

**DEMİRÇELİK SEKTÖRÜNDE
KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN
TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL ANALİZİ**

**2014
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Cüneyt USLU

**DEMİRÇELİK SEKTÖRÜNDE
KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK VE
ÇEVRESEL ANALİZİ**

Cüneyt USLU

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.**

**KARABÜK
Haziran 2014**

Cüneyt USLU tarafından hazırlanan “DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜNDE KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Durmuş KAYA



Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/ 06/ 2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Durmuş KAYA (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)



...../...../2014

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Cüneyt USLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEMİRÇELİK SEKTÖRÜNDE KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL ANALİZİ

Cüneyt USLU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Durmuş KAYA

Haziran 2014, 27 Sayfa

Enerji kaynaklarının azalması, enerji ihtiyacının ve enerji maliyetlerinin artması, sanayideki rekabetçi koşullar ve çevresel duyarlılık enerji kaynaklarını verimli kullanmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada Demir Çelik Sektöründe enerjinin verimli kullanılması kapsamında, Kok Fabrikalarında kızgın kok olarak (~1000 °C) elde edilen mamulün, su ile soğutulması yerine, ısısından yararlanmak amacıyla Kok Kuru Söndürme Sisteminin uygulanabilirliği çevresel ve ekonomik olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada mevcut söndürme sistemi ve Kuru Söndürme Sistemi karşılaştırılmış, kütle ve enerji dengesine yönelik hesaplamalar yapılmış ve enerji tasarruf imkanları, ön görülen yeni sistem ve geri ödeme süreleri ile birlikte belirlenmiştir.

Kuru Söndürme Sistemi ile, ortalama %7 nem içeren Kok, %1' in altında nem içerecek, böylelikle yüksek fırınlarda demir cevherini eritmek için harcanan yakıt

miktarı düşecek ve stabil hale gelecek, mevcut söndürme sistemiyle dışarıya atılan su buharı içindeki emisyonlar sıfırlanacak, 20 ton/itme su kullanılmayacak, atık ısı geri kazanımıyla 18 MW elektrik enerjisi elde edilecektir.

Anahtar Sözcükler : Kok kuru söndürme, enerji analizi, enerji verimliliği, enerji tasarrufu, atık ısı geri kazanımı.

Bilim Kodu : 914.1.027

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

TECHNO-ECONOMIC AND ENVIROMENTAL ANALYSIS OF COKE DRY QUENCING SYSTEMS IN IRON AND STEEL INDUSTRY

Cüneyt USLU

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Durmuş KAYA

June 2014, 27 Pages

Decrease in energy resources, increase in energy requirement and energy costs, competitive conditions in industry and environmental sensitivity have required energy resources to be used efficiently. In this study, within the scope of efficient use of energy in Iron and Steel Industry, a study on energy efficiency has been done on hot coke (~1000 °C), which is produced in Coke Plant. An economic and environmental inspection has been done in order to take the heat of hot coke by using Coke Dry Quenching instead of Coke Wet Quenching. Within the study; the existing quenching system and coke dry quenching system have been compared, mass and energy balances have been built, and energy saving opportunities have been specified with the payback period of the new system.

By using Coke Dry Quenching System, the moisture content of coke, which is averagely 7%, will be smaller than %1, so the fuel consumption for melting the iron

ore in blast furnaces will be reduced and stabilized, the emissions which come from the wet quenching system and water consumption (15 tons / pushing) will be ended, the recovery of waste heat as 18 MW of electricity will be obtained.

Keywords : Coke dry quenching, energy analysis, energy efficiency, energy saving, waste heat recovery.

Science Code : 914.1.027

TEŞEKKÜR

Tez alışmama verdikleri desteklerden dolayı danışmanım Prof. Dr. Durmuş KAYA ve Do. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK' a, özel sektörun iř ağırlığı düşünöldüğünde bizlere bu imkanı sağlayan Genel Müdürüm Sn. Fadıl DEMİREL' e, desteğini üzerimden eksik etmeyen çok değerli büyüğüm ve amirim Sn. Mehmet YANMAZ' a, ayrıca her zaman manevi desteklerini hissettiğim sevgili Eřim Ayřegöl USLU ve biricik kızım Yaėmur USLU' ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ixx
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
KOK FABRİKALARI TANITIMI.....	4
2.1. KOKLAŞMA (KÖMÜR KARBONİZASYONU)	4
2.2. METALURJİK KOK ÜRETİMİ.....	5
2.3. KOKUN YF OPERASYONLARINDAKİ FONKSİYONU	6
2.4. KOKUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	8
2.5. KOK GAZI OLUŞUMU	9
BÖLÜM 3	12
KOK KURU SÖNDÜRME TEKNOLOJİSİ.....	12
3.1. KOK KURU SÖNDÜRME TEKNOLOJİSİ	12
3.2. KOK KURU SÖNDÜRME PROSESİ ANA EKİPMANLARI	13
3.2.1. Söndürme Arabası ve Söndürme Kovası.....	13
3.2.2. Vinç.....	13
3.2.3. Kamara.....	14
3.2.4. Atıkısı Kazanı	14

	<u>Sayfa</u>
3.2.5. Toz Tutma Sistemi.....	14
3.2.6. Aspiratör	14
3.2.7. Türbin/Jeneratör Sistemi.....	14
3.3. KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMİNİN FAYDALARI.....	15
BÖLÜM 4	17
HESAPLAMALAR	17
4.1. KKS SİSTEMİNİN ENERJİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	17
4.1.1. Kabuller	17
4.1.2. Kazançlar	19
4.1.2.1. Su Kullanımından Kaynaklanan Kazançlar	19
4.1.2.2. YF Kok Kullanım Oranının Azaltılmasıyla Sağlanan Kazanç	19
4.1.2.3. Elektrik Üretim Kazancı	20
4.1.2.4. Tesisin Geri Ödeme Süresi	20
4.1.3. Çevresel Etkiler	20
4.1.3.1. Toz Emisyonunun Azaltılması.....	21
4.1.3.2. Elektrik üretmek için ortaya çıkan emisyonlar	21
4.1.3.3. Taş Kömürü Kullanımı	22
BÖLÜM 5	24
SONUÇ VE ÖNERİLER	24
KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Dünyada enerji üretimi	1
Şekil 1.2. İnsan kaynaklı global sera gazı emisyonları	2
Şekil 1.3. Küresel enerji tüketimi ve sektörlere göre dağılımı.....	2
Şekil 2.1. Kok bataryası kok taraf.....	5
Şekil 2.2. İtilmeye hazır kok.	6
Şekil 2.3. YF şeması	7
Şekil 3.1. Kok ıslak ve kuru söndürme sistemleri görünümü	12
Şekil 3.2. Kok kuru söndürme sistemleri genel akım şeması.	16

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Kok kalitesi spesifikasyonları.....	9
Çizelge 3.1. Sirkülasyon gazı içeriği.....	13
Çizelge 4.1. Elektrik üretimi ve emisyon değerleri.....	18
Çizelge 4.2. Elektrik üretimi için açığa çıkan ortalama birim emisyon değerleri.....	20
Çizelge 5.1. Elektrik üretiminde açığa çıkmayacak emisyon değerleri.....	25

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C	: Karbon
CH ₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
C ₂ H ₂	: Asetilen
C ₂ H ₄	: Etilen
C ₂ H ₆	: Etan
E	: Enerji
g	: Gram
GJ	: Gigajoule
TJ	: Terajoule
h	: Saat
H ₂	: Hidrojen
H ₂ O	: Su
kcal	: Kilo kalori
kg	: Kilogram
kWh	: Kilo watt saat
mm	: Mili metre
M	: Mol kütlesi
MW	: Mega watt
Nm ³	: Normal metre küp
NO _x	: Azot oksitler
N ₂	: Azot
O ₂	: Oksijen
SO _x	: Kükürt Oksitler
SO ₂	: Kükürt dioksit
t	: Ton
T	: Sıcaklık
°C	: Derece santigrat

% : Yüzde
\$: Amerikan Doları

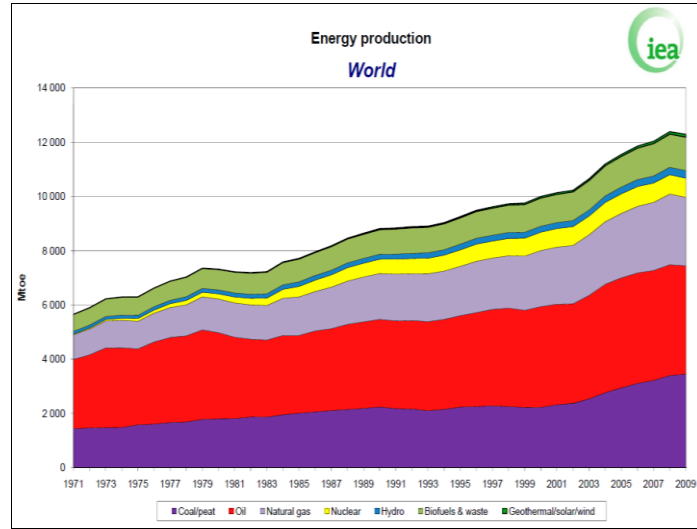
KISALTMALAR

CSR : Coke Strength After Reaction (Reaksiyon Sonrası Kok Dayanımı, sıcak)
IEA : International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IISI : International Iron and Steel Institute (Uluslararası Demir-Çelik Enstitüsü)
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
KKS : Kok Kuru Söndürme
KG : Kok Gazı
MTEP : Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
M40 : Kok Dayanımı (Soğuk Şartlarda)
SHD : Sıvı Ham Demir
TL : Türk Lirası
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
USD : United States Dollar (Amerikan Doları)
YF : Yüksek Fırın
YFG : Yüksek Fırın Gazı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun temel ihtiyaçlarının karşılanması ve hayat standartlarının yükseltilmesinde birincil derecede bir gereksinim olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber dünyadaki nüfus artışıyla birlikte, sanayileşmenin artması ve teknolojinin gelişmesi her geçen gün enerjiye olan ihtiyacı da beraberinde getirmektedir. Şekil 1.1'de de görüldüğü gibi dünya enerji üretiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan karşılanmaktadır.

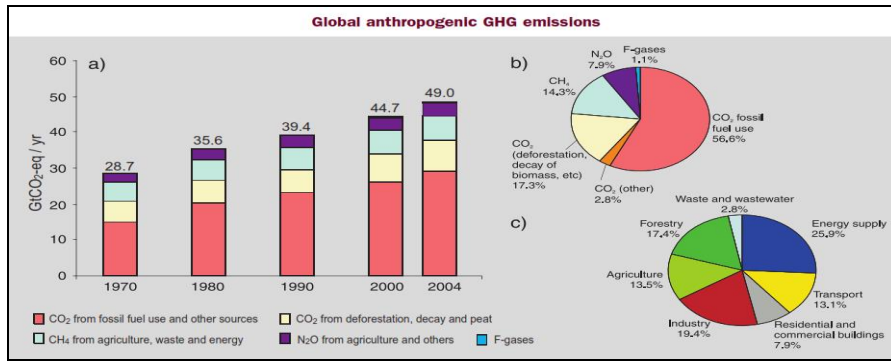


Şekil 0.1. Dünyada enerji üretimi (IEA, 2011).

Günümüzde fosil kökenli enerji kaynakları hazır olarak tüketilmekte ve enerji kullanımında önemli bir artış görülmektedir. Enerjinin kullanımı ile enerji kaynakları arasındaki ilişki, enerji maliyetlerinde dramatik bir artışa neden olmasına rağmen kaynakların uygun miktarda kullanımını gerektirmektedir (Terzi and Baykal, 2011).

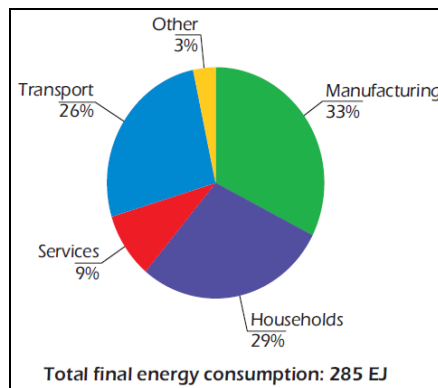
Enerji tüketiminin hızla artması, fosil kökenli yakıtların daha çok kullanılmasına ve atmosfere salınan karbondioksit (CO₂) miktarının artmasına neden olmaktadır; bunun

sonucu oluşan sera etkisi ile iklim değışiklikleri kaçınılmaz hale gelmektedir (Tütünoğlu vd., 2011). CO₂ en önemli insan kökenli sera gazıdır. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi CO₂, 2004 yılındaki toplam insan kaynaklı sera gazı salınımlarının %77’sini oluşturmuş ve 1970 ile 2004 yılları arasında yıllık CO₂salınımı%80 oranında 21 Gt’dan 38 Gt’a yükselmiştir. 1970 ile 2004 yılları arasında sera gazı salınımlarında en büyük artış enerji tedariki, taşımacılık ve sanayi sektörlerinden kaynaklanmıştır (IPCC, 2007).



Şekil 0.2. İnsan kaynaklı global sera gazı emisyonları a) 1970’ten 2004’e yıllık emisyonlar, b) 2004 yılındaki farklı sera gazlarının paylaşımı, c) 2004 yılındaki farklı sektörlerin sera gazı salınımlarının paylaşımı.

1990 ve 2005 yılları arasında küresel boyutta toplam enerji tüketimi %23 oranında artmıştır. Şekil 1.3’te küresel enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı gösterilmiştir. 2005 yılında imalat sanayii %33’lük pay ile enerjiyi küresel olarak en çok tüketen sektör olmuştur (IEA, 2008).



Şekil 0.3. Küresel enerji tüketimi ve sektörlere göre dağılımı.

Tüm dünyada küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği, enerji ve çevre güvenliği, bunun yanında enerjinin verimli ve yararlı kullanımı başlıkları önemli rol oynamaktadır. Yaşam kalitesinden ve üretimden ödün verilmeden enerji verimliliği ile enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Jollands ve arkadaşları (2009), tasarruf edilen enerjiyi dönüştürülebilen, ucuz, yerli ve temiz bir enerji kaynağı olarak tanımlamışlardır (Terzi and Baykal, 2011).

Ülkemizde, sanayide %15, yerleşim yerlerinde %35 ve taşımacılık maliyetlerinde %15 enerji tasarruf potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyeller; yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edebilecek enerjiden daha yüksektir. Eğer enerji verimliliğine doğru kararlı ve başarılı adımlar atılabilirse ülkemizdeki enerji talebi 2020 yılında %20 oranında (45 MTEP) azalacaktır (Terzi and Baykal, 2011).

Demir-çelik sektörü yıllık yaklaşık 24 EJ ($\times 10^{18}$) enerji tüketimi ile en çok enerji tüketen sektörlerden birisidir ve dünyanın toplam enerji tüketiminin %5'ine karşılık gelmektedir (Xu and Cang, 2010).

Demir-çelik sektörü kömürü birincil indirgeyici madde olarak kullanmaktadır. Kömürün en büyük bileşeni olan karbon (C), süreç sonucunda çevreye CO₂ olarak bırakılır. Bu yüzden bu sektördeki enerji tüketimi CO₂ salınımına eşittir ve enerji verimliliğini artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Nogami et al., 2006).

Demir-çelik sektöründe enerji verimliliğinin artırılması sera gazı salınımlarının azaltılmasında etkili ve kısa vadeli bir yaklaşımdır. Brüksel'de bulunan International Iron and Steel Institute (IISI) Kyoto süreci sonrasında iklim değişikliğine yeni ve küresel bir yaklaşım geliştirmek için devletleri demir-çelik sektörü ile çalışmaya davet etmiştir (Xu and Cang, 2010).

Endüstriyel işletmeler açısından bakıldığında, verimliliği artırıcı çalışmalar yakıttan tasarruf sağlamakla birlikte kaynakların verimli kullanımına ve çevre kirliliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Enerji verimliliğinin artırılması, ısı kayıplarının meydana geldiği bölgelerin ve miktarlarının belirlenmesi ile mümkün olmaktadır (Tütünoğlu vd., 2011).

BÖLÜM 2

KOK FABRİKALARI

2.1. KOKLAŞMA (KÖMÜR KARBONİZASYONU)

Karbonizasyon, inert bir ortamda, yan ürün olarak sıvı ve gaz ürünler elde edilirken, karbon içerikli katı yakıt üretilmesi amacı ile organik maddelerin parçalanması prosesidir. Kok haricindeki diğer ürünler kömür kimyasalları veya yan ürünler olarak adlandırılır (Austin 1985).

Yüksek sıcaklıkta kompleks kömür molekülü kapalı ve havasız bir ortamda ısıtılırsa kömür molekülü parçalanır. Böylece oluşan uçucu maddeler kömür bünyesinden çıktıktan sonra ortamda kalan sert, gözenekli, sünger yapılı karbon yüzdesi fazla yapıya kok, bu işleme de koklaşma denir.

Karbonizasyon, yıllardır, yüksek ve orta uçuculu bitümlü kömürlerden metalurjik kok üretimi için uygulanmaktadır. Linyitler kısmen kullanılırken, antrasit ve alt bitümlü kömürler ticari amaçlı olarak karbonizasyonda kullanılmazlar (Rhodes 1945). Piroliz sırasında, kömür moleküllerinin parçalanması derece derece olur. Kömür moleküllerinden kopan ilk ürünler, ortamın devamlı sıcak olmasından dolayı çeşitli reaksiyonların etkisinde yan ürünleri meydana getirirler (Kocaer 1969). Kömür karbonizasyonunda karşılaşılan ilk problem koklaşma özelliğine sahip bir kömürün seçimidir. Pişme esnasında kömür yumuşar ve bundan çok veya az sert bir kütle haline geçerse, bu kömür koklaşabilen bir kömür olarak sınıflandırılır. Pişme esnasında kömür dağılma yapar veya dayanıklılığı zayıf bir kütle meydana getirirse, kömür koklaşmayan kömür olarak sınıflandırılır. Bununla beraber koklaşabilen kömür olarak sınıflandırılan her kömür iyi kalite kok vermeyebilir. Arzulanan bütün koklaşma özelliklerine sahip bir kömürü bulmak hemen hemen mümkün değildir. Bu

sebeple iki veya daha fazla bitümlü kömürden hazırlanan harmanı koklaşmaya tabi tutmak usul haline gelmiştir.

2.2. METALURJİK KOK ÜRETİMİ

Entegre demir ve çelik fabrikalarında kok fabrikasının ana görevi yüksek fırının kok ihtiyacını karşılamaktır. Kok, yüksek fırın operasyonu ve sıcak maden kalitesine etki etme açısından yüksek fırına beslenen en önemli ham maddedir. Kok, yüksek fırın toplam hacminin %55'ini reaksiyon bölgesinin ise %75'ini oluşturmaktadır. Koklaşma prosesi, havasız ortamda yüksek sıcaklıkta (1100 – 1250 °C) kömürün karbonizasyonunu içerir.

Kok fırınları, silika tuğlalarla yapılmış dar ve uzun kamaralardır.



Şekil 2.1. Kok fırın bataryası kok tarafı.

Fırınlara doldurulan maden kömürü bir fırının her iki tarafında bulunan yanma kamaralarında yanan gazın (kok gazı, yüksek fırın gazı veya zenginleştirilmiş gaz olarak adlandırılan kok gazı ve yüksek fırın gazı karışımı) verdiği ısı ile koklaşır. Bir kok bataryası 10-100 fırından yapılmış olabilir. Kok fırınları değişik kapasitede olabilirler. Her bir fırın 10-50 ton kömür alabilir. Kömür fırınlara şarj edilmeden önce bir seri işleminden geçer. Kok fabrikasının bir parçası olan kömür hazırlama tesisi kömürlerin alınması, depolanması, oranlanması, kırılması, karıştırılması ve kok bataryalarına gönderilmesi işlemlerini yapar. Kok fırınlarına şarj edilecek kömürün %85-90'ı 0-3 mm çaplı olacak şekilde hazırlanması için kömür hazırlama tesisi

tarafından kırılır ve harmanlanır. Bataryalara kömür şarj arabaları tarafından şarj edilir.

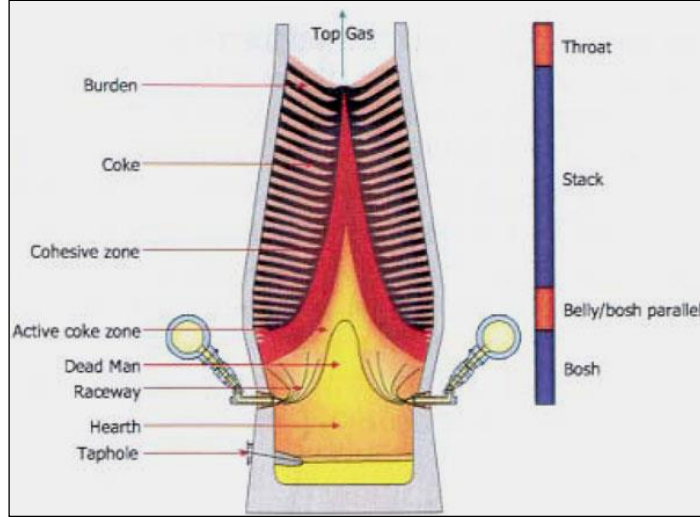
Kömürün kamara içerisindeki sıcaklığı yavaş yavaş yükselir. Fırın iç sıcaklığına bağlı olarak 18-36 saat sonra kömür tamamen koklaşır. Bu süre boyunca uçucu bileşikler kömürün bünyesinden ayrılır. Bu fırından çıkan uçucu bileşikler daha sonra arıtılmak üzere Yan Ürün Tesislerine gönderilir. Fırın içerisindeki geride kalan katı karbon yapı metalurjik koktur.



Şekil 2.2. İtmeye hazır kok.

2.3. METALURJİK KOKUN YF OPERASYONLARINDAKİ FONKSİYONU

Kok, yüksek fırın şarj malzemeleri içinde en önemli ve en pahalı hammadde girdilerinden biridir. Kokun yüksek fırın operasyonlarındaki fonksiyonunu şu şekilde sıralamak mümkündür:



Şekil 2.3. YF şeması.

1. İndirgeyici gazların burden (yüksek fırın içerisindeki harman yatağı) içindeki dağılımını engellemeyecek geçirgen bir yatak teşkil etmesi ve böylece, fırın içerisinde redükleyici (indirgeyici) gazların yukarıya doğru rahat geçebileceği ve ergimiş malzemelerin de alt bölgelere süzlebileceği matriksi oluşturması (geçirgenlik).
2. Üflenen sıcak hava ile reaksiyona girip, yüksek fırın içerisindeki kimyasal reaksiyonların endotermik ısı gereksinimlerinin sağlanması, demir cevheri ve cürufun ısıtılması, eritilmesi ve demir cevherinin indirgenmesi için gerekli ısının sağlanması (ısı etkisi).
3. Oksijen ve karbondioksit ile reaksiyona girerek indirgeyici gazlar üretmesi (indirgeyici özelliği).
4. Uygun dayanıklılıkta (mukavemet) olmasından dolayı burden bölgesindeki (yüksek fırın içerisindeki harman yatağı) malzemeye, fırın içindeki uygun dağılımında durması için gerekli desteği sağlaması.

Metalurjik kokun, yüksek fırın operasyonlarındaki bu fonksiyonları yerine getirebilmesi için uygun kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekir.

2.4. METALURJİK KOKUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Yüksek kalitede kok dar sınırlar içerisinde değişen fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir tanımı olarak karakterize edilir. Kok özelliklerini iki grup olarak fiziksel ve kimyasal özellikler şeklinde gruplandırabiliriz.

Metalurjik kokun fiziksel özellikleri içerisinde; kokun mukavemeti, stabilitesi, sıcak mukavemet (CSR-reaksiyondan sonra kok mukavemeti) ve kok reaktivite indeksi (CRI) değeri en önemli parametrelerdir. Kokun reaktivitesi; kok içerisindeki karbonun, hava, karbondioksit, oksijen ve buhar gibi tipik oksitleyici gazlarla reaksiyona girme hızı olarak tanımlanır.

Belli gaz akışı ve sıcaklık şartları altında CO₂ gazı ile reaksiyona giren karbonun, karbonmonoksit dönüşme oranını belirtir. Kok reaktivitesinin artışı, yüksek fırında kokun fazla tüketilmesine, böylelikle tüketim hızının artmasına ve dolayısıyla yüksek fırın performansının düşmesine yol açar. Reaktivite ölçümleri küçük kok parçaları kullanılarak ideal şartlarda gerçekleştirilmektedir. Pratikte ise karbon tüketim hızı aynı zamanda kokun yapısal mukavemetinin de bir göstergesidir. Yüksek fırındaki reaksiyonlar esnasında kokun oksitleyici gazlarla gireceği reaksiyonların hızlı olması, mukavemet kaybının da hızlı olması anlamına gelmektedir. Mukavemet kaybının hızlanması kokun çok çabuk parçalanmasına yol açacağından, yüksek fırında geçirgenlik ve fırın performansı azalacaktır. Karbondioksit (CO₂) ile çok fazla derecede reaksiyona giren koklar, yüksek fırın üst seviyelerinde kırılıp ergidikleri için tüyer (turbo körüklerden gelip sobalarda ısınan yaklaşık 400-4 500 m³/dk. debide ve 1100-1200°C sıcaklıktaki havanın yüksek fırına giriş yaptığı nozul) seviyesinde ve demir cevherini ısıtıp eritmeleri gereken seviyede, özelliğini kaybettiğinden kok tüketim hızı artmaktadır. Stabilite; oda sıcaklığında kokun kırılmaya karşı dayanım kabiliyetini ölçer ve yüksek fırının üst bölgelerindeki kokun davranışını yansıtır. CSR testinin amacı, kokun CO₂ ile reaksiyonu sonucunda uğradığı ağırlık kaybının % olarak ifadesidir (Özal, 1994).

En önemli kimyasal özellikler; nem, bağlı karbon, kül, sülfür, fosfor ve alkalilerdir. Bağlı karbon, kokun yakıt kısmıdır. Bağlı karbon ne kadar yüksek olursa,

kokun termal değeri de o kadar yüksek olur. Nem, kül, fosfor, alkali gibi diğer komponentler; yüksek fırın operasyonu, sıcak maden kalitesi ve refrakter hattındaki enerji gereksinimlerine olumsuz etki yaptıklarından dolayı arzu edilmezler.

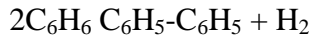
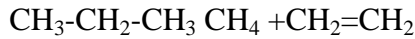
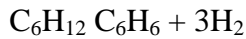
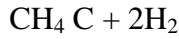
Çizelge 2.1. Kok kalitesi spesifikasyonları.

Kimyasal (ağırlıkça, %)	Değer
Nem (ağırlıkça, %)	6 max
Kül	9 max
Sülfür	0,8 max
Uçucu madde	1,5 max
Alkali (K ₂ O + Na ₂ O)	0,4 max
Fosfor	0,33 max
Fiziksel (ağırlıkça, %)	
Ortalama kok boyutu (mm)	45-60
+4 (ağırlıkça, %)	4 max
-1 (ağırlıkça, %)	11 max
Stabilite	58 min.
CSR	61 min.

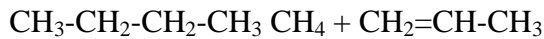
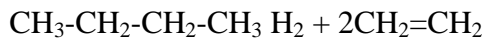
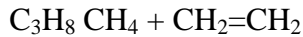
2.5. KOK GAZI OLUŞUMU

Kömür harmanlarının, yüksek sıcaklıkta koklaştırılması işlemi sonucunda, kok ve kok gazı oluşur. Kok gazı bir gaz ve buhar sistemidir. Kok gazı, maden kömürü harmanlarının kok kamaralarında, termik parçalanması sırasında oluşan ilk gaz ürünlerinin parçalanması ve oluşan bu gaz ürünlerinin daha farklı bileşikler oluşturacak şekilde yeniden birleşmeleri ile oluşan uçucu ürünlerden meydana gelmiştir. Şarj edilen kömür harmanının niteliğine bağlı olarak kok gazının bileşiminde ve bileşenlerin miktarlarında, ortam sıcaklığının yükselmesiyle önemli derecede değişiklikler olduğu gözlenir. Koklaşma işleminin farklı etaplarında kamaralardan çıkan kok gazı ana gaz toplama borusuna gelir ve buradan bileşimi sabitlenir. Bu sayede gazın yan ürünler bölümüne sürekli aynı bileşimde gönderilmesi sağlanmış olur. Yarı koklaşmış tabakadan ve plastik kömür tabakasından çıkan ilk uçucu ürünler, kamaranın sıcak tabanında ve yan duvarlarında termik etkiye uğrarlar ve bunun sonucu olarak ilk ürünlerin parçalanması veya ikinci koklaşma işlemi ürünleri oluşmuş olur. Koklaşma sırasında 200°C'nin altında çıkan maddeler su buharı, karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄)' dir. Bunların kömür

molekülleri arasında absorbe edilmiş maddeler olmaları olasılığı büyüktür. 200-400°C arasında su buharı, CO₂ ve CO çıkar. Bu sıcaklıkta kömür molekülleri parçalanmaya başlamıştır. Uçucu madde miktarındaki ani artış 350-450°C arasında başlar. Bu sıcaklığa ilk kritik sıcaklık adı verilir. Kok gazının hacimce %55-65'ini oluşturan hidrojen (H₂), 350°C'de oluşmaya başlar. Fakat 700°C'ye kadar miktarı azalır. 700°C' den sonra miktarı sıcaklığa bağlı olarak artar. Hidrojen miktarının büyük artış gösterdiği bu sıcaklığa ikinci kritik sıcaklık denir. Hidrojen, kömür moleküllerinin parçalanması sırasında oluşan ilk ürünlerden birisidir. Fakat aynı zamanda koklaşmanın ilk ürünlerinin hem parçalanması hem de sentezi sırasında açığa çıkar. Bu reaksiyonlar 700°C'nin üstünde başladığı için bundan sonra oluşan hidrojen miktarında ani artış görülür. 700°C'nin üzerinde parafinlerin düşük karbon içerikli olanları, aşağıdaki reaksiyonlarla parçalanma eğilimlidir.



Bu sırada ilk ürünlerin parçalanması ve birleşmesi reaksiyonları başlamıştır. Büyük moleküller parçalanırken küçük moleküllerin bir kısmı aromatik hidrokarbonlarla birleşerek daha büyük molekülleri oluştururlar. Fakat parçalanma birleşmeden daha hızlıdır ve sonuçta sıcaklık yükseldikçe uçucu madde içerisindeki küçük moleküllerin miktarı artar. 700°C' nin üzerinde olefinler parafinlere benzer reaksiyonlarla bozunur.



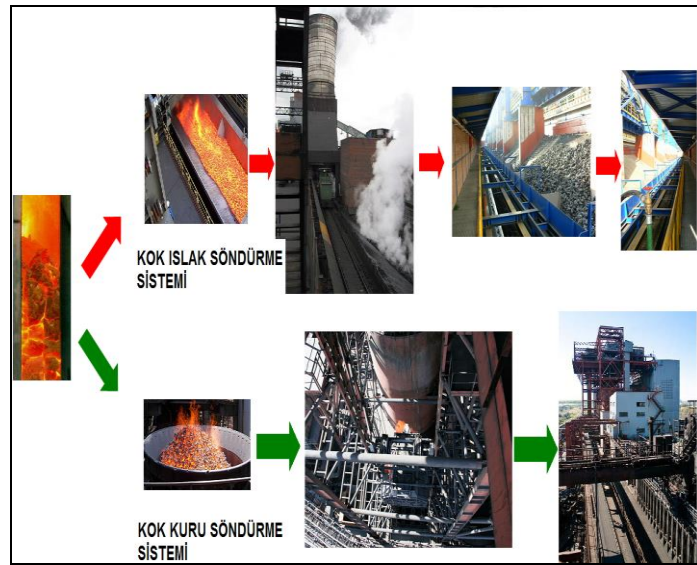
Koklaşma sıcaklığı yükseldikçe küçük molekülü gazın veriminin artması buna karşı büyük molekülü katran veriminin azalması parçalanma olayı ile açıklanabilir. Amonyak (NH₃) miktarı 700°C' ye kadar artar. Bu sıcaklıktan sonra bileşenlerine

ayrıldığı için azalır. Ham benzol miktarında 900°C'ye kadar görülen artışı büyük molekülülerin parçalanması ile anlatmak mümkündür. 900°C'den sonra benzen halkaları birleşerek naftenleri (siklo bileşikleri) oluştururlar. Bu da ham benzol oluşumunu azaltır. Bazı aromatik bileşikler birden fazla karbon ihtiva eden yan zincirlere sahiptirler. Daha yüksek sıcaklıklarda yan zincirler koparak, olefinleri, benzen, toluen ve ksilen gibi kısa zincirli aromatik bileşikleri oluşturur. Ayrıca hidrojen açığa çıkması ile halkalar yoğunlaşır. Böylece, iki benzen reaksiyona girerek difenil ve hidrojeni meydana getirirler.

BÖLÜM 3

KOK KURU SÖNDÜRME TEKNOLOJİSİ

3.1. KOK KURU SÖNDÜRME TEKNOLOJİSİ



Şekil 3.1. Kok ıslak ve kuru söndürme sistemleri görünümü.

Kokun kuru olarak soğutulmasını, düşük maliyet, daha az kirlilik olarak nitelendirebiliriz.

Kızgın koktan ısı alma işlemi, inert gazların kızgın kok ile direk teması sağlanarak yapılır. Gaz tarafından alınan bu ısı, atık ısı kazanına verilir.

Yaklaşık 1050 °C deki kızgın kok, kok fırınından söndürme arabası üzerinde bulunan söndürme kovasına boşaltılır. Söndürme arabası kızgın koku KKS sistemine transfer eder. Vinç söndürme kovasını alır, söndürme kamarası tepesine çıkartır. Kamaranın boşaltma bölmesine otomatik hizalama yapıldıktan sonra, kova altındaki kapak açılır ve kızgın kok kamaraya şarj edilir. Aspiratör aracılığıyla kapalı devre olarak sürekli

döndürülen ve yaklaşık 180°C olan inert gazlar, kamara içinde bulunan gaz dağıtım kanallarından geçer ve tüm kızgın kok yüzeylerine temas eder. 750 – 800 °C’ ye sıcaklığa ulaşan inert gazlar ve sirkülasyon gazı toplama kanalına gelir. Büyük boyuta sahip gaz içindeki kok tozlarını almak amacıyla, toz bunkerinden geçirilen gaz atıkısı kazanına gönderilir.

Çizelge 3.1. Sirkülasyon gazı içeriği.

Gaz	CO	CO ₂	H ₂	N ₂	O ₂
Konsantrasyon (%)	10-15	8-10	2-3	70-75	Max 1

Söndürülmüş kok, sürekli boşaltım sağlanması amacıyla tasarlanmış olan ve kamara altında bulunan döner tip boşaltma cihazından geçer ve boşaltılır. Kokun boşaltılması ve taşınması sırasında kok tozu emisyonları açığa çıkar. Bunun engellenmesi için bir tozsuzlaştırma sistemi kurulmalıdır.

Kamaranın sürekli şarj ve boşaltma yapılması durumunda, atıkısı kazanı öncesinde gaz sıcaklığında değişim olmasına rağmen, sabit basınç ve sıcaklıkta buhar üretimi sağlanmış olur. Üretilen kızgın buhar türbin sistemini tahrik eder ve jenaratöre aktarılan enerjiyle elektrik üretimi sağlanmış olur.

3.2. KOK KURU SÖNDÜRME PROSESİ ANA EKİPMANLARI

3.2.1. Söndürme Arabası ve Söndürme Kovası

İtilen kokun sisteme transferini sağlayan lokomotif ve kokun boşaltıldığı haznedir.

3.2.2. Vinç

Fırınlardan söndürme kovası ile getirilen kızgın kok, vinç yardımı ile kamaralara üstten beslenir.

3.2.3. Kamara

Sıcak kokun söndürüldüğü yerdir. Kamaranın üst kısmındaki haznedeki şarj edilen kızgın kok soğutma gazının direkt teması ile söndürülür ve sönmüş kok kamaranın alt kısmında bulunan bantlara boşaltılarak kırma eleme tesisine gönderilir.

Soğutma gazı kamaranın alt bölgesinden girer ve sıcak kokun ısını alarak atık ısı kazanına gider.

3.2.4. Atık Isı Kazanı

Kamarada ısınan gazın atık ısı kazanında sirkülasyonu sağlanarak kızgın buhar elde edilir. Gaz ısını iş akışkanına (su) transfer ederek kazanı terk eder. Atık ısı kazanı, ekonomizer, buharlaştırıcı ve kızdırıcı boru demetlerinden oluşmaktadır.

3.2.5. Toz Tutma Sistemi

Atık ısı kazanında ısını transfer eden gaz, toz tutucu siklonlarda bünyesindeki tozu bırakır.

Ayrıca söndürülmüş kokun bantlara döküldüğü noktalarda da tozsuzlaştırma sistemi yerleştirilir.

3.2.6. Aspiratör

Soğutma gazının sistem içindeki dolaşımını sağlar.

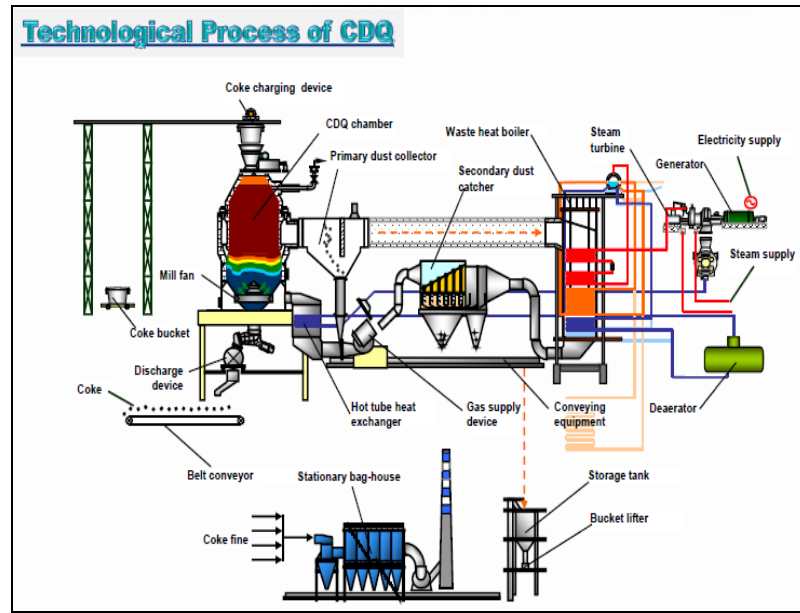
3.2.7. Türbin/Jeneratör Sistemi

Elde edilen kızgın buharın enerjisinden yararlanılarak türbin tahrik edilir ve bu enerji jeneratöre aktarılır. Bu aktarım sonucunda elektrik enerjisi elde edilir.

3.3. KOK KURU SÖNDÜRME SİSTEMİNİN FAYDALARI

1. Kok Kalitesinin İyileştirilmesi:
M40 %3-8 artış,
M10 % 0,3-0,8 düşüş
CSR %1,5-2 artış
Stabil Kok Kalitesi
2. Atıksu ve Hava kirliliği emisyonlarının engellenmesi: Toz emisyonlarının 200-400 g/ton kok değerinden, 3 g/ton kok değerine düşürülmesi. Fenol, siyanür ve sülfür emisyonlarının bitirilmesi.
3. Enerji geri dönüşümü (Kızgın kokun ısını kullanarak): 1 ton kok için 500 kg, 50 bar, 450 °C buhar üretimi
4. Kokun nem içeriğinin düşürülmesi: %6-7 nem içeriğinden, %1 in altında nem içeriği
5. Su kullanımının azaltılması: 1 ton kok için 1.360 kg su kullanımının bitirilmesi
6. Karbon emisyonlarının düşürülmesi
7. Kızgın kokun ısısından elde edilen buharın tamamının kullanılmasıyla, 120 kWh/ ton kok elektrik üretimi sağlanması
8. Kok nem içeriğinin %6 dan %1 in altına düşürülmesiyle, suyun korunumunun sağlanması
9. YF veriminin %2-3 oranında artması.
10. %100 Kok Kuru Söndürme (KKS) kullanımıyla, Yüksek Fırınlarda(YF) kullanılan kok oranı 12-14 kg/Sıvı Ham Demir (SHD) düşecektir.
11. Kok içinde bulunan nem, yüksek fırın boğaz bölgesindeki sıcaklık nedeniyle buharlaşmaya başlayarak kok bünyesinden ayrılır. Özellikle fırın merkezine boşalan kok nemi çok kısa süre sonra kok bünyesinden ayrılırken, duvar kenarına boşalan kok nemi fırın stack bölgesince devam eder. Teorik olarak kok neminin prosese direkt bir olumsuzluğu yoktur. Önemli olan kok neminin stabil olmasıdır. Fırın şarj sisteminde tartılan kok ile fırın içindeki kok katmanlarındaki kok miktarı çok önemlidir.
12. Kok neminin dalgalanması:
13. Fırın içindeki kok katmanlarının kalınlığını dolayısıyla fırın geçirgenliğini etkiler.

14. Hazneye (yanma bölgesine) inen kok miktarındaki dalgalanma nedeniyle ısı balansı bozulur. KKS sistemiyle stabilite sağlanacaktır.
15. CSR: Kok fırın içine girdikten sonra kimyasal reaksiyonlara maruz kalır. En önemli iki reaksiyon alkaliler ve CO-CO₂ ile olan reaksiyondur. Basit bir ifade ile bu reaksiyonlar sonucu bozulmayan kok miktarını ifade eden CSR değeri özellikle fırın alt bölgelerinde çok önemlidir. Fırında yükü taşıyan kok ne kadar az alkali ve CO-CO₂'den etkilenirse fırın geçirgenliği ve ısı balansı o kadar yüksek olur.



Şekil 3.2. Kok kuru söndürme sistemleri genel akım şeması.

BÖLÜM 4

HESAPLAMALAR

4.1. KKS SİSTEMİNİN ENERJİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1.1. Kabuller

(Demir Çelik Fabrikası verileri)

KKS Kurulum Maliyeti: 40.000.000 \$

Kok Maliyeti: $400 \frac{TL}{ton\ kok}$

Elektrik Maliyeti: $0,2 \frac{TL}{kWh}$

KKS Kapasitesi: $150 \frac{ton\ Kok}{h}$

KKS Enerji Tüketimi: 6 MWh

KKS Enerji Üretimi: 18 MWh

KKS Çalışma Süresi: $8.016 \frac{h}{YIL} = 334 \frac{gün}{YIL}$

Kızgın Kok Sıcaklığı: 1.000 °C

Soğutulmuş Kok Sıcaklığı: 250°C

Su kullanımı: $1.360 \frac{kg\ su}{ton\ kok}$

Geri kazanılan Su: $910 \frac{kg}{ton\ kok}$

Su Kaybı (buharlaşma): $450 \frac{kg}{ton\ kok}$

Su Maliyeti: $0,1 \frac{TL}{ton}$

Islak Söndürme Toz Emisyonu: $300 \frac{g}{ton\ kok}$

KKS Toz Emisyonu: $3 \frac{g}{ton\ kok}$

Çizelge 4.1. Elektrik üretimi ve emisyon değerleri 2012 (TÜİK, 2012).

Elektrik Üretimi (MWh)	239.081.000
Emisyonlar	Miktar (Ton)
CO ₂	116.761.000
CH ₄	1.960
NO _x	324.300
CO	36.480
NM VOC	7.790
N ₂ O	1.050
SO ₂ *	5,9
*kg/MWh ABD verisi	

Islak Söndürme Kok Nemi: $\%6 = 60 \frac{kg\ su}{ton\ kok}$

KKS Kok Nemi: $< \%1$

Buhardan elde edilen elektrik enerjisi: $120 \frac{kwh}{ton\ kok}$

YF kok kullanım oranı düşüşü: $13 \frac{kg\ kok}{SHD}$

1 ton 50 bar, 450 °C Buhar için 100 kg 6000 kcal lik taş kömürü harcanır.

4.1.2. Kazançlar

4.1.2.1. Su Kullanımından Kaynaklanan Kazanç

Su kullanımının bitirilmesi:

$$450 \frac{kg\ su}{ton\ kok} \times 150 \frac{ton\ kok}{h} = 67.500 \frac{kg}{h} = 67,5 \frac{ton\ su}{h}$$

$$Yıl\ bazında: 67,5 \frac{ton\ su}{h} \times 24 \frac{h}{gün} \times 334 \frac{gün}{YIL} = 541.080 \frac{ton\ su}{YIL}$$

$$\left[541.080 \frac{ton\ su}{YIL} \right] \times 0,1 \frac{TL}{ton\ su} = 54.108 \frac{TL}{YIL}$$

4.1.2.2. YF Kok Kullanım Oranının Azaltılmasıyla Sağlanan Kazanç

$$13 \frac{kg\ kok}{SHD} \times 6.000 \frac{SHD}{gün} = 78.000 \frac{kg\ kok}{gün} = 78 \frac{ton\ kok}{gün}$$

$$Yıl\ bazında: 78 \frac{ton\ kok}{gün} \times 334 \frac{gün}{YIL} = 26.052 \frac{ton\ kok}{YIL}$$

Kok kullanımının azaltılmasıyla oluşan kazanç:

$$26.052 \frac{ton\ kok}{yu} \times 400 \frac{TL}{ton\ kok} = 10.420.800 TL$$

4.1.2.3. Elektrik Üretim Kazancı

$$\text{Üretim} - \text{Tüketim} = 18 \text{ MWh} - 6 \text{ MWh} = 12 \text{ MWh}$$

$$1 \text{ MWh} = 1.000 \text{ kWh}$$

$$12 \text{ MWh} = 12.000 \text{ Kwh}$$

$$\text{Toplam Çalışma süresi: } 334 \frac{\text{gün}}{\text{YIL}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{gün}} = 8.016 \frac{\text{h}}{\text{YIL}}$$

$$\text{Saatlik Kazanç: } 12.000 \text{ kWh} \times 0,2 \frac{\text{TL}}{\text{kWh}} = 2.400 \frac{\text{TL}}{\text{h}}$$

$$\text{Yıllık Kazanç: } 2.400 \frac{\text{TL}}{\text{h}} \times 8.016 \frac{\text{h}}{\text{YIL}} = 19.238.400 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam Kazanç: } 54.108 + 10.420.800 + 19.238.400 = 29.713.308 \text{ TL/YIL}$$

$$\text{Tesisin Kurulum Maliyeti: } 40.000.000 \$ = 40.000.000 \$ \times 2 \frac{\text{TL}}{\$} = 80.000.000 \text{ TL}$$

4.1.2.4. Tesisin Geri Ödeme Süresi

$$\frac{80.000.000 \text{ TL}}{29.713.308 \frac{\text{TL}}{\text{YIL}}} \cong 2.7 \text{ YIL}$$

4.1.3. Çevresel Etkiler

Çizelge 4.2. Elektrik üretimi için açığa çıkan ortalama birim emisyon değerleri.

Emisyonlar	Miktar (ton/MWh)
CO ₂	0,4883742
CH ₄	0,0000082
NO _x	0,0013564
CO	0,0001526
NMVOC	0,0000326
N ₂ O	0,0000044
SO ₂	0,0059000

4.1.3.1. Toz Emisyonu Azaltılması

$$300 - 3 \frac{g}{ton\ kok} = 297 \frac{g}{ton\ kok}$$

Yıl Bazında:

$$297 \frac{g}{ton\ kok} \times 150 \frac{ton\ kok}{h} \times 8.016 \frac{h}{YIL} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1ton}{1000kg} = 357 \frac{ton\ Toz}{YIL}$$

4.1.3.2. Elektrik Üretmek İçin Ortaya Çıkan Emisyonlar

CO₂ Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için CO₂ Emisyonu

$$0,44883742 \frac{ton\ CO_2}{MWh} \times 18\ MWh \times 8016 \frac{h}{YIL} = 70.466 \frac{ton\ CO_2}{YIL} \text{ emisyonu}$$

oluşmayacaktır.

CH₄ Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için CH₄ Emisyonu

$$0,0000082 \frac{\text{ton CH}_4}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{h}{\text{YIL}} = 1,18 \frac{\text{ton CH}_4}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu}$$

oluşmayacaktır.

NO_x Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için NO_x Emisyonu

$$0,0013564 \frac{\text{ton NO}_x}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{h}{\text{YIL}} = 196 \frac{\text{ton NO}_x}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu}$$

oluşmayacaktır.

CO Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için CO Emisyonu

$$0,0001526 \frac{\text{ton CO}}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{h}{\text{YIL}} = 22 \frac{\text{ton CO}}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu oluşmayacaktır.}$$

NM VOC Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için NM VOC Emisyonu

$$0,0013564 \frac{\text{ton NM VOC}}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{h}{\text{YIL}} = 4,7 \frac{\text{ton NM VOC}}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu}$$

oluşmayacaktır.

N₂O Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için N₂O Emisyonu

$$0,0000044 \frac{\text{ton N}_2\text{O}}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{h}{\text{YIL}} = 0,63 \frac{\text{ton N}_2\text{O}}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu}$$

oluşmayacaktır.

SO₂ Emisyonu

Bir elektrik santralinde 18MWh elektrik üretimi için SO₂ Emisyonu

$$0,0059000 \frac{\text{ton SO}_2}{\text{MWh}} \times 18 \text{ MWh} \times 8016 \frac{\text{h}}{\text{YIL}} = 851 \frac{\text{ton SO}_2}{\text{YIL}} \text{ emsiyonu oluşmayacaktır.}$$

4.1.3.3. Taş Kömürü Kullanımı

$$100 \text{ kg/ton buhar} \times 75 \text{ ton buhar/h} = 7.500 \text{ kg/h}$$

$$\text{Yıl Bazında: } 7.500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 8016 \frac{\text{h}}{\text{YIL}} = 60.120 \frac{\text{ton}}{\text{YIL}} \text{ Taş kömürü kullanılmayacaktır.}$$

1 kg kömür = 0,3 TL olarak kabul edilirse

1 ton kömür=300 TL olur.

$$60.120 \frac{\text{ton}}{\text{YIL}} \text{ fosil yakıt kullanılmayacaktır}$$

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu sistemde elde edilen kazançları şöyle sıralayabiliriz.

1. Suyun Korunumu: $541.080 \frac{ton}{YIL}$ su kullanılmayacaktır.

Su Korunumu Kazancı: $54.108 \frac{TL}{YIL}$

2. YF larda Metalurjik Kok kullanımının azaltılması: $26.052 \text{ ton kok} / YIL$

YF larda Metalurjik Kok Kullanım Kazancı: $10.420.800 \frac{TL}{YIL}$

3. Elektrik Üretimi Net: 12 MW

Elektrik Üretim Kazancı: $19.238.400 \frac{TL}{YIL}$

Toplam Kazanç: $29.713.308 \frac{TL}{YIL}$

Tesisin Geri Ödeme Süresi: 2,7 YIL

Çizelge 5.1. Elektrik üretiminde açığa çıkmayacak emisyon değerleri.

Emisyonlar	Miktar (ton/yıl)
CO ₂	70466
CH ₄	1,18
NO _x	196
CO	22
NM VOC	4,7
N ₂ O	0,63
SO ₂	851
Toz	357
Toplam	71.899

En basit anlatımla KKS; Kok Fabrikaları Kok Bataryalarında üretilen kızgın kokun ısısından yararlanarak, herhangi bir yakıtta ihtiyaç duymadan atık ısının değerlendirilmesi ile enerji geri kazanımıdır.

Bu sistemin kurulması için gereken yatırım maliyeti ciddi bir rakam olmasına rağmen, kazançlar düşünüldüğünde 2,7 YIL gibi bir geri ödeme süresi olduğu ortaya çıkmıştır.

Diğer yandan, enerji üretimi için yaklaşık 71.899 ton/YIL emisyon salımı olmayacağı göz önüne alındığında Kok Kuru Söndürme Sisteminden kazanılacak enerjiyi “Temiz Enerji” olarak nitelendirebiliriz. Buna ek olarak henüz hesaplanamayan, Islak söndürmeden kaynaklanan fenol, siyanür emisyonlarında engellenmiş olacaktır.

Üretilen kok kalitesinin iyileştirilmesiyle, YF lardaki kok kullanımı ve prosesin ısı dengesi düşünüldüğünde, Islak Söndürme Sistemine ikame olarak Kuru Söndürme Sistemi kurulması hem finansal, hem proses hem de çevresel açıdan uygundur.

Bölüm 1’ de bahsi geçen, enerji tüketimi, üretimi ve sera gazı emisyonları dikkate alındığında, atıkısı geri kazanımı KKS sisteminde değerlendirilmiştir. Her sektörde atıkısı vardır ve bu ısının geri kazanımları için projeler üretmek, hem sera gazı etkisini hem de fosil yakıt kullanımını azaltacaktır.

KAYNAKLAR

Nogami, H., Yagi, J., Kitamura, S. and Austin, P. R., “Analysis on material and energy balances of iron making systems on blast furnace operations with metallic charging, top gas recycling and natural gas injection”, *ISIJ International*, 46 (12): 1759-1766 (2006).

Intergovernmental Panel on Climate Change, “Fourth assessment report, Climate Change 2007: Synthesis report”, *IPCC AR4*, Switzerland, 36 (2007).

International Energy Agency, “Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency”, *Energy Indicators*, France, 16,17 (2008).

İnternet: International Energy Agency, “Energy Statistics”, http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/29PROD.pdf (2011).

Terzi, Ü. K. and Baykal, R., “Efficient and effective use of energy: A case study of TOFAS”, *Environmental Research, Engineering and Management*, 1 (55): 29-33 (2011).

Tütünoğlu, Y., Güven, A., ve Öztürk, İ. T., “Cam temperleme fırınında enerji analizi”, *III. Enerji Verimliliği Kongresi*, Kocaeli, 153-166 (2011).

Xu, C. and Cang, D., “A brief overview of Low CO₂ emission technologies for iron and steel making”, *Journal of Iron and Steel Research, International*, 17 (3): 1-7 (2010).

Rhodes, E. O., “High Temperature Tar, Chemistry of Utilization, Vol. 2”, *John Wiley and Sons*, US, 187-370 (1945).

Özal, Ö., “Kok Kaltesini Etkilyen Faktörler ve Yüksek Fırın İşletmeciliğine Etkisi”, *Karabük Demir ve Çelik Fabrikası Kok Fabrikası Müdürlüğü Yayını*, Karabük, 1-24 (1994).

İnternet: Japan Coal Energy Center, “Iron Making and General Industry Technologies (Iron Making Technologies)”, http://www.jcoal.or.jp/eng/cctinjapan/2_3A5.pdf (2014).

İnternet: U.S. Environmental Protection Agency, “Clean Energy”, <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/coal.html> (2014).

ÖZGEÇMİŞ

Cüneyt USLU, 1982 yılında Karabük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladıktan sonra 2000 yılında Ege Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 ve 2004 te PETKİM ve KARDEMİR' de staj yaptı. 2006 yılında askerlik görevini tamamladı ve KARDEMİR A.Ş.' de göreve başladı. 2011 yılına kadar İşletme Mühendisliği görevini sürdürdü ve 2011 de İşletme Başmühendisliği görevine atandı ve Enerji Sistemleri Mühendisliğinde Yüksek Lisans Programına başladı. Cüneyt USLU evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yenişehir Mah. Karanfil Sok. No: 9 / 4 KARABÜK
Tel : 0 536 672 64 34
E-posta : cuslu@kardemir.com