



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇELİK ÜRETİMİ SIRASINDA AÇIĞA ÇIKAN KONVERTER GAZININ
YAKIT OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

ALİ SALİM AKYOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA/HATAY

MART-2011

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK ÜRETİMİ SIRASINDA AÇIĞA ÇIKAN KONVERTER GAZININ
YAKIT OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

ALİ SALİM AKYOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ danışmanlığında hazırlanan bu tez 29/03/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA. Yrd. Doç. Dr. Emin ÜNAL

Başkan

Üye

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.....	2
2.1. Çeliğin Yapısı	3
2.1.1. Çelik Özellikleri	4
2.1.2. Çeliğin Kimyasal Özellikleri.....	4
2.1.3. Çeliğin Fiziksel Özellikleri.....	7
2.2. Çelik Üretimi ve Konverter Gazı Oluşumu.....	7
2.2.1 Çelik Üretim Yöntemleri.....	7
2.2.2. Çeliğin Eritilmesi.....	12
2.2.3. Deoksidasyon.....	13
2.2.4. Çelik Üretiminde Rafinasyon Reaksiyonları.....	15
2.2.5. Dekarbitizasyon.....	15
2.2.6. Konverter Gazının Oluşumu ve Kimyasal Özellikleri.....	19
2.3. Entegre Çelik Üretim Tesisinde Konverter Gazı Temizleme ve Kazanım Tesisi.....	19
2.3.1. Konverter Gazı Temizleme Tesisi.....	20
2.3.2. Kaba Partikül Temizleme Ünitesi.....	22
2.3.3. İnce Partikül Temizleme Ünitesi.....	23
2.3.4. Gaz Yönlendirme İstasyonu.....	25
2.3.5. Gaz Dağıtım ve Depolama İstasyonu	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1 Materyal.....	38

3.2 Yöntem.....	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Çelik Üretim Tesislerinde Konverter Gazı Kazanım Tesisi Analizi.....	39
4.2. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Özellikleri ve Maliyet Analizi.....	40
4.2.1. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Özellikleri.....	40
4.2.2. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Maliyet Analizi.....	42
4.3. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Çevre Analizi.....	45
4.4. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Gözlemleri ve Gerçekleşmeler.....	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	60
TEŞEKKÜR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ÖZET**ÇELİK ÜRETİMİ SIRASINDA AÇIĞA ÇIKAN KONVERTER GAZININ
YAKIT OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Demir-çelik sektöründe küresel rekabetin yıldan yıla arttığı günümüzde, diğer birçok sektöre göre daha yüksek maliyetli olan kaynakların etkin kullanılarak mümkün olan en fazla ve en katma değerli çıktıya dönüştürülmesi şirketlerin ayakta kalabilmesi için zorunluluk haline gelmiştir. Yüksek enerji fiyatları ve artan çevre baskıları sanayicileri enerji verimliliklerini artırmaya zorlamaktadır. Bu çalışmada, Çelik üretiminde geçmişten günümüze kadar kullanılan yöntemler, bu yöntemler içerisinde en gelişmiş ve dünyada en çok kullanılan yöntem olan Bazik Oksijen Fırınlarında (BOF) çelik üretim prosesi incelenecektir. Bazik Oksijen Fırınlarında üretilen çeliğin özellikleri, oksijenin miktarının ayarlanması, faz durumu, sisteme ekleme yöntemi, kimyasal tepkimelerinin oluşumu ve ortaya çıkardığı ısıl enerji, bu ısıl enerjinin kullanımı ve kontrolü, tepkimeler sonucu açığa çıkan gazların kullanım alanlarının ve çevreye etkilerinin irdelenmesi ve teorik, pratik uygulamalarının gösterilmesi bu çalışma ile hedeflenmiştir.

Demir ve Çelik üretiminde dünyada ve Türkiye 'de yaşanan gelişmeler ve bu gelişim süreci içerisinde yer alan tam entegre bir çelik fabrikasında uygulanan konverter gazı kazanım tesisi örnek verilecektir.

2011, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: Demir, çelik, konverter gazı

ABSTRACT**RELEASED DURING THE PRODUCTION OF STEEL CONVERTER GAS AS
A INVESTIGATE THE USE OF**

As the global competition in iron and steel industry becomes more violent day by day, the steel companies have to convert their costly resources to more and high value added output in order to compete in this severe environment. High cost of energy, and the increasing environmental pressures force the industrialists to improve their energy efficiencies. In this work, the different methods of steel production and the most technological and popular method of steel production, Basic Oxygen Furnace (BOF), will be discussed in detail. Properties of the steel produced in basic oxygen furnace, 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 used in industrial sectors like an energy source.

Recent developments in the iron and steel production in the world and in Turkey will be evaluated and examples of converter gas recovery plant will be given.

2011, 62 pages

Key Words: Iron, ,steel, converter gas

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CO	Karbon monoksit
BOF	Bazık oksijen fırını
mA	Miliamper
ml	Mililitre
SiC	Silisyum kalbür
SiO ₂	Silisyumdioksit
Fe ₂ O ₃	Demir (III) oksit
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
FeO	Demir oksit
MnO	Mangan oksit
OG	Konverter gazı
CaO	Kalsiyum oksit
⁰ C	Santigrad derece
TEP	Ton eşdeğer petrol

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa**

Çizelge 2.1. Ham çelik üretim miktarları	3
Çizelge 2.2. Ham çelik üretimi ve enerji tüketimi.....	3
Çizelge 2.3. Konverter gazı bileşenleri.....	19
Çizelge 4.1. Konverter gazı kazanım değerleri.....	42
Çizelge 4.2. 2010 yılı konverter gazı kazanımı ve çelik üretimi gözlemleri.....	44
Çizelge 4.3. Konverter gazı %CO ve kalori gözlemleri	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bessemer-Thomas yöntemi çelik üretimi	8
Şekil 2.2. Siemens- Martin yöntemi çelik üretimi	9
Şekil 2.3. Elektrik ark yöntemi çelik üretimi	10
Şekil 2.4. Oksijen üfleme yöntemi ile çelik üretimi	12
Şekil 2.5. Oksijen üflenmesi sürecinde çelik fırını içerisindeki oluşumlar	15
Şekil 2.6. Dekarbürizasyon oranı	18
Şekil 2.7. Konverter gazı temizleme ve kazanım tesisi	20
Şekil 2.8. Konverter gazı temizleme tesisi	21
Şekil 2.9. Kaba partikül temizleme ünitesi	23
Şekil 2.10. İnce partikül temizleme ünitesi	24
Şekil 2.11. Gaz yönlendirme istasyonu	26
Şekil 2.12. Gaz yönlendirme istasyonu by-pass vanası konumu	27
Şekil 2.13. Gaz yönlendirme istasyonu basınç kontrol vanası konumu	28
Şekil 2.14. Konverter gazı yakma bacası	29
Şekil 2.15. Üç yollu vana kapalı konumu	30
Şekil 2.16. Üç yollu vana açık konumu	30
Şekil 2.17. Su sızdırmazlı vana kapalı pozisyonu	31
Şekil 2.18. Su sızdırmazlı vana açık pozisyonu	32
Şekil 2.19. Gaz dağıtım ve depolama istasyonu	33
Şekil 2.20. Konverter gazı gazometresi	34
Şekil 2.21. Elektrostatik filtre	35
Şekil 2.22. Booster fan	36
Şekil 2.23. Booster fan karakteristik eğrileri	36
Şekil 4.1. Yeni teknoloji konverter gazı kazanım tesisi	40
Şekil 4.2. İSDEMİR konverter gazı kazanım tesisi	42
Şekil 4.3. İSDEMİR konverter gazı kazanım tesisi akış şeması	46
Şekil 4.4. Konvertere hurda şarjı	48

Şekil 4.5. Konvertere pik demir şarjı	48
Şekil 4.6. Konvertere oksijen üflenmesi	49
Şekil 4.7. Bir döküm süresince konverter gazı kazanımı	50
Şekil 4.8. 8 Saat boyunca konverter gazı kazanımı	51
Şekil 4.9. 24 Saat boyunca konverter gazı kazanımı	51
Şekil 4.10. Konverter gazı %CO ve kalori değişimi.....	53
Şekil 4.11. Konverter sublance ölçümü	54
Şekil 4.12. Sublance ölçüm eğrileri	55
Şekil 4.13. Sublance gaz eğrileri	55

1. GİRİŞ

Dayanıklılığı, güvenilirliği, yaygın kullanım alanı, çevre dostu özelliği ve birçok teknik üstünlüğü ile çağdaş toplum yaşantısının ayrılmaz bir parçası olan demir-çelik, geçmişten bu yana, sanayileşmenin temelini ve kalkınmanın itici gücünü oluşturan stratejik bir malzemedir. Bu önemli misyonu itibarıyla, uygulama alanlarını ve üretim teknolojilerini geliştirerek kendisini sürekli yenileyen demir-çelik endüstrisi yenedünya düzenine damgasını vuran en güçlü sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Yapısı itibarıyla enerjiyi en yoğun tüketen sektörlerden birisi olan demir-çelik endüstrisi üretim maliyetleri içerisinde %27-33 lük pay ile en büyük dilimi olan enerji maliyetleri ürün maliyetlerinin düşürülmesinde hedef alınan birincil kaynak olmaktadır (Anonim, 2006). Kullanılan enerjinin bir bölümünün sıcak gaz ve sıvılarla dışarıya atıldığı proseslerden oluşan demir-çelik sektörü; sıcak gaz ve sıvıların taşıdığı enerjiden yararlanılabilmek, yan ürün olarak ortaya çıkan gazların atmosfere atılmasını engellemek büyük önem arz etmektedir. Bu gazların geri kazanımı, gerek içerdikleri yüksek ısı gerekse yakıt olarak kullanılabilme özellikleri sayesinde petrol ürünü yakıtların kullanımını minimuma düşürmekte, çevre sağlığına fayda getirmekte ve nihai ürün maliyetini asgari düzeye çekmektedir. Demir-çelik sektöründe enerji girdisinin üretim maliyetleri içerisinde ağırlıklı payı sebebiyle enerjinin geri kazanımı ve verimli kullanımın geliştirilmesine yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Demir ve Çelik sektöründe yan ürün olarak ortaya çıkan ve klasik çelik üretimi sürecinde atmosfere atılan çelikhane konverter gazının geri kazanım yolları ve sürecin gereklilikleri incelenecek, elde edilen tasarrufun analizi detaylı olarak yapılacaktır. Son olarak, yatırımın çevre yönünden getirileri detaylandırılacak, çevre kuruluşlarının, yasaların ve yönetmeliklerin bu konuda ortaya koydukları cezai müeyyidelerin kapsamı açıklanarak, İSDEMİR' in bu yatırım sayesinde üzerinden atmış olacağı cezai durumlar incelenecektir (Yıldırım, 2005)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Demir ve çelik insanlık tarihinde çok eski devirlerden beri bilinmekle beraber, geniş ölçüde üretilemediğinden, iki yüzyıl öncesine kadar sadece silah ve eşya yapımında kullanılabilmektedir. 18. yüzyılda İngiltere’de, yüksek fırın yöntemiyle geniş ölçüde ham demir ve pik demir üretiminin başlamasından sonra, demirin yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi olanağı çıkmıştır. Demir malzeme kullanılarak inşa edilen ilk mühendislik yapıları köprülerdir. Daha sonraları, malzeme kalitesi geliştirildikçe, köprü yapımında kullanılmasına devam edilirken diğer taraftan da bina inşaatlarında kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan ilk malzeme pik demirdir. Pik demir kullanılarak inşa edilen ilk köprü 1778’de İngiltere’de Coalbrookdale Kasabası civarında, Severn Nehri üzerindeki yol köprüsüdür.

Bessemer (1855), Siemens-Martin (1864), Thomas (1879) yöntemlerinin bulunmasıyla ham demirin sıvı halindeyken arıtılması sağlanabilmiş ve geniş ölçüde dökme çelik üretimi olanağı ortaya 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 (Deren, 2008).

Ülkemizde modern anlamda demir-çelik üretimine yönelik girişimler, Cumhuriyet’in kuruluşundan sonra başlamış ve ilk demir-çelik tesisi, 1930’lu yıllarda Kırıkkale’de kurulmuştur. Ardından bütünleşmiş bir tesis olan Karabük Demir-Çelik Fabrikaları faaliyete geçmiştir. Özel sektörde ise ilk ark ocaklı tesis olan Melas, 1960 yılında üretime başlamıştır. Yassı ürüne yönelik ilk tesis olan ERDEMİR ise, 1965 yılında Ereğli’de üretime geçmiş, demir-çelik talebindeki gelişmeye cevap vermek üzere 1975 yılında İskenderun’da, İskenderun Demir-Çelik Fabrikaları üretime başlamıştır. 80’li yılların ilk yarısında, yeni ark ocaklı tesislerin üretime geçmesiyle, özel kesim Türkiye’nin demir-çelik üretimine ağırlığını koymuştur. Bugün Türkiye’de kapasiteleri 100 bin ton ile 3 milyon ton arasında değişen, toplam 21 adet ark ocaklı tesis ile, kapasiteleri 1 milyon ton ile 3,5 milyon ton arasında değişen, 3 entegre tesis ve 2 adet endüksiyon ocaklı tesisler mevcut olup tesisler de yapılan üretimler çizelge 2.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Ham çelik üretim miktarları (DÇÜD, 2010)

Ham Çelik Üreticileri			Ham Çelik Üreticileri		
Ton	Üretim 2009	Kapasite 2009	ton	Üretim 2009	Kapasite 2009
Entegre Tesisler			8	735.288	1.000.000
1 Erdemir	3.715.393	3.500.000	9 Habaş	2.438.070	4.800.000
2 İdemir	2.749.626	3.500.000	10 İçdaş	3.030.100	5.267.600
3 Kardemir	1.097.356	1.500.000	11 İzmir Demir Çelik	1.097.661	1.320.000
Endüksiyon Ocaklı Tesisler			12 Kaptan Demir Çelik	921.104	1.350.000
1 İnan Metalurji	93.075	200.000	13 Kroman	1.044.501	1.250.000
2 Bilecik Demir Çelik (*)	na	na	14 Mega Demir (*)	na	na
Elektrik Ark Ocaklı Tesisler			15 MKEK	2.277	60.000
1 Asil Çelik	45.117	485.000	16 Nursan Çelik	1.012.665	1.200.000
2 Çebitaş	111.050	750.000	17 Sider	700.920	720.000
3 Çantaş	93.922	172.000	18 Sivas Demir Çelik	409.857	450.000
4 Çolakoğlu	2.143.794	3.171.300	19 Tosyalı Demir Çelik (*)	na	na
5 Cer Çelik	285.419	850.000	20 Yazıcı Demir Çelik	1.011.054	1.000.000
6 Diler	1.304.530	1.500.000	21 Yeşilyurt	547.417	720.000
7 Ege Çelik	473.212	2.000.000			

Cevhere dayalı üretimin gerçekleştiği entegre tesislerde, yakıt olarak kullanılan kömür, fuel-oil, doğal gaz ve türevlerinin, toplam maliyet içerisindeki payı, %20 civarındadır. Hurdanın hammadde olarak kullanıldığı ark ocaklı tesislerde, elektrik enerjisi tüketimi, sanayi maliyetleri içinde, hammaddeden sonra ikinci sırada yer almakta olup ortalama %15 civarında bir paya sahiptir (Çizelge 2.2)

Çizelge 2.2. Ham çelik üretimi ve enerji tüketimi (DÇÜD, 2010)

	2000	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Ham Çelik Üretimi (bin ton/yıl)	5.229	6.392	7.178	7.562	9.000	12.000	15.000
Enerji Tüketimi (MCal/ton üretim)	6.842	5.277	5.139	5.139	5.009	4.750	4.650

2.1. Çeliğin Yapısı

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'dir.. İlave edilen maddeler ve etkileri şunlardır.

Krom: Çeliğin mukavemetini artırır.

Manganez: Mukavemeti arttırır, sıcakta işlenmesini kolaylaştırır.

Silisyum: Mukavemeti arttırır.

Molibden: Bilhassa yüksek sıcaklıklarda çeliğin mukavemetini arttırır.

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 başında 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 (Weimer,1993).

2.1.1. Çelik Özellikleri

Çelik seçimindeki temel etmenlerin başında çelik özellikleri gelir. Çelik seçimi, uygulamanın gerektirdiği özellik değerlerini karşılayacak en uygun çeliği bulma işidir. Çelik özellikleri bu kadar önemli olduğundan özelliklerin tanımlanması ve kısaca anlatılmasında yarar vardır. Bu özellikler:

- Kimyasal
- Fiziksel
- Metalbilimsel
- Mekanik
- Boyutsal ve
- Yapısal özelliklerdir.

2.1.2. Çeliğin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal özelliklerin tümü çeliğin kimyasal bileşimi temel alınarak incelenir. Çeliğin kimyasal bileşimi, çeliği oluşturan elementlerin oransal değerlerinin tümüdür. Her bir elementin çeliğin özelliklerini belli yönde azaltma ya da arttırma eğilimi vardır. Bir çeliğin özelliklerini incelerken, bileşimindeki elementleri teker teker ele alıp her birinin etkisini belirlemek gerekir. Alaşım elementi deyimi, çeliğin özelliklerini belirli yönde etkilemek amacıyla çelik bileşimine bilinçli ve ölçülü olarak alaşım katımları yapıldığında kullanılır. Hurda ya da katkı maddelerinden rastlantısal olarak çelik

bileşimine girmiş olan elementler alaşım elementi olarak değerlendirilmemelidir. Katışkı (impürite) deyimi, çeliğin bileşimine çelik üretiminde kullanılan hammadde ile katkı maddelerinden rastlantısal olarak girip üretim sırasında giderilememiş olan elementler için kullanılır. Buna karşın, elementlerin bir özelliği geliştirmek için bilinçli ve ölçülü katımları söz konusu olduğunda, bunları "katışkı" olarak değil, alaşım elementi olarak tanımlamak gerekir. Buna, kolay islenebilir çeliklerden (otomat çelikleri) örnek olarak verilebilir (Weimer,1993).

Bu çeliklerin talaşlı işlemlerinin kolay ve hızlı yapılabilmesi için bileşimlerine kükürt, fosfor, kurşun, telyum ya da bizmut ya ayrı ya da birlikte katılır. Bu durumda bu elementler, katışkı olarak değil alaşım elementi olarak değerlendirilmek durumundadır, örneğin, çoğu çeliklerde kükürt en çok % 0.050 S düzeyinin altında olsun istenir. Bu durumda kükürt çelik içinde bir katışkıdır. Halbuki kolay işlenir (otomat) çeliklerin bazılarında kükürt, çelik bileşimine % 0.35 S oranına dek bilinçli olarak katılmaktadır. Benzer biçimde bakırdan da söz edilebilir. Genellikle, yapı çeliklerinde bakırın en çok % 0,2 Cu düzeyini geçmesi istenmez, özellikle sıcak işlem görecektir çeliklerde yüksek oranda bakır bulunması onlarda, sıcak gevreklik adı verilen ve yüksek sıcaklıklarda işlem görürken çatlama ve yarıma biçiminde ortaya çıkan bir olgu doğurur. Hâlbuki atmosfer yenimine karşı direnci artırmak için açıkta kullanılacak boru çeliklerinin bazılarında % 0,5–1.0 Cu oranlarında bakır katılabilmektedir, ilk örnekte katışkı durumunda olan bakır, ikinci örnekte alaşım elementi olarak iş görmektedir. Hidrojen, çelik üretiminin çeşitli aşamalarında yapılan kimyasal çözümlenmelerde genellikle aranmayan, bakılmayan bir elementtir. Fakat çelik yapısında birkaç ppm (parts per million) düzeyinin üzerinde bulunursa, oluşturacağı hidrojen gazı kabarcıkları kılcal çatlaklara yol açarak çeliğin gevrekliğini artırır. Hidrojen gevrekliği diye bilinen bu olgu, uygulamada çok tehlikeli sonuçlar yaratabilir. Çelik üretiminde nemli, yağlı, gresli, boyalı vb. hidrokarbonlu hammadde ile katkı maddeleri kullanımından kaynaklanan hidrojen, çelik içindeki en tehlikeli katışkılardan biridir. Kalıntılar, çelik üretimi sırasında oksijen üfleme ve oksijen giderme işlemleri (deoksidasyon) ile daha sonraki döküm işlemi sırasında oksijen kapma sonucu sıvı çelik içinde oluşmuş ve yapıda kalmış olan kimyasal bileşiklerdir. Bunlar oksitler, sülfürler, oksisülfürler, alüminatlar ve silikatlar gibi değişik ve karmaşık bileşikler olabilir. Her bir türü ayrı etki göstermelerine karşın, bir genelleme ile değerlendirilecek olurlarsa, çeliğin

mekanik özelliklerini etkiledikleri ve en çok da enine çarpma direnci ile yorulma direncini bozdukları söylenebilir. Bu özelliklerin yüksek istendiği uygulamalarda, seçilen çeliğin içyapısı içinde kalıntıların olabildiğince düşük düzeylerde olması gerekir. Bunu sağlamak için bir yandan çelik üretiminde özel yöntemler uygulanması zorunludur; diğer yandan da çelik kullanıcısı, üreticinin sağladığı çeliğin bu özellikleri tutup tutmadığını saptayacak deneyleri yapmaya hazır olmalıdır (Weimer,1993). Yapılarında katışkı ve kalıntıların en az oranlarda bulunduğu çelikler, temiz çelikler olarak adlandırılır. Havacılık ve uzay sanayisinde kullanılan çeliklerin, beklenmeyen facialara yol açmamak için, temiz çelik olarak özenle seçilmeleri ve üretilmeleri zorunludur.

Temiz çeliklerin üretimleri, temelde, oksit ve sülfürlerden oluşan kalıntıları en az düzeye indirecek yöntemleri içerir. Vakum altında eritme, vakum altında gaz giderme (degazlama), dışık (cüruf) altında eritme v.b. yöntemler temiz çelik üretiminde uygulanan yöntemlerin bazılarıdır. İçyapı (mikro yapı), çeliğin mikroskop altında 50'den çok büyütmelerde görülen yapıya verilen addır. Çıplak gözle ya da 10 kere büyütmeye dek gözlemlenen yapıya ise kaba yapı adı verilir, içyapı incelemeleri, bize tane sınırları, tane büyüklüğü, çelik yapısını oluşturan evreler (fazlar) gibi çeliğin içyapısının bileşenleri hakkında bilgi verebilir. Çeliğin en önemli özelliklerinden biri olan sertleşebilirlik de kimyasal bileşim ayarlaması ile sağlanır. Alaşım elementlerinin en etkinleri bor, krom ve molibden metallere dir. Görüldüğü gibi, içyapı ile kimyasal bileşim karşılıklı etkileşim içindedir. Bu nedenle, içyapılar hem çeliklerin özelliklerini yaratan temel nedenlerin belirlenmesi ve hem de çeliklerin yapılarından kaynaklanan sorunların çözümlenmesi bakımından çok önemlidirler. Kimyasal bileşim ile çeliğin içyapısı, içyapı ile de özellikler arasında var olan bağıntılar, çelik üretiminde denetimi ve ayarı daha kolay yapılabilen kimyasal bileşim yoluyla çelikte istenilen özelliklerin yaratılmasını sağlar. Alaşım elementleri, çeliğin ferrit ya da ostenit evresini daha dengeli kılmalarına bağlı olarak ferrit oluşturucular ve ostenit oluşturucular diye adlandırılır. Mangane ve nikel ostenit oluşturucu elementlerdir; krom, vanadyum, molibden, volfram elementleri ise karbür yapıcılıklarının yanı sıra ferrit oluşturucu olarak da bilinirler. Birikim olgusu (segregasyon) alaşım elementleri, katışkı ve kalıntıların tane sınırı, dallantı (dendrit) sınırı v.b. yerlerde katılma ya da ısıl işlem sırasında, kimyasal bileşimin ortalama değerlerinden sapacak düzeylerde,

toplanmalarıyla ortaya çıkar. Birikim sonucu oluşan nesne topluluğuna birikinti adı verilir. Çelik yapısı içinde fosfor birikintiler, sülfür birikintileri v.b. katışçı birikintileri olabildiği gibi, alaşım elementlerinin ve kalıntıların da birikintileri olabilir. Çelik yapısı içinde birikintilerin bulunması hem içyapının eş dağılımlılığını ve hem de özelliklerin eşyönlülüğünü (izotropi) bozar. Bu nedenle, kimyasal bileşim, katılaşma koşulları ve ısıtma işlem koşullarıyla birlikte çeliklerin özelliklerini bu yönden de etkiler (Pengelly,1993).

Yenim (korozyon) direnci, çeliğin içinde bulunduğu ortamda kimyasal ya da elektrokimyasal etkileşim sonucu bozulmaya karşı gösterdiği direnmedir (Kılık, 2001).

Yenim direnci, özellikle, kimyasal ya da elektrokimyasal etkileşimin yüksek olduğu yenimli ortamlar içinde çalışan parçalar için çok önemlidir. Yenim olgusu birçok biçimde oluşur. Çoğu mühendis "yenim" deyince yalnızca çeliğin paslanmasından söz edildiğini sanır. Pas, belli tür bir yenimin yan ürünüdür. Yenimin türü ne olursa olsun, bu olgunun sonunda çelikte bir bozulma olur. Bu bozulma bazı durumlarda ağırlık azalması, bazılarında ağırlık artması ve diğer bazılarında ise mekanik özelliklerde bozulma biçiminde gelişir. Olağan oda atmosferinde de çoğu çelikler paslanabilir (Rothery, 1981).

2.1.3. Çeliğin Fiziksel Özellikleri

Çelik uygulamalarında geçerliliği olan fiziksel özellikler doğrudan uygulama gereklerine bağlı olarak önem kazanır. Fiziksel özellikler, genelde, ısıtma özellikleri, elektriksel özellikler, mıknatıssal özellikler ve yoğunluksak özellikler olarak alt bölümlere ayrılırlar. Fiziksel özellikler çelik seçiminde çok özel uygulamalar için önem kazanırlar. Genellikle, en önce değerlendirilen özellikler değillerdir.

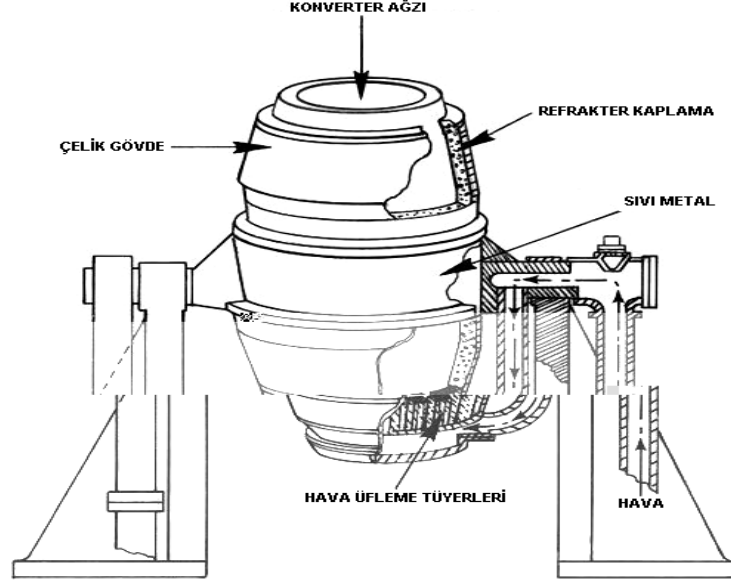
2.2. Çelik Üretimi ve Konverter Gazının Oluşumu

2.2.1. Çelik Üretim Yöntemleri

- **Bessemer-Thomas Yöntemi**

Bessemer Konverteri 1813–1898 yılları arasında yaşamış İngiliz Henry Bessemer'in 1856 yılında bulduğu ve kendi ismini vermiş olduğu yumurta şeklinde ve

etrafında kil ve ya dolomit astarlı bir yüksek fırındır. Konverterin alabildiği yük hacmi 8–30 tona kadar değişmekte normal yükleme 15 ton civarında yapılmaktadır.



Şekil 2.1. Bessemer-Thomas yöntemi çelik üretimi (Anonymous, 2010)

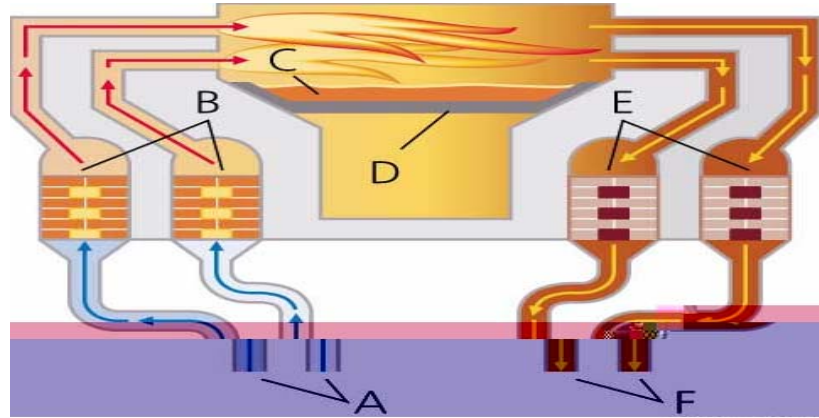
Fırının üst tarafında teknenin gövdesine bağlı olarak bir tarafa doğru eğilmiş yamuk açık bir alan mevcuttur, alt kısmı ise havanın üflendiği delikli kanallardan oluşmaktadır (Şekil 2.1). Tekne komple bir mil üzerine oturtulmuştur ki bu sayede ergimiş çelik elde edilmesinden sonra tekrar ağız döndürülerek yeni sıvı ham demir ilave edilebilir. Oksitleme işlemi boyunca çelik üretiminde istenmeyen maddeler gaz veya katı curüf şeklinde silikon manganez ve karbon oksit şeklinde ortamdan uzaklaşır. Fakat bir miktar fosfor ve kükürt yanmadan çelik üretiminde bulunmaktadır. Bessemer Konverter sayesinde çelik üretimi kullanılan ham demirin %50 mertebelerine çıkmıştır. Önceleri çeliği sıvı halde tutmayı başaramayan fırınlar bu yöntemle hem istenmeyen maddeleri yakmayı hem de bu yanan maddelerden açığa çıkan enerji ile çeliği sıvı halde tutabilmeyi başarmıştı. Önceleri çok uzun ve pahalı olan çelik elde etme yöntemi artık hızlanmış ve daha ucuz hale gelmiş bu sayede çelik kullanımı da üretim sektöründe yerini almıştır. Henry Bessemer'in bulmuş olduğu fırın sayesinde çelik üretimi hızlanmış ve artmış olsa da yakmayı başaramadığı fosfor ve kükürt çeliğin istenilen özelliklerde üretilmesini zorlaştırıyordu. Bu durumu 1850–1885 yılları arasında yaşamış yine İngiliz mucit Sidney Gilchrist Thomas'ın, 1876 yılında Bessemer Konvertöründe

kullanılan asit astar yerine bazik dolomit astar kullanarak bu sorunu ortadan kaldırmış ve ham sıvı demiri büyük ölçekte yakmayı başarmıştır (Anonymous, 2010).

Bulunan yüksek çelik üretme yüksek fırını ve daha sonra yapılan astar değişikliği ile bu fırının son halini alması çelik elde hızını öncekinden çok daha fazla arttırmış ve çelik alaşımının kullanım alanlarını çok geliştirmiştir. Hızlı üretimle elde edilen çeliğin kalitesinin yetersizliği nedeniyle çok uzun ömürlü olmamış piyasadaki yerini daha yavaş ve kaliteli çelik elde edilmek üzere Siemens - Martin fırınının 1863 yılında geliştirdiği yönteme bırakmıştır (Anonymous, 2010).

- **Siemens- Martin Yöntemi**

1850'lerde ve 1860'larda William Siemens ve Pierre Emile Martin'in konuyla ilgili çalışmalarıyla geliştirilmiştir. Çelik, sabit veya yana devrilebilir 100 ile 300 tonluk fırınlarda ergitilir. Fırın, büyük bir yüzey ve küçük banyo derinliğine sahiptir. Fırın büyük bir yüzey ve küçük banyo derinliğine sahiptir. Fırının taban yapısı ateşe dayanıklı tuğla üzerine sıkıştırılmış bazik maddelerden, tavan yapısı ise yüksek ateşe dayanıklı krom-manyezit tuğlalardan meydana gelmektedir (Şekil 2.2 D Bölgesi). Önceden ısıtılmış gazın (Şekil 2.2 A Bölgesi ve B Bölgesi), yine önceden ısıtılmış hava ile yakılması sonucu oluşan bir alev gerekli ısıyı üretir ve 1700°C'a varan bir sıcaklık verir (Şekil 2.2 E Bölgesi).



Şekil 2.2. Siemens- Martin yöntemi çelik üretimi (Anonim,2011)

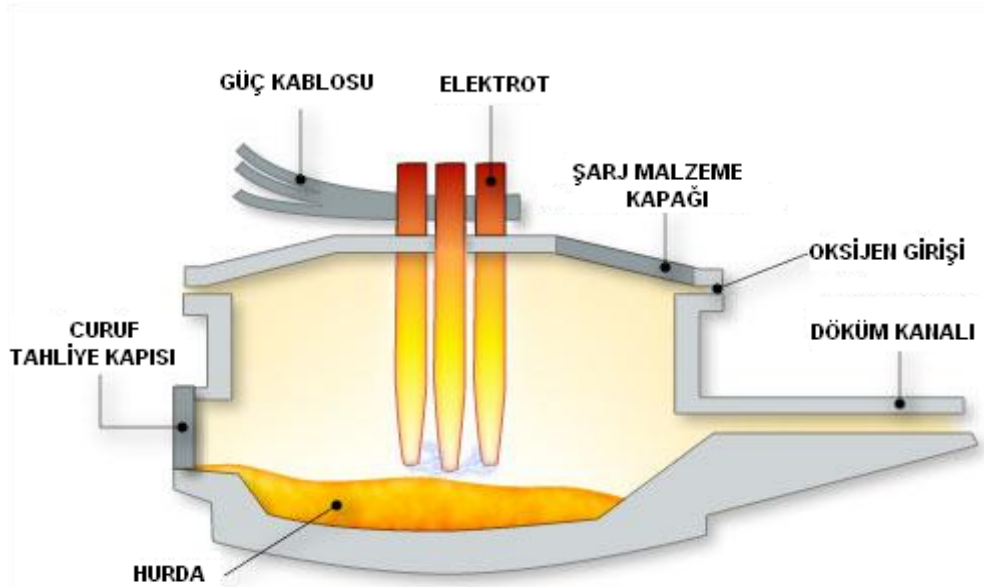
Ön ısıtma ızgaralı ön odalarda sıcak baca gazları ile olur. Modern tesislerde soğuk hava ve yanıcı yağ ile çalışılır ve bu nedenle her iki tarafta da yalnız birer ızgaralı

ısıtma odası gerekir Kuvvetli parlayan alev, tavana zarar vermemesi için sıvı üzerine eğik olarak gelir.(Şekil 2.2)

Şarj yapılan taraftan açılan kapıdan hurda, cevher ve ham demir yüklenir. Akıtma işlemi, diğer kenardan akıtma deliğinden döküm tavalarına boşaltma işlemi ile yapılır (Şekil 2.2 C Bölgesi). Isıtma gazı ve baca gazı sıra ile dar kenarlardan sisteme verilir ve sistemden uzaklaştırılır (Şekil 2.1 F Bölgesi) (Anonim,2011).

- **Elektrik Ark Yöntemi**

Elektrik ark ocakları çelik üretiminde hurdalardan yararlanmayı sağlayan tek yöntemdir. Hurdalar ocağa konduktan sonra kapağı kapatılan ocağın içine yukarıdan üç elektrot indirilir. Üç fazlı akımın hurdalar üzerinde elektrotlar arasında geçmesi sonucunda oluşan ısı hurdaların ergimesini sağlar. Metal ergimiş durumdayken ocağa oksijen üflenerek çelik saflaştırılır. Bu arada istenen alaşım değerlerine ulaşmak için metaller eklenir. Elektrotlar çıkartıldıktan sonra alaşımın kimyasal açıdan kontrolü için ocak içine kireçli cüruf eklenir. Metal ergimiş durumdayken de potalara akıtılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Elektrik ark yöntemi çelik üretimi (Anonim, 2011)

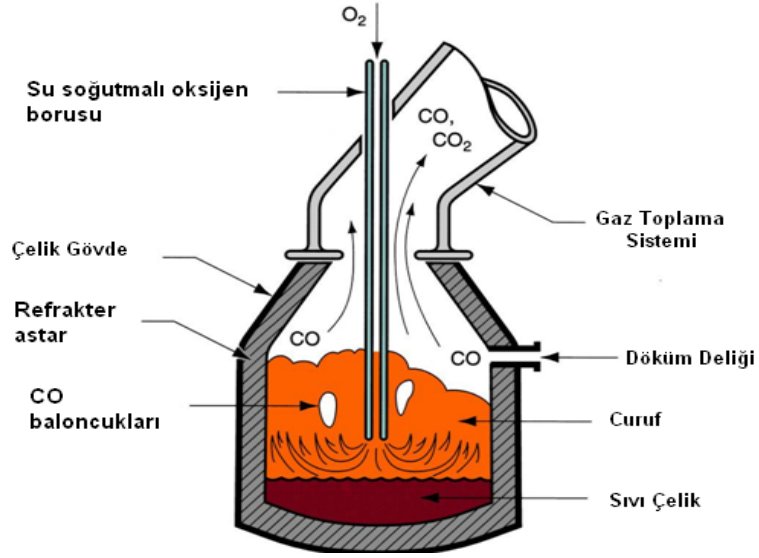
Modern ark ocakları her seferde 150 tona kadar hurda işleyebilir. Bir ergitme yaklaşık 90 dakika sürer. Bu işlemde kullanılan enerji ile 25.000 evin aydınlatma

gereksinimi karşılanabilir. Ancak bu değer alternatif çelik üretim metotlarına kıyasla düşük bir değerdir. Öyle ki elektrik ark ocaklarında bir ton çelik için yaklaşık 7,5 gigajoule enerji kullanılırken yüksek fırın yönteminde 16,5 gigajoule sarfiyat yapılır (Anonim,2001).

- **Oksijen Üfleme Yöntemi**

Bazı oksijen fırını (konverter) ile çelik üretimi Dünya' da çelik üretimi yöntemi olarak kullanılan araçlardan bir tanesidir. Bu sistemin kullanılması yüksek fırın tarafından üretilen sıvı ham demirin oksijen üflenerek sıvı çeliğe dönüştürülmesi esasına dayanır. Üfleme süresi 15–20 dakika arasındadır. Bu sürede ham demir içerisindeki mangan silis karbon gibi elementler indirgenir. Konvertöre şarj edilen ham demir içerisindeki yoğunlaşma yüksek fırınlarda kullanılan cevher özelliklerine göre değişiklik gösterebilir.

Konvertörün, dışı çelik sac, içi magnezitveya dolomitik refrakter tuğlayla örülmüş. Kapasitesi yaklaşık 200–300 ton arası sıvı çelik olup, işlem süresi 30 dakikadır. Yüksek fırından alınan demir (pik demir) %4'ten fazla C ile %0.3-1.3 Si, %0.5-2 Mn, %0.1-1 P ve %0.02-0.08 S içerir. Dökme demir ve çelik üretimi için ilave rafine işlemleri gerekir. Tipik BOF 5m çapında olup bir defada 150-200 tonu işleyebilir. Çelik üretim tesislerinde ergiyik pik demir yüksek fırından alınıp BOF'ına taşınır. Hammadde olarak hurda demir-çelik de kullanılır. Ayrıca kireç (CaO) ilave edilir. Yüklemeden sonra saf oksijen borusu fırına daldırılır. Bu borunun alt ucu ergiyik demir yüzeyinin 1.5m üzerinde olacak şekilde ayarlanır. Saf O₂ borudan yüksek hızda üflenir. Bu da ergiyik havuzun yüzeyinde yanma ve ısınmaya yol açar. Fazla C sıvı çelikten uzaklaşır; Si, Mn ve P gibi safsızlıklar oksitlenir. İşlem esnasında demirdeki karbon içeriği zamanla yaklaşık olarak doğrusal bir şekilde azalır. Bu da C seviyesinin çelikte daha iyi denetimini sağlar (Şekil 2.4). Rafine işlemi bittikten sonra ergiyik çelik alınır, alaşım elementleri ve bazı ilaveler ergiyik çeliğe katılır ve sonra da cüruf alınır. 200 ton çelik 20 dakikada işlenebilir. Tüm çevrim ise 45 dakika alır. Daha yeni BOF uygulamalarında oksijen üstten değil fırının altına yerleştirilen borulardan üflenir. Bu, geleneksel BOF yöntemine göre daha iyi bir karışım sağlar, işlem süresini kısaltır (3 dakika kadar), karbonu daha düşük seviyelere çeker ve yüksek ürün sağlar (Anonim, 2010)



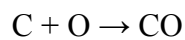
Şekil 2.4. Oksijen üfleme yöntemi ile çelik üretimi (Anonymous, 2010)

2.2.2. Çeliğin Eritilmesi

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. 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.

İşlenebilirliği 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 tutulmasındaki amaç;

- Karbon miktarını istenilen çelik cinsine göre azaltmak,
- Büyük miktarda fosfor uzaklaştırılırken, silisyum ve manganın okside edilmesini sağlamaktır.



(1.1)

Isıl işlemde meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucunda karbon azalmakta ve oluşan karbon monoksitin (CO) büyük kısmı da gaz halinde uçmaktadır (1.1). 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.

2.2.3. Deoksidasyon

Sıvı çeliğe karbon monoksitten daha kararlı oksitler oluşturarak çözünen oksijen miktarını azaltan element veya elementler bileşiminin ilave edilmesidir. Oksijen ile çelik üretim prosesinde çelik üretimi için gerekli hammaddeler şunlardır. Yüksek fırından sıcak metal, çelik hurdası, ve/veya herhangi bir demir kaynağı (DRI gibi) cevher (Fe_2O_3) ve Yanmış kireç (CaO), Dolomit kireç (CaO-MgO), Dolomit taşı ($CaCO_3$ -MgCO₃) ve Fülüşpat (CaF₂).

Hurda kutusu ile şarj edilen hurda fırına ilk şarj edilecek malzemedir. Bundan sonrada bir potadan fırına sıcak metal dökülür ve bunu takiben oksijen üflemesi başlatılır. Genellikle parça formundaki flakslar oksijen üflemesi başladıktan sonra bir bunker sistemi vasıtasıyla fırına şarj edilir. Flakslar fırın içine, taban tüyerleri vasıtasıyla toz formunda da enjekte edilebilir. Çelik üretim prosesinde kullanılan ham maddelerin kompozisyon ve miktarları o bölgede mevcut olmalarına ve prosesin ekonomisine bağlı olarak bir tesisten diğerine farklılık gösterir. Oksijenle çelik üretim prosesinde kullanılan temel ham maddeler aşağıda tanımlanmıştır.

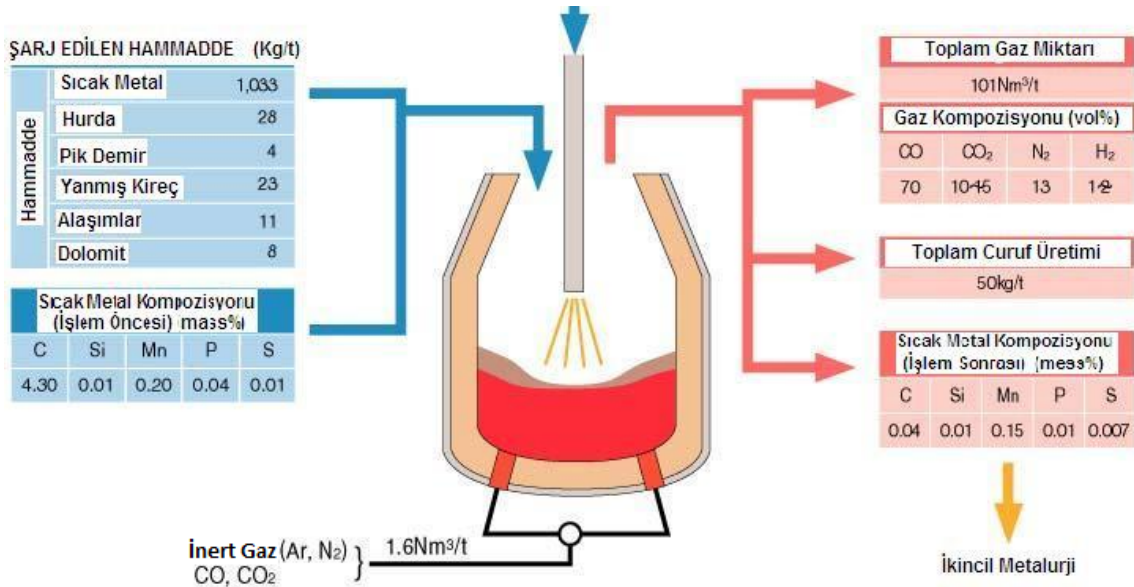
- 1- Sıcak Metal
- 2- Hurda
- 3- Yüksek metalikli alternatif şarj malzemeleri
- 4- Oksit ilaveleri
- 5- Flakslar
- 6-Oksijen

Çelik potada iken ve henüz döküm işlemine başlamadan evvel oksijeni açığa çıkarmak veya çözmek için oksijene karşı afinitesi olan maddeler eklendiği takdirde, sıvı haldeki çelikte yürütülen ısıtma işlemleri sırasında oluşan gaz halindeki karbon monoksitin miktarı artar ve oluşumun yoğunluğuna bağlı olarak banyoda şiddetli hareketlenmelere neden

olur. Katı eriyik kaynamaya başlar. Bu durumda elde edilen çeliğe “gazı alınmamış çelik” veya “dinlendirilmemiş çelik” adı verilir. Bu nitelikte bir çeliğin kalıplara döküldükten sonra hızlı bir şekilde katılaşması durumunda, öncelikle karbon miktarı düşük ve metalurjik açıdan çok saf bir dış yüzey elde edilir. Gazı alınmamış çeliklerde bu tür dış yüzey oluşumu çeliğe soğuk sekil verme kolaylığı sağlamaktadır. Sözü edilen bu dış yüzey tabakasının yüksek miktarda saflık derecesine sahip olması nedeniyle çeliğin galvanizlenmesi, emaye ile kaplanması vb. kaplama işlemlerine tabi tutulması daha uygun hale gelmektedir. Katılaşma süreci hızlı seyrettiğinden karbon monoksit tamamen uçmamakta ve katı haldeki çeliğin yüksek saflık derecesine sahip dış yüzey tabakasının hemen altında gaz kabarcıkları oluşmaktadır. Karbonla birleşmeyen oksijen, FeO-MnO bileşiğine ait kristalleri oluşturmaktadır. FeO-MnO bileşiğinden ayrılan kristaller malzeme özelliğini etkilerler. Sıvı haldeki çelik, içerdiği karbon ve mangan miktarına bağlı olarak sadece belirli şartlar altında gazı alınmamış olarak kalıplara dökülebilir. CO oluşumu için yeterli miktarda serbest oksijen bulunmadığı takdirde, yaklaşık % 0.15’in üzerinde karbon miktarı ve % 0.50’nin üzerinde mangan katkısı, CO oluşumunu ve böylece de çeliğin kaynamasını çok az miktarda etkiler. Çelik mutlaka deokside olmalıdır, diğer bir deyimle gazı alınmalıdır. Çeliğe oksijenle kolay birleşebilen, oksijeni kısmen veya tamamen bağlayabilen maddeler ilave edilir. En bilinen deoksidasyon maddeleri silisyum ve alüminyumdur. Oksijenle kolayca birleşebilen diğer maddeler ise mangan, krom, titan ve zirkonyumdur. Öte yandan bunlar alaşım için kullanılan katkı maddeleridir. Bu nedenle, bu maddeleri ilave etmeden önce oksijenle silisyumun ve/veya alüminyumun tamamen birleşmesini sağlamak gerekir. Böylece oksidasyondan ve bunun sonucunda bu katkılardan oluşabilecek bir kayıptan kaçınabilmek mümkün olacaktır. Oluşan oksitler katı ve sıvı parçacıkları oluşturacak, bunlar giderek koyulaşarak eriyik içinde yukarı doğru yükselecek ve cüruftan ayrılarak çözüleceklerdir. Kazana veya potaya deoksidasyon maddelerinin ilavesi alışıl gelmiş şekilde bir boru vasıtasıyla gerçekleştirilir. Eğer oksijenle silisyum ve alüminyum birleşmiş ise bu durumda da çelik “gazı alınmış” diğer bir deyimle “dinlendirilmiş” olarak tanımlanır. (Hjalkanen, 2004)

2.2.4. Çelik Üretiminde Rafinasyon Reaksiyonları

Üfleme sırasındaki oksidasyon reaksiyonları, flaks ve hurdayı eritmek ve çelik üründe istenen sıcaklığa ulaşmada gerekecek enerji sağlar. Ekzotermik reaksiyonlar sonucunda açığa çıkan bu enerji, yüksek üretim oranlarında çelik rafine edebilecek miktardadır. Oksijen lansından çıkan süpersonik hızlardaki oksijen; Sıvı metal yüzeyine enjekte edildiğinde, oksijen jetinin darbesiyle banyo yüzeyinden koparılan metal damlacıklarıyla ve sıvı cürufyla bir emülsiyon teşekkül ettiren çok büyük miktarlarda gaz çıkar. Şekil 2.5'te gösterilen bu gaz –metal-cüruf emülsiyonu, rafinasyon reaksiyonlarının oranını artıran büyük yüzey alanı oluşturur. Oluşan bu büyük yüzey alanlarını dolduran Oksidasyon ve dekarbürizasyonla açığa çıkan CO gazıdır. Konverterde Rafinasyon sırasında şarj edilen malzemeler ve reaksiyonlar sonucunda oluş maddeler Şekil 2.5 de belirtilmiştir (Arısoy, 2001).



Şekil 2.5. Oksijen üflenmesi sürecinde çelik fırını içerisindeki oluşumlar (Anonymous, 2010)

2.2.5. Dekarbürizasyon

Çelik yapımında en önemli reaksiyon dekarbürizasyondur. Bu sadece proses zamanını belirlemekle kalmaz aynı zamanda verimi ve rafinasyonu etkileyen cürufun FeO miktarını da belirler. Bir oksijenle çelik yapım fırınına oksijen enjekte edildiğinde büyük miktarda gaz çıkar ve bu emülsiyona uğramamış cüruf ve metalden üç ile dört kat daha büyük bir gaz metal cüruf emülsiyonu oluşur.

Kimyasal reaksiyonlar emülsiyon içerisindeki metal damlacıkları cüruf ile gaz arasında meydana gelir. Bu reaksiyonlar laboratuvar ortamında x-ray teknikleri kullanılarak gözlemlenmiş ve çoğu durumda gaz fazının (CO) cüruf ve metali ayırdığını ve gaz ara reaksiyonlarının dekarbürizasyonda rol aldığına işaret etmiştir.

Oksijen sıvı bir demir karbon alaşımına ilk temasında her ne kadar termodinamik olarak karbonla reaksiyon desteklense bile denklem 2.1' e göre öncelikle demirle reaksiyona girer. Bu demirin karbonla karıştırıldığında ortamda daha bol olmasından kaynaklanır. Sıvı metaldeki karbon daha sonra ara yüze yayılarak denklem 2.2' ye göre FeO' i redükler. Net reaksiyon karbonunun oksidasyonu ise reaksiyon 2.3' e göre gerçekleşir (Fruehan, 1998).



Bununla beraber karbon, sadece yüzeye transfer edilebildiği kadar hızlı oksitlenebilir. Yüksek karbon miktarlarında, kitle transfer oranı yüksek olur şöyle ki FeO çoğunluğu redüklenir ve dekarbürizasyon oranı oksijen besleyebilme oranıyla 2.4 de göre kontrol edilebilir.

$$\frac{d\%C}{dt} = -\frac{N_{O_2} M_C^{100}}{W} (f + 1) \quad (2.4)$$

Burada N_{O_2} = Mol cinsinden oksijen akış oranı

M_C = Karbonun molekül ağırlığı (12)

W = Çeliğin ağırlığı f = Üretilen gazın CO halindeki fraksiyonu; geriye kalan CO_2 dir ve F ; 0,8 ile 1 arasındadır.

Kritik bir karbon miktarının altında kitle transfer oranı enjekte edilen bütün oksijenle reaksiyon için yeterli olamamaktadır. Bu durumda dekarbürizasyon oranı aşağıdaki formüle göre gelişir.

$$\frac{d\%C}{dt} = \frac{P}{W} (\%C - \%C_C) \sum_i m_i A_i \quad (2.5)$$

P= Çeliğin Yoğunluğu

$\%C_c$ = reaksiyon(2.5)için curufla denge karbonu ve bu değer sifira yakındır.

m_i = belli reaksiyon bölgesi için kitle transfer katsayısı,

A_i =belli reaksiyon bölgesi için metal –FeO yüzey alanı

Sadece üstten üfleli proseste reaksiyon, emülsiyon içine fışkırtılmış metal damlacıklarıyla curuftaki FeO arasında meydana gelir. Alttan üflemede ise emülsiyon daha azdır ve reaksiyon metal banyo ile içinde FeO barındırarak yükselen kabarcıkların ara yüzünde meydana gelir. Kritik karbon,(2.5) ile verilen oranlar eşit olduğundaki değerdir ve tipik olarak yaklaşık %0.3 C dur.

A_i ve m_i nin gerçek değerleri bilinmemektedir, bu nedenle tümü kapsayan bir dekarbürizasyon sabit (k_c) tarif edilebilir ve kritik karbon miktarının altında oran 2.6 ve 2.7 ile belirlenir.

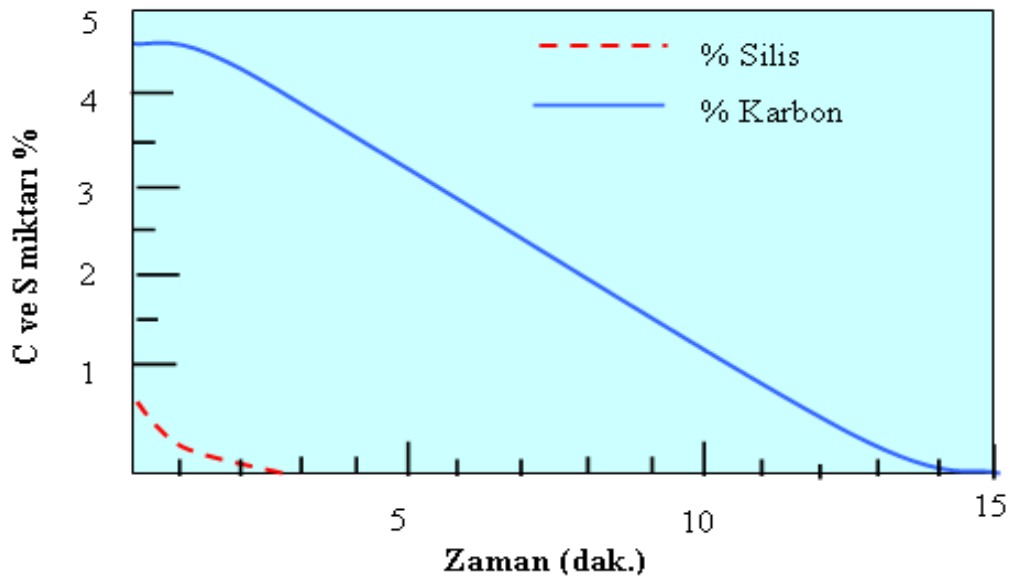
$$k_C = \frac{P}{W} \sum_i m_i A_i \quad (2.6)$$

$$\frac{d\%C}{dt} = -k_C (\%C - \%C_e) \quad (2.7)$$

$$\ln \frac{(\%C - \%C_e)}{(\%C_C - \%C_e)} = -k_c (t - t_c) \quad (2.8)$$

Buradaki t_c kritik karbon miktarının elde edildiği zamandır. Denge karbon miktarı($\%C_e$) sifira yakındır. Bununla beraber çelik yapımında $\%C_e$ için yaklaşık 0.01 ile 0.03 civarında kritik bir limit vardır.

k_c değeri üfleme ile artar. Açığa çıkan damlacıklar ve gaz baloncukları artar. Aynı zamanda k_c formül 2.8 te belirtildiği gibi çelik miktarıyla azalır. Gerçek proseslerde üfleme miktarı çelik miktarıyla orantılıdır. Bu nedenle çoğu oksijenle çelik üretim operasyonlarında k_c nin benzer değeri vardır. Üstten üfleme için k_c yaklaşık 0.015 s^{-1} ve alttan üfleme için yaklaşık 0.017 s^{-1} dir. Kritik karbon miktarı değerleriyle aynı şekilde benzerdir ve %0,2 ile % 0,4 C aralığındadır. Tipik bir çelik üretim prosesi için dekarbürizasyon oranı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Dekarbürizasyon oranı (Anonim, 2009)

Oksijen ve Çelik Üretim Prosesinde Çeliğin Hesaplanan Karbon Miktarı silikonun oksitlendiği başlangıç evresinde dekarbürizasyon oranı düşüktür. k_c nin değeri altta üflemede daha yüksektir. Çünkü karıştırma daha şiddetlidir ve reaksiyon cüruf metal emülsiyonunda olduğu gibi yükselen baloncukların ara yüzünde de meydana gelir.

Kritik karbon miktarının altında karbon kitle transfer oranı meydana gelen tüm FeO' yu redüklemeye yeterli olmadığı sürede cürufun FeO miktarı hızlı artar.

Gerçek proseslerde başlangıçta curufta düşük aktivitesi olduğu için az miktarda FeO oluşur. Buda curufta %5–10 FeO civarındadır. Kritik karbon miktarına kadar FeO sabit kalır ve ondan sonrada hızlı yükselir. FeO miktarı oksijen malzeme balansından hesaplanabilir. Belirli bir şekilde karbon, silis veya mangan için kullanılmayan oksijen

demiri demiroksite redükler. Alttan veya birleşik üflemede karbürizasyon biraz daha fazla olduğundan bu proseslerin FeO miktarı daha düşüktür (Ward, 1989).

2.2.6. Konverter Gazının Oluşumu ve Kimyasal Özellikleri

Yüksek Fırınlardan gelen ve içerisinde; %4,2 Karbon %0,7 Mangan%0,6 Silis %0,08 Fosfor bulunan sıvı maden; Çelik elde etmek amacıyla konvertere şarj edilir. Bakır başlıklı lanslarla Süpersonik hızlarda 18 dakika süreyle Oksijen üflenerek %0,10 - %0,05 Karbon %0,15 Mangan%0,05 Silis %0,01 Fosfor oranında bulunan sıvı maden elde edilir. Oksijen Üfleme işlemi sırasında açığa çıkan ve içeriğinde; %55 - %65 Karbon monoksit (CO) ve %16 - %19 Karbondioksit (CO₂) % 19 - %21 N₂ olan 1000 °C - 1200 °C deki gaza Konverter Gazı (OG) denir. Konverter gazını bileşenleri, uluslar arası tanımlamaları ve; içeriğinde bulunan % CO oranına göre oluşan kalori değeri Çizelge 2.3 de belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. Konverter gazı bileşenleri (Anonim, 2009)

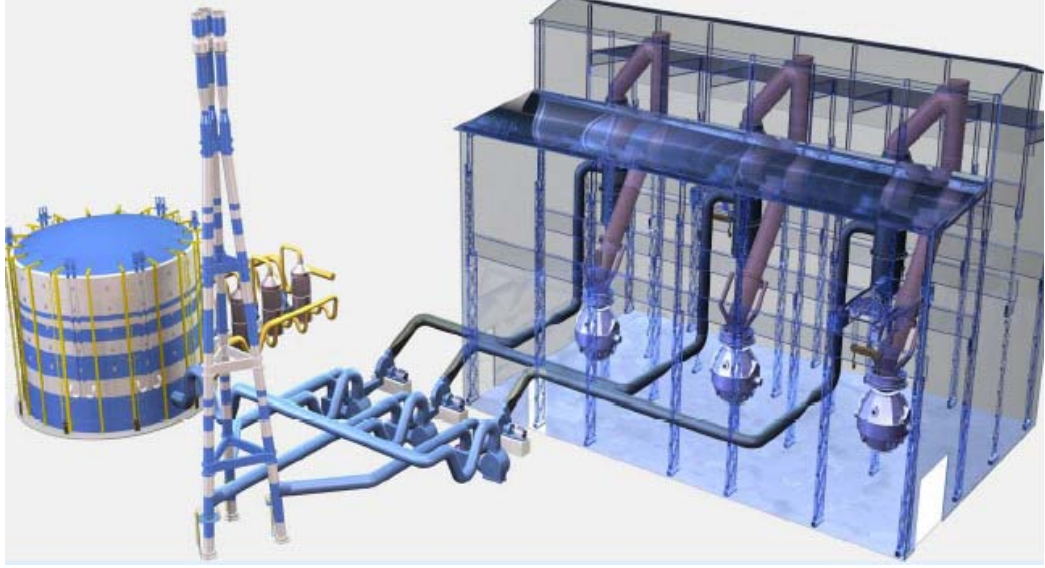
EC Talimatlarına Uygun İsmi	Cas No.	EC No.	EC-İndeks No.	Sınıflandırma	% İçeriği
Carbonmonokside (CO)	638-08-0	211-128-3	F+:R12/Repr. Cat;R61/ T:R23-48/23	2.2	55-65
Nitrogen (N ₂)	7727-37-9	231-783-9	-	2.2	19-21
Carbondioxide (CO ₂)	124-38-9	204-696-9	-	2.2	16-19
Kalori (Kcal/m ³)	1800-2000				

2.3. Entegre Çelik Üretim Tesisinde Konverter Gazı Temizleme ve Kazanım

Tesis

Oksijen Üfleme ve 200 ton kapasiteli çelik üretim tesislerinde konverter kazanına 30 ton – 40 ton arası hurda şarjı veya yüksek metalikli şarj malzemeleri ile başlar. 160 ton ile 170 ton arasında sıvı demir şarj edilmesi, Oksit ilaveleri (CaO-MgO,

CaCO₃-MgCO₃), Flüşpat ilaveleri (CaF₂) ve 700 m³/dk–750 m³/dk oksijenin süpersonik hızlarda üflenmeye başlanması ile sıvı çelik elde edilmesi işlemi başlar. Oksijen Üfleme işleminin başlamasıyla Dekarbüzasyon reaksiyonu gerçekleşir ve konverter gazı oluşumu başlar. Konverter, Konverter gazı Temizleme tesisi ve Konverter gazı kazanım tesisi görünümü Şekil 2.7 de belirtilmiştir.

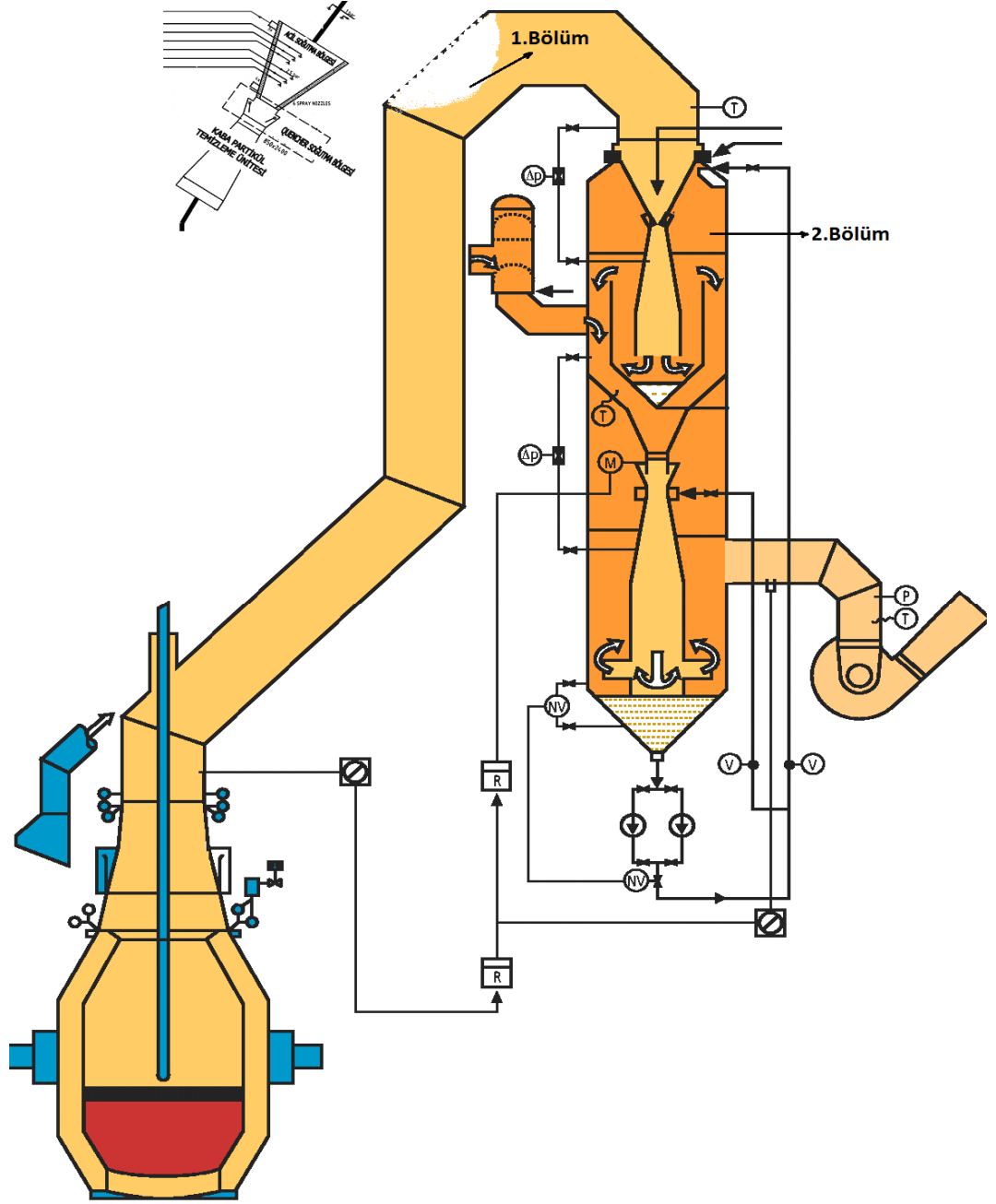


Şekil 2.7. Konverter gazı temizleme ve kazanım tesisi (Anonim, 2009)

2.3.1. Konverter Gazı Temizleme Tesisi

Konverter Gazı Temizleme Tesisi; Çelik üretimi sırasında Dekarbürizasyon sonucunda açığa çıkan konverter gazının sıcaklığından faydalanılarak her bir dökümde 16 ton buhar elde edilmesi ve gazın soğutma işlemlerinden sonra içeriğinde bulunan CO gazının Kuvvet Santralı Buhar kazanlarında yakılması sonucu buhar elde edilir. Buharın kinetik enerjisinden faydalanılarak buhar türbinleri yardımıyla elektrik enerjisi elde edilmesi sürecinin ilk bölümüdür.

Sistem üç konverterde çelik üretimi sırasında açığa çıkan konverter gazının kazanılması amacıyla dizayn edilmiş olup; Konverter gazı ilk olarak Konverter gazı temizleme sisteminde işlem görmeye başlar. Konverter Gazı Temizleme tesisi iki bölümden oluşmakta olup Şekil 2.8’de belirtilmiştir.



Şekil 2.8. Konverter Gazı Temizleme Tesisi (Anonymous, 2010)

Konverter gazı temizleme tesisi Şekil 2.8’de görüldüğü gibi iki bölümden oluşur;

1. Kaba Partikül Temizleme Ünitesi (Quencher Unit),
2. İnce Partikül Temizleme Ünitesi (Gas Scrubber Unit)

2.3.2. Kaba Partikül Temizleme Ünitesi

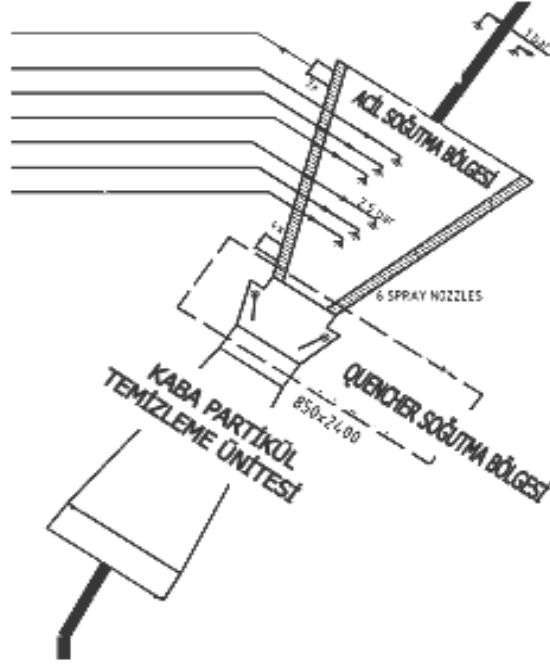
Çelik Üretimi sırasında açığa çıkan 900 °C ile 1100 °C' deki 120 g/m³ toz ihtiva eden konverter gazı 2.2 Bar Vakum basınçlı Indirect fan yardımıyla ilk soğutma ve temizleme ünitesi olan Quencher bölgesine gelir. Quencher bölgesi iki kısımdan oluşmaktadır.

1. Kısım; Acil Soğutma Bölgesi,
2. Kısım; Quencher Soğutma Bölgesi.

Acil Durum Soğutma Bölgesi; Buhar kazanı gövdesine monte edilmiştir. Konverter gazı kazanım süreci boyunca çalışmakta olan bu bölge; Gazın ilk temizliğinin yapıldığı ve sıcaklığının düşürüldüğü kısım olup aynı zamanda gerçekleşmesi muhtemel acil durumlar için sistemin sürekli su altında tutulmasını sağlamak amacıyla kullanılan 10 m³ hacimli su depolama tankına sahiptir. Bu bölgede 2 adet 1,5-2 bar su basıncında 25 m³/h su debisine sahip acil durum emniyet nozulları bulunur.

Quencher Soğutma Bölgesi; Çift cidarlı çelik plakalardan oluşur, levhalar arasında 50m³ - 60m³ arasında olası yanmaları önlemek amacıyla su sirkülasyonu yapılır. Bu bölgede uygun açılarla yerleştirilmiş, 2,5 bar - 3 bar basınçta toplam su tüketimi 450 m³/h olan 6adet sprej nozul bulur (Şekil 2.9). Konverterden çıkan kirli gazın su ile daha iyi temas etmesi amacıyla Quencher Throat kısmı (Ayarlanabilir Fark Basınç Klapesi) mevcuttur. Geçirgenliği mekanik olarak ayarlanan valfin (Klape) yüzeyleri sürekli yıkanır.

Konverterde her bir üfleme ortalama 135.000 m³/ ile 140.000 m³/h arasında gaz geçişi olan Quencher bölgesinde; gazın sıcaklığı 70 °C ile 80 °C ye, gaz içerisindeki toz miktarı ise %90 azaltılarak 120g/m³ değerinden 12g/m³ miktarına düşürülür.



Şekil 2.9. Kaba partikül temizleme ünitesi (Anonim, 2010)

2.3.3. İnce Partikül Temizleme Ünitesi

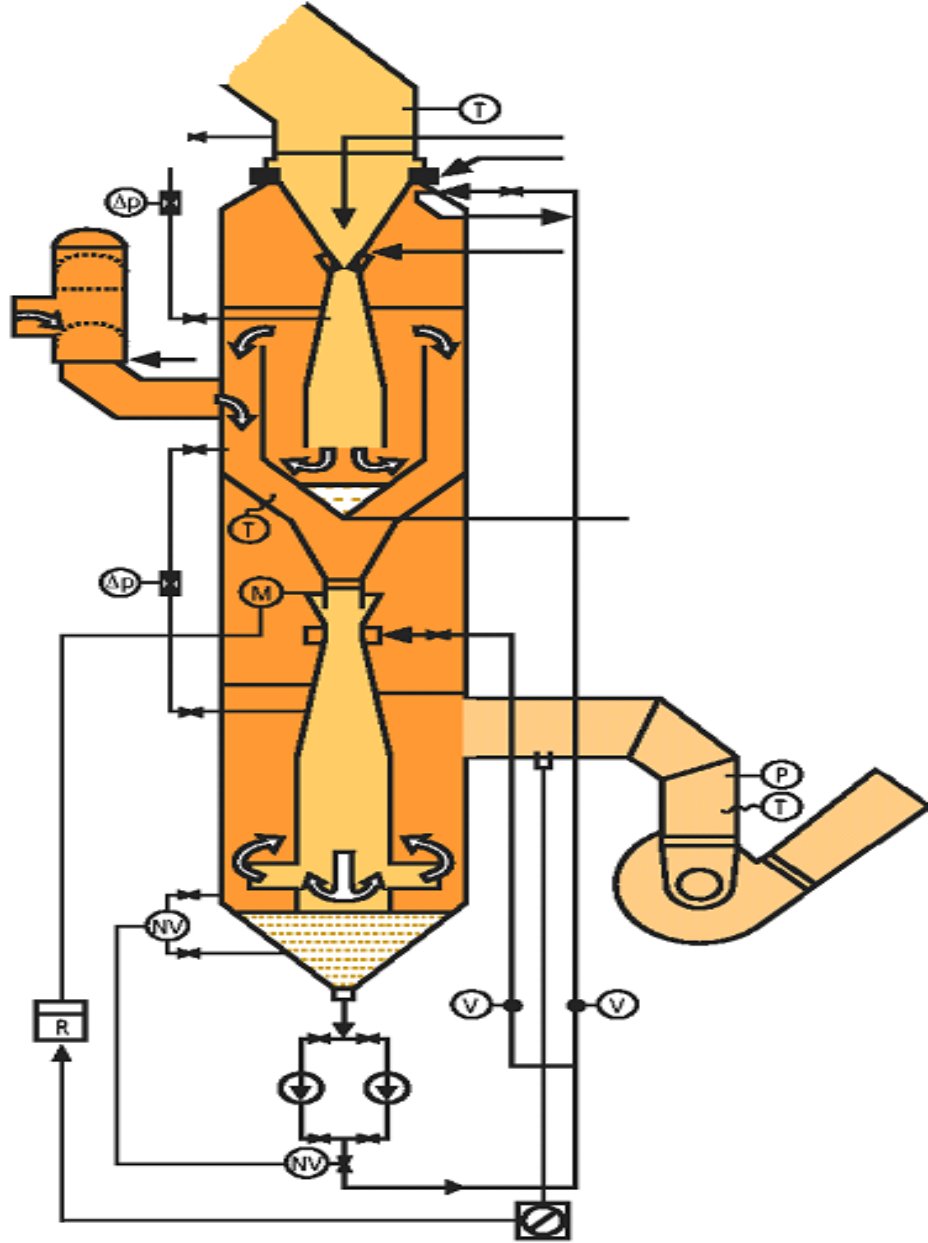
Quencher bölgesinden geçen konverter gazı; 70 °C ile 80 °C sıcaklığında, içeriğinde 12g/m³ toz miktarı ile ince temizliğin yapılacağı ve içeriğindeki su buharının alınacağı Scrubber Bölgesine gelir. Scrubber bölgesinde ilk olarak iki çıkış kanallı Nem Tutucuya (seperatöre) gelir.

Nem Tutucu (Seperatör); Quencher bölgesinden gazla birlikte gelen kirli suyun toplanarak; drenaj boruları yardımıyla atık su toplama sistemine gönderildiği kısımdır.

Nem Tutucudan iki ayrı kanaldan çıkan gaz; Konverter gazı kazanım işlemi tamamlandıktan sonra; Gazın temas ettiği yüzeylerde çamur partiküllerinin tutunmasını engellemek amacıyla, her bir kanal üzerinde 4 adet olmak üzere toplam 8 adet nozulla toplamda 200 m³/h su verilir.

Ayarlanabilir Ventüri bölgesi Fark Basınç Klapesi (Ventüri Throat) bölgesi; Konverter gazı kazanımı sırasında; Konverter Buhar Kazanı basıncını uygun değerde tutabilmek için, Konverter gazının debisini ayarlamak amacıyla kullanılan ve hidrolik ekipmanlarla otomatik kumanda edilen bir ekipmandır. İki kısımdan meydana gelir. 1. Kısım toplam 100 m³ su verilen 6 adet nozuldan oluşan ventüri klape yıkama ve gaz soğutma bölgesidir. 2. Kısım 350m³ su verilen 14 adet nozuldan oluşan ve gazın ince

temizliğinin yapıldığı bölgedir. Venturi Throat bölgesinden çıkan gaz Whirl Vane (Girdap Kanadı) bölümünden geçer ve içerisinde kalan su burada alınır ve tekrar 3 kademeli nem tutuculara geçer (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. İnce partikül temizleme ünitesi (Anonymous, 2010)

Nem Tutuculardan çıkan temiz gaz; 450C - 550C sıcaklıkta, içeriğinde 50mg/m³ toz miktarı ile ID (Induced Draft) Fanlar vasıtasıyla vakumlanır.

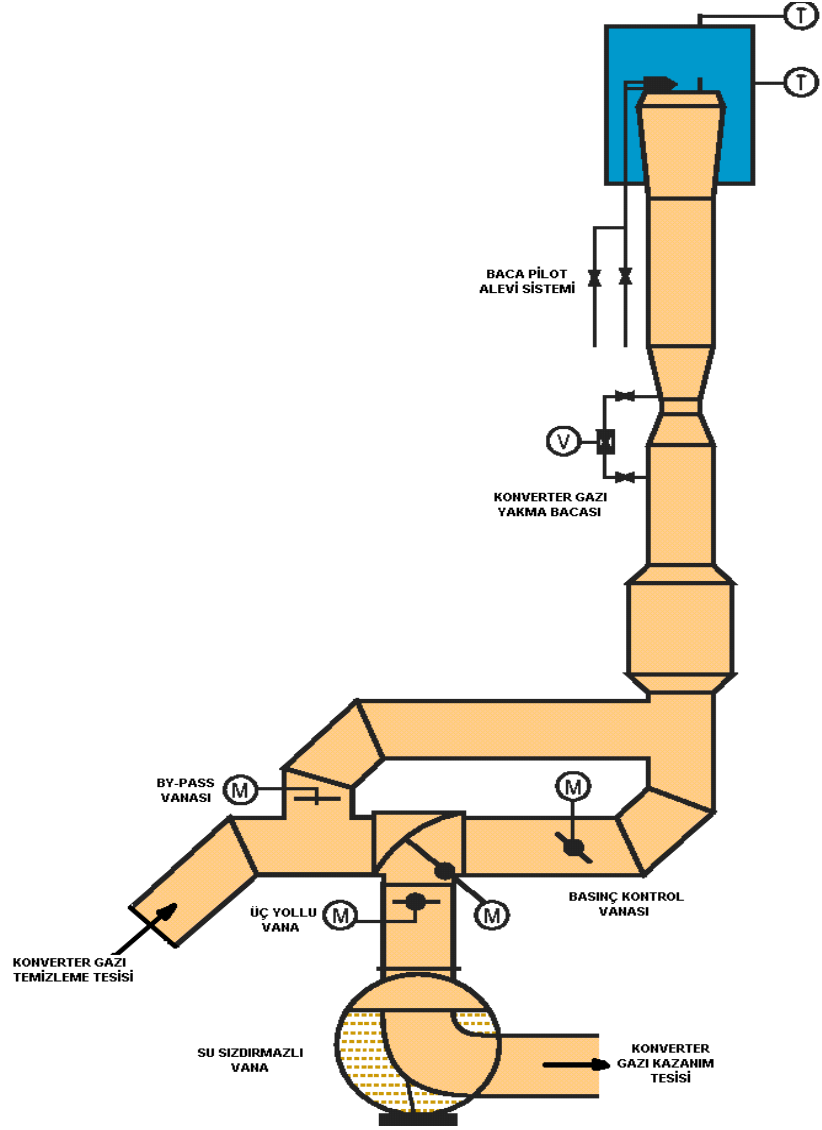
ID (Induced Draft) Fanlar yardımıyla vakumlanan; Konverter gazı içerisindeki; %CO miktarı Quencher bölgesi öncesinde, %O₂ miktarı ise ID (Induced Draft) Fan bölgesinde bulunan gaz analizörleri yardımıyla anlık olarak ölçülür. Konverter gazı

içerisindeki CO ve O₂ konsantrasyonu istenilen orana ulaşmaya kadar, atık gaz yakma bacalarına gönderilerek yakılması sağlanır.

Konverter Gazı Kazanım tesisini gönderilmeden önce CO miktarının min. %30 O₂ miktarının max.%2 olması beklenir. Bu süreçte kazanımı uygun olmayan konverter gazı atmosfere yakılarak atılır. Konverter Gazı; Gaz analizörlerinde yapılan anlık ölçümlerde min. %30 CO ve max. %2 O₂ konsantrasyonuna geldiğinde Gaz Kazanım yapılmak üzere önce Gaz Yönlendirme İstasyonu (Switch Over Station) Ünitesine gönderilir.

2.3.4. Gaz Yönlendirme İstasyonu

Çelikhane Gaz Temizleme Sisteminden gelen Konverter gazı CO ve O₂ Analizörleri ile kontrol edilir. Analizörlerde ölçülen CO ve O₂ oranlarına geldiğinde Gaz Yönlendirme İstasyonu Switch Over Station ünitesindeki vana ve ekipmanlar konverter gazını otomatik olarak yönlendirir (Şekil 2.11). Gaz Yönlendirme İstasyonu (Switch Over Station) Ünitesi 5 ana ekipmandan oluşur (Şekil 2.11).

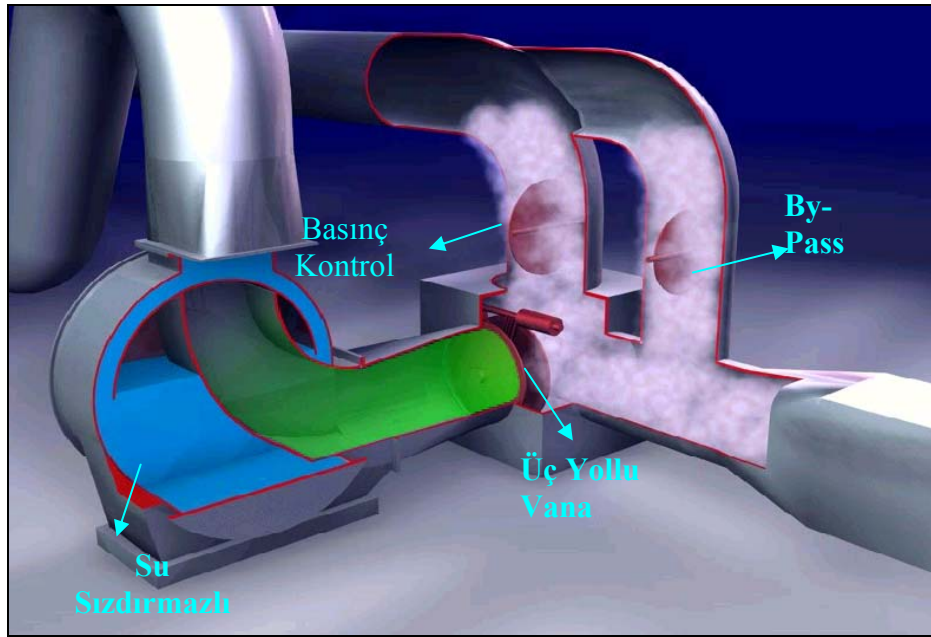


Şekil 2.11. Gaz yönlendirme istasyonu (Anonymous,2010)

- 1- By – Pass Vanası
- 2- Basınç Kontrol Vanası
- 3- Konverter Gazı Yakma Bacası
- 4- Üç Yollu Vana
- 5- Su Sızdırmazlı Vana

1-By-Pass Vanası

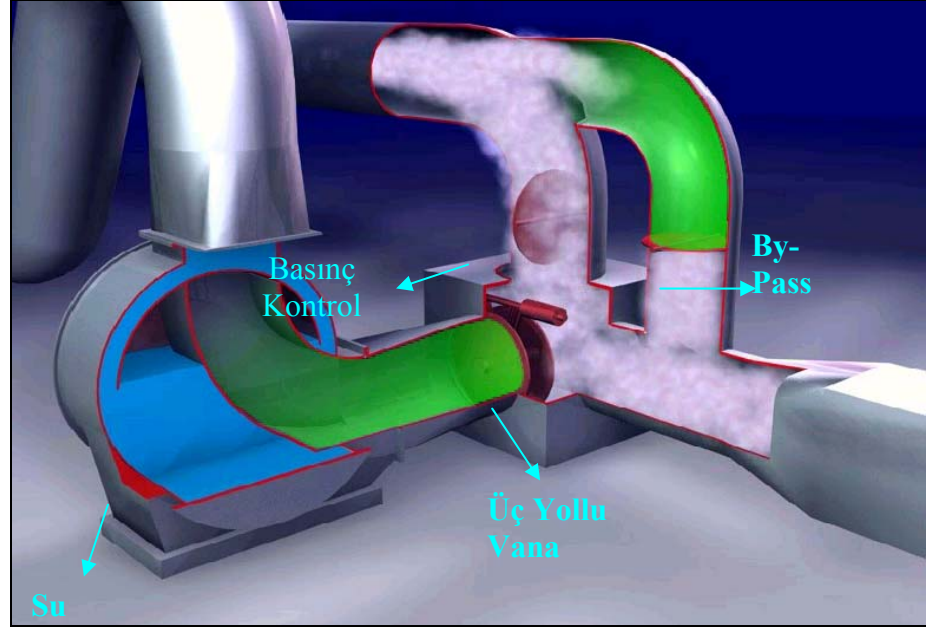
Çelikhane Gaz Temizleme sisteminden Gaz Yönlendirme İstasyonu (Switch Over Station) Ünitesine gelen konverter gazı analizörler yardımıyla içeriğindeki CO ve O₂ analizörleri yardımıyla yapılan ölçümlerde min. %30 CO ve max. %2 O₂ oranına kadar olan süreçte vana baca tarafına sürekli açık konumda bulunur. Analiz değeri uygun olmayan Konverter gazı atmosfere yakılarak atılmak üzere Konverter gazı yakma bacasına yönlendirilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Gaz yönlendirme istasyonu by-pass vanası konumu (Anonim, 2009)

2- Basınç Kontrol Vanası

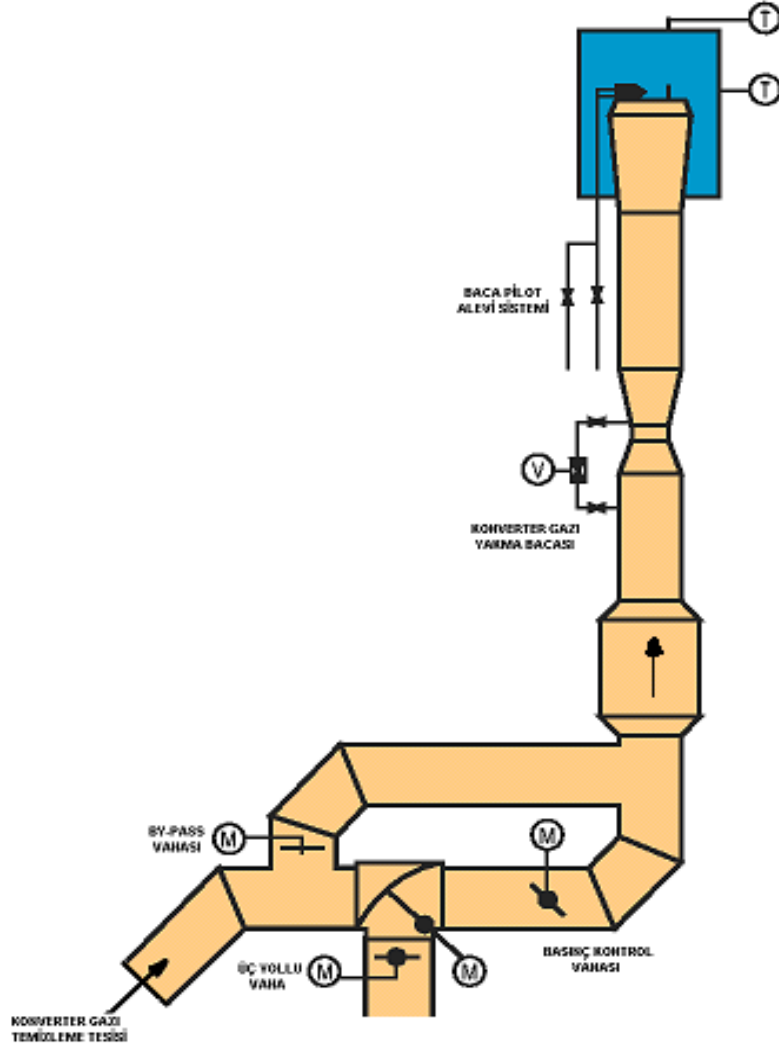
Çelikhane Gaz Temizleme sisteminden Gaz Yönlendirme İstasyonu (Switch Over Station) Ünitesine gelen konverter gazı analizörler yardımıyla içeriğindeki CO ve O₂ analizörleri yardımıyla yapılan ölçümlerde min. %30 CO ve max. %2 O₂ oranına kadar olan süreç tamamlandığında By-Pass vanası kapanır. Basınç kontrol vanası Konverter gazı temizleme tesisinden gelen uygun analiz değerindeki gazın basıncını; Gaz kazanım tesisi gaz boru hattı basıncına eşitleninceye kadar basınç dengeleme işlemi yapar (Şekil 2.13). Bu süreçte Konverter gazı atmosfere yakılarak atılır.



Şekil 2.13. Gaz yönlendirme istasyonu basınç kontrol vanası konumu (Anonim, 2009)

3-Konverter Gazı Yakma Bacası

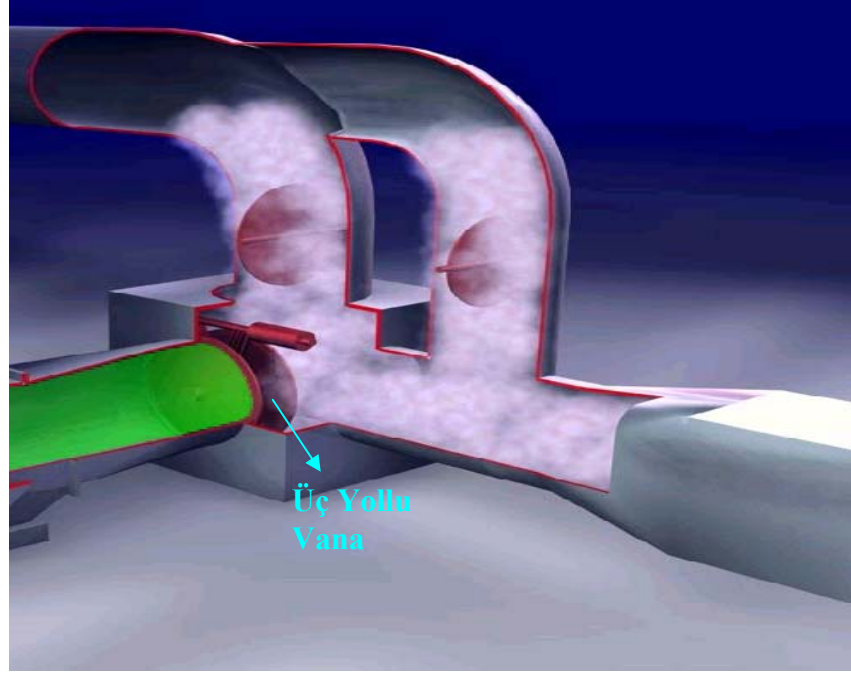
Konverter Çelik Üretim kazanlarına sıcak metal ve hurda şarjının yapılmasına paralel, çelik üzerine Oksijen üflenmesi amacıyla indirilen lans sinyali ile yakma bacası pilot alevi brülörleri otomatik çakmaklar yardımıyla ateşlenir. Konverter gazı içeriğinde; Min. %30 CO ve max. %2 O₂ oranına kadar olan süreçte açık olan By- Pass vanası ve Basınç kontrol vanası ile bacaya yönlendirilen Konverter gazı baca ağzında yanan Doğal Gaz beslemeli brülörler yardımıyla yakılarak atmosfere atılır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Konverter gazı yakma bacası (Anonymous, 2010)

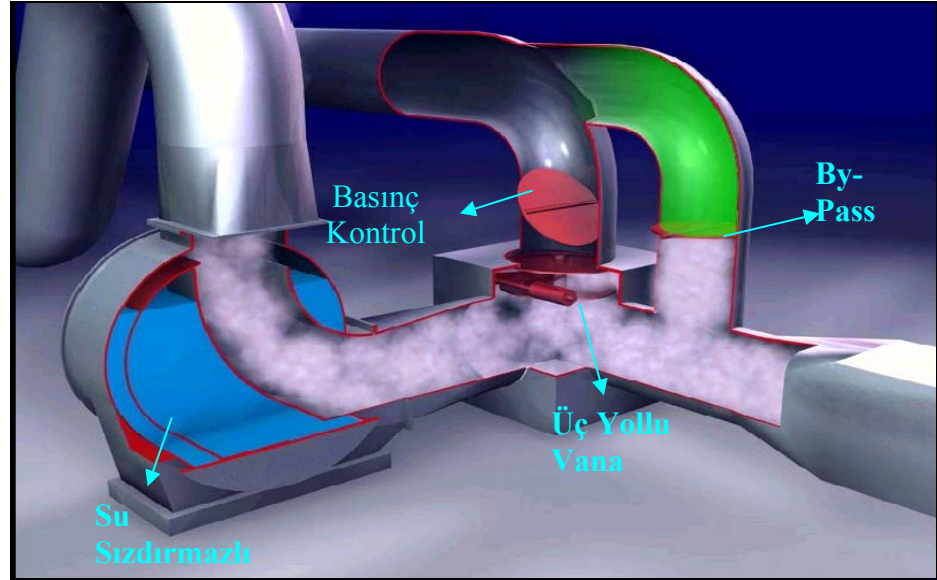
4- Üç Yollu Vana (Three Way Valf)

Konverter Gazı Kazanım Tesisi Gaz Yönlendirme İstasyonunda bulunan Üç Yollu vana; Konverter Gazının Kimyasal yapısına göre pozisyon almaktadır. Konverter gazı içerisindeki CO miktarı Min. %30 ve O₂ miktarı max. %2 oranına kadar olan süreçte ID (Induced Draft) Fan yardımıyla emilen gazı bacaya yönlendirir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Üç yollu vana kapalı konumu (Three way valf) (Anonim,2009)

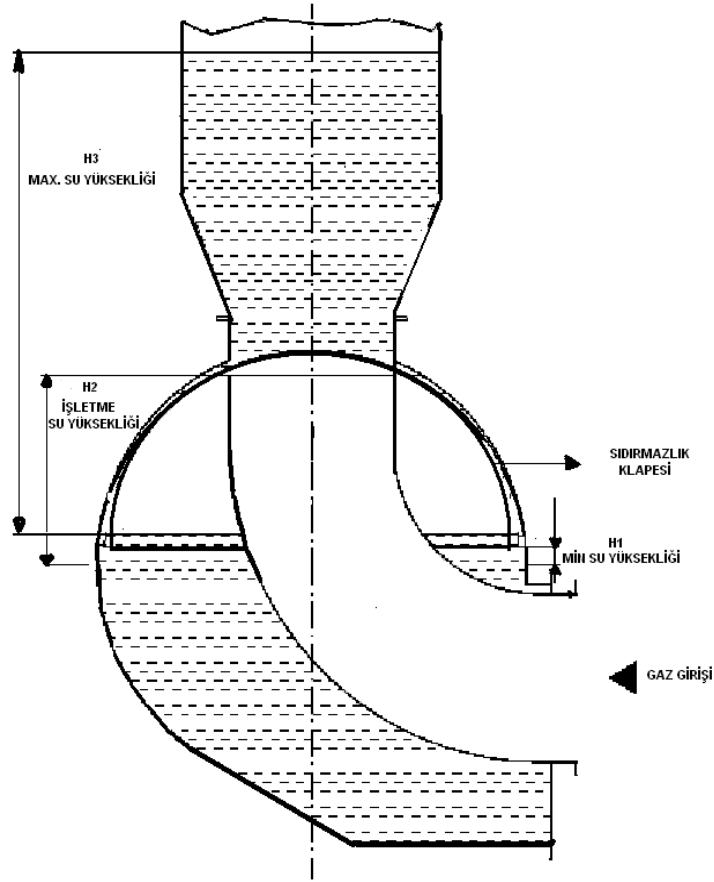
Konverter gazı içerisindeki CO miktarı %30 üzerinde ve O₂ miktarı %2 altında bulunan süreçte; gazın Çelikhane Gaz Kazanım tesisine yönlendirilmesini sağlar.(Şekil 2.16)



Şekil 2.16. Üç yollu vana açık konumu (Anonim, 2009)

5- Su Sızdırmazlı Vana (Water Seal Check Valf)

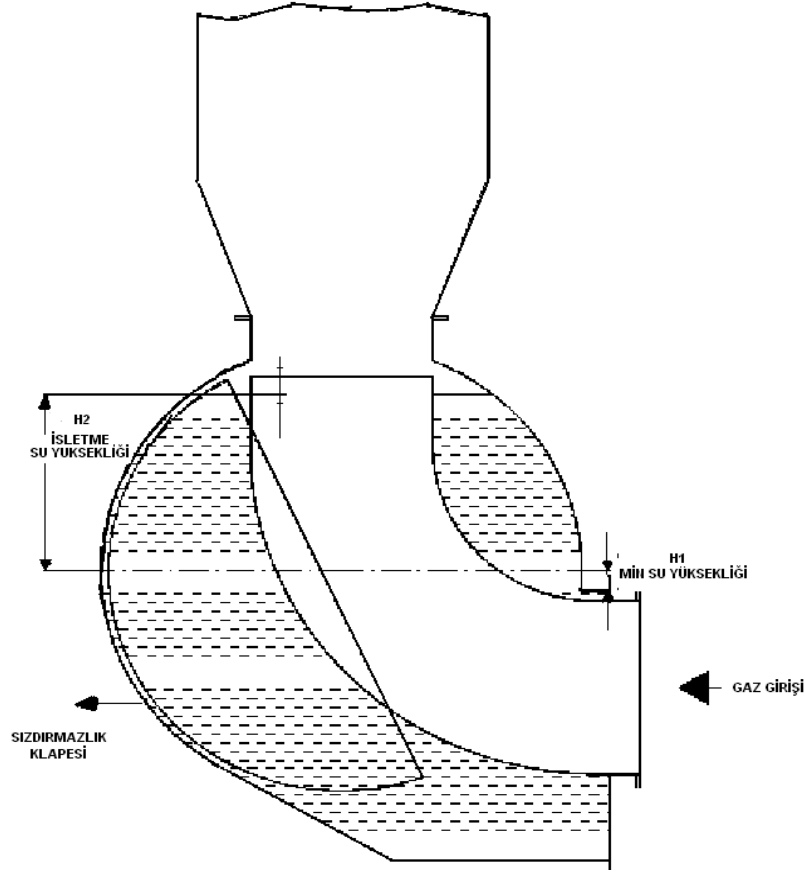
Konverter Gazı Kazanım Tesisi Gaz Yönlendirme İstasyonunda bulunan Su Sızdırmazlı vana; Konverter Gazının Kimyasal yapısına göre pozisyon almaktadır. Konverter gazı içerisindeki CO miktarı Max.. %30 ve O₂ miktarı min. %2 oranına kadar olan süreçte kapalı pozisyonundadır. Sistem; Otomatik su doldurma vanaları yardımıyla su seviyesini 1530 mm kadar yükseltir ve gaz sızdırmazlığı sağlanır (H3 Seviyesi) (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Su sızdırmazlı vana kapalı pozisyonu (Anonim, 2009)

Konverter gazı içerisindeki CO miktarı %30 üzerinde ve O₂ miktarı %2 altında olduğu süreçte gazın çelikhane gaz kazanım tesisine yönlendirilmesi amacıyla otomatik boşaltma vanası yardımı ile su seviyesi 1430 mm' ye düşürülür (H2 Seviyesi) (Şekil 2.18). Su seviyesinin düşürülmesi ile beraber gazın Çelikhane gaz kazanım tesisine akışı sağlanır. Sistem çalışma süresi 11 sn. olup çalışma aralığında su seviyesinin bu sürede işletme şartlarının gereklerine uygun ve kısa sürede devreye girmesi gerektiğinden vana

içerisindeki minimum su seviyesinin 1200 mm olması istenir (H1 Yüksekliği). Su sevipleri vana gövdesine monte edilen 1 adet dijital ve 1 adet el kumandalı seviye cihazıyla sürekli kontrol altında tutulur.

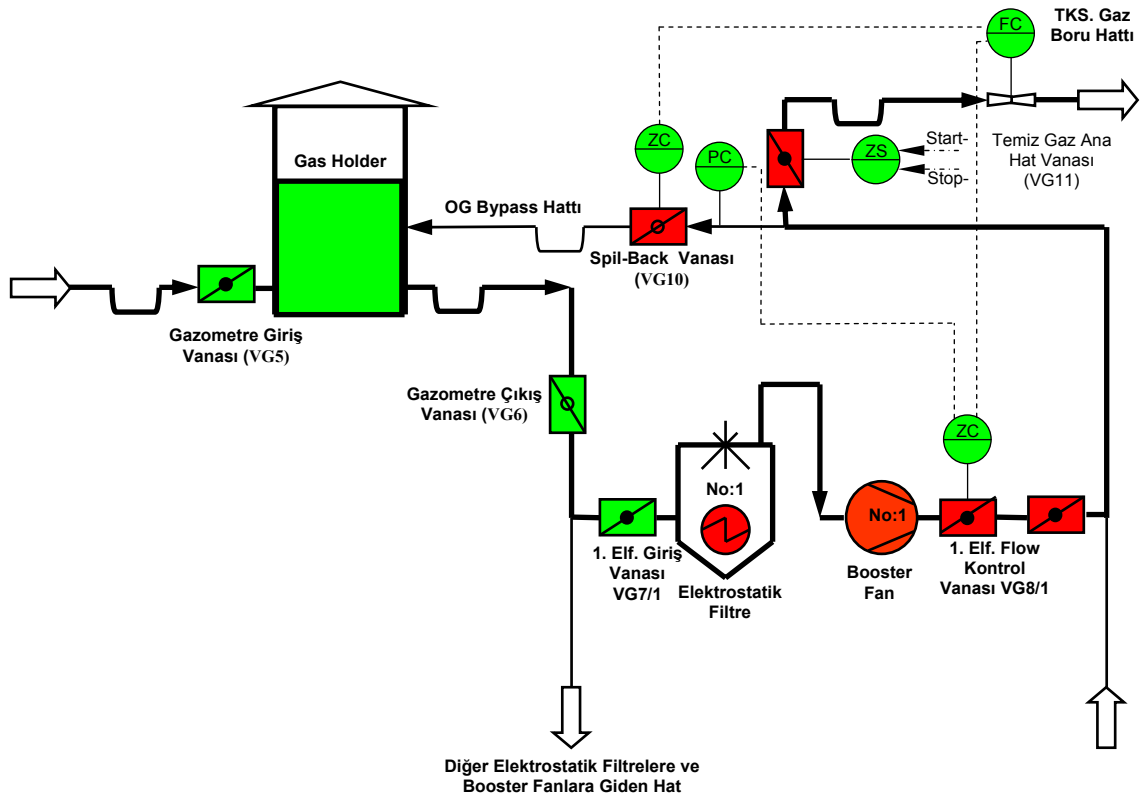


Şekil 2.18. Su sızdırmazlı vana açık pozisyonu (Anonim, 2009)

2.3.5. Gaz Dağıtım ve Depolama İstasyonu

Çelik Üretim Tesislerinde çelik elde edilmesi sırasında açığa çıkan ve içeriğinde Min. %30 CO ve max. %2 O₂ bulunan Konverter gazının; Depolanması, içerisinde bulunan suyun ve tozun (5 mg/m³ e kadar düşürülmesi) alınması, basınçlandırılması amacıyla Gaz Depolama ve dağıtım istasyonuna gelir. Gaz depolama ve Dağıtım İstasyonu ;

- 1- Konverter Gazı Gazometresi
- 2- Elektrostatik Filtre
- 3- Booster Fan ekipmanlarından oluşur (Şekil 2.19).



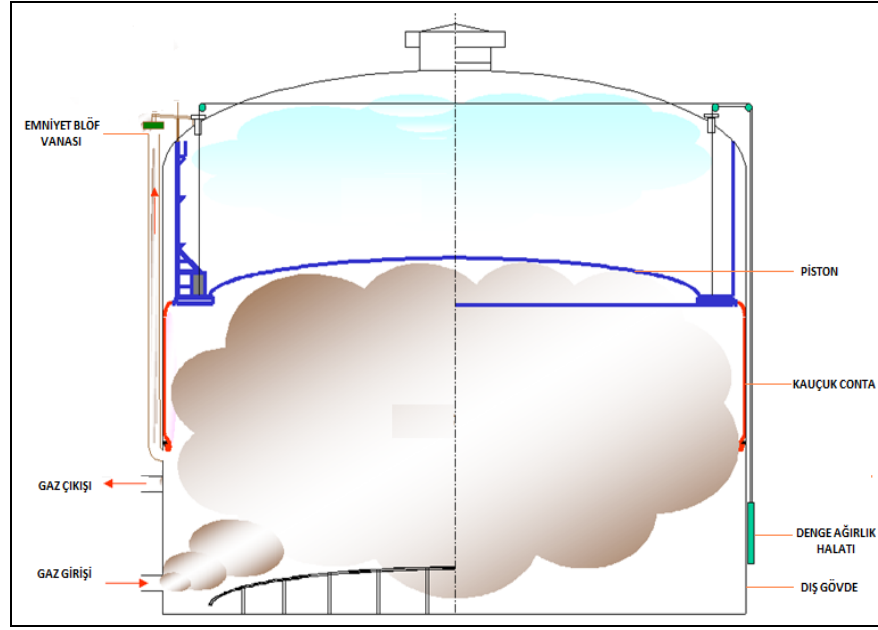
Şekil 2.19. Gaz dağıtım ve depolama istasyonu (Anonim, 2009)

Sistem üzerindeki ekipmanlar otomatik olarak kontrol edilmekte olup; konverter gazı ve işletim sistemindeki tüm donanımlar otomasyon cihazlarından alınan ölçüm ve izleme sistemiyle kumanda edilmektedir. İzleme sisteminden gelen bilgiler sistemin işletimi ile ilgili olan yazılım sisteminde gelmekte program içerisinde belirtilen emniyet şartlarına göre operatör kontrolünde otomatik olarak kumanda edilmektedir. Sistem içerisinde işletme performans şartları olan $5\text{mg}/\text{m}^3$ ve 1000 mmSS basınç ile Konverter gazı gazometresi seviyesi; tüm ekipmanların işletim sistemini yöneten parametre olup olası sapmalar durumunda sistem gerekli emniyet şartları ve performans değeri sağlanıncaya kadar otomatik olarak durur ve yeter şartlar oluşturulduktan sonra tekrar işleme alınır.

Konverter Gazı Gazometresi; Çelikhane Gaz Kazanım Tesisinden ID Fanlar yardımıyla gelen Konverter gazının Depolanması amacıyla kullanılan ekipmandır.

Konverter Gazı Gazometresi;

- 1- Dış Gövde (Shell)
- 2- Kauçuk Conta (Rubber Seal)
- 3- Piston
- 4- Piston Denge Ağırlık halatları
- 5- Emniyet Blöf Vanaları olmak üzere 5 ana bölümden oluşur (şekil 2.20)

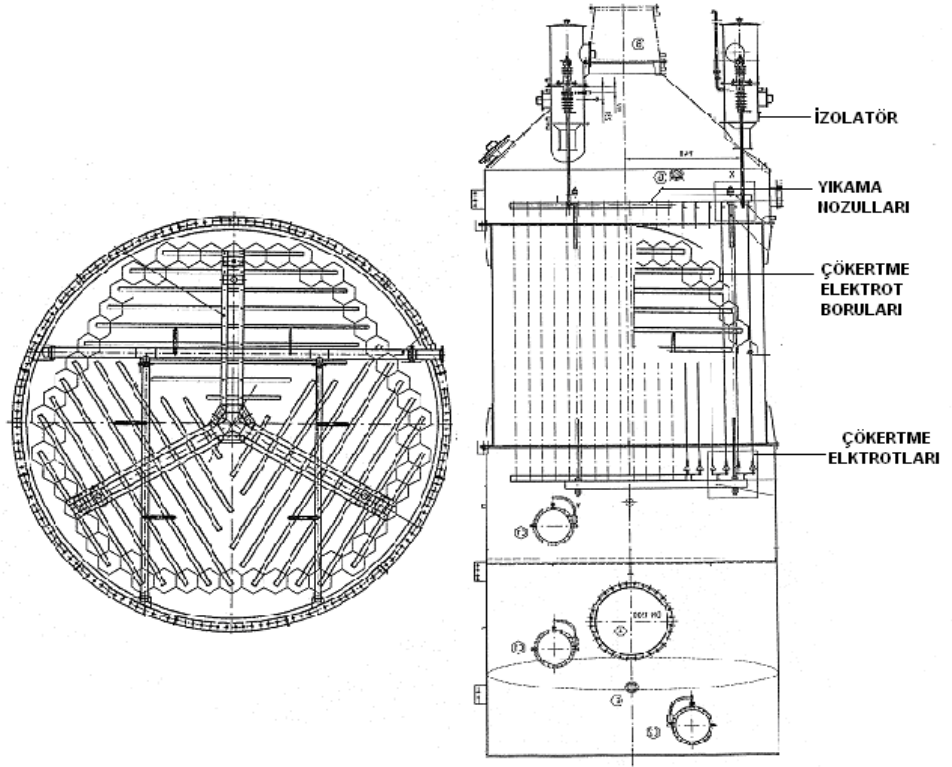


şekil 2.20. Konverter gazı gazometresi (Anonymous, 2011)

Elektrostatik filtre; Konverter Gazı Gazometresinde depolanan gaz içerisinde bulunan 50 mg/m^3 ile 100 mg/m^3 miktarındaki tozun elektrostatik yöntemle 50.000 volt gerilim verilmesi suretiyle 5 mg/m^3 miktarına düşürülmesi amacıyla kullanılan ekipmandır.

Elektrostatik Filtre;

- 1-Dış Gövde
- 2-İzolatör
- 3-kertme Elektrotları
- 4-kertme Boruları
- 5-Yıkama Nozulları (şekil 2.21).



Şekil 2.21. Elektrostatik filtre (Anonim, 2009)

Elektrostatik Filtreler çökertme elektrotlarına izolatörler yardımıyla yüksek gerilim verilmesi ile oluşturulan elektrik alanında pozitif yüklü parçacıkların çökertme elektrot boruları çeperlerine itilmesi prensibiyle çalışır (Şekil 2.21).

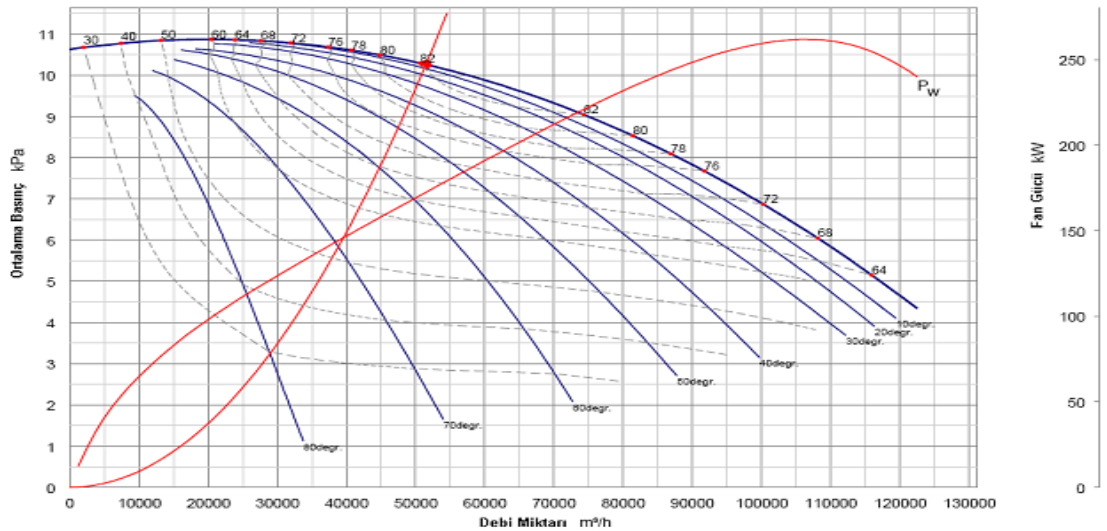
Booster Fan;

Konverter Gazı gazometresinde depolanan gaz önce içerisinde bulunan tozun $5\text{mg}/\text{m}^3$ oranına düşürülmesi amacıyla elektrostatik filtrelere gelir. Elektrostatik Filtrelerde tozu alınan Konverter gazı kuvvet santrali buhar kazanlarında kullanılması amacıyla basınçlandırılarak gönderilmek üzere Şekil 2.22 da belirtilen booster fanlara gelir. Radyal tip olan ve basma kapasitesi $51.000\text{ m}^3/\text{h}$ bu fanlar 200 kW kapasiteli elektrik motorları ile tahrik edilmektedir .



Şekil 2.22. Booster fan (Anonim, 2011)

Labirent tip yatak sızdırmazlar ile motor şaftına bağlı olan fan olası gaz kaçaklarını önlemek amacıyla azot gazıyla sızdırmazlığı sağlanmıştır. Fan yüzeyinde balansa sebep olabilecek olası kirlenmeleri önlemek amacıyla 1m³/h su püskürme kapasiteli sprej nozul monte edilmiştir.



Şekil 2.23. Booster fan karakteristik eğrileri (Anonim, 2009)

Karakteristik eğrileri Şekil 2.23 de belirtilen Booster Fan yardımıyla basınçlandırılan konverter gazı booster basma hattı üzerinde bulunan debi kontrol vanaları yardımıyla miktarı ayarlandıktan sonra kuvvet santrali buhar kazanlarında yakıt olarak kullanılmak üzere gönderilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, tam entegre bir çelik fabrikasında çelik üretim safhaları ve Çelik Üretimi sırasında açığa çıkan Konverter Gazının kazanılması amacıyla kurulan tesisler genel hatlarıyla tanıtılacaktır. Çelik üretiminde geçmişten günümüze kadar kullanılan yöntemler, bu yöntemler içerisinde en gelişmiş ve dünyada en çok kullanılan yöntem olan Bazik Oksijen Fırınları (BOF) ile çelik üretim prosesi incelenecektir. Bazik Oksijen Fırınlarda Konverter gazının kazanımı detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

Sıvı ham demir ve çelik üretiminin ilk safhasında Konverter gazının oluşumuna etki eden faktörler genel hatlarıyla incelenecek ve prosesin safhaları ve bu safhalarda gerçekleşen kimyasal ve mekanik olaylar açıklanacaktır. Ayrıca bu süreçte, Konverter Gazının kazanım miktarını ve kalorifik değerini etkileyen parametreler ve bu parametrelerin Bazik Oksijen Konverter işlemleri üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

Çalışma alanı olarak İskenderun Demir Çelik Fabrikaları'na bağlı Çelikhane Müdürlüğündeki konverterler seçilmiştir. Hâlihazırda Konverter gazı geri kazanım çalışmaları devam etmekte olan bu fabrikada; Konverter gazının yakıt olarak kullanıma hazırlanması, depolanması ve dağıtılması prosesleri mercek altına alınacak, yapılan çalışmaların detaylı analizi yapılacaktır.

Yatırımın maliyet analizi yapılacak, işletme giderleri ile sistemin kendini kaç yılda amorti edeceği hesaplanacak ve dünyadaki benzer yatırımlar ile karşılaştırma yapılarak yatırımın mali yönü incelenecektir.

Son olarak, yatırımın çevre yönünden getirileri detaylandırılacak, çevre kuruluşlarının, yasaların ve yönetmeliklerin bu konuda ortaya koydukları cezai müeyyidelerin kapsamı açıklanarak, İSDEMİR' in bu yatırım sayesinde üzerinden atmış olacağı cezai durumlar incelenecektir.

3.2 Yöntem

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çelik Üretim Tesislerinde Konverter Gazı Kazanım Tesisi Analizi

Çelikhane, Yüksek Fırınlardan gelen sıvı ham demirin sıvı çelik haline getirildiği yerdir. İSDEMİR Çelikhanesinde, modernizasyon öncesi yıllık üretim kapasitesi 2,2 milyon ton olan her biri 120 ton kapasiteli 3 adet üstten üflemlili bazik oksijen konverteri bulunmaktaydı. Kapasite artırımı çalışmaları kapsamında Çelikhane yıllık üretiminin 2,2 milyon ton'dan 5,25 milyon ton'a çıkarılması hedefiyle, 3 adet konverterin her birinin 120 ton/döküm'den 200 ton/döküm'e çıkarılması modernizasyonu planlanmıştır. 1 Nolu Konverter modernizasyonu Eylül 2007 de, 2 Nolu konverterin modernizasyonu, Eylül 2009 'da ve 3 Nolu konverterin modernizasyonu ise Kasım 2010 da tamamlanmıştır.

Eski konverterlerde proses gereği açığa çıkan sıcak konverter gazının ısısı ile buhar elde edilen, her konvertere ait artık ısı kazanı vardır. Konverterlerin her birine 350 m³/dk oksijen üflenerek; döküm başına 1 600⁰C–1 700⁰C de, %70 CO, %16 CO₂ ve %14 N₂ ihtiva eden ve kalorifik değeri 1 800–1 900 kcal/m³ olan 15 000–18 000 m³ konverter gazı elde edilir.

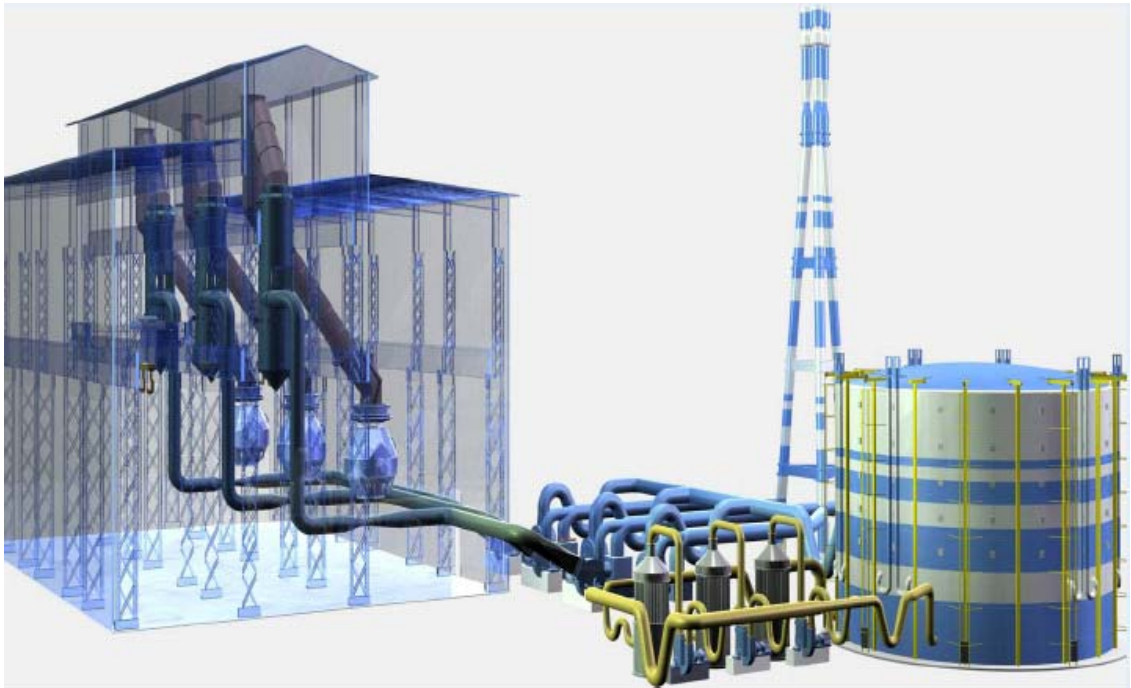
Proje uygulama öncesinde; elde edilen gaz, tam yanmalı tip konverter buhar kazanlarında ısısını bırakarak buhar elde etme işleminde kullanılır, ısıyı bırakan konverter gazı %71 CO₂, %15 CO ve %14 N₂ içeriğinde atmosfere bırakılırdı. (Atmosfere atılan gaz içerisindeki toz miktarı = 100 mg/m³)

Çelikhane kapasite artırımı modernizasyonu kapsamında; sistemin buhar üretimine devam etmesi aynı zamanda atmosfere atılan konverter gazının içeriğindeki toz tutularak kuvvet santrali buhar kazanlarında yakıt olarak değerlendirilmesi ve çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla konverter gazı kazanım tesisi ve konverter gazı gazometresi yapılması kararı alınmıştır. Modernizasyonu tamamlanan 1,2 ve 3 nolu konverterlerin gazı İSDEMİR kuvvet santralinde değerlendirilmiş ve Kuvvet Santralinde birincil enerji ihtiyacı azaltılmıştır

4.2. Konverter Gazı Kazanım Tesisinin Özellikleri ve Maliyet Analizi

4.2.1. Konverter Gazı Kazanım Tesisinin Özellikleri

Çelikhane Konverter gazı gazometresi ve gaz temizleme sistemi, konverterlerden gelen çelikhane gazını temizler, depolar ve çelikhane gazı dağıtım sisteminin basıncını dengeler.



Şekil 4.1. Yeni teknoloji konverter gazı kazanım tesisi (Anonim, 2009)

Tesisin Dizayn Özellikleri:

Tip: İmalat, işletme ve bakım kolaylıkları, yatırım maliyetlerinin düşük olması ve çelikhane gazı özelliklerine uygun olması nedeniyle pistonlu kuru tip (Wiggins Type-Thin Shell).

Kapasite	: 60.000 m ³ net hacim
İşletme Basıncı	: Mevcut işletme şartlarına göre 150mmss
Sızdırmazlık Elemanı	: Seal sentetik lastik salmastra (Rubber Seal)

Konverter Gazı Kazanım Tesisin İşletimi;

- Konverterden Ø 2.800 borularla Max. 70 °C gelen konverter gazı Gazometresine giriş yapar.
- Konverter gazı Gazometresinden Ø 1.600 çaplı borularla, 160 mmSS da ve içeriğindeki 50mg/m³ toz miktarı ile Elektrostatik filtrelerin ana hattına gelir.
- Ø 1.000 olan borularla ana hattan Elektrostatik filtrelerin her birine ayrılan gaz Filtre dağıtıcı ızgaralarından ve alt yıkama sisteminden geçer.
- Alt yıkama sisteminden deşarj elektrotlarının bağlı bulunduğu 264 adet petek borudan geçer.
- Deşarj Elektrotlarına verilen 51.000 volt gerilimle gaz içerisinde bulunan toz tanecikleri petek boruların cidarına itilir.
- Üst yıkama sistemiyle cidara itilen toz tanecikleri Elektrostatik filtre bunkerine düşürülür.
- Elektrostatik filtrelerde toz bırakma işlemini tamamlayan gaz 100 –130 mmSS da Booster fanlara gönderilir. Gaz içerisinde bulunan toz tanecikleri yıkama suyu ile beraber elektro filtre çamur havuzlarına gelir buradan 3,5 bar. 50 m³/h basma kapasiteli 2 adet çamur pompası ile Su Tesisleri ve Çevre Yönetim Müdürlüğü çamur çökertme havuzlarına gönderilmek üzere çamur borularına basılır.
- Booster Fan girişlerine 100–130 mmSS da gelen konverter gazı basınçlandırılarak Ø 900'lük temiz konverter gazı kolektörüne oradan Ø 1.600 ana konverter gazı kolektörüne gönderilir.
- Ana konverter gazı kolektörü üzerinde debi kontrolü yapıldıktan sonra karışım yapılmak üzere Ø 3.400'lük Termik Kuvvet Santralı Yüksek Fırın Gaz Boru hattına gönderilir.

Depolanan gaz daha sonra içeriğinde 5mg/m³ toz kalıncaya kadar 51.000 volt gerilim verilerek elektrostatik filtrelerde temizlenip her biri 51.000m³/h kapasiteli 3 adet booster fan ile 1.000 mmSS basınçlandırılır ve kuvvet santralını besleyen yüksek fırın gazı kolektörüne enjekte edilir.



Şekil 4.2. İSDEMİR konverter gazı kazanım tesisi

4.2.2. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Maliyet Analizi

Konverter Gazı Kazanım Tesisinde yapılan gözlemler Mart 2009 ile Temmuz 2009 tarihleri arasında sadece modernizasyonu yapılan bir konverterde gözlemlenmiş olup elde edilen veriler ve maliyet hesabı Çizelge 4.1 de düzenlenmiştir.

Çizelge 4.1. Konverter gazı kazanım değerleri

Aylar	Sıvı Çelik Üretimi Ton/ay	Konverter Gazı Üretimi Nm ³ /ay
Mart 09	216.023	4.779.000
Nisan 09	177.904	15.831.000
Mayıs 09	191.305	19.855.000
Haziran 09	172.946	17.436.000
Temmuz 09	233.468	12.553.500
Ortalama	198.329	14.090.900

Yıllık Konverter Gazı Üretimi;

$$14.090.900 \text{ Nm}^3/\text{ay} \times 12 \text{ ay} = 169.090.800 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$$

Yıllık Konverter Gazı Doğal Gaz Eşdeğeri ;

$$\begin{aligned} \text{Konverter Gazı Kalorisi} & : 1.800 \text{ Kcal/Nm}^3 \text{ (İSDEMİR Fiili verilerine göre)} \\ \text{Doğal Gaz Kalorisi} & : 8.250 \text{ Kcal/Sm}^3 \end{aligned}$$

Konverter Gazı Kazanımı ile;

$$(169.090.800 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 1.800 \text{ kcal/Nm}^3) / 8.250 \text{ Kcal/Sm}^3 = 36.892.538 \text{ Sm}^3$$

/yıl doğal gaz tasarrufu yapılmıştır.

Yıllık Parasal Getirisi;

$$36.892.538 \text{ Sm}^3/\text{yıl} \times 0,406 \text{ US\$/Sm}^3 = 14.978.370 \text{ US\$ /yıl 'dır.}$$

(Maliyet Muhasebe Müdürlüğü verilerine göre 2009 7 aylık ortalama doğal gaz maliyeti 0,406 US\$/Sm³ 'tür.)

Yıllık Konverter Gazı TEP karşılığı;

$$\text{Konverter Gazı Kalorisi} : 1.800 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$((169.090.800 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 1.800 \text{ kcal/Nm}^3) / 10.000 \text{ Kcal/kg}) / 10.000 = 30.436 \text{ TEP/yıl}$$

'dır.

$$\text{Yatırım miktarı} : 20.000.000 \text{ US\$}$$

Geri Ödeme Süresi : Yatırım miktarı / Yıllık Parasal Getiri olarak oranlandığında **16** ay olarak hesaplanmıştır.

Enerji Kaynakları Alt Isıl değerlerine göre;

$$\begin{aligned} \text{Konverter Gazı Kalorisi} & : 1.500 \text{ Kcal/Nm}^3 \\ \text{Doğal Gaz Kalorisi} & : 8.250 \text{ Kcal/Sm}^3 \end{aligned}$$

Konverter Gazı Kazanımı ile;

$$(169.090.800 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 1.500 \text{ kcal/Nm}^3) / 8.250 \text{ Kcal/Sm}^3 = 30.743.782 \text{ Sm}^3$$

/yıl doğal gaz tasarruf sağlanmıştır.

Yıllık Parasal Getirisi;

$$30.743.782 \text{ Sm}^3/\text{yıl} \times 0,406 \text{ US\$/Sm}^3 = 12.481.975 \text{ US\$ /yıl 'dır.}$$

(Maliyet Muhasebe Müdürlüğü verilerine göre 2009 7 aylık ortalama doğal gaz maliyeti 0,406 US\$/Sm³ 'tür.)

Yıllık Konverter Gazı TEP karşılığı;

$$\text{Konverter Gazı Kalorisi} \quad : 1.500 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$((169.090.800 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 1.500 \text{ kcal/Nm}^3) / 10.000 \text{ Kcal/kg}) / 10.000 = 25.354$$

TEP/yıl 'dır.

$$\text{Yatırım miktarı} \quad : 20.000.000 \text{ US\$}$$

Geri Ödeme Süresi : Yatırım miktarı / Yıllık Parasal Getiri olarak oranlandırıldığında **20 ay** olarak hesaplanmıştır.

Maliyet analizi sadece bir konverter için hesaplanmış olup sistemin 2010 yılında ikinci konverterin devreye alınması ile çelik üretim maliyetlerine olan etkisi Çizelge 4.2 de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. 2010 yılı konverter gazı kazanımı ve çelik üretimi gözlemleri

	ÇELİK ÜRETİMİ (TON/AY)	GAZ KAZANIM MİKTARI (M3/AY)	BİRİM GAZ TASARRUF MİKTARI (USD/M3)	TASARRUF MİKTARI (USD/TON)	TOPLAM TASARRUF MİKTARI (USD/AY)
OCAK	351.427	31.158.000	0,029	2,57	903582
ŞUBAT	295.121	27.075.000	0,034	3,12	920550
MART	340.115	33.135.000	0,029	2,83	960915
NİSAN	336.797	30.028.000	0,030	2,67	900840
MAYIS	296.452	30.485.000	0,029	2,98	884065
HAZİRAN	297.497	31.526.000	0,035	3,71	1103410
TEMMUZ	193.996	20.635.000	0,040	4,25	825400
AĞUSTOS	286.199	30.241.000	0,044	4,65	1330604
EYLÜL	316.778	34.483.000	0,046	5,01	1586218
EKİM	338.443	37.539.000	0,046	5,10	1726794
KASIM	291.671	22.662.000	0,046	3,57	1042452
ARALIK	335.364	21.306.000	0,044	2,80	937464
TOPLAM	3.679.860	350.273.000			13.122.294

Çizelge 4.1 değerlendirildiğinde konverter gazı kazanım tesisi sayısı 2 olduğunda sistemin kendisini amorti etme süresi;

Yıllık Parasal Getirisi;

$36.892.538 \text{ Sm}^3 / \text{yıl} \times 0,406 \text{ US\$/Sm}^3 = 14.978.370 \text{ US\$ /yıl}$ ‘dır. 1 Konverter için (Maliyet Muhasebe Müdürlüğü verilerine göre 2009 7 aylık ortalama doğal gaz maliyeti $0,406 \text{ US\$/Sm}^3$ ‘tür.)

İki Konverter birlikte çalıştığında aylık getiri miktarı: $1.093.525 \text{ US\$ /Ay}$

Geri Ödeme Süresi :1 konverterin yıllık getiri miktarı süre eşdeğeri + ((Yatırım miktarı - 1 Konverter yıllık getirisi) /2 konverterin aylık getirisi)) olarak toplandığında süre **16,6 ay** olarak hesaplanmıştır.

4.3. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Çevre Analizi

Mevcut Konverter Gazının $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ’ deki yoğunluğu $1,30 \text{ kg/Nm}^3$ - $1,35 \text{ kg/Nm}^3$ olup 1900 kcal/Nm^3 - 2000 kcal/Nm^3 kalorilik değere sahiptir ve gaz giriş sıcaklığı $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ’ dir. Gaz üretim miktarı $550.000 \text{ m}^3/\text{saat}$ olup gaz 50 mg/Nm^3 toz ihtiva etmektedir. Tesis 60.000 m^3 , 150 mmSS su sütunu basınçta gaz depolama kapasitesine sahiptir.

Konverter Gazı, Gazometreden çıktıktan sonra Elektro Statik Toz Toplayıcılar (ESP) vasıtası ile içerisindeki toz miktarı 50mg/Nm^3 ’ten yaklaşık 5 mg/Nm^3 e düşürülerek ve Booster Fanlar vasıtası ile basıncı yükselttilerek Yüksek Fırın Gazı ile uygun bir şekilde karışabilmektedir.

İSDEMİR Dönüşüm Yatırımları kapsamında bulunan Çelikhane Gazı (OG) Gazometresi’nin birincil amacı Çelikhane konverterlerinde oluşan ve kullanılmadan atmosfere atılmak zorunda kalınan yüksek kalorili Çelikhane gazının Yüksek Fırın Gazı ile karıştırılıp üretime kazandırılarak enerji maliyetleri düşürülmüştür. Ayrıca, Çelikhane Gazı Gazometresinin tüketim noktalarındaki basınç farklılıklarından kaynaklanan sorunların önlenmesini bu da Kuvvet Santrali buhar kazanlarında üretilen buharın basıncı ve sıcaklığının dalgalanarak verim düşüklüğü meydana gelmesi önlenmiştir.

Gazometre teknolojisi; sürtünmesiz hareketli bir piston vasıtasıyla gazı muhafaza edecek ve pistonun hareketli yüzeylerinde sentetik kauçuk, kuru salmastra kullanılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. %10 alçak seviye, %90 yüksek seviye kaidesine

göre çalışmaktadır. Tesis tamamlandığında birisi operatör diğeri operatör yardımcısı olmak üzere iki kişi ile çalıştırılmaktadır. Tesisin işlevi; depolama ve hattaki gazı sabit basınçta tutmak olduğu için yıl boyunca devamlı olarak (arıza ve bakım harici) çalıştırılmaktadır. Tesisin gaz depolama miktarı;

Yıllık Gaz Miktarı : 4,818,000,000 Nm³ /yıl

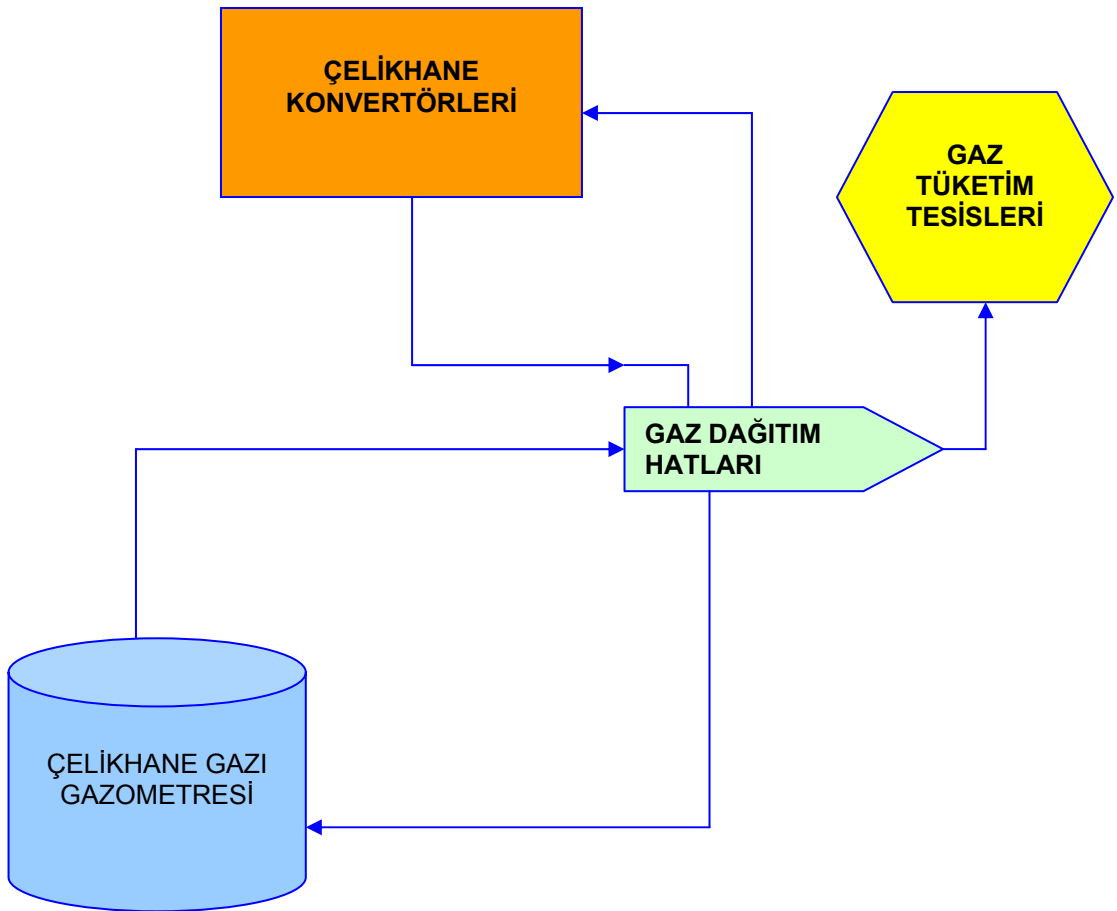
Aylık Gaz Miktarı : 396,000,000 Nm³/ay

Günlük Gaz Miktarı : 13,200,000 Nm³ /gün

Saatlik Gaz Miktarı : 550.000 Nm³/saat

Çalışma Süresi : 365 gün/yıl, 30 gün/ay, 24 saat/gün (herhangi bir arıza harici)

Vardiya Sayısı :3



Şekil 4.3. İSDEMİR konverter gazı kazanım tesisi akışı (İSDEMİR, 2007)

Kurulan tesis tam otomatik kontrollü bir sisteme sahiptir. Kullanılan ekipmanlar exproof özeliğindedir. Tesiste piston kısmında kauçuk, kuru salmastra kullanılarak sızdırmazlık sağlanmış olup her türlü kaza olasılığına karşı önlem alınmıştır. Buda sistemi olası kazalar ve çevre temizliğine karşı daha güvenli hale getirmektedir. Olası kazalar her işyerinde olabilen personelin dikkatsizliği ve bilgisizliği sonucu çıkabilecek kazalardır. Böyle bir tesiste kaza riski normal işletme koşullarında maksimum % 1dir.

Kaza riskini sıfıra indirmek için personel belli dönemlerde işletme ve iş güvenliği konularında sürekli eğitime tabi tutulmaktadır. Faaliyet alanı içinde uyarıcı levhalar konulmuştur.. Faaliyet sahası içine görevli personelin haricinde başka kişilerin girmesi engellenmiştir. Faaliyetler sırasında ortaya çıkabilecek kazalara karşı İş ve İşçi Sağlığı Kanununun belirlemiş olduğu hususlara riayet edilmektedir.

Tesisin otomatik yangın uyarı sistemi vardır. Ayrıca gaz kaçağı uyarı sistemi, yıldırım koruma sistemi mevcuttur. Tesisin tam otomatik kontrollü olmasından dolayı, herhangi bir arızada veya problemde sistem otomatik olarak uarmakta ve gerektiğinde sistem kendiliğinden durmaktadır.

Ortaya çıkabilecek yangın karşısında tesisin otomatik yangın söndürme sistemi vardır ve ayrıca İSDEMİR' in İtfaiye Teşkilatı tesise 210 m mesafededir. İsdemir bünyesindeki dispanserinin kurulacak olan tesise olan mesafesi 820 m'dir.

Tesis herhangi bir bitkinin olmadığı atıl durumdaki bu çıplak alan üzerinde kurulmuştur. Tesiste kullanılan elektrik enerjisi 300 kW olup bu enerji; İSDEMİR in kendi bünyesindeki 220 MW'lık Kurulu güce sahip kuvvet santralinden karşılamaktadır. Tesiste su kullanımı sadece çalışan personelin tükettiğiyle sınırlıdır. Tesiste yaklaşık olarak toplam 2 personelin çalıştırılması planlanmaktadır. Bir personelin günlük toplam su ihtiyacı 150 litre civarında olacaktır ve dolayısıyla tesisin toplam su ihtiyacı günlük 0,3 m³ olacaktır.

Sistem devreye alındıktan sonraki süreçte atmosfere atılan gaz içerisinde bulunan %15 CO ile 100 mg/m³ toz alınarak çevre kirliliğinin önlenmesi sağlanmıştır. Konverter gazının kuvvet santralinde değerlendirilmesi ile santralde fuel-oil yakılmamış, 1.654 ton SO₂ atmosfere atılmamıştır (İSDEMİR, 2007).

4.4. Konverter Gazı Kazanım Tesisi Gözlemleri ve Gerçekleşmeler

Çelikhane konverterlerinde bir döküm boyunca yapılan ana işlemler şu şekilde sınıflandırılmaktadır.

1-Konvertere hurda şarjı; Üretilecek çelik tonajının %15 ile %20 si kadar hurda şarj edilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Konvertere hurda şarjı (Anonim, 2011)

2-Sıvı pik demir şarjı; Boş Olan konvertere hurda şarjından sonra yüksek fırınlardan pota ve torpidolar ile gelen 1600 °C sıcaklığında pik demir şarjı yapılır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Konvertere pik demir şarjı (Anonim, 2011)

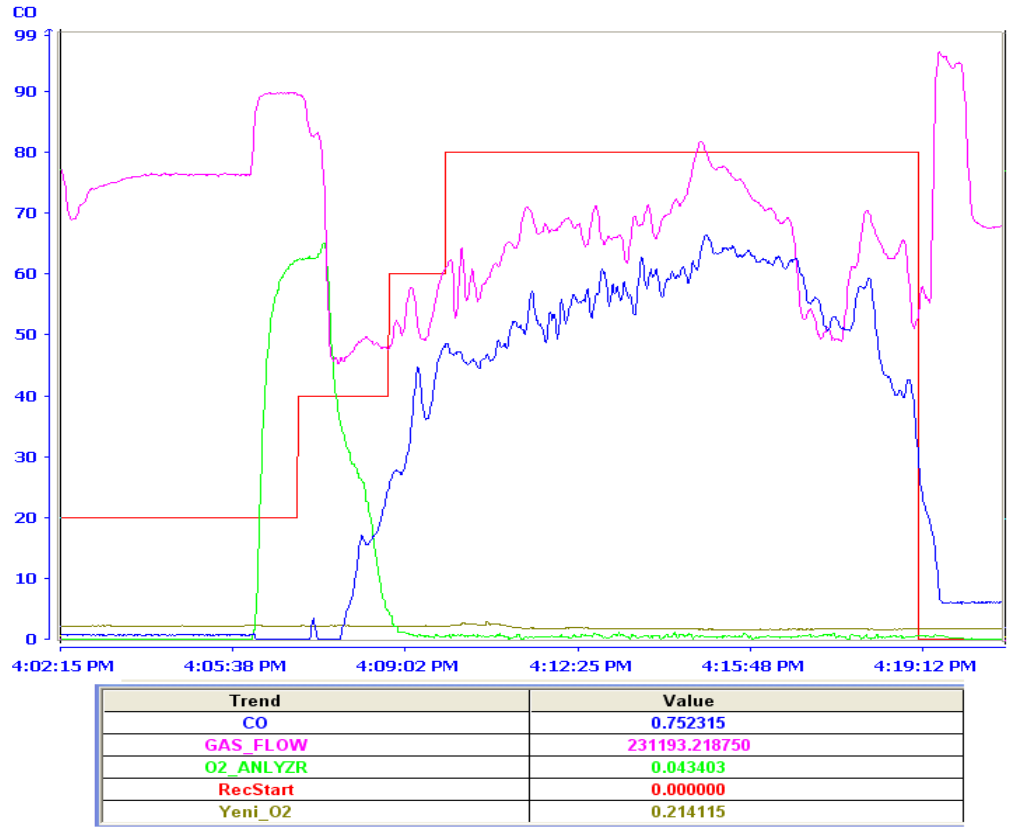
3-Oksijen Üflenmesi; Konverter içerisine pik şar edildikten sonra konverter dik konuma getirilerek oksijen lansı içerisine indirilir. Bu borunun alt ucu ergiyik demir

yüzeyinin 1.5m üzerinde olacak şekilde ayarlanır. Saf O₂ oksijen lansından yüksek hızda üflenir. Bu da ergiyik havuzun yüzeyinde yanma ve ısınmaya yol açar. Çelik içerisindeki Karbon oksijenle birleşerek CO olarak çelikten uzaklaşır Her döküm boyunca çelik üzerine 9000 m³ ile 10.000 m³ oksijen gazı üflenir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Konvertere oksijen üflenmesi (Anonymous, 2011)

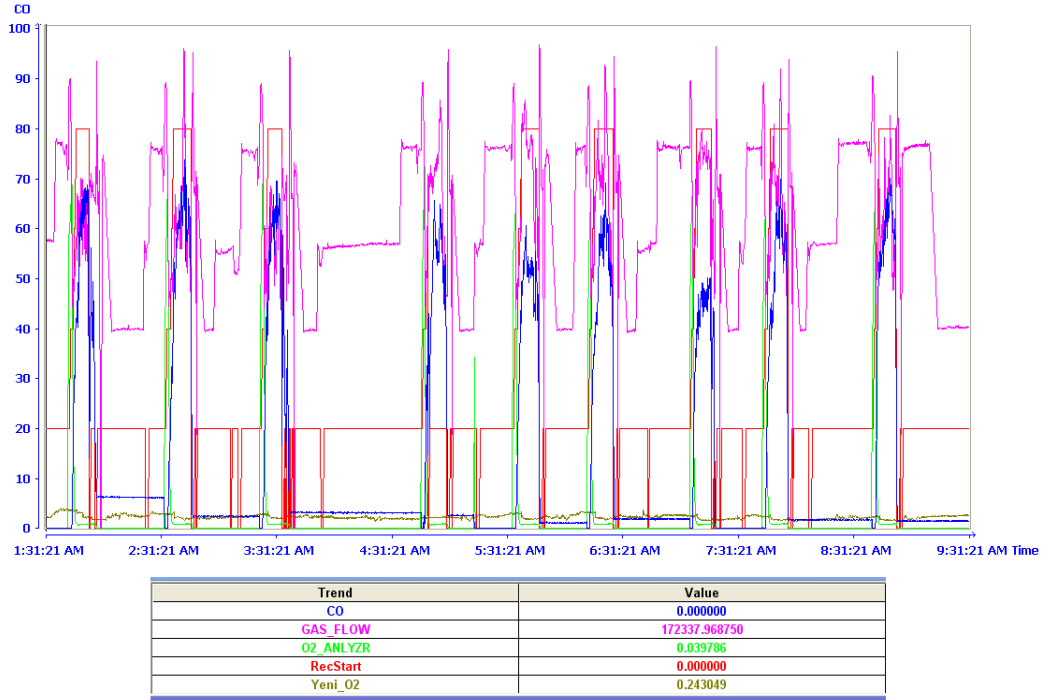
Oksijen Üfleme işlemi 15 dakika devam ettikten sonra karbon ve silisin tamamı yanar ve mangan çok düşük seviyelere iner. Oksijenle reaksiyona giren silis ilk önce yanar ve tamamı oksitlenir. Oksitlenme reaksiyonları ile oksitlenen metaller çelik üzerinde örtü gibi bir yapı (curuf) oluşturur. Curuf çelik içerisinde istenmeyen metal oksitleri ihtiva eder (MnO,MgO,SiO₂ gibi) ve ikincil metalürjiye gitmeden önce curuf potalarına alınarak tahliye edilir. Reaksiyonlar sonucunda açığa çıkan CO gazı soğutulması ve temizlenmesi amacıyla Konverter gazı temizleme ve kazanım tesisi ekipmanlarına ID fanlar yardımıyla gönderilir. %CO gazının oluşumu ve konverter gazı içerisindeki değişim oranı döküm başlangıcından, döküm sonuna kadar olan süreçte elde edilen konverter gazı şekil 4.7 de belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Bir döküm süresince konverter gazı kazanımı

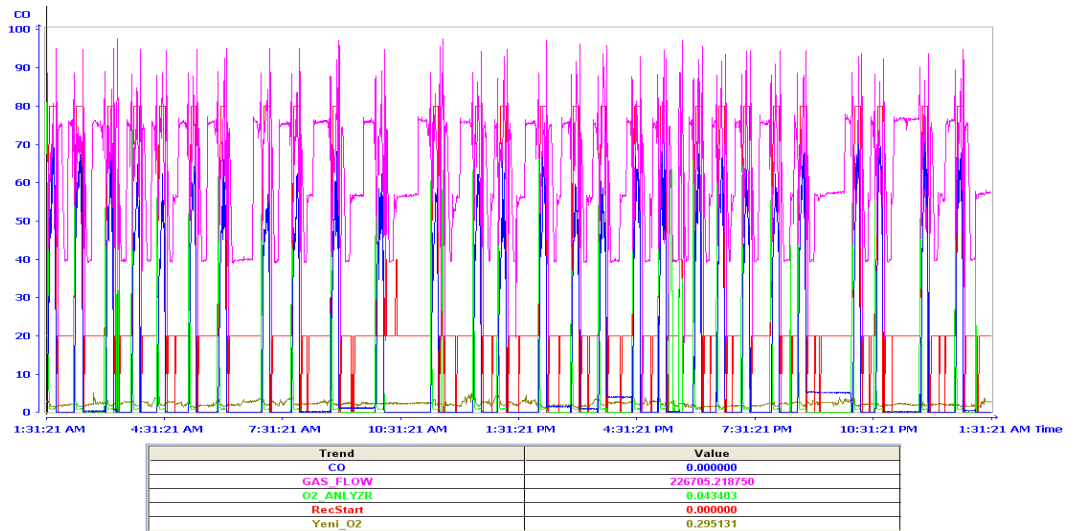
Çelik üretim kapasitesi 5.000.000 ton yıl olan entegre demir çelik tesislerinde günde ortalama 14.000 ton ham çelik üretilebilmektedir.

Bu süreçlerde 8 saate tam kapasite üretim miktarında bir konverterde oluşan reaksiyonlar sonucunda elde edilen % CO miktarı Şekil 4.8’de ,



Şekil 4.8. 8 Saat boyunca konverter gazı kazanımı

Bir gün boyunca saate tam kapasite üretim miktarında bir konverterde oluşan reaksiyonlar sonucunda elde edilen % CO miktarı Şekil 4.9’de belirtilmiştir.



Şekil 4.9. 24 Saat boyunca konverter gazı kazanımı

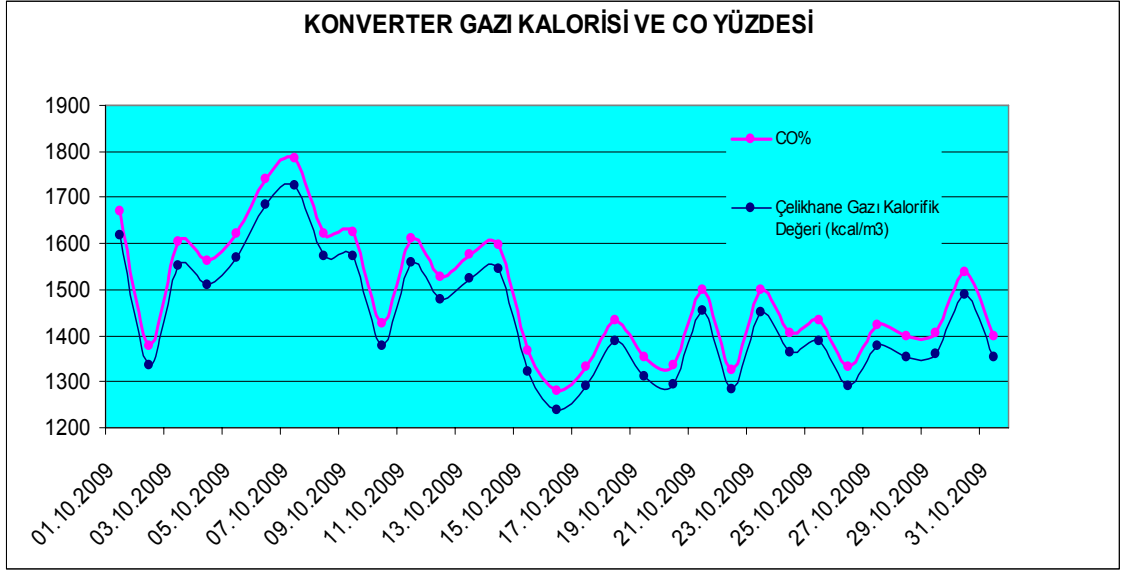
Konverter gazı içerisindeki % CO, kazanımı yapılan gazın kalorifik değeri içinde en belirleyici faktördür. Oksijen üflemeli tip bir çelik üretim tesisinde

reaksiyonlar sonucu açığa çıkan % CO oranı ile kalori değeri gözlemleri Çizelge 4.3' de belirtilmiştir. Çizelge 4.3'de % CO oranı gün ortalaması alınmış olup bu değerlerin üretimi yapılacak ham çeliğin kalitesine, işletme şartlarına göre değişmektedir.

Çizelge 4.3. Konverter gazı %CO ve kalori gözlemleri

Gözlem Tarihi	CO%	Çelikhane Gazı Kalorifik Değeri (kcal/m ³)
01.10.2009	53.5	1617
02.10.2009	44.2	1335
03.10.2009	51.4	1552
04.10.2009	50.0	1511
05.10.2009	52.0	1570
06.10.2009	55.8	1685
07.10.2009	57.2	1727
08.10.2009	52.0	1571
09.10.2009	52.1	1572
10.10.2009	45.7	1379
11.10.2009	51.7	1560
12.10.2009	48.9	1477
13.10.2009	50.5	1524
14.10.2009	51.2	1545
15.10.2009	43.8	1322
16.10.2009	41.0	1239
17.10.2009	42.7	1289
18.10.2009	45.9	1387
19.10.2009	43.4	1310
20.10.2009	42.8	1293
21.10.2009	48.1	1453
22.10.2009	42.5	1283
23.10.2009	48.1	1452
24.10.2009	45.1	1362
25.10.2009	46.0	1389
26.10.2009	42.7	1291
27.10.2009	45.6	1378
28.10.2009	44.8	1354
29.10.2009	45.0	1359
30.10.2009	49.3	1488
31.10.2009	44.8	1352

% CO ve kalori değerleri arasındaki değişim eğrileri ise Şekil 4.10 da belirtilmiştir.

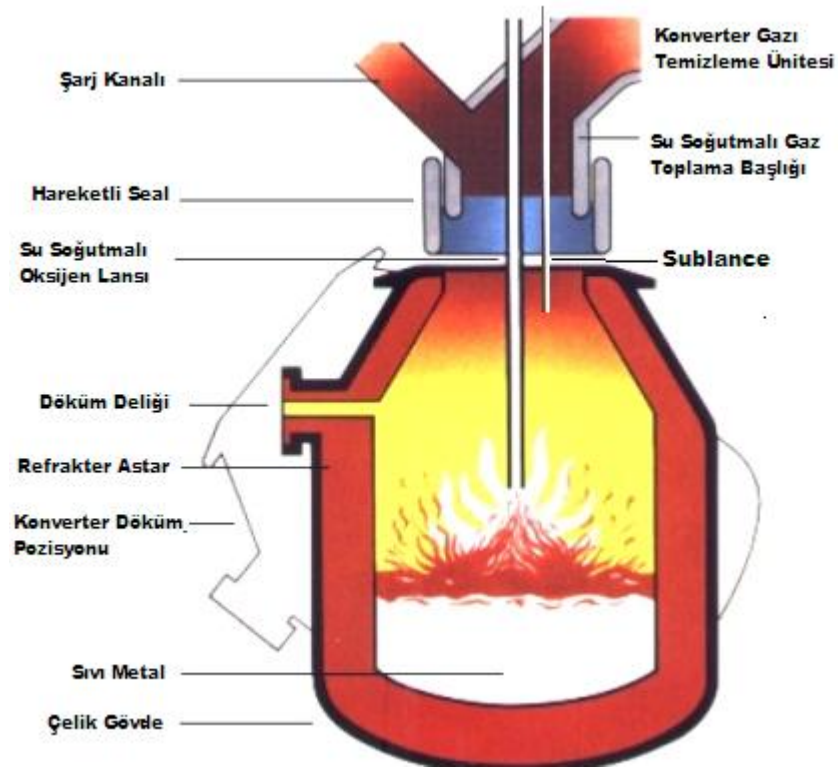


Şekil 4.10.Konverter gazı %CO ve kalori değişimi

Konverter görevini tamamladıktan sonra çelik numunesi alınır. Gelişen teknoloji ile birlikte, konverterlerde sıvı çelik banyosundan el ile numune alma, sıcaklık ölçme ile O₂ ppm ölçme işleminin yerini sublançe otomatik ölçme numune alma sistemleri almıştır.

Statik-dinamik model çelik üretim süreci ile birlikte; Dinamik kontrol için çok değerli bir araç olduğu kanıtlanan Sublançe ölçme ve numune alma sistemi kullanımına geçilmiştir.

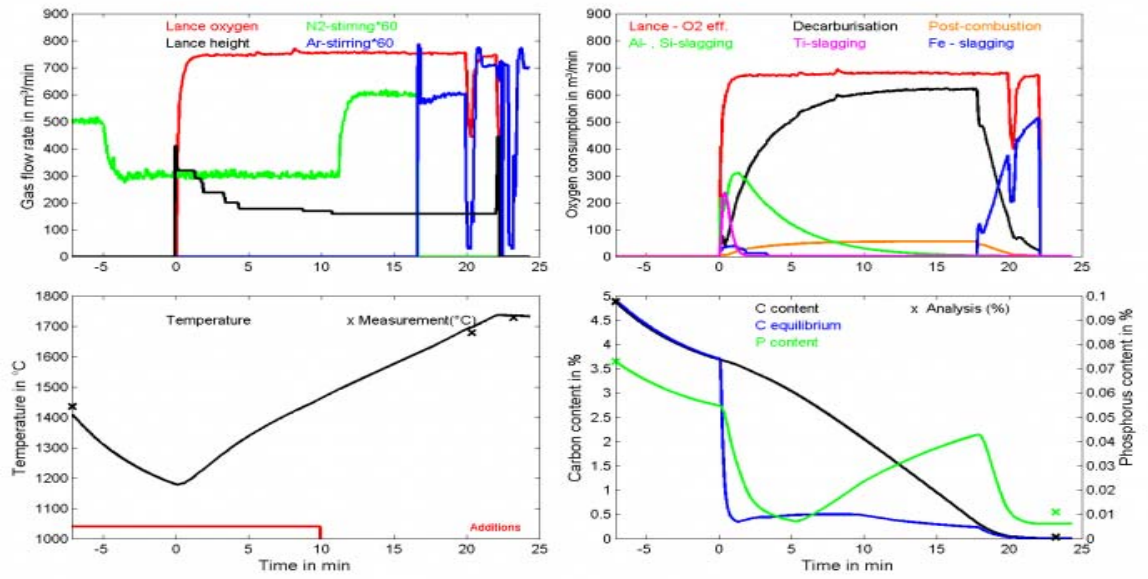
Bazık oksijen konverterleri ile çelik üretim tesislerinde oksijen üfleme işleminde sıvı çelik banyosundan numune alınması, sıcaklık, %C ve O₂ nin ppm cinsinden ölçülmesi işleminin yapılmaktadır. Numunenin spektral laboratuvarında analize tabi tutulması sonucu analize göre pota alaşım ferro-al malzemeleri hesaplanmakta ve hazırlanmakta, ayrıca ölçülen sıcaklık ve O₂ ppm değerine göre ise deoksidasyon ve çelik boşaltma pratikleri uygulanmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Konverter sublance ölçümü (Anonymous, 2011)

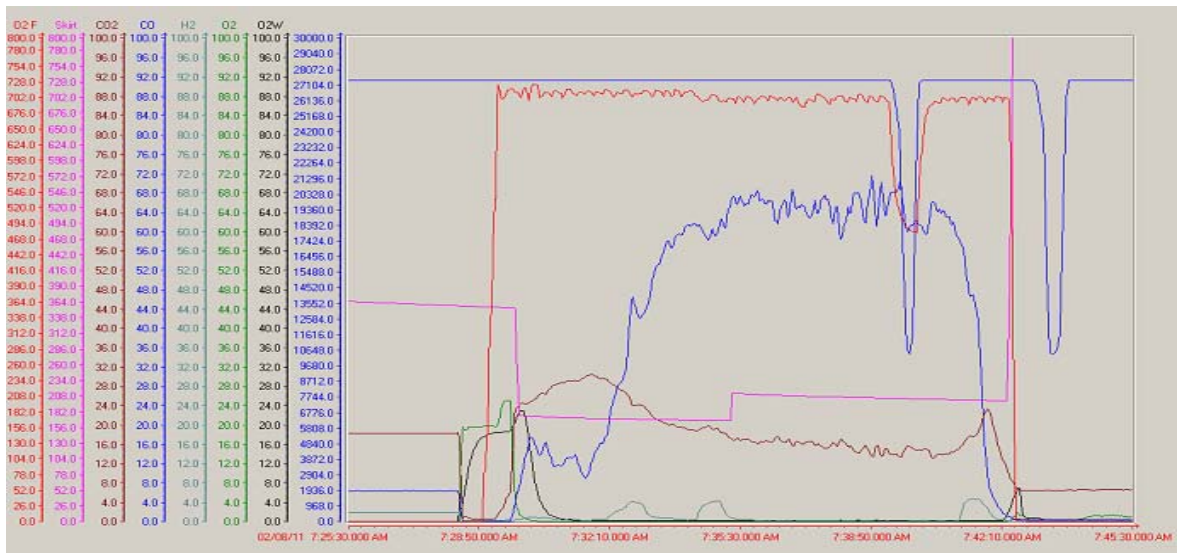
Sublance ölçme sisteminin oksijen üfleme sonunda konverterin 90 derece yatırılmasına gerek kalmaksızın, post stirring işlemi tamamlanır tamamlanmaz konverter dik durumda iken O₂ lansı benzeri bir sistem ile ölçme/numune alma probu banyoya belli derinlikte dalarak ölçme ve numune alma işlemini yapmakta ve akabinde konverter çelik boşaltma işlemine başlamaktadır. Endblow ölçümü dediğimiz bu ölçümde TSO (Sıcaklık, numune, % C ve O₂ ppm) ölçüm probu kullanılmaktadır.

Üfleme sonu ölçme/numune alma işlemi açısından kıyaslandığında, sublance sistemi klasik sisteme göre çok ciddi zaman ve enerji tasarrufları ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca sublance sistemi ile oksijen üfleme işleminin yaklaşık %80i tamamlandığında aynı şekilde sublance sistemi ölçme probu ile oksijen üfleme işlemi devam ederken sıvı çelik banyosundan numune alma, sıcaklık ve % C ölçme işlemi yapılmaktadır. İnblow ölçümü denilen bu metot sayesinde oksijen üfleme işlemi %80 seviyesinde olan sıvı çelik banyosunun genel karakteristiği (Sıcaklık, % C ve analiz) belirlenerek, üfleme sonu hedefin yakalanması için model tarafından gerekli hesaplamalar yapılmakta ve uygulanmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Sublance ölçüm eğrileri (Anonymous, 2011)

Oksijen Üfleme İşlemi devam ettiği sırada Sublance ölçümü yardımıyla tamamlanan metal analizi verileri işlenerek kalan oksijen kullanım miktarı Şekil 4.13'de belirtilmekte olup, bu süreç ile flaks malzeme ilaveleri ve döküm süresi tayin edilir.



Şekil 4.13. Sublance gaz eğrileri (Anonymous, 2011)

Endblow üfleme sonu sublance sisteminin kullanılmasının genel avantajı, öncelikle zaman ve enerji tasarrufu olarak belirtilebilir. Fakat üfleme içi inblow ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler ışığında model tarafından yapılan hesaplama ve

uygulamaların birçok metalurjik, zaman, enerji ve maliyet avantajlarından söz edilebilir. Bunların başlıcaları, düşük re-blow yüzdesi, sıcaklık optimizasyonu, uygun curuf yapısı, uzun refrakter ömrü, uygun sıvı çelik O₂ ppm seviyesi v.b. olarak sıralanabilir.

Sublance inblow ölçümü sırasında sıvı çelik banyosunda %C ve sıcaklık değerine göre üfleme sonu hedefin yakalanabilmesi için konverter ana şarj malzeme özelliklerinin input değerlerinin doğruluk yüzdesin yüksek olması gereklidir. Buna bağlı olarak doğru şarj hesabının yapılması ve uygulanması sonucunda, üflemenin yaklaşık %80inde inblow ölçümü yapılacaktır ve gerekli uygulamalar için yeterli zaman olacaktır.

İSDEMİR de 200 ton kapasiteli Konverterde Sublance ölçümleri sırasında yapılan gözlemlerde Konverter gazı içerisindeki Karbon monoksit oranının da değişimler tespit edilmiştir.

Bu değişimler sırasında normal dökümde elde edilen gaz miktarı, gazın kalorisi metal içerisine üflenmiş oksijen miktarının düşmesine paralel olarak azalmakta otomasyon kontrol sistemleri ve işletim sistemleri tarafından kritik seviyelerin altında olan CO oranı nedeni ile Konverter Gazı kazanımı durmaktadır (Şekil 4.13).

Bunun nedenleri ise ;

1-Konverter ana şarj malzemeleri input verilerinin doğruluk yüzdesi ile doğru zamanda inblow ölçümü yapılması direk ilişkilidir. Bu nedenle ilk şarj hesabı ve verilerin doğru gelmesinin işletme tarafından sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla seviye-2 üfleme modeli test ve fine tuning çalışmaları yapılması gerekliliğidir.

2-Sublance ölçüm metodu sıvı çelik daldırma tip ölçüm metodudur. Prob yaklaşık 700 mm. Banyo yüzeyinden daldırılarak numune alınır ve sıcaklık ölçülür. Bu esnada banyoda şiddetli karışma olması ölçümün sağlıklı olmasına neden olmaktadır. Ayrıca banyoda şiddetli karışma etkisi ile sıçramalar da sublance ekipmanının fiziksel olarak zarar görmesine neden olacaktır. Bu nedenle Sublance inblow ölçümü sırasında oksijen üfleme debisi 700 m³/dk'dan 400 m³/dk ya düşürülmektedir. Bu nedenle çelik banyosunda carbon yanması düşmekte buna paralel olarak % CO değeri azalmaktadır. Söz konusu oksijen debisi düşük olması gerekmektedir.

3- İnblow ölçümün üflemenin % 80'ninden daha önce yapılması durumunda, ölçüm sonrası yeniden oksijen debisinin 400 m³/dk'dan 700 m³/dk ya yükseltilmesi

sırasında banyoda yüksek C olması (%1) nedeni ile şiddetli taşmalar ve püskürmeler meydana gelmektedir. Benzer şekilde inblow ölçümünün % 80 den geç yapılması durumunda ölçüm sonunda yapılması gereken hesaplama ve uygulamalar için yeterli zaman olmamasıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Demir çelik; teknoloji ve sermaye yoğun, kalifiye işgücü gereksinimi yüksek olan bir ağır sanayi sektörüdür. Hızla gelişen üretim teknolojileri, global piyasalarda rekabetin gün geçtikçe zorlaşması ve çevre baskıları nedeniyle demir çelik üreticileri sürekli teknoloji yenileme yatırımları yapmak zorundadırlar. Yeni çelik ürünleri ve kaliteleri geliştirme gereksinimi nedeniyle araştırma geliştirme çalışmaları sektör için önemli bir yer tutmaktadır (Anonim, 2000).

Günümüzde rekabet koşullarının giderek arttığı Çelik sektöründe; diğer birçok sektöre göre daha yüksek maliyetli olan kaynakların etkin kullanılarak mümkün olan en fazla ve en katma değerli çıktıya dönüştürülmesi şirketlerin ayakta kalabilmesi için zorunluluk haline gelmiştir. Yüksek enerji fiyatları ve artan çevre baskıları sanayicileri enerji verimliliklerini artırmaya zorlamaktadır. Bu nedenle çelik üretim yöntemleri içerisinde en gelişmiş ve dünyada en çok kullanılan yöntem olan Oksijen üfleli çelik üretim tesislerinde; Konverterlerde Fırına yalnız oksijen üflendiğinden, gönderilen gazın ısıtılması için daha az enerji harcanır, sıvı çeliğin daha iyi ısınması sağlanır, az personel ile kısa zamanda yüksek üretim miktarları gerçekleştirilir. (Anonim, 2001).

Çelik üretim sürecinde tüm sistemler otomasyon sistemi verileri ile yapılmakta olup; çelik üretiminin son adımı olan numune alma işlemi ile tamamlanmaktadır. Çelik üretiminde numune alma işlemi sırasında verilerin sağlıklı alınması amacıyla çelik üzerine üflenen oksijen miktarı düşürülmekte buna paralel olarak gaz kazanımı CO dalgalanmasından dolayı sonlanmaktadır. Numune alma işleminin tamamlanmasından sonra çelik üzerine üflenen oksijen miktarı yükselmekte buna paralel olarak konverter gazı içerisindeki CO miktarı artmakta gaz kazanımı sonlandırıldığından açığa çıkan Kalorifik değeri yüksek gaz yakılarak atmosfere atılmaktadır. Çelik üretiminde numune (sublance) alma işlemi sırasında % CO değerindeki dalgalanmaların önlenmesi ve sublance süresinde Konverter gazının kazanımının yapılması amacıyla alma işlemi sırasında kazanımı yapılamayarak atmosfere atılan konverter gazının kazanımının sağlanarak elde edilen bir ton çelik üretimi başına kazanılan konverter gazı miktarını artırılması;

1-Konverter e alınan malzeme miktarının ölçümünün doğru yapılarak inblow zamanının belirlenmesi ve üfleme zamanının % 80 nin de çelik analizi için sublance işleminin yapılması.

2- Sublance inblow ölçümü sırasında %C oranının düşürülmemesi amacıyla ölçme performansını etkilemeyecek şekilde oksijen debisinin artırılması.

3-Sublance işlemleri sırasında ana oksijen lansı üfleme yüksekliğinin düşürülerek % C oranının yükseltilmesi.

4- Gaz Kazanım sistemi yazılımı içerisinde tanımlanmış olan % 40 C oranı parametresinin üfleme zamanı içerisinde gaz yönlendirme valflerinin açma ve kapama süreleri göz önüne alınarak % 36 C oranına indirilmesi ile mümkün olacaktır.

Oksijen üfleli çelik üretim tesislerinde (BOF) çelik üretim prosesi ile yan ürün olarak ortaya çıkan ve klasik çelik üretimi sürecinde atmosfere atılan çelikhane konverter gazının geri kazanımı çelik üretim maliyetlerini düşürülmesinde önemli bir öneme sahiptir. İki ana bölümden oluşan gaz kazanım sisteminin; birinci bölümü olan soğutma sisteminde oksijen üfleme işlemi sırasında reaksiyonlar sonucu açığa çıkan 1650 °C ile 1700 °C sıcaklıktaki konverter gazının ısıdan faydalanılması ile her dökümde ortalama 16 ton buhar elde edilmekte ve üretilen buhar Çelik üretim prosesinde ve arta kalan miktarın diğer işletmelerde proses buharı olarak kullanılması ile katma değer sağlanmaktadır. Gaz kazanım sisteminin ikinci bölümünü oluşturan gaz temizleme sistemi kurulum maliyeti olarak; gaz soğutma sistemine nazaran oldukça yüksek olmasına rağmen, geri ödeme süresi (16 ay) ve çevreye olan katkıları nedeniyle (1.654 ton SO₂ salınımı yapılmayarak) büyük getiri sağlamaktadır.

Türkiye’de 2010 yılı verilerine göre toplamda 8.258.000 ton çeliğin üretiminin oksijen üfleli tesislerde yapıldığını göz önüne aldığımızda ortalama ton başına 90 m³ -100 m³ gaz kazanımı sağlanması ile 743.220.000 m³ gaz kazanımı sağlanacak olup bunun karşılığında yılda 65.000.000 USD tasarruf edilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Deren, Uzgider,2008. **Çelik Yapılar**, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Anonim 2000, **Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Demir-Çelik Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu**,
- Anonim 2001, **1. Ulusal Demir- Çelik Sempozyumu Sergisi Bildiriler Kitabı-1**, E/2001/274-1
- Anonim, 2006. **Uluslararası Metalürji Kongresi Demir Çelik Sektör Raporları**, Metalürji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Arısoy, C.F., Mumcu, A., Sesen, M.K.,2001. **Sinter üretiminde bazik oksijen fırını (BOF) cürufunun kullanılmasının etkileri**. Metalurji Dergisi, (133)-66s.
- Kılık, R., 2001. **Malzeme Bilgisi Ders Notları**, Erciyes Üniversitesi.
- Pengelly, A.E.S.,1993. "**Strong Future for Steel in the 21st Century**", Steel Times International
- Rothery H. W., 1981.**The structure of Alloys of Iron**, Metal Progress.
- Ward R. G.,1989. **An Introduction to the Physical Chemistry of Iron and Steel Making.**
- Weimer, Hans-Eike,1993. "**Development Trends in Oxygen Steel Making**",Germany
- Yıldırım, M, Cemal, 1989. "**The Restructuring Policies in Steel Industry in EC; A Case Study for Turkish Steel Industry**", London.
- Yıldırım, M. C. ,2005. **Demir Çelik Sanayimizin Görünümü1'**, Metalürji Dergisi, Metalürji Mühendisleri Odası.
- Fruehan, R.J.,1998. **The making Shaping and Treating of Steel Steelmaking and Refining Volume**, Association of Iron and Steel Engineers.
- HJALKANEN,S. , HOLAPPA, L., 2004 **On the role of slag in the oxygen converter Process**, VII International Conference on MoltenSlags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy,
- SWINNERTON, M.,2005 **The Influence of Slag Evolution on BOF Dephosphorisation**, Master of Engineering Thesis
- Basu, S. 2007. **Studies on dephosphorisation during Steelmaking Doctoral Thesis**, Royal Institute of Technology, SE-100 44 Stockholm Sweden,2007
- Anonim, 2009. **İSDEMİR Çelikhane Gazı Kazanım Tesisi Eğitim Notları**
- Anonim, 2010. **Çelikhane Konverter Kazanım İşletme El Kitabı**
- İSDEMİR,2007.**İSDEMİR AŞ. Çelikhane Gazı Gazometresi Proje Tanıtım Dosyası ve Çevre Etkileri Dosyası**
- YAYAN, V. 2010 **Demir-çelik Üreticileri Derneği Raporu**,
- Anonymous,2010. <http://practicalmaintenance.net>
- Anonymous,2010. [http:// www.ask.com/wiki/Siemens-Martin_process](http://www.ask.com/wiki/Siemens-Martin_process)
- Anonymous,2010. http://tr.wikipedia.org/wiki/Bessemer_ve_Thomas
- Anonim,2010. [http:// www.celikarastirmamerkezi.com/bof.html](http://www.celikarastirmamerkezi.com/bof.html)
- Anonymous,2010. http://www.sms-siemag.com/download/H2_301E_Future-oriented_oxygen_steel_production.pdf
- Anonymous,2010. [http:// todengine.websitetoolbox.com](http://todengine.websitetoolbox.com)
- Anonymous,2010. [http:// www.tatasteleurope.com](http://www.tatasteleurope.com)
- Anonymous,2011. <http://www.jfe-21st-cf.or.jp/index2.html>
- Anonymous,2011. http://www.bfi.de/fields_of_activity//process_automation_steelmaking/process_control_bof.html

TEŞEKKÜR

Beni yüksek lisans öğrencisi olarak kabul eden, bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde bana destek olan, bilgi ve tavsiyelerini benimle paylaşan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ' a teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca; gerekli kolaylığı gösteren şirketim İSDEMİR AŞ., yöneticilerine, bilgisini esirgemeyen, değerli görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren Su Tesisleri ve Çevre Yönetim Müdürü Sayın Erkin Yekta GEDİK, Çelikhane Konverter İşletme Başmühendisi Sayın Sabri KILIÇ, Çelikhane Kazan İşletme Başmühendisi Uğur Erkan OKUYUCU' ya teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında maddi-manevi desteğim sevgili eşim Derya ULAŞ AKYOL' a en içten sevgi ve şükran duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

27.10.1976 tarihinde Osmaniye’ de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Hatay’da tamamladı. 1994 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı ve 2000 yılında mezun oldu. 2002 yılında İskenderun Demir Çelik Fabrikası’nda Gaz Tesisleri İşletme mühendisi olarak çalışmaya başladı ve bu görevine Gaz İşletme Başmühendisi olarak devam etmektedir.