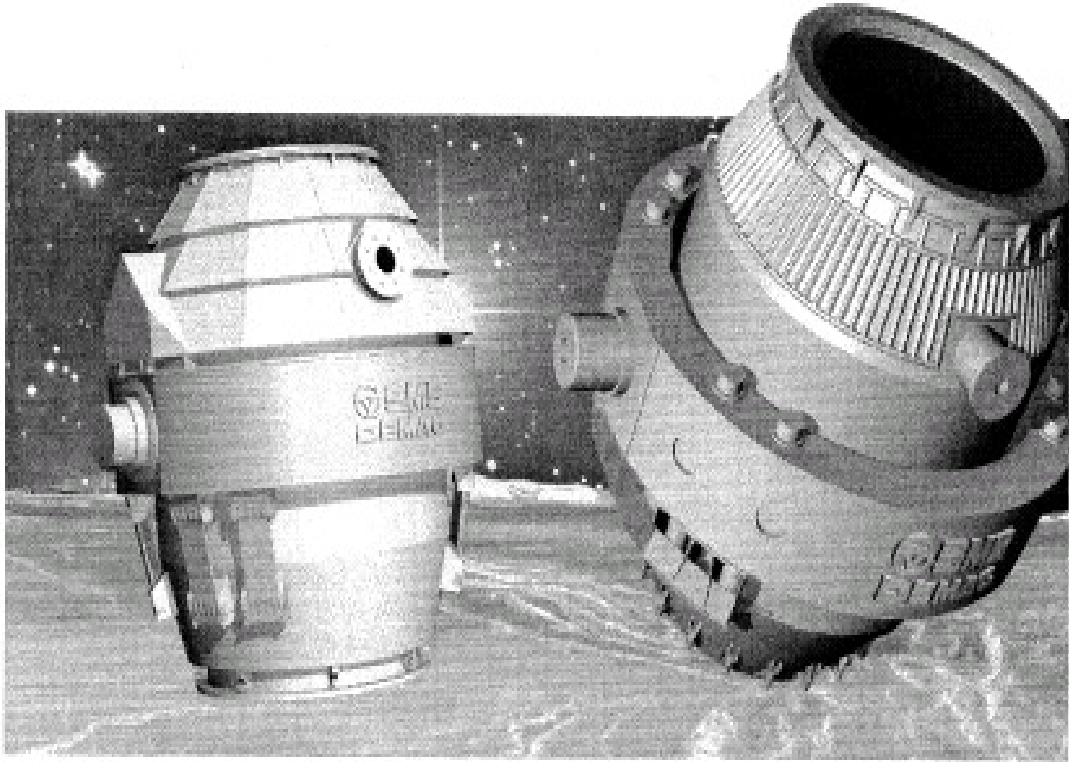
ve bu durumda oluşan karbon monoksitin (CO) büyük kısmı da gaz halinde uçmaktadır. (Eşitlik 1.2.)

Isıl işlem için gereken oksijen ya havadan, diğer bir deyimle havanın neminden, ya da saf oksijen üflenerek veya oksijenin bağlı halde bulunduğu demir filizinde ve miktarı az da olsa hurda demirden temin edilir. (Dumont, J., 1989)

Isıl işlemlerde Siemens- Martin Yöntemi, Elektrik ark yöntemi veya Oksijen Üfleme Yöntemi (BOF) kullanılır. İşletme pratiğine bağlı olarak Bu üç yöntemden biri tercih edilebilir.

4.4. Bazik Oksit Fırınlar (BOF)

Bazik Oksit Fırınlar (BOF)'ın özelliği, sıvı pikin istenilen bileşim ve sıcaklığa getirilmesinde ilave enerjiye ihtiyaç duyulmamasıdır. Fırına dik olarak yukarıdan indirilen ve lans denilen bir boru ile metal banyosuna saf oksijen üflenerek C,Mn,P,Si gibi elementlerin yakılması ile hem bu elementlerin banyo içindeki %'leri azaltılmakta hem de gerekenden fazla ısı elde edilerek hurda eritme de sağlanmaktadır. Genel görünümü Şekil 4.4'de gösterilmiştir. (B.O.F. Steelmaking Volume 1,2,3,4,5)



Şekil 4.4. Tipik BOF Kesiti

BOF Yönteminin diğer yöntemlere göre avantajı ;

- Arıtma hızlılığı
- Düşük işçilik maliyeti
- Az refrakter tüketimi
- İşlem sırasında ortaya çıkan duman ve gazların kontrolü
- İş kolaylığı
- Yüksek kalitede ürün eldesi
- Tam otomatik olarak çalıştırılabilmesi
- Üretim sürekliliği

4.4.1. BOF Fırınlarında Konverter Dizaynı

Konverter dizaynını etkileyen faktörler genel olarak şunlardır;

Döküm tonajı : Fırın dizayn parametreleri tonaja bağlı olarak belirlenir. Dolayısıyla üflenecek oksijen miktarı da ayarlanmış olur.

BOF Ebatları : Kararlaştırılan döküm tonajına bağlı olarak ve işletme olanakları (nozül delik sayısı, hurda tipi, astar kalınlığı vb.) göz önüne alınarak konverter ebatları saptanabilir.

Gövde şekli : Konverterde konik kısım üstte, silindir kısım ortada, küresel kısım ise alttadır.

Fırın dönme hızı : Maksimum dönme hızı işletmenin ihtiyacına göre değişir. 1 dev/dk olabildiği gibi 2 dev/dk da olabilir.

Kendiliğinden doğrulma veya üst ağırlık merkezi : Genel olarak tüm konverterler kendiliğinden doğrulucu yani ağırlık merkezi dönme eksenini alt kısmında olacak şekilde dizayn edilirler.

Refrakter profili : Koni, silindir ve küresel kısımlarda kullanılacak refrakter cinsi ve astar kalınlığı konverterin ağırlık merkezi ve astar aşınmasında önemli yer tutar. Döküm süresi ortalama yaklaşık 40-50 dk dır. Refrakter aşınmasında en önemli faktör metal ve cüruf ile astarın temas süresidir. Oksijenle çelik yapımında temel reaksiyonlardan birisi metal banyosundaki C'nun yanmasıdır. BOF'da üfleme süresinin büyük bir kısmında fırın içerisinde yoğun olarak (yaklaşık % 90) CO bulunur. Dolayısıyla bu redükleyici ortama uygun C'lu refrakter malzemeleri kullanılır.

Konstruksiyon malzemesi seçimi : Yüksek sıcaklıkta yeterli fiziksel dayanç, çok iyi sürtünme direnci, yüksek süneklik ve yorulma limiti, şekillenebilme, temin edebilme kolaylığı malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli etkenlerdir.

Astar malzemeleri bunları arasında en önemlisidir. BOF fırınlarında iki tip astar bulunur.

a)Emniyet astarı : Tüm konverterlerde kalınlığı 4,5-9” arasında değişen emniyet astarları bulunur.

b)Çalışma astarı : Tabanda katran bağlı ve yüksek saflıkta dolamit tuğla kullanılır. Fırın konik kısmında ise geniş ölçüde dolamit kullanılır. Döküm deliği kısmında ise cüuf temasının fazla olması güçlendirilmiş magnezit tuğla kullanımını gerekli kılar. Gövde kısmında ise genellikle katran emdirilmiş, pişirilmiş yüksek MgO’lu tuğlalar tercih edilir. (UNIDO, 2008)

4.4.2. Konverterde Kullanılan Hammaddeler

Oksijenle çelik üretim prosesinde çelik üretimi için gerekli olan temel hammaddeler şunlardır.

4.4.2.1. Yüksek Fırından Sıcak Metal (sıvı pik demir)

Yüksek fırından alınan sıvı metal torpido veya transfer potası ile çelikhaneye taşınır. Yüksek fırın döküm sıcaklığı 2700-2800 °F (1468-1522 °C) kadardır. BOF ‘lara şarj edilene kadar geçen sürede yaklaşık 92°C sıcaklık kaybına uğrar. Buradaki sıcak metal bileşimi şarj pratiğini, cüruf yapıcı miktarını ve cüruf bileşimini etkileyeceğinden önemlidir.

Genel olarak bileşim şu şekildedir ; 4.0-4.5% karbon (C)

0.3-1.2% Silis (Si)

0.25-1.2% Mangan (Mn)

0.04-0.15% Fosfor (P)

0.03-0.08% Sülfür(S)

Burada Karbon ve Silis miktarı enerjiye katkıda bulunan başlıca elemanlardır. Yüksek fırın sıcak metalinin temel elementi olan Karbon gereken proses ısısının karşılanmasında önemli rol oynar .

Sıcak metal silisi ise döküme şarj edilen hurda miktarını etkiler. Örneğin eğer sıcak metal silisi yüksekse bunun oksidasyonu nedeniyle daha çok ısı üretimi gerçekleşir, ve dolayısı ile döküm için daha çok hurda şarj edilebilir. Sıcak metal silisi

cüruf hacmini de etkiler ve bu nedenle de kireç sarfiyatı ve sonuçtaki demir verimi de bundan etkilenir.

Manganında oksijenle reaksiyonu ısı vericidir. Metal banyosundaki yüksek Mn oldukça akışkan cüruf oluşturur. Bunun yanmış kirecin bir an önce çözünmesine yardımcı olur ancak fırın taşmalarına da sebebiyet verdiği için fazla tercih edilmez. Düşük Mn'lı sıcak metalle çalışmada ise fırın ateşlemesinde sorun çıkabileceği gibi viskozitesi yüksek cüruf oluşur.

Kükürt çelik kalitesini bozan bir elementtir ve BOF 'ına şarj edilen metalde mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Konvertere şarjından önce sıcak metalde cüruf sıyırma işlemiyle S girdisi önemli bir oranda azaltılır.

Fosfor BOF 'larına şarj edilen sıcak metalde zaten azdır. Fırınlarda da P'un %90 giderilir.

4.4.2.2. Hurda veya Soğutucular

Hurda çelik üretim işleminde sıcak metalden sonra demir elemanın ikinci büyük kaynağıdır. Toplam metalik şarjın %20 ila 35'i hurda olacak şekilde bir besleme yapılır.

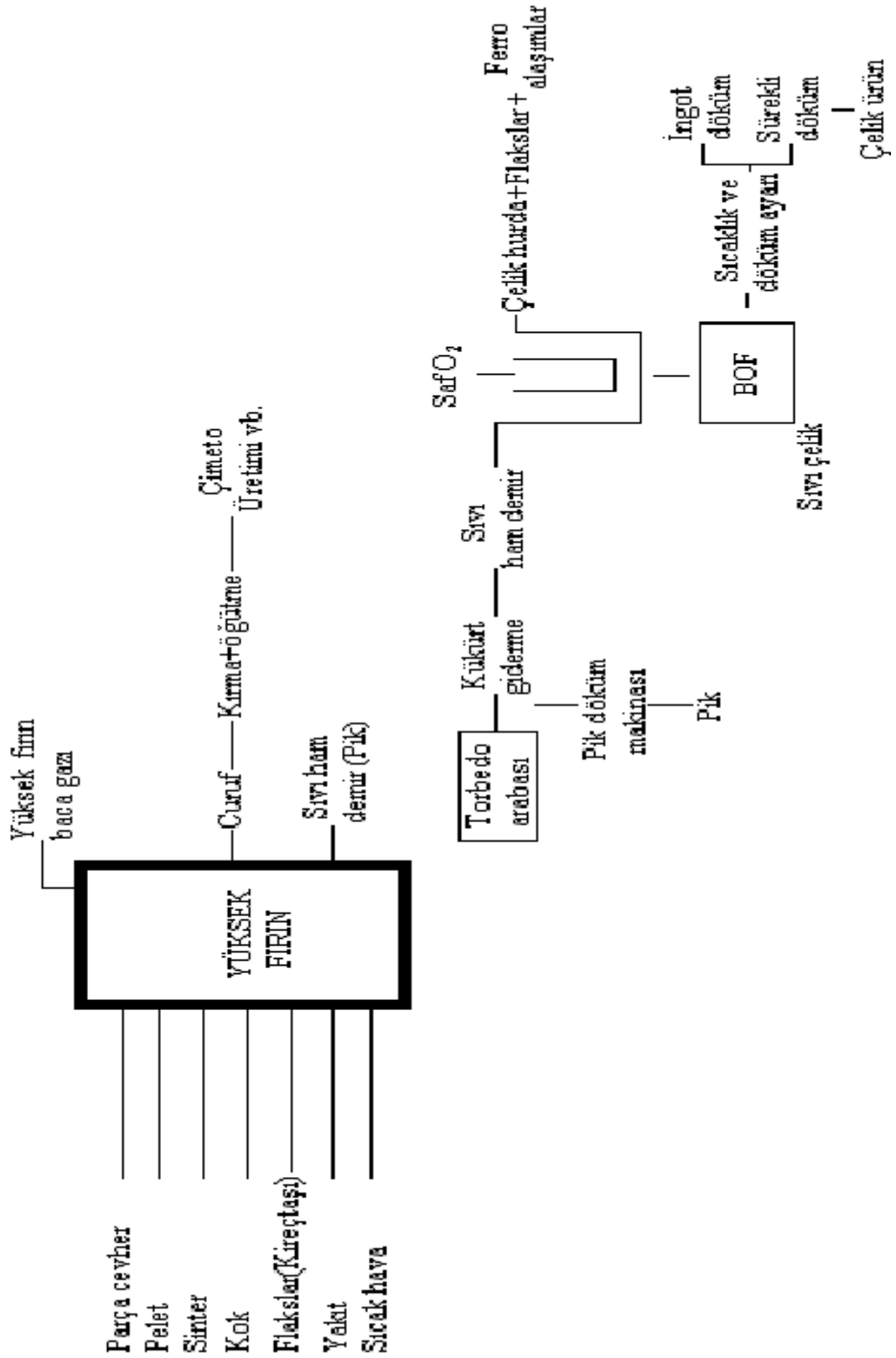
İhtiyaca göre hurda şarjı çok önemlidir. Aksi halde dökümün üfleme kesme performansı kötü etkilenir. Normal olarak hafif hurdalar ön tarafa, ağır hurdalarda arka taraf gelecek şekilde doldurulur. Bunun hafif metallerin hem astar malzemesine yatak görevi görmesi açısından hem de ağır hurdaların erimesinin hafif hurdalara göre daha zor olması dolayısıyla oksijen jetinin çarpma bölgesine daha yakın olması ile daha hızlı erimesinin sağlanmasında faydası vardır.

4.4.2.3. Cüruf Yapıcılar

Oksitlenen elementleri toplayan, dekarburizasyonu hızlandıran cüruf çelik yapımının vazgeçilmez bir unsurudur. Genel olarak kullanılan cüruf yapıcılar şunlardır; **Yüksek CaO'lu kireç** ; BOF prosesi sırasında özgül yanmış kireç tüketimi, üretilen her ton çelik için 35 ila 50 kg/ton aralığında değişir. Bu miktar sıcak metal silis miktarına, şarjdaki sıcak metalin hurdaya oranına, başlangıç (sıcak metal) ve final (çelikteki hedef) sülfür ve fosfor miktarlarına bağlıdır.

Dolamitik kirec ; Cürufu MgO ile doyurmak ve fırın refrakterlerinden dolamit çözülmesini daha aza indirmek için yanmış kireçle birlikte şarj edilir. Fırınlara üretilen ton çelik başına 15 ila 35 kğ aralığında şarj edilir.

Florspar ve benzeri cüruf yapıcılar ; Bunlar birer cüruf incelticisi olarak kullanılır ve cürufun viskozitesini düşürücü etki gösterirler.



Şekil 4.5. Yüksek Fırından BOF'a malzeme akışı

4.5. BOF Prosesinde Oksijen Kullanımı

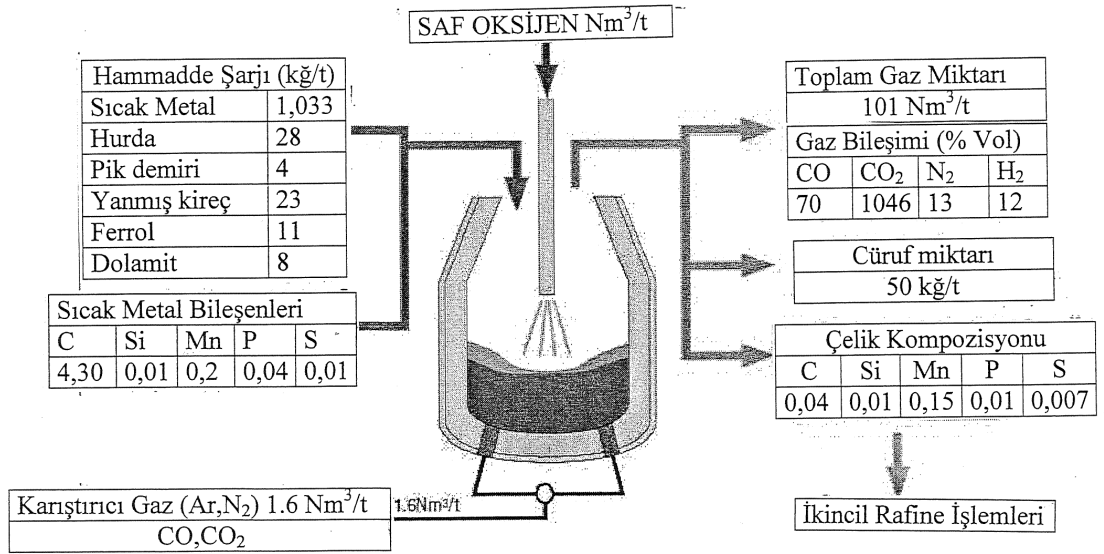
Oksijen esas olarak Yüksek Fırın sıcak metalinin, BOF 'te dekarburizasyonu ve sıvı çeliğe dönüştürülmesi için kullanılır. Demir ve Çelik üretimi redükleyici ve oksitleyici reaksiyonlarla gerçekleşir. Demir üretiminde, demir oksitler karbona doymuş metalik demire redüklenir. Si, Mn, P, S gibi empüritelerde sıvı demir içerisinde bulunur.

Çelik üretimi ise oksitlenme reaksiyonları ile gerçekleşir. BOF Yönteminde C, Mn, P, Si oksijenle reaksiyona girer ve oksitlenerek metal banyosundan uzaklaşırken, S' de cüruf yapıcılara bağlanır. Oksijenin sıcak metal içerisindeki silis ve karbonla girdiği ekzotermik reaksiyon sonucunda oluşan ısı ve konverterde oluşan karbon monoksitin (CaO) bir kısmının (%10-15) art yanması fırın şarjının toplam ağırlığının yaklaşık %25'ine tekabül edecek miktarlardaki hürdanın eritilebilmesine yeterlidir. Bunun içinde yani fırın produktivesini ve hurda eritme kapasitesini maksimize edebilmek için yüksek saflıkta (%99,5) oksijen gerekmektedir. Buda saflıkta oksijen İsdemir'de Hava ayrıştırma tesislerinde elde edilerek konverterlere ulaştırılıyor.

BOF'da iki tip oksitlenme reaksiyonu vardır;

- Doğrudan oksijen ile temas
- FeO'nun metal banyosuna oksijen vermesiyle

Üflene oksijenin doğrudan metal ile temas ettiği bölgede sıcaklık 2000-2500 °C 'a ulaşır. Bu yüksek sıcaklıkta gaz-metal emülsiyonunda hızlı oksitlenme reaksiyonları oluşur. Si, Mn, P, C ve Fe 'in bir kısmı oksitlenir. Oksitlenen demirin (FeO), metal banyosuna oksijen vermesi ile oksitlenme reaksiyonları devam eder.



Şekil 4.6. Konvörtlere Saf Oksijen üflenmesi ile giren ve çıkan elementlerin durumu

4.5.1. BOF Reaksiyonları

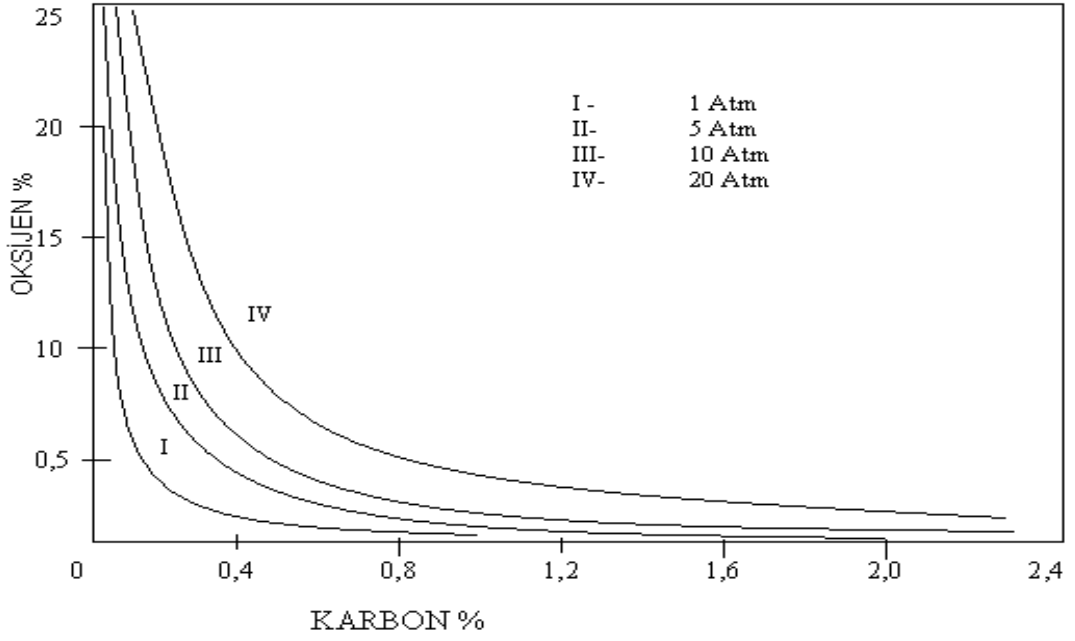
4.5.1.1. Karbon-Oksijen Reaksiyonu

Karbon-oksijen reaksiyonunun genel gösterimi aşağıdaki gibidir.



C - O reaksiyonu yani dekarburizasyonu (Eşitlik 1.3.), doğrudan oksijen jeti altında, fırın refrakterine yakın kısımda ve cüruf metal emülsiyonunda meydana gelir. Karbon çıkarım oranı BOF Yönteminde yaklaşık %10 C/sa kadar yüksek olduğundan çelik yapım süresi oldukça kısadır.

Değişik basınç altında C-O denge durumu şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Sıvı Demirde C ve O Dengesi

C-O reaksiyonu sonucu, oksitlenen C'un yaklaşık %85-90'ı CO, %10-15'i ise CO₂ şeklinde çıkar. Gaz çıkışı sırasında metal banyosunun karışımı diğer reaksiyonları hızlandırır. (Dumont, J., 1989)

4.5.1.2. Silis-Oksijen Reaksiyonu

Sıcak metalde %Si, BOF hurda şarj oranını, gereken cüruf yapıcı miktarını ve fırın ısı dengesini etkileyen bir elementtir. Si-O reaksiyonu ısı vericidir. Reaksiyon sonucu cürufun asit kısmının temelini oluşturan SiO₂ meydana gelir.

Si-O reaksiyonu Eşitlik 1.4. ve Eşitlik 1.5.'teki gibi ifade edilir,



Üfleme başladıktan sonra başlayan reaksiyon 3-5 dk içerisinde tamamlanır. Genellikle üfleme sonunda banyoda %Si 0.005 veya daha aşağıya düşürülmüş olur. Başlangıçta hemen oksitlenerek asit cüruf oluşturduğundan yanmış kirecin bir an önce çözeltiye alınması gerekir. Oksitlenme sonucu oluşan SiO₂, cürufta CaO ile reaksiyona girer. (Eşitlik 1.6.)



4.5.1.3. Mangan-Oksijen Reaksiyonu

Mangan - oksijen reaksiyonu iki şekilde (Eşitlik 1.7. ve Eşitlik 1.8.) ifade edilebilir.



Metal banyosunda %Mn'in 0.05 ten az olması isteniyorsa %C değeri 0.02 'ye indirilene kadar oksijen üfleme devam edilerek metal banyosu içerisinde oksijen aktivitesi arttırılmalıdır. Düşük Mn'i elde etmenin bir diğer yöntemide girdi Mn'iazaltmak veya cüruf hacmini arttırarak %MnO'yu azaltmaktadır.

4.5.1.4. Fosfor - Oksijen Reaksiyonu

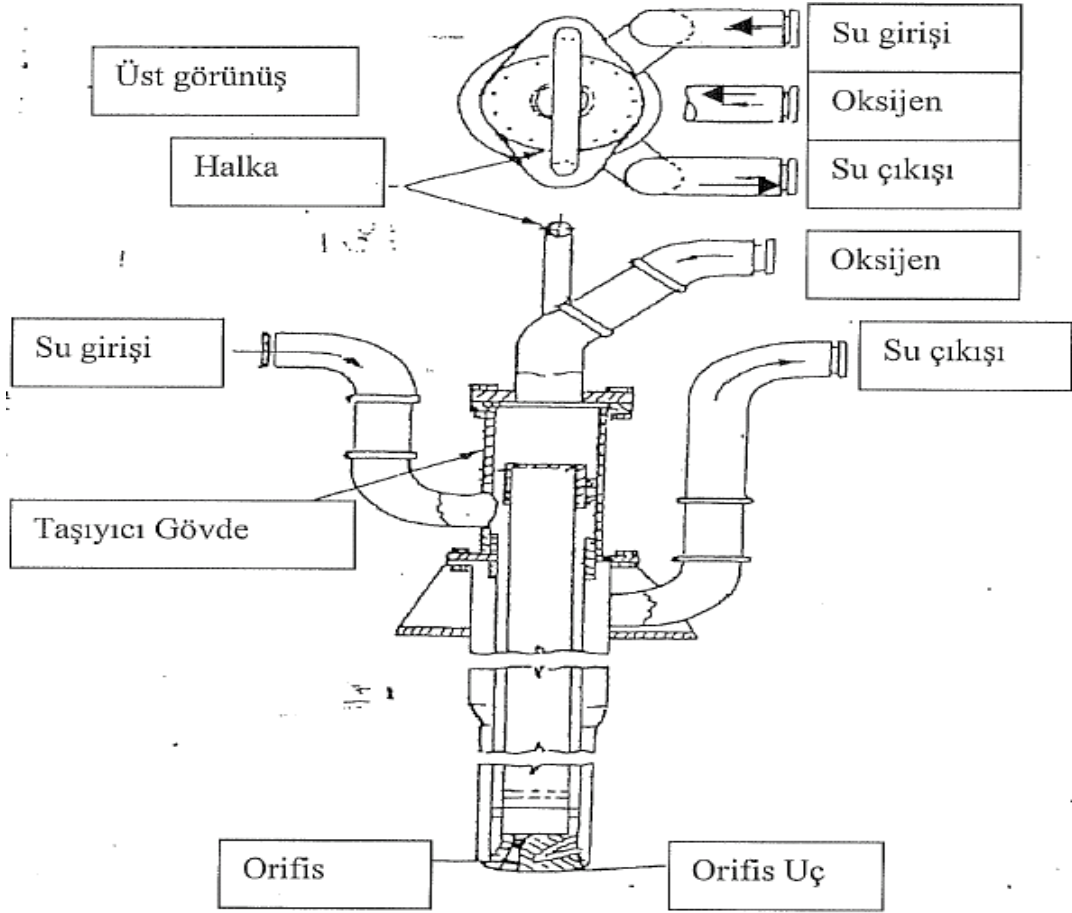
Fosfor – oksijen reaksiyonu Eşitlik 1.9.'da ki gibi yazılabilir.



Fosfor tasfiyesi cüruf bazikliği ve FeO'nun artışı ile artar. Yüksek P'lu sıcak metal kullanımında Si'nin olumsuz etkisinden dolayı 0.5 ten düşük olması istenir. Cüruf bileşimindeki değişme P'un geriye sıvı çelik içerisine dönmesine neden olabilir.

4.5.2. Oksijen Lansı ve Üfleme Pratiği

BOF yönteminin temeli metal banyosuna oksijenin belirli bir yükseklikten bir lans ile üflenmesidir. Bu amaç için kullanılan lansın genel görünümü Şekil 4.8 'deki gibidir.



Şekil 4.8. Oksijen Lansı Genel Görünümü

Su soğutmalı lans, taşıyıcı gövde, eşeksenli üç boru ve lans ucundan oluşur. İç içe geçmiş dikişsiz paslanmaz borular, üzerinde bir kanca bulunan taşıyıcı gövdeye bağlıdır. Lansın ucu ve Orifis uç dövme veya dövme bakırdan yapılmıştır. Yüksek saflıktaki bakır uç üzerinde oksijen çıkışı için delikler bulunur. Delik sayısı işletme pratiğine, fırın büyüklüğüne göre farklılıklar gösterir. (Stone, J. K., 1987)

4.5.2.1. Üfleme Pratiği

Üfleme pratiği oksijenin metal banyosuna gönderilmesidir. Buna etki eden üç faktör vardır.

- Maksimum oksijen üfleme oranı
- Lans dizaynı
- Lans yüksekliği

Nozulden Oksijen çıkış hızı ve yüksekliği metal banyosuna oksijen girişini etkileyecektir. Metal banyosu içerisine girişin artışı reaksiyonları hızlandıracaktır. 0.05-100 ton kapasiteli bir çok BOF ile yapılan çalışmalar sonucunda Oksijen delme derinliği Eşitlik 1.10' da ki gibi formüle edilmiştir.

$$h = 1.5 Pd \frac{D}{H} + 1.5 \text{ inch} \quad (1.10)$$

Pd : Oksijen çıkış basıncı

D : Orifis çapı

H : Metal banyosundan lans ucu(nozul) uzaklığı,lans yüksekliği

Oksijen üfleme süreleri tipik olarak 13 ila 18 dakika arasındadır.Oksijen ilavesi birkaç parti halinde yapılabilir. Her parti, statik çelik banyosu üzerindeki değişik lans yüksekliği ile karakterize edilmiştir ve bazen oksijen üfleme nispetide değişir. Bu üfleme nispetleri ve üfleme lans yükseklikleri bir BOF tesisinden diğerine oldukça değişir ve temin edilen oksijenin basınç ve kalitesine bağlıdır. İsdemirde oksijen üfleme nispeti yaklaşık 760 Nm³/dk civarındadır. Bu değişim gösteren tablo Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. BOF Üfleme şablonu oksijen üfleme gruplar örneği

BOF Üfleme şablonu oksijen üfleme gruplar örneği			
Parti No	Lans Yüksekliği (cm)	Lans değişiminde O2 hacmi %	Lans değişiminde O2 debisi Nm ³
1	270	0	760
2	220	12	760
3	200	25	760
4	170	32	760
5	150	44	760
6	170	80	760

Oksijen jetinin banyo derinliğine giriş oranı 0,4-0,8 kadardır. Jetin banyo içerisine fazla girdiği üfleme Sert, az girdiği üfleme ise Yumuşak olarak ifade edilir. Sert veya yumuşak üfleme lans yüksekliği ve oksijen basıncı ile ayarlanabilir.Yumuşak üflemede banyoya oksijen girişi azdır.

Bu iki tip üfleme biçiminin etkisi yaptığımız deneysel gözlemler sonucunda Çizelge 4.8.'deki gibi gerçekleşmiştir. (Kalite Met.Lab.- İsdemir)

Çizelge 4.8. Sert ve Yumuşak Üfleminin Konvörtlere Etkisi

	SERT	YUMUŞAK
Cürufta FeO	Azalır	Artar
Kalıntı P	Artar	Azalır
Kalıntı Mn	Artar	Azalır
Lans Ucu ömrü	Azalır	Artar
Refrakter Aşınması ;		
Orta ve Dip bölge	Azalır	Artar
Ağız bölgesi	önce azalır sonra artar	Artar
Fırın Ağızı Skallanması	Giderilmesi zor(Metalik)	Giderilmesi kolay(Cüruf)
Lans skallanması	Artar	Azalır
Fırın taşması	Azalır	Artar
Erimemiş hurda varlığı	Azalır	Artar

4.5.2.2. Üfleme Sonu Ölçümü

Üfleme evresi ve son karıştırma tamamlandıktan sonra,üfleme sonu döküm karbonu ve sıcaklığını ölçmek için spektrografik analiz gayesiyle bir metal numunesi almak için sub-lans test yüksekliğine indirilir.Buradaki sub-lans banyodan gerekli numuneyi almayı sağlayan bir tüp olup belirlenen lans pozisyonuna kadar daldırılıp numune alma işini yapar. Alınan numune İsdemir kalite Metalurji Müdürlüğü Kalite test laboratuvarların da incelenir.

Demir ve Çelik üreten işletmelerde Müşterilerin talebine uygun Çeliklerin Uluslararası standartlarda ihtiva etmesi gereken elementleri ve yüzdelerini belirten şablonları zaten mevcuttur. Müşterilerin kullandıkları çeliğin yapısı farklı farklı olduğundan, konvörterlerde elde edilmek istenen eriyiğin de içindeki elementlerin yüzdeleri de farklı olacaktır. İşletmeler BOF Prosesi sonucunda konvörterdeki numuneyle bu değerleri kıyaslar ve müşteri taleplerine uygun olup olmadığına karar verirler.

Deney çalışmamızda Uluslar arası kodu 1.1421-01 olan Düz Karbon Çeliğini inceledik. Bu çelik Nervürlü İnşaat demiri olarak kullanılmakta olup Uluslararası Normlardaki standart bileşenleri Çizelge 4.9.' da verilmiştir. Verilen değerlerin gösteriminde bir element için iki farklı değer aralığı verilmiştir. Örneğin 1.1421_01

Kalite Nervürlü inşaat demirinde C oranı 0,34 - 0,4 arası ortalama bir değer olabilir. Aynı şekilde diğer elementlerde de durum bu şekildedir.

Çalışma kapsamında 01.09.2008 tarihinde konvörterdeki işlemler rapor edildi. 8336427 ve 8336430 nolu dökümler gözlendi. Dökümlerin üfleme öncesi ve sonrası karşılaştırmaları yapıldı. Bu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.14.'te verildi.

Oksijenle üfleme öncesi değerler Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Yüksek fırından çıkan eriyik önce kükürt giderme işlemine tabi tutulur, sonra Çelikhane'ye transfer edilir. Dolayısıyla eriyiğin üfleme öncesi ve sonrası değerleri bize BOF sisteminin işlevi hakkında daha net bilgiler sunacaktır. BOF Prosesi sonrası Eriyik değerleri de Çizelge 4.11.'de gösterildi.

Çizelge 4.9 - Nervürlü İnşaat Demiri Uluslararası Standardı

Kalite	Uluslar arası standart karşılığı	Ürünün kullanım alanları	C	C	Mn	Mn	Mn	Si	Si	P	P	S	S	Al	Al	Cu	Cu	Ni	Ni
1.1421_00	TS 708 Bç.IIIA (1996) -- DIN 488 BSt 42/50 RU-- ASTM A615 Gr-60	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,32	0,37	1,30	1,50	0,25	0,50	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	4,00E-05	0,00	0,25	0,00	0,25
1.1421_01	TS 708 Bç.IIIA (1996)-- DIN 488	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,34	0,40	1,12	1,45	0,15	0,35	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	4,00E-05	0,00	0,25	0,00	0,25
1.1421_02	TS 708 Bç.IIIA(1996),(DIN 488 BSt 42/50 RU)-(ASTM A615 Gr-60)	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,35	0,40	1,00	1,25	0,15	0,35	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	4,00E-05	0,00	0,25	0,00	0,25

Çizelge 4.9 - Nervürlü İnşaat Demiri Uluslararası Standardı (devam) (Kalite Metalurji Müd.-ERDEMİR)

Kalite	Uluslar arası standart karşılığı	Ürünün kullanım alanları	Cr	Cr	N	N	N	Mo	Mo	V	V	B	B	Ceq	Ceq	Ti	Ti	Nb	Nb
1.1421_00	TS 708 Bç.IIIA (1996)-- DIN 488 BSt 42/50 RU-- ASTM A615 Gr-60	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,00	0,25	0,00	120,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	1,00	0,62	0,00	9,99		
1.1421_01	TS 708 Bç.IIIA (1996)-- DIN 488	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,00	0,25	0,00	120,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	1,00	0,624	0,00	9,99	0,00	0,01
1.1421_02	TS 708 Bç.IIIA(1996),(DIN 488 BSt 42/50 RU)-(ASTM A615 Gr-60)	NERVÜRLÜ İNŞAAT	0,00	0,25	0,00	120,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	1,00	0,644	0,00	9,99		

Çizelge 4.10 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) Pota Analiz değerleri

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI	AL	V	B	N	CE	CU
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	4,2988	0,7778	0,0695	0,075	1,0904	0,0021	0,0146	0,0008	0	0	0,025

Çizelge 4.10 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) Pota Analiz değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	NI	CR	MNSI	MN_ S	CA	ALSOL	ALOXY	MO	ZN	AS	NB
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	0,0307	0,0191	0	0	0	0	0	0,0003	0,0062	0,0056	0,0019

Çizelge 4.10 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) Pota Analiz değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	TI	CO	W	PB	SN	ZR	SB	O	BSOL	BOXY	FE%
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	0,039	0,007	0,0003	0	0,0037	0	0	0	0	0	93,5299

Çizelge 4.11 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme sonrası konverter element değerleri

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI	AL	V	B	N	CE	CU
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	0,0906	0,2221	0,0574	0,0069	0,0001	0,4758	0,0001	0,0001	0,006	0,137	0,039

Çizelge 4.11 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme sonrası Konverter element değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	NI	CR	MNSI	MN_S	CA	ALSOL	ALOXY	MO	ZN	AS	NB
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	0,0402	0,0171	2220,6	3,8693	0,0001	0,4491	0,0267	0,0039	0,0008	0,007	0,0001

Çizelge 4.11 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle üfleme sonrası Konverter element değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	TI	CO	W	PB	SN	ZR	SB	O	BSOL	BOXY	FE%
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	1,00E-04	0,0063	0,0001	0,0001	0,0031	0,0001	0,0007	0,016	0	0	99,0061

Çizelge 4.12 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle tıfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI	AL	V	B	N	CE	CU
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	4,299	0,7778	0,0695	0,0754	1,0904	0,0021	0,0146	0,0008	0	0	0,025
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	0,091	0,2221	0,0574	0,0069	0,0001	0,4758	0,0001	0,0001	0,006	0,1371	0,039

Çizelge 4.12 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle tıfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	NI	CR	MNSI	MN_S	CA	ALSOL	ALOXY	MO	ZN	AS	NB
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	0,031	0,0191	0	0	0	0	0	0,0003	0,0062	0,0056	0,0019
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	0,04	0,0171	2220,6	3,8693	0,0001	0,4491	0,0267	0,0039	0,0008	0,0069	0,0001

Çizelge 4.12 - 8336430 Nolu döküm Oksijenle tıfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri (devam)

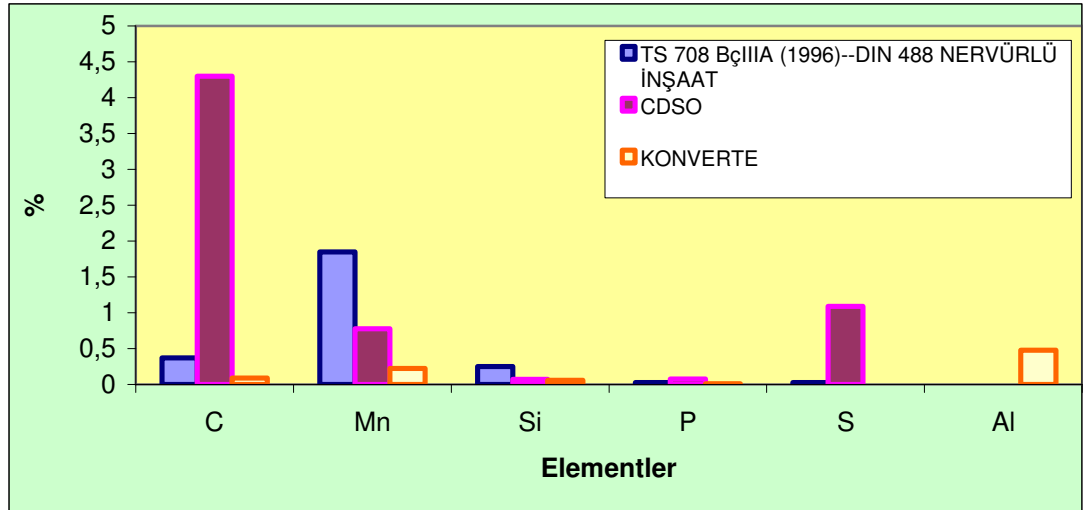
ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	TI	CO	W	PB	SN	ZR	SB	O	BSOL	BOXY	FE%
CDSO	01.09.2008/22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	0,039	0,007	0,0003	0	0,0037	0	0	0	0	0	93,5299
KONVERTER	01.09.2008/23:44	8336430	KV3_1	1.1421_01	1E-04	0,0063	0,0001	0,0001	0,0031	0,0001	0,0007	0,016	0	0	99,0061

Bu gözlemlerin sonuçlarının toplu bir değerlendirmesi de Çizelge 4.13.'te verilmiş olup Grafik 4.1.'de de Demir üretiminde etken olan 6 elementin durumlarının gösterimi yapılmıştır.

Çizelge 4.13. – 1.1421_01 kalite demirin CDSO ve Konverterdeki değerlerinin üçlü ortak gösterimi

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI
TS 708 BçIIIA (1996)--DIN 488 - NERVÜRLÜ İNŞAAT *				1.1421_01	0,37	1,85	0,25	0,025	0,02
CDSO	01.09.2008 22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	4,2988	0,7778	0,0695	0,0754	1,0904
KONVER TER	01.09.2008 23:44	8336430	KV3-1	1.1421_01	0,0906	0,2221	0,0574	0,0069	0,0001

* (Uluslar arası standartlara göre Çizelge 4.9.'da verilen C, Mn, S, P, Si, aralık değerleri Çizelge 4.13.'te ortalama değer olarak alındı.)



Grafik 4.1. - 1.1421_01 kalite demirin CDSO ve Konverterde, bileşenlerinin Oksijen üflemeyle bağlı olarak değişim grafiği

Çizelge 4.14 - 8336427 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI	AL	V	B	N	CE	CU
CDSO	01.09.2008/18:10	8336427	CDSO1-1	1.1421_01	4,2723	0,6579	0,959	0,067	0,6773	0,0024	0,0123	0,0005	0	0	0,0222
KONVERTER	01.09.2008/21:46	8336427	KV3_1	1.1421_01	0,0451	0,1216	0,0564	0,003	0,0001	0,4995	0,0001	0,0001	0,0042	0,3756	0,443

Çizelge 4.14 - 8336427 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	NI	CR	MNSI	MN_S	CA	ALSOL	ALOXY	MO	ZN	AS	NB
CDSO	01.09.2008/18:10	8336427	CDSO1-1	1.1421_01	0,0307	0,0182	0	0	0	0	0	0,0003	0,0608	0,0048	0,0017
KONVERTER	01.09.2008/21:46	8336427	KV3_1	1.1421_01	0,039	0,018	0,0001	21,56	0,0001	0,4436	0,0559	0,0049	0,0015	0,0059	0,0001

Çizelge 4.14 - 8336427 Nolu döküm Oksijenle üfleme öncesi (CDSO) ve sonrası (KONVERTER) Analiz değerleri (devam)

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	Ti	CO	W	PB	SN	ZR	SB	O	BSOL	BOXY	FE%
CDSO	01.09.2008/18:10	8336427	CDSO1-1	1.1421_01	0,0281	0,0069	0,000	0,0088	0,0036	0	0	0	0	0	94,282
KONVERTER	01.09.2008/21:46	8336427	KV3_1	1.1421_01	0,0001	0,0063	0,0001	1E-04	0,0031	0,0001	0,0003	0,0194	0	0	99,125

Çizelge 4.15. 8336430 Numaralı Döküme Ait Tüm Analiz Bilgileri

ANALİZ TİPİ	ANALİZ TARİHİ	DÖKÜM	NUMUNE	KALİTE	C	MN	S	P	SI	FE%
CDSO	01.09.2008 22:40	8336430	CDSO1-1	1.1421_01	4,299	0,778	0,07	0,075	1,09	93,53
KONV.	01.09.2008 23:44	8336430	KV3-1	1.1421_01	0,091	0,222	0,057	0,007	1E-04	99,006
ELEC.	02.09.2008 00:59	8336430	ELK-1	1.1421_01	0,342	1,149	0,04	0,013	0,176	98,076
KONT.	02.09.2008 02:15	8336430	KM2-1	1.1421_01	0,362	1,177	0,026	0,01	0,265	97,93
KONT.	02.09.2008 02:17	8336430	KM2-2	1.1421_01	0,361	1,176	0,027	0,01	0,263	97,997
			KONT.ORT		0,361	1,177	0,026	0,01	0,264	97,963

Grafik 4.1.'de verilen değerler Oksijenin Eriyik döküm üzerindeki etkisini gösterir tablodur. İlk bakışta CDSO ve Konverter değerlerinin istenen standartları sağlamadığı görülmektedir. Bunun da nedeni mevcut dökümün Oksijen üflemeyle ilgili olarak ilave gereksinimlere ihtiyaç duyup duymadığıdır. Bunlar ilave metaller, flakslar ve ferro alaşımlar olarak istenen kaliteye göre ilave edilir. Döküm daha sonra 2-3 aşamadan daha geçerek istenen bileşenler elde edilir. 8336430 nolu dökümünde tüm ısıtma işlemleri sonucu sahip olduğu ortalama değerler Çizelge 4.15.' te verilmiştir. Kükürt giderme anında %93 olan Demir (FE) oranı nihai üründe % 98'i bulmaktadır.

4.5.2.3. Tekrar Üfleme

Laboratuvarından gelen kimyasal analiz sonuçları normal üfleme sonrası çelik banyosunun istenilen özelliklere ulaşmamış olduğunu gösterebilir. Sıcaklık yüksek veya düşük kalıntı Mn, C, P veya S hedeflenen banyo değerinden sapmış olabilir. Sıcaklığın yüksek olması durumunda fırına soğutucu katılarak gerekli düzeltme yapılır. Banyo C, Mn, P ve S değerlerinin yüksek olması yeniden üfleme gerektirir.

Çizelge 4.16. Yeniden Üfleme Anında Lans ve Konverterin Durumu

Yeniden Üfleme nedeni	Lans Yüksekliği	Fırın Katkısı
Sıcaklık	Alçak	Yok
C’u Azaltmak için	Alçak	Yok
Mn’i azaltmak için	Yüksek	Yok
P’u azaltmak için	Yüksek	Cevher
S’ü azalmak için	Yüksek	Yanmış kireç veya florspar
Cüruf şekillendirme için	Yüksek	Florspor

Bu katıksı işlemlerle yeniden üfleme yapıldıktan sonra Laboratuvardan gelen kimyasal analiz sonuçlarına bağlı olarak fırındaki çeliğin döküme hazır olduğu veya bazı düzeltme işlemlerine ihtiyacı olduğu kararını izabeci verir. Eğer uygun ise yani karbon miktarı ve sıcaklık, hedef değerlerle yeterli derecedeki hassasiyetle çıkışıyorsa konvertör yatay pozisyona çevrilir. Üflemenin başlangıcında hesaplanmış Üfleme Sonu analizlerine dayandırılarak hesaplanmış alaşım ve deoksidasyon malzemelerinin bir ilk hesaplanması mevcuttur. Bu hesaba göre Fırın işletmecisi malzemeleri hazır eder ve konvertöre ‘hazır’ mesajı verir vermez potaya döküm başlar. Böylelikle BOF Prosesi tamamlanmış olur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerektirdiği enerjinin çok yüksek olması, yanma olayları sonucu çevreye attığı gazların zararlı olması, üretim ve süreklilik zorluğu gibi nedenlerden dolayı Çelik endüstrisi sıvı demiri elde etmede sürekli problemler yaşamıştır. Sektör bu problemleri aşabilmek, günümüz şartlarına ayak uydurabilmek ve piyasada rekabet gücünü elde edebilmek için değişik arayışlara girmiştir. Oksijenin kullanılması da bu döneme denk gelmektedir.

Ham demirin sıvı halindeyken arıtılmasının yolunu açan buluşlar geniş ölçüde dökme çelik üretimi olanağı ortaya çıkarmıştır. 20. yüzyılın başından itibaren elektrik fırınlarının da kullanılmaya başlanmasıyla dökme çelik üretimi artmıştır. Dökme çeliğin kullanılmaya başlanmasıyla da modern çelik yapı tekniği ortaya çıkmış ve bu alanda büyük ilerlemeler meydana gelmiştir. BOF Fırınlarında bunlardan biridir.

BOF sistematığının temelini oluşturan Oksijen ile ilgili olarak konu çalışmamızda da yaptığımız deneysel gözlemler sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde ortaya Oksijenin günlük hayatımızda kullandığımız hava içindeki değerinin yanında Çelik Endüstrisi için de ne kadar ciddi bir enerji kaynağı olduğu çıkıyor. İlave enerjiye ihtiyaç duymadan sadece elementlerle girdiği kimyasal tepkimeler sonucu meydana gelen ısı enerjiden ergitmede faydalanılıyor, dolayısıyla enerji maliyetlerinden tasarruf ediliyor. Ayrıca yakıcı özelliğinden dolayı mevcut yanma olaylarına ilave olarak şarj edildiğinde yanma olaylarının artışına sebep oluyor bu da Yüksek Fırınların yakma havasına ilave şarj örneğinde olduğu gibi aylık 24 tonluk bir üretim artışı ve bunun yanında maliyetlerde Toplam Sıvı Ham Demirde 2,5 \$'lık bir tasarrufla üretim artışı ve maliyet azalmasına yol açıyor. Daha fazla yanma ve aynı zaman aralığında daha fazla üretim eldesi sağlanıyor. Ayrıca Oksijenin, Sıvı Ham Demir karışımında bulunan zararlı maddeleri (karbon, kükürt, fosfor, bakır, arsen, azot vb.) belirli bir yüzdeye kadar BOF sistematığı sayesinde arıtıp uzaklaştırması olayları yapılan deneylerle rakamsal olarak da incelendiğinde %4,2 düzeyinde olan Karbon oranının, Oksijenle girdiği kimyasal reaksiyon sonucu %0,09 'lara kadar düştüğü görülüyor. Bu arada meydana gelen ısı, sıvı ham demirin sıcaklığını arttırıp ilave olarak dışardan herhangi bir enerjiye ihtiyaç bırakmıyor. Dolayısıyla Demir-Çelik üretiminde Oksijen kullanımının sürdürülebilir, ekonomik, temiz ve seri bir çelik üretimi akışına yol açtığı ifade edilebilir.

Global Dünyada hızla artan tüketim oranları beraberinde hızlı bir üretimin olmasını da gerekli kılmıştır. Dünya çelik sektörü artan bu talebe cevap verebilmek için durmaksızın çalışmaktadır. Ancak hammadde fiyatlarının yüksek seyrettiği günümüz şartlarında üretimin ekonomik olması kaçınılmaz bir mecburiyettir. Ayrıca yeterince kirlenen havamızın da daha fazla kirletilmemesi üreticiler tarafından dikkat edilmesi gereken bir gerçektir. Dolayısıyla oksijen bu sektör için artık kullanılması gerekli bir enerji kaynağı haline gelmiştir.

Bundan sonra bu konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalarda yakıcı bir gaz olan Oksijenin tez çalışmamda da gösterdiğim gibi yanmaya olan etkilerinden yola çıkarak, yanma olaylarının gerçekleştiği bir çok sistemde saf olarak kullanılabilmesinin araştırılması yapılabilir. Yakıt olarak kullanılan kimyasalların veya malzemelerin oranları ilave oksijen yoluyla düşürülebilirmi, çalışan sistemlerde gerek simülasyon sistemleri oluşturarak gereksede sistem üzerinde deneysel çalışmalar yaparak incelenebilir. Yüksek Fırınlara ilave Oksijen enjeksiyonu ile elde edilen karı gösterir çalışmada olduğu gibi bundan sonra yapılacak çalışmalarda da bu tür Oksijen ilaveleri ile ne gibi maliyet tasarrufları yapılabilir araştırılabilir.

Yatırım maliyetlerinin fazla olması, kullanım olanağı elde edebilmek için değişik teknolojilere ihtiyaç duyulması görünen dezavantajları olsada, gerek üreticiler açısından gerekse de tüketiciler açısından getirisi götürüsünden fazla olan bir element olan Oksijenin üreticiler tarafından daha fazla kullanılması gerekmekte ve bu durum ulusal devletler tarafından da teşvik yoluyla desteklenmelidir.

KAYNAKLAR ;

- Alanyali,H., Çöl,M. , Yilmaz, M., Karagöz ,Ş., 2008. Faculty of Engineering, Kocaeli University, Izmit-Kocaeli, **TÜBİTAK-TİDEB Project No: 980245-2** between Kocaeli University and Kardemir,Türkiye.
- Anonim, 2005. Demir Üretim, **Demir Çelik Üreticileri Derneği**, Türkiye.
- Anonim, 2008. www.wikipedia.com.tr
- Bodsworth B., 1987. Physical Chemistry Of Iron And Steel Manufacture,
- Buck, James R. Buck, Chee-Seng Ong, Kachitvichyanukul V., **SIMULATION**, Vol. 49, No. 5, 199-206
- B.O.F. Steelmaking Volume 1,2,3,4,5
- Dumont,J.- Fillon, Pvyassierre, B.Trentini,. 1989. **Continuous Carbon Determination in The Basic Oksygen Process**
- Mahieux P.-Y., Aubert, J.-E., Escadeillas, G., 2009, **Construction and Building Materials**, Volume 23, Issue 2, Pages 742-747
- Xue Y., Hou H., Zhu S., 2009. **Journal of Hazardous Materials**, Volume 162, Issue 1, Pages 391- 401
- Stone J., K., 1987, **Evolution From LD To Combined Blowing**
- Ward R. G.,1989, **An Introduction to the Physical Chemistry of Iron and Steel Making..**
- UNIDO, 2008. Zaporozhstal Steel Works, **Converter Steel Making Practise** <http://salus.zaporizhzhhe.ua>, Ukranya.
- UNIDO, 2008. Zaporozhstal Steel Works, **Production Of Steel In Oksygen Converters**, <http://salus.zaporizhzhhe.ua>, Ukranya.
- İsdemir Tanıtım El Kitabı, 2008. **İletişim Müdürlüğü**, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları, Türkiye.
- Erdemir Tanıtım El Kitabı, 2008. **Kalite Metalurji Müdürlüğü**, Ereğli Demir Çelik Fabrikaları, Türkiye.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana zaman ayıran, bilgi ve belgeleri paylaşmada kolaylık sağlayan İSDEMİR A.Ş. ailesine teşekkür ediyorum,

Mustafa Kemal Üniversitesinin değerli Öğretim Üyelerine ve özellikle de danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAPICI beye yapmış olduğu yönlendirmeler, yardımlar ve ayırdığı zamanlar için teşekkür ediyorum,

Ayrıca manevi desteğini esirgemeyen Eşim ve özellikle oğlum Fehmi BURAK'a teşekkür ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

1979 Elazığ'da doğdum. İlköğrenimimi Diyarbakır, Liseyi ise Ankara Atatürk Anadolu Lisesinde tamamladım. Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldum. İngilizce ve Almanca olmak üzere iki dil biliyorum. Bir yıl Adana Yüreğir Belediyesinde çalıştıktan sonra İskenderun Demir Çelik Fabrikalarında 2005 yılında işe başladım ve halen Sinter ve Hammadde Manipulasyon Müdürlüğünde Makina Mühendisi olarak çalışmaya devam ediyorum.