

T. C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMATİK STOKERLİ KATI YAKITLI 20 t/h BUHAR KAZANINDA
TOZ KÖMÜRÜNÜN PÜLVERİZE EDİLMESİ VE TERMİK VERİM OLARAK
SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

GÖKHAN HADIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSİLİĞİ ANA BİLİM DALI

MALATYA

Temmuz 2009

Tezin Başlığı: Otomatik stokerli katı yakıtlı 20 t/h buhar kazanında toz kömürünün pülverize edilmesi ve termik verim olarak sağladığı avantajlar.

Tezi Hazırlayan: Gökhan Hadiç

Sınav Tarihi : 10 Ağustos 2009

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri

Prof. Dr. Suat CANBAZOGLU (İnönü Üniversitesi)

Yrd.Doç.Dr. İ. Gökhan AKSOY (İnönü Üniversitesi)

Yrd.Doç.Dr. Cem ONAT (İnönü Üniversitesi)

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Asım KÜNKÜL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Otomatik stokerli katı yakıtlı 20t/h buhar kazanında toz kömürünün pülverize edilmesi ve termik verim olarak sağladığı avantajlar.” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığımı ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Gökhan Hadiç

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOMATİK STOKERLİ KATI YAKITLI 20t/h BUHAR KAZANINDA TOZ KÖMÜRÜNÜN PÜLVERİZE EDİLMESİ VE TERMİK VERİM OLARAK SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

Gökhan Hadiç

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

51 + xi sayfa

2009

Danışman: Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU

Bu çalışma, genellikle endüstriyel tesislerde kullanılan buharın maliyetinin düşürülmesine yöneliktir. Katı yakıtlı buhar kazanı olarak tasarlanan sistemde toz kömürünün havayla karıştırılarak kazan içerisine pülverize edilmesi ve fındık kömürüyle birlikte verimli bir şekilde yakılması hedef alınmıştır. Ayrıca, sistemin ısı ve mukavemet hesapları yapılmıştır.

Sistemin sağladığı en önemli avantajlardan biri, buhar kazanının rejime çabuk geçebilmesidir. Her türlü kömürü istenilen ölçülerde öğüttükten sonra bu sistemde yakabilmek mümkündür. Fakat kül oranı çok yüksek olan kömürler bu sistem için uygun değildir. Fındık kömürünün alttan karıştırıcılı stoker sisteminde yanmasıyla yüksek verim elde edilir. Bu sistemde kullanılan fındık kömürü stokerde aşağıdan yukarı doğru çıkarken bünyesine ısı alarak yanmaya hazır hale gelir ve bünyesinde bulunan yanmamış uçucu gazlardan ayrılır. Bu gazlar kazanın üst bölgesine doğru çıkarken, kazanın içerisine pülverize edilen toz kömürüyle karşılaşır ve yanar. Böylece kazanın yanma verimi artarak ekstra bir avantaj sağlanır.

ANAHTAR KELİMELER: Pülverizasyon, Stoker, Katı Yakıtlı Buhar Kazanı, Uçucu Gazlar

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PULVERIZATION OF COAL IN AN AUTOMATIC STOKER COAL-FIRED STEAM BOILER HAVING STEAM CAPACITY OF 20 t/h AND ADVANTAGES AS A THERMAL EFFICIENCY OF THIS PROCESS

Gökhan Hadiç

İnönü University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

51 + xi pages

2009

Supervisor: Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU

The objective of this study is to reduce the cost of the steam which is used in industrial plants. In this system, the coal was mixed with air by pulverizing into the boiler and thus it was aimed the nut-sized coal to burn efficiently in coal-fired steam boiler designed. Besides the thermal and strength calculations of the system have been done.

One of the most important advantages of the system is able to reach quickly steady state operation conditions of steam boiler. All kinds of coal could be burned in this system after grinding properly but the coal with the high ash content isn't suitable to be combusted in this system. High combustion efficiency is obtained by burning of the coal at bottom-mixer stoker system. It is released from the unburned nonpersistent gases when the nut-sized coal is rising upward at stoker by absorbing heat to get ready to burn. While these gases rise in the boiler, they meet with pulverized coal and burn. Thus, the boiler combustion efficiency is increased and an extra advantage is provided.

KEYWORDS: Pulverization, Automatic Coal Stoker, Coal-Fired Steam Boiler, Nonpersistent gases

TEŞEKKÜR

Bu alışmamın her aşamasında yardım, öneri ve desteğini esirgemedен beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Suat CANBAZOğLU'na ve Yrd. Doç.Dr. Gökhan AKSOY'a, Yrd. Doç. Dr. Abdulmüttalip ŐAHİNASLAN'a

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım süresince de benden desteklerini esirgemeyen saygıdeğer anneme ve aileme,

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	2
2.1 Kömürün Pülverizasyonu.....	2
2.2 Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisi ve Türk Linyitlerine Adaptasyonu...	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1. Materyal	5
3.1.1. Doymuş Buhar Kazanları İçin.....	5
3.1.2. Kızgın Buhar Kazanları İçin.....	6
3.1.3. Sıcak Su Kazanları İçin.....	6
3.1.4.Yakıtlar.....	6
3.1.4.1. Sıvı Yakıtlar.....	6
3.1.4.2. Gaz Yakıtlar.....	6
3.1.4.3. Katı Yakıtlar ve Atık.....	7
3.1.4.4. Karma Yakıtlar.....	7
3.1.2. Atık Isı Kazanları.....	7
3.1.3.Garanti.....	7
3.2. Yöntem	8
3.2.1. 20t/h 10 Bar'lık Buhar Kazanının İmalatı Esnasında Uygulanacak Yöntemler	8
3.2.2. Kömürün Pülverizasyonu.....	13
3.2.3. Dikey Hava Süpürücülü Pülverizörler.....	14
3.2.4. Pülverizörün Kontrolü	15
3.2.5. Pülverizörün Dizayn Gereksinimleri.....	16
3.2.6. Pülverizör Sistemi.....	16
3.2.7. Stoker Sistemi.....	17

4. KATI YAKITLI YAKMA SİSTEMLERİNDEN GÜNÜMÜZDE	
KULLANILAN ÖRNEKLER.....	18
5. TASARIMI YAPILAN KAZANIN ISIL VE MUKAVEMET	
HESAPLARI (20.000 kg / h 10 BAR DOYMUŞ BUHAR KAZANI).....	18
5.1. Isıl Hesaplamalar.....	25
5.1.1. Isıl Verimin Tayini.....	25
5.1.1.1. Yanmamış Yakacak Kaybı	25
5.1.1.2. Curuftan Gelen Duyular ve Gizli Isı Kaybı	26
5.1.1.3. Eksik Yanma Kaybı	27
5.1.1.4. Sıcak Cidar Kaybı	27
5.1.1.5. Baca Kaybı	27
5.1.2. Izgara Boyutlandırılması	28
5.1.2.1 Yakacak Miktarının Belirlenmesi	28
5.1.2.2. Izgara Yüzeyinin Belirlenmesi	28
5.1.2.3.Ocak Hacminin Belirlenmesi.....	28
5.1.2.4. Ocak Sıcaklığının Belirlenmesi	29
5.1.2.5. Ön Ocak ve Alev Borusunda	29
5.1.2.6.Ocaktan Geçen Isı.....	30
5.1.2.7.Ocak Yüzeyi	30
5.1.2.8. Arka Ocakta Geçen Isı.....	30
5.1.2.9. İç Duman Borularından Geçen Isı.....	31
5.1.2.10. Dış Duman Borularından Geçen Isı.....	31
5.1.2.11. Reküperatör Tipi Hava Isıtıcısı.....	32
5.1.2.12.Isı Bilançosu.....	33
5.1.2.13.Projelendirmeye Ait Genel Bilgiler.....	33
5.1.2.14.Yük Kaybı Hesabı.....	34
5.1.2.15. Baca Fanı	34
5.1.2.16. Yakma Fanı	34
5.2. Mukavemet Hesapları.....	34
5.2.1 Dış Gövde Levhası Et Kalınlığı Hesabı.....	34
5.2.2.Emniyet Ventilleri Arası.....	35
5.2.3.Seviye Göstergesi Nozulları Arası.....	36
5.2.4. Manometre Bağlantı Nozulu- Havalık Nozulu.....	37
5.2.5.Oransal Elektrod Nozulu –Havalık Nozulu.....	38

5.2.6. Düşük Seviye Elektrodu- Oransal Seviye Nozulu.....	39
5.2.7. Düşük Seviye1 – Ana Buhar Flanşı.....	40
5.2.8. Ana Buhar – Düşük Seviye 2.....	41
5.2.9. Duman Borularının Et Kalınlığı Hesabı.....	42
5.2.10. Kaldırma Mapaları Hesabı.....	42
6. TASARIMI YAPILAN PROJE	44
SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Su borulu kazanın brülör kaidesi.....	9
Şekil 2. Su borulu kazanın brülör kaidesinin kumlama yapılmış hali.....	9
Şekil 3. Kaidenin paslanmaya karşı koruyucu boyası.....	10
Şekil 4. Boru-lama kaynağı.....	10
Şekil 5. Lama düzeltme ve kaynak ağzı açma makinası	11
Şekil 6. Lama düzeltme makinesinin sonsuz beslemesi.....	11
Şekil 7. Paneller.....	12
Şekil 8. Boru bükme makinesi 19’lu.....	12
Şekil 9. Dikey hava süpürücülü pülverizör.....	14
Şekil 10. Pülverizörün iç yapısı.....	15
Şekil 11. Dik su borulu buhar domlu akışkan yataklı kazan.....	18
Şekil 12. Buhar domunun iç yapısı.....	18
Şekil 13. Akışkan yataklı kazan şematik yanma görünüşü.....	19
Şekil 14. Yatak bölümü hava sirkülasyonu ile toz kömürüne yataklama yapar...	20
Şekil 15. Toz kömürünün akışkan yataklı kazanda yanması.....	20
Şekil 16. Skoç tip buhar kazanları.....	21
Şekil 17. Su borulu ileri itimli ızgaranın ön ocağı.....	22
Şekil 18. Arka ocaklı skoç buhar kazanı ve su borulu ileri itimli ızgara ön ocağı sistem şeması.....	22
Şekil 19. 5 Stokerli su borulu ön ocak	24
Şekil 20. Ni-cr alaşımlı döküm otomatik stoker.....	24

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kazan Isı Yüzey Hesabı	46
---------------------------------------	----

SİMGELER ve KISALTMALAR

Sembol Tarif Birim

W	: Boş kazanın Ağırlığı (N)
S	: Kavrama Faktörü
a	: Halat Bağlama Açısı
W ₁	: Her Bir mapa için dikey yük
W ₂	: Her bir mapa için yatay yük
F _L	: Boyuna Yük (N)
F _c	: Çevresel Yük (N)
F _R	: Merkezi Yük (N)
P _t	: Kabul edilen çekme değeri (N/mm ²)
P _{bt}	: Kabul edilen bükme değeri (N/mm ²)
L	: Mapa Genişliği (mm)
t	: Mapa Kalınlığı (mm)
h	: Yükleme merkezine olan mesafe
d	: Mapa Delik Çapı (mm)
r	: Dış Yarıçapı (mm)
F	: Toplam Yük
S	: Maksimum makaslama
M _L	: Boyuna bükme momenti
M _C	: Çevresel bükme momenti
f _{bL}	: Mapadaki boyuna bükme gerilmesi
f _{bC}	: Mapadaki çevresel bükme gerilmesi
f _t	: Mapadaki çekme gerilmesi
f _b	: Toplam bükme gerilmesi
h _k	: Taşınım katsayısı

d_{ib1}	Toleranssız branşman iç çapı
e_{rb1}	Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı
d_{ib2}	Toleranssız branşman iç çapı
e_{rb2}	Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı
d_{is}	Toleranssız ana gövde iç çapı
e_{rs}	Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde, Küresel gövde veya bombeli kapak)
ψ	Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre Branşmanın eğim açısı
P_{ϕ}	Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız mesafe
p_c	Hesaplama Basıncı
d_{is}	Toleranssız Ana gövde iç çapı
e_{rs}	Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)
d_{ib}	toleranssız branşman iç çapı
e_{rb}	Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı
f_s	Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)
f_b	Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)

s		Dış gövde levhası et kalınlığı
R		Dış gövde iç yarıçapı
p		Tasarım basıncı (N/mm ²)
σf		Tasarım Gerilmesi (N/mm ²)
e		Korrosyon ilavesi
z		Boylamasına kaynak dikişi verimi
t ₄	(°C)	Dış duman borularında sıcaklık
İ ₄	kJ/ Nm ³	Dış duman borularında Antalpi
t _m	(°C)	Ortalama sıcaklık
t ₂	(°C)	Arka ocakta sıcaklık
İ ₂	(°C)	Antalpisi
t _m	(°C)	Ortalama sıcaklık
k	(W /m ² °C)	Toplam iletim katsayısı
Z _b		Baca Kaybı
Z _e		Eksik Yanma Kaybı
Z _c		Sıcak Cidar Kaybı
Z _{yd}		Izgara Aralıklarından Düşen Kömür Kaybı
Z _{td}		Curuftan Gelen Duyular ve Gizli Isı Kaybı
Z _{ye}		Curuftaki Yanmamış Kömür Kaybı
Z _{yu}		Uçan kok kaybı
t ₃	(°C)	İç duman borularında sıcaklık
v	(m /sn)	Ortalama duman hızı
dt	(°C)	Ortalama sıcaklık farkı
d _m	(°C)	Ortalama Ln sıcaklık farkı
q _{CO₂}	(W/ m ²)CO ₂	Işınım
H _k	(W /m ² °C)	Taşınım katsayısı
h	(W /m ² °C)	Taşınım katsayısı
d _p		Yük kaybı

1.GİRİŞ

Büyük ölçekli Endüstriyel tesislerde kullanılan buharın maliyeti, üretim maliyetine direkt olarak etki etmektedir. Kömürün diğer yakıtlara oranla daha ekonomik olduğu bir gerçektir. Ayrıca kömür ülkemizde kendi öz kaynaklarımızdan elde edilip dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Ülkemizde, çok sınırlı doğal gaz ve petrol rezervlerine karşın, 560 milyon tonu görünür olmak üzere, yaklaşık 1,3 milyar ton taşkömürü ve 12,3 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır [1]. Endüstriyel üretim yapan ve buhar ihtiyacı olan firmalar günümüz rekabet ortamında ayakta kalabilmek için kömürle çalışan sistemlere dönüşüm yapmak zorundadır. Kömürün toz kömürü ve fındık kömürü şeklinde yakılabilen ortak bir sistemde yakılması daha uygundur. Kurulum maliyeti olarak, toz kömürü yakan akışkan yataklı sistemler bu sisteme göre 5 kat daha fazla maliyetlidir. Ayrıca alternatif şekil fındık kömürü alımına cevap verememektedir. Bu yüzden çalışmasını yaptığımız bu sistemde ilk kurulum maliyeti daha düşük ve iki çeşit kömürü yakabildiği için daha avantajlıdır. Bu sistemin dizaynı, imalat projeleri, mukavemet ve termik hesaplarını yapılacaktır. Termik verim teorik yolla hesaplanıp elde edilecektir. Sistemin verimini artırmak için ilave sistemler eklenebilecek ve kömürün yanmasından açığa çıkan kurumlar sisteme dönüşümü yapılacaktır.

Elektrik enerjisinin doğu bölgelerinde hidroelektrik santrallerde üretimi, endüstriyel ve nüfus yoğunluğu açısından ihtiyacın çok daha fazla olduğu Batı ve Kuzeybatı Anadolu bölgelerine iletilirken, yüksek iletim maliyetleri yaratmakta ve iletim hattı kaybına neden olmaktadır. Yoğun endüstrileşmenin meydana geldiği kuzeybatı Anadolu'da tüm enerji arzının %70'e varan kısmı endüstriyel hizmetlerde tüketilmektedir. Endüstriyel fabrikaların bu sisteme yapacakları ek türbin sistemleriyle kendi elektriğini üretmesi hatta fazlasını devlete satması mümkündür.

2.KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Kömürün Pülverizasyonu

Geleneksel termik güç santrallerinde, pülverize (püskürtme) kömür (ya da fuel oil, gaz, vb.), yüksek sıcaklık ve basınç altında buhar üretmek amacıyla bir kazanda yakılır ve sonra bir buhar kazanında elektrik üretmek amacıyla kullanılır. Yakıttan yararlanma düzeyi (ya da ortalama verimlilik) dünya ölçeğinde kurulu güçte yaklaşık % 30 düzeyinde olmasına karşın, modern güç santrallerinde bu oran % 40'ı geçmektedir (Moomaw ve Moreira, 2001). Kömür yakan modern güç santrallerinin tipik yatırım maliyeti, SO₂ ve NO_x kontrolleriyle birlikte, yaklaşık 1,300 ABD Doları/kW'dır. Çevresel kontrol sistemleri daha zayıf olan düşük verimli tasarımlar ise daha ucuzdur.

Yıllık kapasitesi 1.000.000 ton pülverize kömür (200 kg pülverize kömür/ton SHD) olan tesisin ihale çalışmaları devam etmektedir. Tesisler tam otomatik çalıştırılabilir nitelikte ve çevreye duyarlı olacak şekilde dizayn edilecektir. Proje temel olarak kömür manipülasyon, öğütme ve kurutma ve enjeksiyon sisteminden oluşmaktadır. Ham kömür, stok sahalarından kömür enjeksiyon tesisi binasına, galeri içinde boru konveyörler vasıtasıyla taşınacak; oranlama, öğütme, kurutma, kurutma gazından ayırıştırma ve pnömatik taşıma için basınçlandırma ve akışkanlaştırma işlemleri kömür enjeksiyon tesisinde gerçekleştirilecektir. Hazırlanan kömür pnömatik olarak taşınarak yüksek fırın tüyerlerinden fırın içerisine enjekte edilecektir. [2]

2.2 Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisi ve Türk Linyitlerine Adaptasyonu

Ülkemizin kendi öz varlığı olan enerji kaynakları arasında kuşkusuz en önemli yeri 8 milyar ton bilinen rezervleri ile linyit almaktadır. Yüksek oranda kükürt, nem ve kül içeren düşük kaliteli bu yakıtın klasik yöntemlerle yakıcı içinde temiz ve verimli yakılabilmesi olanaksızdır. Bu yöntemler kullanıldığı takdirde yanma odasında oluşan kükürt dioksit ve azot oksitlerin hava kirliliği yaratması kaçınılmazdır. Son zamanlarda, bir taraftan hava kirliliği yaratması gerekçesiyle konvansiyonel termik santrallere karşı kamuoyunda oluşan büyük tepki, diğer taraftan çok yalan bir gelecekte Türkiye'nin baca gazı kirleticisi emisyon değerlerini Avrupa Topluluğu'na üye olan ülkelerin değerlerine indirme problemi ile karşılaşacak olması, linyitin enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmasını olumsuz yönde etkilemiştir.

Bu olumsuz etkinin sonuçlarından biri ülkemizin birincil enerji ihtiyacının linyit yerine doğal gazdan sağlanması yönündeki çalışmalardır. Nitekim 2010 yılında elektrik enerjisi için Türkiye'nin tahmini doğal gaz ihtiyacının yaklaşık 13 milyar metreküp olduğu rapor edilmiştir[3].Bu miktarın dörtte biri mevcut santraller, geri kalanı ise kurulacak olan santraller için öngörülmüştür.

Her ne kadar konut ihtiyacının karşılanması için gerekli yanma odası boyutlarında doğal gazın kullanımı mantıklı bir çözüm ise de, merkezi ısıtma, endüstriyel tesisler ve termik santraller için gerekli yanma odası boyutlarında kendi öz varlığımız olan linyitin temiz ve verimli bir yakma teknolojisi ile kullanımı en uygun çözümdür. Ayrıca ülkemizin enerji ihtiyacının doğal gaza dayandırılması eğilimi iki nedenle değişmek zorundadır. Bunlardan birincisi, uzun vadede doğal gaz fiyatının uluslar arası piyasadaki belirsizliği, ikicisi ise Ülkemizin sınırlı yatırım kaynaklarının, altyapı ve endüstriyel gelişme gibi ülke içi yatırımlar yerine doğal gaz ithali için kullanılmasıdır. Alternatif çözüm son yıllarda geliştirilmiş ve daha çok gelişmiş ülkelerin sanayilerinde ve santrallerinde uygulamaya konulmuş olan akışkan yatakta yakma teknolojisidir. Bu teknolojinin özelliği, Türk linyitleri gibi düşük kalorili yakıtların da hava kirliliği yaratmaksızın verimli olarak yakılabilmesini sağlamasıdır.

Ancak, daha çok Kuzey Amerika ve Avrupa'nın yüksek kalorili kömürleri için geliştirilmiş olan akışkan yataklı yakıcı tasarımlarının ülkemiz linyitlerine olduğu gibi uygulanması, bu teknolojinin sunduğu avantajları kısıtlamaktadır. Nitekim, 1987 yılından bu yana Türkiye'deki kazan imalatçıları bu ülkelerden proses tasarımı için lisans alarak imalat yapmış ve sanayiye küçük ve orta kapasitede kazanlar sunmuştur.

Ancak bu tasarımlar Türk linyitinden çok daha kaliteli kömürler için geliştirilmiş olduğundan devreye almada değişikliklere, gecikmelere ve işletmede sık ve pahalı bakım ve onarımlara ihtiyaç göstermektedir.

Ayrıca akışkan yataklı kazanın en önemli özelliklerinden biri olan kükürdün kireçtaşı ile yanma odasında tutularak baca gazındaki kükürt dioksit emisyonunun azaltılması, şimdiye kadar kurulmuş olan kazanlarda uygulanmamıştır.

İthal edilen bu teknolojilerin linyitlerimize uyarlanamamasından kaynaklanan bu sorunlar uygulayıcıların akışkan yatakta yakma teknolojisine olan güvenini sarsmıştır. Ancak bu teknolojinin Çin ve İspanya gibi büyük linyit rezervlerine sahip ülkelerde başarı ile uygulandığı dikkate alındığında akışkan yatakta yakma teknolojisinin ülkemiz linyitlerine ivedilikle adaptasyonu gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu ihtiyaçtan hareket edilerek, 1975 yılında akışkan yataklı yakıcıların modellenmesi ile başlayan ve 1984 yılından bu yana pilot ölçekte deney ve tasarım geliştirme çalışmalarıyla devam eden araştırmalar [4] 0.3 MW akışkan yataklı yakıcı test ünitesinin kurulmasıyla devam etmiş ve böylelikle Türk linyitleri için 'know-how' geliştirmeye yönelik önemli bir adım atılmıştır.

Test ünitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından, Kanada Uluslararası Teknoloji Geliştirme Ajansı'nın (CIDA) mali desteği, Babcock & Wilcox Gama Kazan Teknolojisi A.Ş.'nin teknik desteği ve bazı kuruluşların katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.[5]

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Pülverize edilen toz kömürün sistemdeki boruları aşındırmaması için alınacak tedbirler pülverize toz kömürünün yanması için geçen süre 1-2 sn dir. Bazı anlarda yanmamış kömür tozları ya da kömürün içine karışmış olabilecek maddeler boru yüzeylerine püskürtülürse kumlama görevi görebilecek ve boru yüzeyinde aşınma doğabilecektir. Bu yüzden kömürün püskürtüleceği yüzeyi stoker üst bölgesine doğru ayarlanacak şekilde olmalıdır. Bu durumda gaz brülörünün devreye girmesine çoğu zaman gerek kalmayacak fındık kömürü yakan stokerlerin yanması toz kömürüyle birbirini destekler nitelikte olacaktır. Kömürün püskürtüldüğü bölgede kullanılacak malzemenin Cr-Ni alaşımlı aşınmaya ve 1200 °C ye kadar ısıya dayanıklı malzemedir. Alttan kömür beslemeli stokerin (şekil. döküm yüzeyini desteklemediği durumlara karşı tayin edilen ocak sıcaklığına dayanımını sağlar. Yakma havasını ısıtmak için kullanılacak ekonomizör baca gazının atık ısı sıcaklığından faydalanmak için taze yakma havasını baca gazıyla karıştırmaksızın yapılacak paslanmaz ekonomizör yanmaya %3 ekstra avantaj sağlayacaktır. Bu sıcak hava nemli toz kömürlerine de uygulayarak toz kömürü yakmada istenen nem miktarına ulaşmasını sağlayacaktır. Sistemde kullanılacak fanların ve pompaların seçimi ve hesabı yapılacaktır. Bir kazanın dizaynında izlenecek metotlar öncelikle müşterinin tam olarak hangi parametrelere ihtiyacı olduğu öğrenilerek başlanır. Müşterinin ihtiyaç duyduğu kazana uygun olarak dizayn edilen kazan standartlara uygun şekilde imal edilmeli ve istenen kapasiteyi karşılamalıdır. Üstündeki kapasitelerde dizaynı durumunda enerji maliyetleri artacak diğer yandan alt kapasitelerde ihtiyacı karşılamayacaktır. Tipik olarak imalâtçı tarafından ihtiyaç duyulan ve başvuru sırasında müşteri tarafından tedarik edilmesi gereken, siparişin kabulünde teyide/güncelleştirmeye tabi olan asgari bilgi aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Doymuş Buhar Kazanları İçin

- a) Buhar kapasitesi, saatte, ton olarak
- b) İşletme basıncı, bar (gösterge)
- c) Besleme suyu giriş sıcaklığı, °C

3.1.2. Kızgın Buhar Kazanları İçin

- a) Buhar kapasitesi, saatte ton olarak, gerçek
- b) Kızdırıcı çıkışında işletme basıncı, bar1) (gösterge)
- c) Gerçek buhar kapasitesinde kızgın buhar sıcaklığı, 0 C
- d) Besleme suyu giriş sıcaklığı, 0C

3.1.3. Sıcak Su Kazanları İçin

- a) Isıtma kapasitesi, kW
- b) İşletme basıncı, bar (gösterge)
- c) Sıcak su dönüş sıcaklığı, 0C
- d) Sıcak su akış sıcaklığı, 0C
- e) Basınçlandırma metodu
- f) Sıcak su şebekesinin anahtarlama metodu

3.1.4.Yakıtlar

3.1.4.1. Sıvı Yakıtlar

- a) Tipi
- b) Özelliği ve analizi
- c) Alt ve üst ısıl değerleri

3.1.4.2. Gaz Yakıtlar

- a) Tipi
- b) Özelliği ve analizi
- c) Alt ve üst ısıl değerleri
- d) Tesisattaki mevcut gaz basıncı

3.1.4.3. Katı Yakıtlar ve Atık

- a) Tipi ve kaynağı (örneğin; ülke, bölge, maden, imalâtçı, endüstriyel girişimci, cemiyet)
- b) Özelliğı ve analizi (örneğin; tedarik edildiğı halde malzemenin durumu, alt ve üst ısı değerleri, tane büyüklüğü, kül-erime noktası)

3.1.4.4. Karma Yakıtlar

Çeşitli yakıtların oranı ve yanma metodu (imalâtçı ile müşteri arasında mutabakat gereklidir).

3.1.2. Atık Isı Kazanları

- a) Atık gazın kütleli debisi
- b) Atık gazın sıcaklığı
- c) Atık gazın bileşimi

3.1.3. Garanti

Garantilerde, belli karakteristik değerlerin sınırları esas alınmalıdır (imalâtçı ile müşteri arasında mutabakat gereklidir). Elektrik güç kaynağı özellikleri, gerilim, frekans, faz sayısı, kablo sayısı ve motorların doğrudan çalıştırılması için herhangi bir sınırlama. Yer ve işletme şartları (örneğin, deniz seviyesinden kurulumu yüksekliğı ve iklim şartları).

3.2. Yöntem

3.2.1. 20t/h 10 Bar'lık Buhar Kazanının İmalatı Esnasında Uygulanacak Yöntemler

İmalatta yarı geçirgen ve sızdırmaz su duvar borularının üretimi esnasında bazı yöntemlere uyulacaktır. Uygun boru boyları seçilerek nakliyeye mani olmadan ek birleştirmesi minimum olan boru ağız ağza kaynağı yapılacaktır. (Şekil-1)

Boyadan önce kumlama yapılmalıdır (Şekil-2).

Su borularının imalatı esnasında bile paslanmasına karşı önlem için özel boya ile boyanır ve boru içlerine havanın temasını önleyen plastik kapaklar kapatılır(Şekil-3).

Boru lama kaynağı birleştirmesinde eksen kaçıklığı toleransı yoktur. Montaj birleştirme kısımları lamaların ortasından geçmelidir. (Şekil-4)

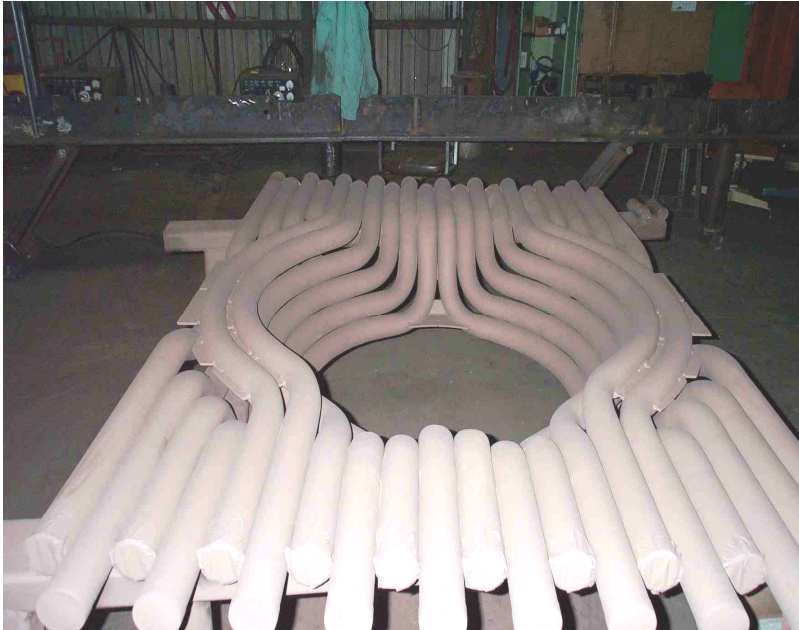
Boru aralarına kaynatılacak lamaların kalibrasyonu yapılmalıdır.(Şekil-5). Sonsuz besleme metoduyla lamaların uç uca kaynağına kaynak yapılması önlenir (Şekil-6). Boru demetleri aynı anda 6 lı yada 8 li kaynatılarak ve birlikte bükülerek kaynak çekmesinden sonra doğabilecek montajdaki eksen kaçıklıkları minimuma indirilir (Şekil-7).

Stoklama ve nakliye için geçici koruma uygulanır(Şekil-8).

19'lu boruyu kaynak için hizalama ve bükme makinesi (Şekil-9).



Şekil 1: Su borulu kazanın brülör kaidesi



Şekil 2. Su borulu kazanın brülör kaidesinin kumlama yapılmış hali



Şekil 3. Kaidenin paslanmaya karşı koruyucu boyası



Şekil 4. Boru-lama kaynağı



Şekil 5. Lama düzeltme ve kaynak ağız açma makinesi



Şekil 6. Lama düzeltme makinesinin sonsuz beslemesi



Şekil 7. Paneller



Şekil 8. Boru bükme makinesi 19'lu

3.2.2. Kömürün Pülverizasyonu

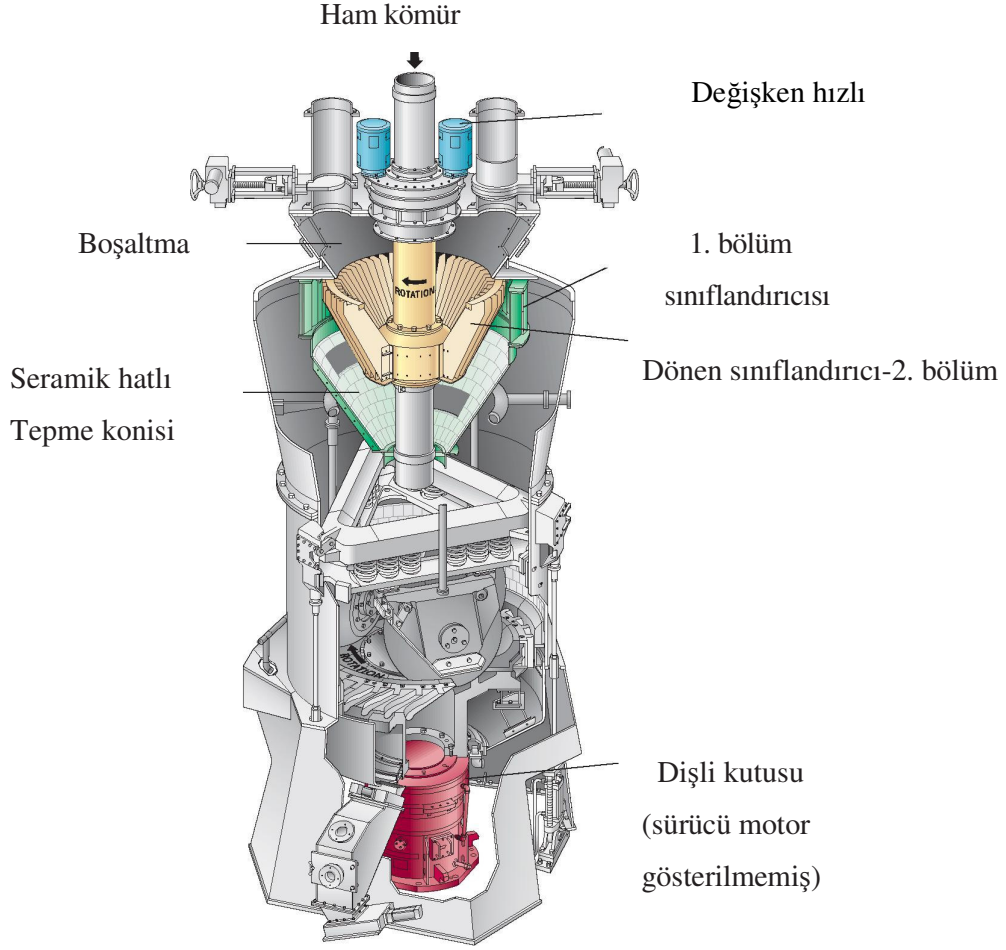
Kömürün pülverizasyonun gelişmesi pülverize kömürün yanma teknolojisinin gelişmesiyle çok yakın paralellikte seyreder. Eski sistemler küre ve boru değirmeni şeklinde kömürün yanmadan önce geçici depolanması şeklinde yapıyordu. Gelişen teknoloji sayesinde kömürü pnömatik olarak taşıyıp direkt ateşe püskürtülerek ve daha verimli aletlerle toz haline getiriliyor. Dikey hava süpürücülü pülverizörler bu ihtiyacı karşıyorlar.

Babcock & Wilcox dikey hava süpürücülü pülverize kırıcılar Amerika'daki Commonwealth Edison Powerton istasyonunda kurulmuştur ve düşük güç kapasiteli sistemlerin ihtiyacını da karşılar niteliktedir. Döner bir tablada kırıcı elamanın çalışması havanın pnömatik olarak süpürülmesi ve direk yakıcıya iletilmesi şeklinde uygulanır.

Uygun bir kömür pülverizasyonu tam yük işletmeli elektrik üretim tesislerinde bile çok iyi performans göstermektedir. Pülverizörler kazanın yük ihtiyacını karşılayacak şekilde dizayn edilmelidir. Pülverizasyonda çok geniş bir kömür çeşitliğine uygunluk rezerv kapasitesi, yüksek bulunabilirliği fazladır. Düşük bakımlı sistem maliyeti ve kazan performansını sabit tutabilecek bir sistemdir.

Kömürün ısı değeri kazan kapasitesinde büyük rol oynar ve pülverizörün büyüklüğü termal kapasiteyi karşılayacak şekilde ayarlanır.

3.2.3. Dikey Hava Süpürüclü Pülverizörler



Şekil 9. Dikey hava süpürüclü pülverizör

Öğütme mekanizmasının dönme hareketi sayesinde döner tabla tanelenmiş malzemeyi hareket eden tablaya karşı sıkıştırır (Şekil-1). Rollerin bu hareketi parçacıklar arasında bir hareket oluşturur. Parçacıklar basınç sonucu ve sürtünme kuvvetiyle kırılarak tanecik haline gelir.

Hava akımı sayesinde tanecik haline gelmiş tozlar aşırı ezilmekten kurtulur ve güç tüketimini azaltarak yukarı doğru çıkar. Roller tablanın aksi yönünde dönerek öğütülmemiş kömür taneciklerini öğütür yerçekimi etkisinde kalan büyük tanecikler tekrar tablaya düşerek istenilen boyutlara gelir. Havanın parçacıklarla yukarı doğru yükselmesi boğazda akışkan parçacık yatağı sağlar. Havanın hızı parçacıkların küçük çıkmasını sağlayacak ölçüde olmalıdır. Bu cihazda ön ısıtmalı havada kullanılabilir.

Bu çeşit bir pülverizasyon kömürün kurutulmasına da etki eder.%40 a kadar nemli kömürlerde etkili bir yöntemdir. %40 nemli kömür için 400⁰C' lik havaya ihtiyaç vardır.

Son bir ayırma işlemi cihazın üst kısmında oluşur. Büyük parçacıklar zaten öğütme bölgesine hemen düşecektir. Üst kısımda döndürme hareketin etkisiyle en iyi tanelenmiş zerrecikler yukarı çıkarken diğerleri öğütme bölgesine düşmektedir. (Şekil-2.)

Yanmamış karbon kaybı azaltarak yanma verimliliğini artırır ve düşük uçucu kömür ile alev istikrarı geliştirir ve esneklik sağlar ve kömür karakteristiğindeki kısa ve uzun dönem değişikliklerde, değişken hızlı sürücü sistemi aracılığıyla kömür özelliklerini ve ürün inceliğini kontrol eder.

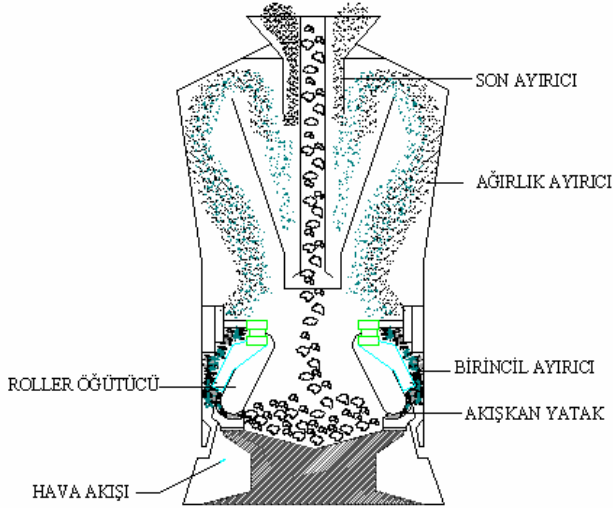
Küçük boyutlu kömür parçacıkların yanmasını teşvik eder, NOx azaltılması ve kontrolü artırmayı sağlar.

Soğuk-kazanın başlatılması sırasında önceki kömürün yanmasını teşvik eder ve brülör istikrarı sağlar. Düşük yüklerde (petrol / gaz) tasarruf sağlar.

Mevcut pülverizörlere kurulabilir. [6]

3.2.4. Pülverizörün Kontrolü

İki tane giriş materyali olacaktır bunlar hava ve kömür. Her ikisi de operasyonu sağlıklı için kontrollü olmalıdır. Her ikisi de hacimsel ve ağırlıksal olarak akış kontrolü yapılmalıdır. Kömür için bant taşıyıcı tercih edilmelidir.



Şekil 10. Pülverizörün iç yapısı

3.2.5. Pülverizörün Dizayn Gereksinimleri

Başarılı bir dizayn kesin amaçlara ve ihtiyaçlara ulaşmak için aşağıdaki koşullara uyulmalıdır.

1. Optimum tanecik büyüklüğü çalışma değerine göre pülverizörün büyüklüğü seçilmelidir.
2. Yük kapasitesi değişimlerine hızlı cevap verebilir olmalıdır.
3. Durma ve güvenlik kontrolü tüm yük oranı için
4. Uzun çalışma dönemlerinde sürekli servis gerekir.
5. Uygun bakım, özellikle öğütme elemanında pülverizörün ömrü süresince
6. Kömür özelliklerinin değişimine cevap verebilecek
7. Kolay bakım ve asgari hareketli parça olmalı
8. Asgari hacimde olmalıdır yer problemi olmaması için. [7]

3.2.6. Pülverizör Sistemi

Pülverizörler büyük sistemlerin bir parçasıdır. Normal sınıflandırması direkt ateşleme ve depolama şeklinde ikiye ayrılır. Direkt ateşlemede her bir öğütücüden çıkan kömür direkt olarak yanma işlemine gönderilir. Hava buharlaşmış nem termal enerji öğütçüye giren yerdeki kömür hepsi sistemin bir parçası haline gelir.

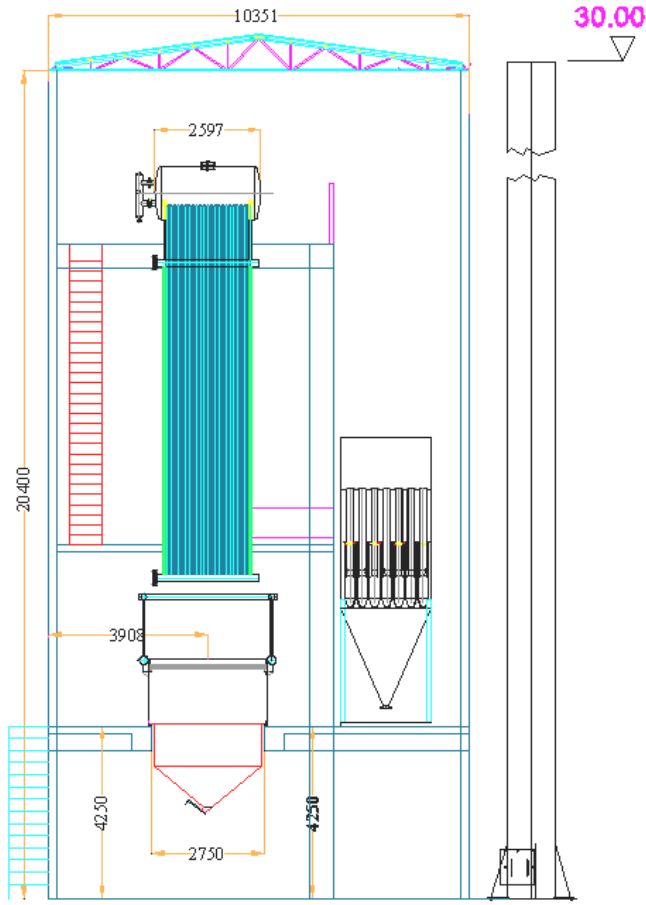
Sistem dizaynı ve operasyonu zamanı, sıcaklık ve türbülans prensiplerine dayanır. Yüksek sıcaklık yanma zamanını kısaltmış ancak, kazan yapısında zararlı olması ve NO_x gazlarının oluşması olasılığı ile sınırlandırılmıştır. Yüksek sıcaklık ve düşük oksijen seviyeleri de külün erimesine ve kazan içi sıvanmalara neden olmaktadır. Türbülans, yüksek reaksiyon hızlarının ve kömürün kazanı terk etmeden tam kullanımının sağlanması için önemlidir ve hava/yakıt üfleyici uçlarında taşınma hızları 19-25 m/sn arasındadır. Kömürün ve havanın kazan içinde kaldığı zaman yanma kapasitesini, kazan boyutlarını, maliyeti ve atılan küller içindeki karbon oranını etkiler. Genelde % 99,5 yanma randımanı sağlamak için kazanda kalış zamanı 2 saniye civarında olmalı ve bunu sağlamak içinde en üst seviyedeki üfleyici ile kazan çıkışı arası uzaklığı 19-25 m olmalıdır. Bu uzaklık kazan çıkış noktasında sıcaklığın külün ergime sıcaklığı altında olmasını sağlar. [8]

3.2.7. Stoker Sistemi

Stokerli sistem çevre dostu bir sistemdir. Bacadan duman ve diğer zararlı gazlar çıkmaz. Kömürdeki yanma oranını %40 oranında artırır. Kömür tüketiminde % 25-35 tasarruf sağlar. Milli servetimize %40 katkı sağlar. Cüruf miktarını 1/3 oranında azaltır. Yanıcı gazların sıkışması ile oluşan patlamalar olmaz. Stokerli sistem basıncı ve sıcaklığa göre otomatik olarak yanar ve durur. Stokerli sistem 0.5-10 mm ve 30 mm ebadındaki kömür cinslerinin hepsini yakar. Kazan dört gün yanmasa bile herhangi bir tutuşturmaya gerek kalmaksızın kendisi otomatik olarak yanar. İç gövde sacı St 37 25 mm, dış gövde sacı St 37 45 mm Cr ve Ni alaşımlı döküm malzeme olup ısıya dayanımı yüksektir. Döküm malzemelerin dizaynından dolayı yanma odasına hava girişi kömürün homojen bir şekilde yanmasını sağlamaktadır. Döküm malzemelerin dizilimi stokere demonte özelliğini kazandırır. Parçalar bir dişi bir erkek şeklinde monte edilmiştir. Bu özellik sayesinde döküm parçalarının herhangi birinde meydana gelen aşınma, ilgili parçanın yerinden çıkarılarak onarılmasıyla kolayca giderilebilir. Stokerli sistemin özelliği; kömüre yanma aşamasında ideal yanma ortamını hazırlayarak kömürün kazana girerken ısıtılmasını sağlamakta ve böylece açığa çıkan yanıcı gazlar yakılıp enerjiye dönüştürülmektedir.

Klasik elle beslemeli sistemlerde, ızgara yüzeylerinden aşağıya dökülen kömür parçacıkları toplam tüketimin % 5 - 15 ini teşkil eder. Stokerli sistem bunu engelleyerek ekonominize kazandırır. Sistemin üzerinde bulunan kömür taşıyıcı redüktör ve hava fanı kazan termostatı ile irtibatlandırıldığı için kazan suyu istenilen sıcaklığa geldiğinde sistem otomatik olarak durur ve 5 - 7 derece soğuma sonrası tekrar çalışır. Bu sayede gereksiz kömür yakılması engellendiği gibi tesisattaki suyun soğumasını da engeller. Buhar kazanlarından da motorlar presostat ile irtibatlı olup istenilen basınca geldiğinde sistem devre dışı kalır. Basıncın düşmeye başlamasıyla tekrar çalışır. Böylece düzenli ve ucuz buhar üretimini sağlar. Stokerli sistem hareketli ızgara sistemlerine kıyasla daha az elektrik harcamakta ve yatırım maliyeti de daha az olmaktadır. Stokerli sistemde hareketli parçaların az oluşu arıza ve yedek parça sorununun minimum düzeyde kalmasını temin eder. Yılda sadece bir kez tutuşturulur. Stoker sistemin en büyük avantajı temini son derece kolay ve fiyatı parça kömüre %40 - 50 daha ucuz olan toz ve fındık kömürü yakabilmesidir. Stoker sisteminin otomatik olması sebebiyle çalıştırılan işçi sayısı ve vardiya adedi asgari düzeye indirilmiş olur. Sistem otomatik olduğundan ateşçinin kontrol etmesine gerek kalmadan regüleli bir şekilde yanma sağlanmaktadır.

4. KATI YAKITLI YAKMA SİSTEMLERİNDEN GÜNÜMÜZDE KULLANILAN ÖRNEKLER

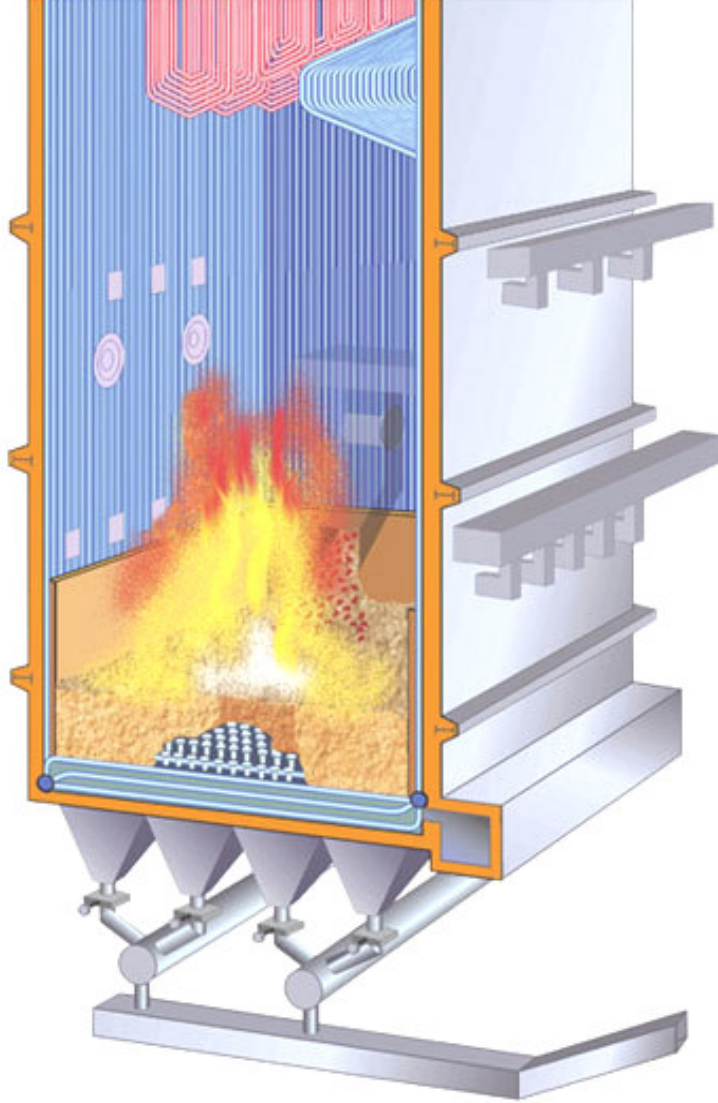


Şekil 11. Dik su borulu buhar domlu akışkan yataklı kazan



Şekil 12. Buhar domunun iç yapısı

Buhar durumu buhar fazındaki borulardan gelen buharı üst tarafta toplar. Su fazından gelen su alt bölümde birikir.



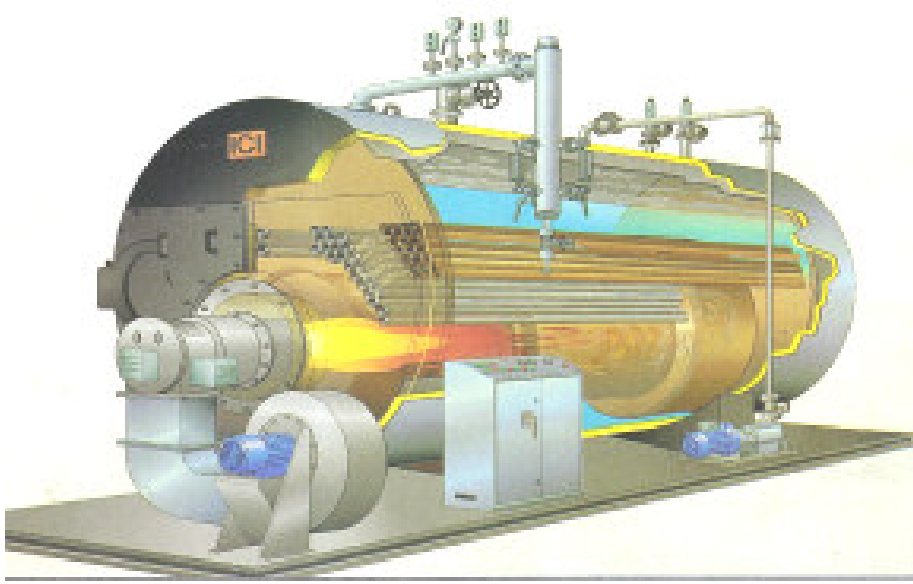
Şekil 13. Akışkan yataklı kazan şematik yanma görünüşü



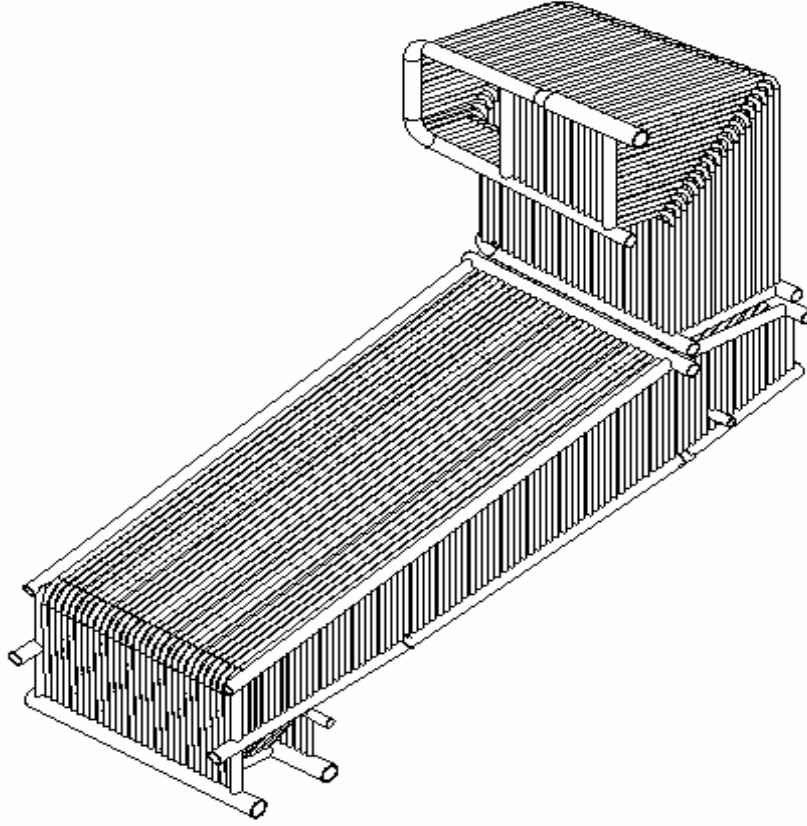
Şekil 14. Yatak bölümü hava sirkülasyonu ile toz kömürüne yataklama yapar.



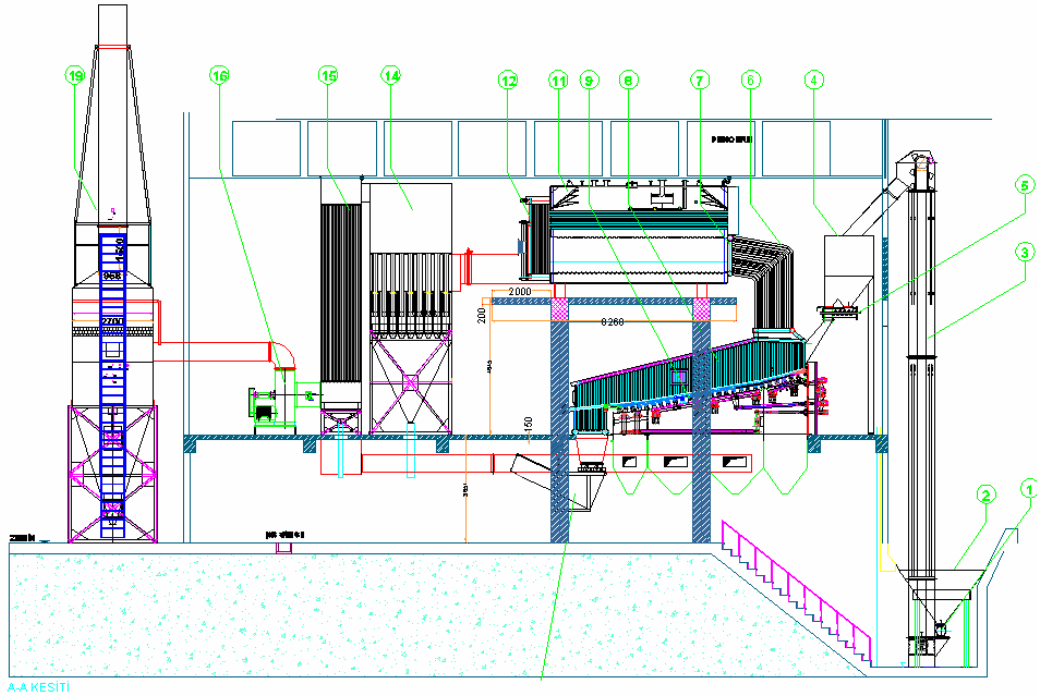
Şekil 15. Toz kömürünün akışkan yataklı kazanda yanması



Şekil 16. Skoç tip buhar kazanları

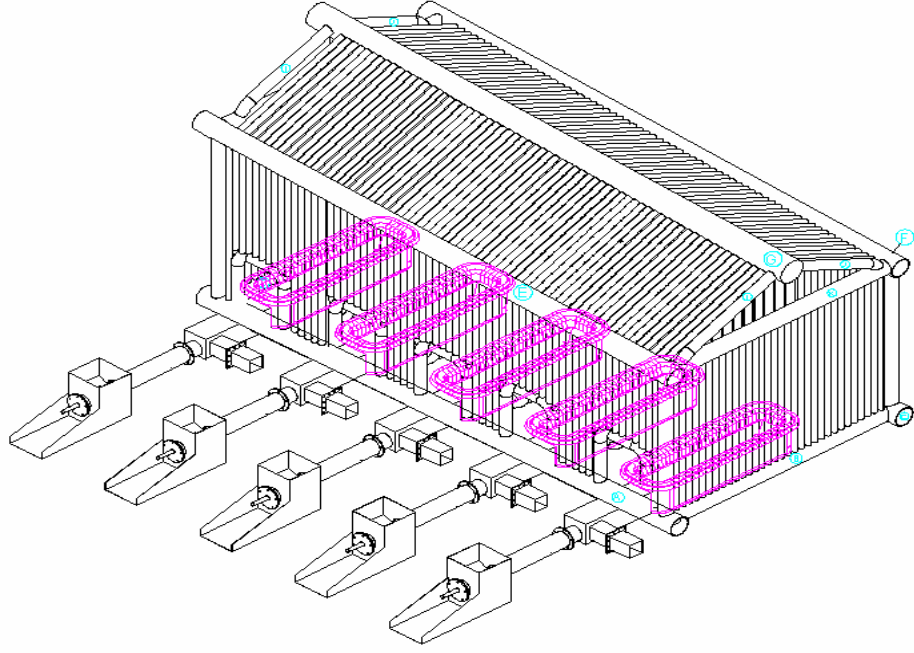


Şekil 17. Su borulu ileri itimli ızgaranın ön ocağı

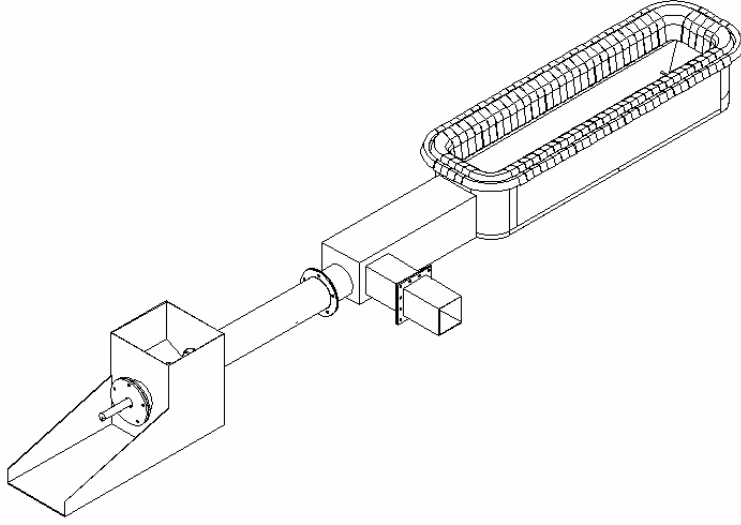


Şekil 18. Arka ocaklı skoç buhar kazanı ve su borulu ileri itimli ızgara ön ocağı sistem şeması

- 1- KÖMÜR İLETİM HELEZONU
- 2- ANA STOK BUNKERİ 100 TON
- 3- KOVALI ELEVATÖR
- 4- ÖN STOK BUNKERİ 5 TON
- 5- OTOMATİK KÖMÜR KLAPESİ
- 6- ÜST OCAK
- 7- ÖN OCAK KAZAN BAĞLANTI BOĞAZI
- 8- ÖN OCAK ALT KISMI SU BORULU
- 9- HİDROLİK TAHRİKLİ İERİ İTİMLİ IZGARA
- 10- IZGARA KÜL BUNKERLERİ
- 11- SKOÇ BUHAR KAZANI
- 12- SU BORULU ARKA OCAK
- 13- CURUF KIRICI
- 14- MULTİ SİKLON KURUM TUTUCU
- 15- REKÜPERATÖR
- 16- BACA FANI
- 17- YAKMA HAVA SI FANI
- 18- KAZAN DUMAN KUTUSU
- 19- DESÜLFİRİZASYON SİSTEMİ
- 20- DEGAZÖR VE KONDENS TANKI
- 21- OTOMASYON ODASI
- 22- PANO



Şekil 19. 5 Stokerli su borulu ön ocak 1



Şekil 20. Ni-Cr alaşımlı döküm otomatik stoker

5. TASARIMI YAPILAN KAZANIN ISIL VE MUKAVEMET HESAPLARI (20.000 kg / h 10 BAR DOYMUŞ BUHAR KAZANI)

5.1. Isıl Hesaplamalar

Kazan Gücü	:	12.120.000	(kcal/h)
Buhar Miktarı (A)	:	20.000	(kg/h)
Buhar Basıncı	:	10	(bar)
Hava Sıcaklığı	:	20	(°C)
Baca Sıcaklığı (reküparatör sonrası)	:	180	(°C)
Besi Suyu Sıcaklığı (degazörlü sistem)	:	102	(°C)
Yakacak Cinsi	:	Taş kömürü	
Yakacak Alt Isıl Değeri (H_u)	:	27196	(kJ / kg)
Hava Fazlalık Katsayısı	:	1.4	
Ocak Yüğü	:	400	(kW/m ³)
Kazan Suyu Sıcaklığı	:	180	(°C)
Cidar Sıcaklığı	:	195	(°C)

5.1.1. Isıl Verimin Tayini

5.1.1.1. Yanmamış Yakacak Kaybı

Cüruftaki Yanmamış Kömür Kaybı (Z_{ye})

$$Z_{ye} = \frac{a.C.H_{kok}}{H_u} \quad (1)$$

C = Cüruftaki koklaşmış kömür miktarı = 0.07 kg/ kg

H_u = Yakacağın alt ısıl değeri = 27196 kJ / kg

H_{kok} = Kok kömürünün alt ısıl değeri = 30250 kJ / kg

a = 0.2

$$Z_{ye} = \frac{0.2 * 0.07 * 30250}{27196} = 0.021 \quad (1)$$

Uçan Kok Kaybı (Z_{yu})

$$Z_{yu} = \frac{bU.H_{kok}}{H_u} \quad (2)$$

U= 1 kg kömür yanması sonucu oluşan kül + kurum =0.023 [9]

b= Uçan koktaki kömür oranı = 0.48

$$\dot{z}_{yu} = \frac{0.48 * 0.01 * 30250}{27196} = 0.0124 \quad (2)$$

Kurum tutucuda tutulan kurumun tekrar ocağa atılması düşünüldüğünden

$$Z_{yu} = \frac{1}{3} \cdot \dot{z}_{yu} \quad (3)$$

$$Z_{yu} = \frac{1}{3} \cdot 0.0124 = 0.0041 \quad (3)$$

Izgara Aralıklarından Düşen Kömür Kaybı

Z_{yd} =Taş kömürü kullanılacağından 0,05 alındı. [9]

5.1.1.2. Cüruftan Gelen Duyular ve Gizli Isı Kaybı (Z_d)

$$Z_d = \frac{C (c\theta + \dot{I}_{ks})}{H_u} \quad (4)$$

C = Cürufun özgül ısısı = 0.8 (kj/ kg °C) [9]

Θ = Cürufun çevreye göre sıcaklık fazlası = 800 (°C) [9]

\dot{I}_{ks} = Ergime gizli ısısı = 0

$$Z_d = \frac{0.8.(800*0.2318+0)}{27196} = 0.0055 \quad (4)$$

5.1.1.3. Eksik Yanma Kaybı (Z_e)

$$Z_e = 3.2 n \cdot \text{CO} \quad (5)$$

n = Hava fazlalık katsayısı = 1.4

CO = 0.0004 (250 ppm)

$$Z_e = 3.2 * 0.0004 * 1.4 = 0.002 \quad (5)$$

5.1.1.4. Sıcak Cidar Kaybı (Z_c)

Z_c = 100 mm. kaya yünü izolasyon ile 0,01 Seçilmiştir

5.1.1.5. Baca Kaybı (Z_b)

$$Z_b = \frac{(I - y) \cdot V_g \cdot (\dot{I}_b - \dot{I}_a)}{H_u} \quad (6)$$

$$V_g = 6.5 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$Z_b = \frac{(I - 0.0365) * 6.5 * (250 - 75)}{27196} = 0.04 \quad (6)$$

$$\dot{I}_b = 250 \text{ kJ} / \text{Nm}^3 \text{ (180}^\circ\text{C için)}$$

$$\dot{I}_a = 75 \text{ kJ} / \text{Nm}^3 \text{ (20 }^\circ\text{C için)}$$

$$Z_b = 0,04$$

Isıl verim

$$\eta = 1 - \Sigma Z = 1 - (Z_{ye} + Z_{yu} + Z_{yd} + Z_d + Z_c + Z_e + Z_b) \quad (7)$$

$$\eta = 1 - \Sigma Z$$

$$= 1 - (0.021 + 0.0124 + 0.05 + 0.0055 + 0.002 + 0.01 + 0.04) = 1 - 0.1409 \quad (7)$$

$$\approx \% 85$$

5.1.2. Izgara Boyutlandırılması

5.1.2.1 Yakacak Miktarının Belirlenmesi

$$B = \frac{A \cdot (\dot{I}_b - i_s)}{\eta \cdot H_u} \quad (8)$$

$$B = \frac{20.000 \cdot (2776 - 426)}{0.85 \cdot 27196} = 2033 \text{ kg / saat} \quad (8)$$

5.1.2.2. Izgara Yüzeyinin Belirlenmesi

Stokerli ızgara için Izgara yükü = 300÷ 650 kg / m²

300 kg / m² değeri alınarak 0.30 ızgara verimi ile [9]

$$A_{\text{ızgara}} = \frac{2033}{300 \cdot 0.50} \quad (9)$$
$$= 13.55 \text{ m}^2$$

Izgara yüzeyi düşük kalorili yakıt yakılacağı düşünülerek 14m² seçildi.

5.1.2.3. Ocak Hacminin Belirlenmesi

Ek E.4 deki Tablodan stokerli ızgaralar için [9]

Ocak yükü 0,40 x 10⁶ kcal / m³.h = 400 (kW / m³) seçilmiştir.

$$q_0 = \frac{Q}{V_0} \quad (10)$$

$$Q = \frac{20000(2776 - 426)}{0.85 \cdot 3600} = 15359.5 \text{ (kW)}$$

$$V_0 = \frac{Q}{q_0} = \frac{15359.5}{400} = 38.39 \text{ m}^3 \quad (10)$$

5.1.2.4. Ocak Sıcaklığının Belirlenmesi

$$V_g (\dot{I}_{th} - \dot{I}_{go}) = Q_r + Q_k \quad (11)$$

$$V_h = 8.2 - 0.2 = 8 \quad (\text{Nm}^3 / \text{kg h}) \quad (\text{Ek B2-1}) \quad [9]$$

$$V_g = 9,8 - 0.2 = 9,6 \quad (\text{Nm}^3 / \text{kg h}) \quad (\text{Ek B2-2}) \quad [9]$$

$$V_h = 1728 * 8 = 13824 \quad (\text{Nm}^3 / \text{h})$$

$$V_g = 1320 * 9.6 = 12663 \quad (\text{Nm}^3 / \text{h})$$

$$\dot{I}_{th} = \frac{\eta_o \cdot B \cdot H_u + V_h \cdot \dot{I}_h}{V_g} \quad (12)$$
$$= 2287 \text{ kJ} / \text{Nm}^3$$

$$x^1 = 20,41 \frac{c_k \cdot \phi \cdot A_a + V_h \cdot \dot{I}_h}{\dot{I}_{th} \cdot \dot{V}_g} \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \text{ ve } 1 - \frac{i_{go}}{i_{th}} = X^1 \left[\left(\frac{T_{go}}{T_w} \right)^4 - 1 \right] \quad (13)$$

bağlantılarındaki değerler yerine konularak hesaplandı ve ocak sıcaklığı $t_o = 1280 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak bulundu.

5.1.2.5. Ön Ocak ve Alev Borusunda

Sıcaklık	t_1	= 1120	($^\circ\text{C}$)
Entalpisi	\dot{I}_1	= 1760	(kg / Nm^3)
Ortalama sıcaklık	t_m	= 1200	($^\circ\text{C}$)
Ortalama sıcaklık farkı	dt	= 1005	($^\circ\text{C}$)
Ortalama Ln sıcaklık farkı	d_{lm}	= 940	($^\circ\text{C}$)
CO ₂ Işınım	q_{CO_2}	= 33816	(W / m^2)
H ₂ O Işınımı	$q_{\text{H}_2\text{O}}$	= -	
Taşınım katsayısı	hr	= 28,856	(W / m^2)
Taşınım katsayısı	hk	= 8,533	(W / m^2)
Taşınım katsayısı	h	= 37,389	(W / m^2)
Toplam iletim katsayısı	k	= 33,650	($\text{W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
Duman gazı entalpisi 1120 $^\circ\text{C}$	i	= 380	($\text{kcal} / \text{Nm}^3$)
Duman gazı entalpisi 950 $^\circ\text{C}$	i	= 365	($\text{kcal} / \text{Nm}^3$)

5.1.2.6. Ocaktan Geçen Isı

$$Q_o = 74.588(380 - 358) = 1.640.936 \text{ kcal/h}$$

5.1.2.7 Ocak Yüzeyi

$$A = \frac{1.903.485}{33.650 \times 0.94} \quad (14)$$

= 60,1 m² olmalı.

Seçilen ocak = 65 m²

5.1.2.8. Arka Ocakta Geçen Isı

Arka ocakta sıcaklık	t ₂	= 850	(°C)
Entalpisi	İ ₂	= 1670	(°C)
Ortalama sıcaklık	t _m	= 825	(°C)
Ortalama sıcaklık farkı	dt	= 670	(°C)
Ortalama logaritmik sıcaklık farkı	dtm	= 693	(°C)
CO ₂ Işınım	qCO ₂	= 34748,227	(W/ m ²)
Taşınım katsayısı	hr	= 28,925	(W /m ² °C)
Taşınım katsayısı	hk	= 2,194	(W /m ² °C)
Taşınım katsayısı	h	= 31,119	(W /m ² °C)
Toplam iletim katsayısı	k	= 28,007	(W /m ² °C)
Duman debisi		= 56866,4	(m ³ /h)
Q _o = 56.866,4 (318-306)		= 682.396	(kcal/h)
		= 791.580	(W)

$$\text{Arka ocak yüzeyi} \quad A = \frac{791.580}{925 \times 65} = 13 \text{ m}^2 \text{ olmalı.}$$

5.1.2.9. İç Duman Borularından Geçen Isı

Duman boruları iç çapı		= 70	(mm)
Duman boruları dış çapı		= 76	(mm)
İç duman boruları sayısı		= 222 Adet	(0,91 m ²)
İç duman borularında yüzey sıcaklığı		= 383	(°C)
İç duman borularında sıcaklık	t ₃	= 740	(°C)
740° C için duman debisi		= 59364	(Nm ³ /h)
Ortalama duman hızı	v	= 18,12	(m /sn)
Ortalama sıcaklık farkı	dt	= 357	(°C)
Ortalama Ln sıcaklık farkı	d _{tm}	= 520	(°C)
CO ₂ Işınım	qCO ₂	= 4178,484	(W/ m ²)
740° C için ortalama duman entalpi		= 240	(kcal/Nm ³)
490° C için ortalama duman entalpi		= 165	(kcal/Nm ³)
Taşınım katsayısı	h _k	= 30,2	(W/m ² °C)
Taşınım katsayısı	h	= 36,413	(W/m ² °C)
İç duman borularından geçen ısı :			
Q _o = 59364 (240 -165) = 4.452.300 kcal/h		= 5.164.668	(W)

5.1.2.10. Dış Duman Borularından Geçen Isı

Dış duman boruları iç çapı		= 70	(mm)
Dış duman boruları dış çapı		= 76	(mm)
Dış duman boruları sayısı		= 163	(Adet)
Dış duman borularında sıcaklık	t ₄	= 234	(°C)
Dış duman borularında Antalpi	İ ₄	= 328,78	(kJ/ Nm ³)
Ortalama sıcaklık	t _m	= 490	(°C)
Ortalama sıcaklık farkı	dt	= 256	(°C)
Ortalama Ln sıcaklık farkı	d _{tm}	= 105	(°C)
CO ₂ Işınım	qCO ₂	= 0	(W/ m ²)
Taşınım katsayısı	h _r	= 0	(W/m ² °C)
Taşınım katsayısı	h _k	= 38.910	(W/m ² °C)
Taşınım katsayısı	h	= 38,910	(W/m ² °C)
Toplam iletim katsayısı	k	= 34,564	(W/m ² °C)

Duman gazı hızı	V	= 13,35	(m/sn)
Yük kaybı	d _p	= 174,4	(Pa)
Duman debisi	Q _d	= 38.569	(Nm ³ /saat)
Duman gazı entalpisi 490°C	i	= 170	(kcal/Nm ³)
Duman gazı entalpisi 250°C	i	= 140	(kcal/Nm ³)

Dış duman borularından geçen ısı:

$$\begin{aligned}
 Q_o &= 38.569 (170 - 140) & (15) \\
 &= 1.157.070 & (\text{kcal/h}) \\
 &= 997.474 & (\text{W})
 \end{aligned}$$

Toplam kazan ısı yüzey alanı:

Ön ocak	= 65	(m ²)
Arka ocak	= 13	(m ²)
İç duman boruları	= 288,75	(m ²)
Dış duman boruları	= 212,01	(m ²)
Toplam	= 578,76	(m ²)

5.1.2.11. Reküperatör Tipi Hava Isıtıcısı

Hava ısıtıcısı gaz sıcaklığı	t ₅ = 180	(°C)
Entalpisi	= 251	(kJ / Nm ³)
Q = 13824 (328 - 251)	= 1.064.448	(kJ/h)
Havaya geçen ısı	= 295703	(W)
Yüzey Hesabı	t ₁ = 20	(°C)
	İ ₁ = 29	(kJ/ Nm ³)

$$d_i = \frac{295703}{8892} = 33 \text{ (kJ / Nm}^3\text{)}$$

$$\dot{I}_2 = 29 + 33 = 62 \text{ (kJ / Nm}^3\text{)}$$

$$t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{234 + 180}{2} - \frac{20 + 40}{2} = 177 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{295703 \text{ W}}{177 * 15} = 112 \text{ m}^2$$

Toplam hava ısıtıcısı yüzeyi olarak alınmalıdır.

5.1.2.12. Isı Bilançosu

Ocakta geçen ısı	= 1.640.485 (kcal/h)
Arka ocakta geçen ısı	= 682.396 (kcal/h)
İç duman borularından	= 4.452.300 (kcal/h)
Dış duman borularından	= 1.157.070 (kcal/h)
Hava ısıtıcısından	= 254.916 (kcal/h)
Toplam	= 8187.167 (kcal/h)

5.1.2.13. Projelendirmeye Ait Genel Bilgiler

Ön ocak yüzeyi	= 65 (m ²)
Arka ocak yüzeyi	= 13 (m ²)
İç duman boruları çapı	= 70/76 (mm)
Dış duman boruları çapı	= 70/76 (mm)
İç duman boruları sayısı	= 222 (Adet)
Dış duman boruları sayısı	= 163 (Adet)
İç duman borularında ortalama gaz hızı	= 18,12 (m/s)
Dış duman borularında ortalama gaz hızı	= 15,5 (m/s)
Isıl verim	= % 85
Yakacak miktarı	= 1735 (kg/h)
Hava debisi	= 13824 (Nm ³ /h)
Gaz debisi	= 12663 (Nm ³ /h)
Ocak Yüğü	= 400 (kW/m ³ h)
Ocak Hacmi	= 32,63 (m ³)
Ocak Sıcaklığı	= 1280 (°C)
Hava Isıtıcısı	= 112 (m ²)
Baca gazı sıcaklığı	= 180 (°C)

5.1.2.14. Yük Kaybı Hesabı

1 Pa = 0.1022 mmss

Izgarada Yüğü ve Kömür katman kaybı	: 1467	Pa	(150.00 mmss)
Ön Ocakta	: 123	Pa	(12.57 mmss)
İç Duman Borularında	: 223	Pa	(22.80 mmss)
Duman Kutusunda	: 3,9	Pa	(0.40 mmss)
Dış Duman Borularında	: 174,4	Pa	(17.82 mmss)
Kurum tutucu	: 783	Pa	(80.00 mmss)
Hava Isıtıcısında	: 175,0	Pa	(17.88 mmss)
			+ _____
			301.47 mmss

Yakma fanı ve baca fanının toplam basıncı bu değerin üstünde seçilmiştir.

Yakma fanı 400 mmss

Baca fanı 250 mmss seçilmiştir.

5.1.2.15. Baca Fanı

45.000 m³/h, 250 mmss

45 kW , 1400 d/dk

5.1.2.16. Yakma Fanı

22000 m³/h, 450 mmss

37 kW, 1400 d/dk [9]

5.2. Mukavemet Hesapları

5.2.1. Dış Gövde Levhası Et Kalınlığı Hesabı

s- Dış gövde levhası et kalınlığı

R- Dış gövde iç yarıçapı

p- Tasarım basıncı (N/mm²)

σ_f- Tasarım Gerilmesi (N/mm²)

z- Boylamasına kaynak dikişi verimi

e- korozyon ilavesi (0.75 mm) dir.

Tasarım basıncı: 1.2 *0.05 = 1.26 N/mm²

Tasarım gerilmesi: TS-3650 HII sacı için çekme dayanımı 410-500 N/mm²

$\sigma_f = 410 * 0.42 / 1.5 = 114.8 \text{ N/mm}^2$ 250°C için 0.42 alınır. [9]

$$s = \frac{p \cdot R}{\sigma_f \cdot z - 0.5 \cdot p} + e$$

$$s = \frac{1.26 * 1050}{114.8 * 0.85 - 0.5 * 1.26} + 0.75$$

$$s = 14.39 \text{ mm}$$

5.2.2.Emniyet Ventilleri Arası

$$p_\phi \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1}\right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2}\right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı

$$d_{ib1} = 77.7 \quad \text{mm}$$

Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı

$$e_{rb1} = 5.6 \quad \text{mm}$$

Toleranssız branşman iç çapı

$$d_{ib2} = 77.7 \quad \text{mm}$$

Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı

$$e_{rb2} = 5.6 \quad \text{mm}$$

Toleranssız ana gövde iç çapı

$$d_{is} = 2772 \quad \text{mm}$$

Toleranssız ana gövde et kalınlığı

$$e_{rs} = 14 \quad \text{mm}$$

(Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)

Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı

$$\psi = 0^\circ$$

Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık

düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız

$$p_\phi \geq 288.39 \quad \text{mm}$$

mesafe

$$p_\phi = 600 \quad \text{mm}$$

Hesaplama Basıncı	$p_c=0.856 \text{ N/mm}^2$
Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is}=2772 \text{ mm}$
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde, Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}=14 \text{ mm}$
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib}= 77.7 \text{ mm}$
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb}= 5.6 \text{ mm}$
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s= 139.78 \text{ N/mm}^2$
Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b= 123.33 \text{ N/mm}^2$
	$80.73 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$
	$80.73 \leq 123.33$

5.2.3. Seviye Göstergesi Nozulları Arası

$$p_{\phi} \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1} + e_{rb1}}{2} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2} + e_{rb2}}{2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib1}= 77,7 \text{ mm}$
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb1}= 5,6 \text{ mm}$
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib2}= 77,7 \text{ mm}$
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb2}= 5,6 \text{ mm}$
Toleranssız ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772 \text{ mm}$
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde, Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14 \text{ mm}$
Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı	$\psi = 45^0$
Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız mesafe	$p_{\phi} \geq 306,8 \text{ mm}$
	$p_{\phi} = 468 \text{ mm}$

$$\frac{p_c}{1,5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0,2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s; f_b \quad (17), [11]$$

Hesaplama Basıncı	$p_c =$	0.856	N/mm ²
Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is} =$	2772	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs} =$	14	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib} =$	77.7	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb} =$	5.6	mm
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s =$	139.78	N/mm ²
Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b =$	123.33	N/mm ²
		$80.73 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$	
		$80.73 \leq 123.33 \text{ N/mm}^2$	

5.2.4. Manometre Bağlantı Nozulu - Havalık Nozulu

$$p_\phi \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib1} =$	18.9	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb1} =$	4	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib2} =$	18.9	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb2} =$	4	mm
Toleranssız ana gövde iç çapı	$d_{is} =$	2772	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs} =$	14	mm
Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı	$\psi =$	0 ⁰	
Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız mesafe	$p_\phi \geq$	226	mm

$$p_\phi = 875 \text{ mm}$$

$$\frac{p_c}{1,5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0,2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s; f_b \quad (17), [11]$$

Hesaplama Basıncı	$p_c =$	0.856	N/mm ²
Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is} =$	2772	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs} =$	14	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib} =$	18.9	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb} =$	4	mm
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s =$	139.78	N/mm ²
Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b =$	123.33	N/mm ²
		$65.99 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$	
		$65.99 \leq 123.33 \text{ N/mm}^2$	

5.2.5.Oransal Elektrot Nozulu –Havalık Nozulu

$$p_\phi \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib1} =$	49.1	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb1} =$	5.6	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib2} =$	18.9	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb2} =$	4	mm
Toleranssız ana gövde iç çapı	$d_{is} =$	2772	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs} =$	14	mm
Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı	$\psi =$	0^0	
Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleranssız mesafe	$p_\phi \geq$	243.09	mm
	$p_\phi =$	350	mm

$$\frac{p_c}{1,5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0,2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s; f_b \quad (17), [11]$$

Hesaplama Basıncı	$p_c =$	0.856	N/mm ²
-------------------	---------	-------	-------------------

Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772$	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14$	mm
Toleranssız braşman iç çapı	$d_{ib}= 49.1$	mm
Nozul veya Braşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb}= 5.6$	mm
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s= 139.78$	N/mm ²
Braşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b= 123.33$	N/mm ²
	$72.49 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$	
	$72.49 \leq 123.33 \text{ N/mm}^2$	

5.2.6. Düşük Seviye Elektrodu- Oransal Seviye Nozulu

$$p_{\phi} \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16),$$

[10]

Toleranssız braşman iç çapı	$d_{ib1}= 49,1$	mm
Nozul veya Braşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb1}= 5,6$	mm
Toleranssız braşman iç çapı	$d_{ib2}= 114,3$	mm
Nozul veya Braşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb2}= 6$	mm
Toleranssız ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772$	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde, Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14$	mm
Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre braşmanın eğim açısı	$\psi = 0^0$	
Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız mesafe	$p_{\phi} \geq 500,28$	mm
	$p_{\phi} = 600$	mm

$$\frac{p_c}{1,5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0,2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s, f_b \quad (17),$$

[11]

Hesaplama Basıncı

$$p_c = 0.856 \quad \text{N/mm}^2$$

Toleranssız Ana gövde iç çapı

$$d_{is} = 2772 \quad \text{mm}$$

Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)

$$e_{rs} = 14 \quad \text{mm}$$

Toleranssız branşman iç çapı

$$d_{ib} = 114.3 \quad \text{mm}$$

Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı

$$e_{rb} = 6 \quad \text{mm}$$

Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)

$$f_s = 139.78 \quad \text{N/mm}^2$$

Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)

$$f_b = 123.33 \quad \text{N/mm}^2$$

$$91.14 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$$

$$91.14 \leq 123.33 \quad \text{N/mm}^2$$

5.2.7. Düşük Seviye1 – Ana Buhar Flanşı

$$p_\phi \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı

$$d_{ib1} = 219.4 \quad \text{mm}$$

Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı

$$e_{rb1} = 8 \quad \text{mm}$$

Toleranssız branşman iç çapı

$$d_{ib2} = 114.3 \quad \text{mm}$$

Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı

$$e_{rb2} = 6 \quad \text{mm}$$

Toleranssız ana gövde iç çapı

$$d_{is} = 2772 \quad \text{mm}$$

Toleranssız ana gövde et kalınlığı

$$e_{rs} = 14 \quad \text{mm}$$

(Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)

Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı

$$\psi = 0^\circ$$

Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleranssız mesafe

$$p_\phi \geq 575 \quad \text{mm}$$

$$p_\phi = 750 \quad \text{mm}$$

$$\frac{p_c}{1.5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0, 2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s ; f_b \quad (17), [11]$$

Hesaplama Basıncı

$$p_c = 0.856 \quad \text{N/mm}^2$$

Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772$	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14$	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib}= 219.1$	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb}= 8$	mm
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s= 139.78$	N/mm ²
Branşman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b= 123.33$	N/mm ²
	$45.63 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$	
	$45.63 \leq 123.33$ N/mm	

5.2.8. Ana Buhar – Düşük Seviye 2

$$p_{\phi} \geq \frac{\left(\frac{d_{ib1}}{2} + e_{rb1} \right)}{\cos \psi_1} + \frac{\left(\frac{d_{ib2}}{2} + e_{rb2} \right)}{\cos \psi} + 2\sqrt{(d_{is} + e_{rs})e_{rs}} \quad (16), [10]$$

Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib1}= 219.1$	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb1}= 8$	mm
Toleranssız branşman iç çapı	$d_{ib2}= 49.1$	mm
Nozul veya Branşmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb2}= 18$	mm
Toleranssız ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772$	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde, Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14$	mm
Ana gövdenin çevresel hattının normaline (dikine) göre branşmanın eğim açısı	$\psi = 0^0$	
Cidar merkezi referans alınarak, Φ açısıyla karışık düzenlenmiş komşu ağızların eksenler arası toleransız mesafe	$p_{\phi} \geq 542$	mm
	$p_{\phi} = 760$	mm

$$\frac{p_c}{1,5} \left(\frac{d_{is} + e_{rs}}{2e_{rs}} + 0,2 \frac{d_{ib} + e_{rb}}{e_{rb}} \sqrt{\frac{d_{is} + e_{rs}}{e_{rs}}} \right) \leq \min f_s; f_b \quad (17), [11]$$

Hesaplama Basıncı	$p_c= 0.856$	N/mm ²
-------------------	--------------	-------------------

Toleranssız Ana gövde iç çapı	$d_{is}= 2772$	mm
Toleranssız ana gövde et kalınlığı (Silindirik gövde , Küresel gövde veya bombeli kapak)	$e_{rs}= 14$	mm
Toleranssız bransman iç çapı	$d_{ib}= 219.1$	mm
Nozul veya Bransmanın toleranssız gerekli et kalınlığı	$e_{rb}= 8$	mm
Ana gövde malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_s= 139.78$	N/mm ²
Bransman malzemesi için tasarım gerilmesi (P265 GH)	$f_b= 123.33$	N/mm ²
	$45.63 \leq \text{Min} (f_s, f_b)$	
	$45.63 \leq 123.33$	N/mm

5.2.9. Duman Borularının Et Kalınlığı Hesabı

$$e = e_{ct} + c_1 + c_2 \quad (18), [11]$$

$$c_1 = 1 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,75 \text{ mm}$$

$$e_{ct} = \frac{P.d_0}{1,6.f}$$

$$f = \left\{ \frac{R_{p0,2tc}}{1,5} \right\} \quad R_{p0,2tc} = 181,4 \text{ MPa (} 202^{\circ}\text{C ve P235 GH malzeme için)}$$

$$t_c = t_s + 25 = 177 + 25 = 202^{\circ}\text{C} \quad (19), [12]$$

$$f = \frac{181,4}{1,5} = 120,93$$

$$e_{ct} = \frac{P.d_0}{1,6.f} = \frac{0,856.76,1}{1,6.120,93} = 0,33 \text{ mm}$$

$$e = e_{ct} + c_1 + c_2 = 0,33 + 1 + 075 = 2,08 \text{ mm}$$

veya EN 12953-3 Tablo 12.1.1 den $\varnothing 76,1$ için minimum et kalınlığı 2,5 mm olmalıdır.

Projede $e = 3,2$ mm alınmıştır.

5.2.10. Kaldırma Mapaları Hesabı

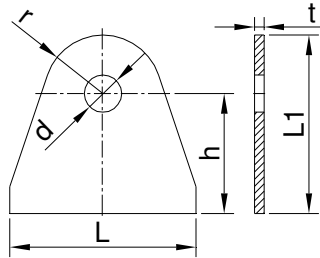
Gövde Üzeri Mapalar (Malzeme P295GH - EN 10028)

W : Boş kazanın Ağırlığı (N) 40.000kg= 392.400 N

S : Kavrama Faktörü 2

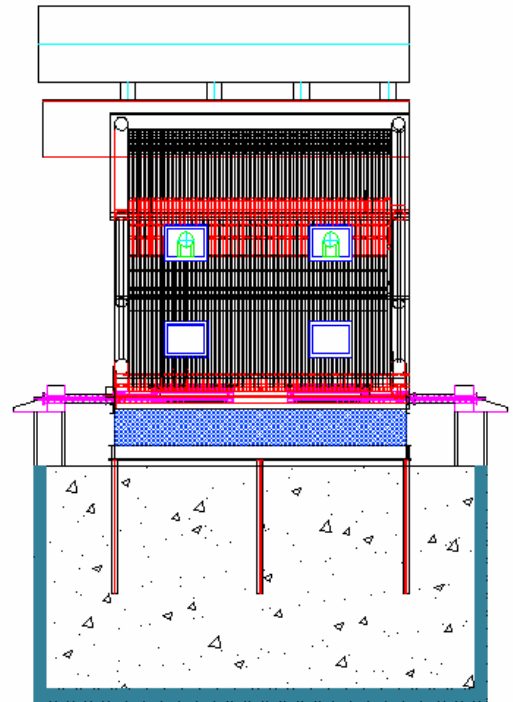
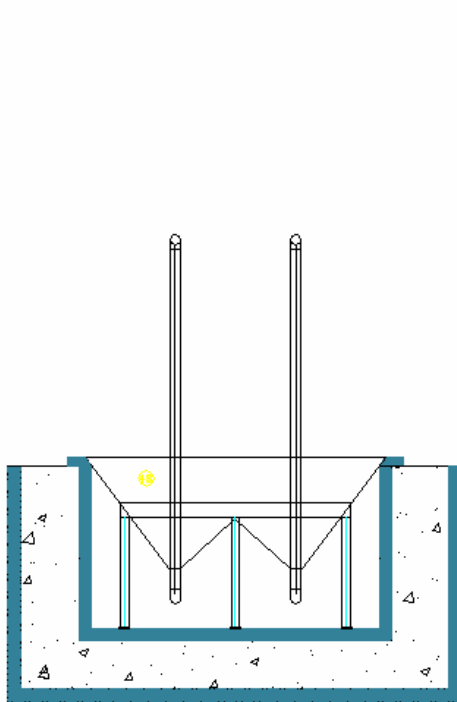
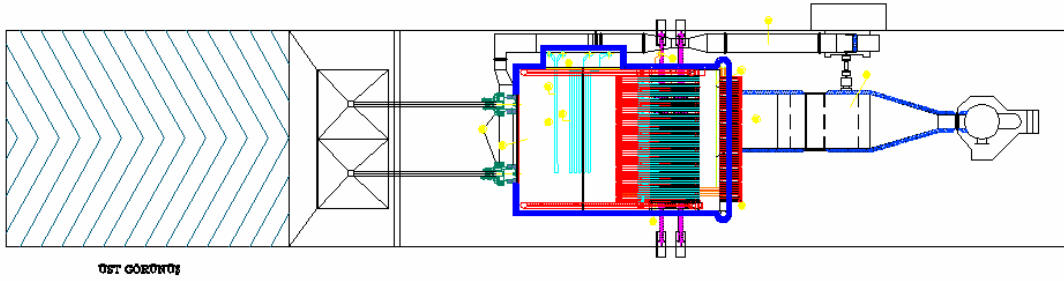
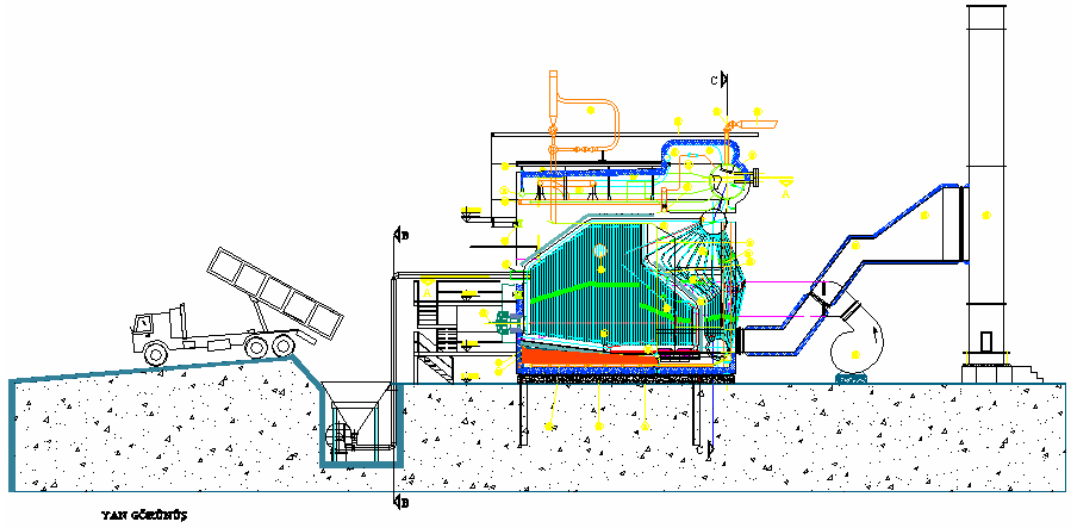
a	: Halat Bağlama Açısı	.....	45°
W ₁	: Her Bir mapa için dikey yük	W ₁ = S x W/2	..... 392.400
W ₂	: Her bir mapa için yatay yük	W ₂ = W ₁ . tan a	..... 392.400
F _L	: Boyuna Yük (N )	.....	392.400
F _c	: Çevresel Yük (N )	.....	0
F _R	: Merkezi Yük (N )	.....	392.400
P _t	: Kabul edilen çekme değeri (N/mm ²)	.....	295
P _{bt}	: Kabul edilen bükme değeri (N/mm ²)	.....	295
L	: Mapa Genişliği (mm )	.....	300
t	: Mapa Kalınlığı (mm )	.....	30
h	: Yükleme merkezine olan mesafe (mm )	.....	225
d	: Mapa Delik Çapı (mm )	.....	70
r	: Dış Yarıçapı (mm )	.....	110
F	: Toplam Yük	F = (F _L ² + F _C ² + F _R ²) ^{1/2}	..... 554.937
S	: Maksimum makaslama	S = F / { (r-d/2) x 2 x t }	..... 123.31
M _L	: Boyuna bükme momenti	M _L = F _L x h (Nmm )	..... 88.290.000
M _C	: Çevresel bükme momenti	M _C = F _C x h (Nmm )	..... 0
f _{bL}	: Mapadaki boyuna bükme gerilmesi	f _{bL} = 6 x M _L / (t x l ² )	..... 196.2
f _{bC}	: Mapadaki çevresel bükme gerilmesi	f _{bC} = 6 x M _C / (t x l ² )	..... 0
f _t	: Mapadaki çekme gerilmesi	f _t = F _R / (l x t )	..... 43,6
f _b	: Toplam bükme gerilmesi	f _b = f _{bL} + f _{bC}	..... 196,2

$$\frac{f_t}{P_t} + \frac{f_b}{P_{bt}} \leq 1 \quad \frac{43,6}{295} + \frac{196,2}{295} \leq 1 \quad 0,812 \leq 1 \quad \text{Mapalar emniyetlidir.}$$



d	h	r	l	t	L1
70	225	110	300	30	335
mm	mm	mm	mm	mm	mm

6. TASARIMI YAPILAN PROJE



Projeye Ait Bilgiler

KAPASİTE (M.C.R)	20 t/h
KAPASİTE (Geçici Yükte, Pik Çekişler)	22 t/h
ÇALIŞMA BASINCI	10 bar
BUHAR DRAMI DİZAYN BASINCI	11.5 bar
KAZAN ISITMA YÜZEYİ	600 m ²
EKONOMİZER YÜZEYİ	1220 m ²

PARÇA NO:	ADET	TANIM	ÖLÇÜLER	MALEZEME	STANDARD												
49	2	Toz kömürü birölörü															
48	2	Ana Kömür Tozu Stok Bunkeri		St 37													
47	2	Safiy vanası															
46	1	Buhar çıkış starterı															
45	1	Güvenlik vanalı buhar çıkışı															
37		Doymuş buhar boruları															
35		Plastik refraktör															
34		Yanma Odası Refraktörü															
32		Boiler bünde F		C.S.													
31	2	Arka duvar üst başlığı	219,100 x 20	15 Mo3	DIN 2448												
30	1	Kazan Üst Platformu		C.S.													
29	1	Baca															
26	1	Baca gazıkanalı		C.S.													
25	7	Manhol	4800														
24		Ekonomizer kasası		C.S.													
23	1	Fan elektrik motor															
22	1	Fan															
21	1	Taze hava kanalı		C.S.													
20	4	Birölör öms / F.U. No:6	1200 kg/h		Saacke												
16	2	Ekonomizer başlığı	177,800 x 12,5	St 35,8 III	DIN 2448												
15	50	Kızgın Buhar boruları (Group 2)	42,800 x 3,8	15 Mo3	DIN 2448												
14	50	Kızgın Buhar boruları (Group 1)	42,800 x 3,8	15 Mo3	DIN 2448												
13	2 / 2	Kızgın buhar başlığı	244,500 x 17,5	15 Mo3	DIN 2448												
12	1	Doymuş buhar başlığı	298,500 x 22,2	St 45,8 III	DIN 2448												
11	9	Destekler															
10	60	Yanma odası gaz geçiş tüpleri	5700 x 3,8	St 35,8 III	DIN 2448												
9		Dom başları boruları	101,600 x 4,2	St 35,8 III	DIN 2448												
8	160	Yan duvar boruları	5700 x 3,8	St 35,8 III	DIN 2448												
7	8	Yan duvar başlığı	219,100 x 20	St 45,8 III	DIN 2448												
6	60	Arka duvar boruları	5700 x 3,8	St 35,8 III	DIN 2448												
5	2	Arka duvar başlığı	219,100 x 20	15 Mo3	DIN 2448												
4	60	Ön duvar yer boruları	5700 x 3,8	St 35,8 III	DIN 2448												
3	2	Ön Duvar başlığı (üst)	219,100 x 20	15 Mo3	DIN 2448												
2	3	Dom Destek ve sirkülasyon b.	298,500 x 21,8	St 45,8 III	DIN 2448												
1	1	Dom	16000 x 50	17 Mn4	DIN 17153												
<table border="1"> <tr> <td rowspan="4"> <input type="checkbox"/> İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ TEZ KONUSU 20 T/H BUHAR KAPASİTELİ PÜLVERİZE TOZ KÖMÜRÜ VE FİNDİK KÖMÜRÜ YAKMA SİSTEMİ </td> <td>DATE :</td> <td>01.07.2009</td> </tr> <tr> <td>ÇİZEN</td> <td>GÖKHAN HALIÇ</td> </tr> <tr> <td>KONTROL</td> <td>PROF.DR. SUAT CANBAZDOĞLU</td> </tr> <tr> <td>ÖLÇEK</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>ÖLÇÜLER</td> <td>mm</td> <td></td> </tr> </table>						<input type="checkbox"/> İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ TEZ KONUSU 20 T/H BUHAR KAPASİTELİ PÜLVERİZE TOZ KÖMÜRÜ VE FİNDİK KÖMÜRÜ YAKMA SİSTEMİ	DATE :	01.07.2009	ÇİZEN	GÖKHAN HALIÇ	KONTROL	PROF.DR. SUAT CANBAZDOĞLU	ÖLÇEK	1:100	ÖLÇÜLER	mm	
<input type="checkbox"/> İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ TEZ KONUSU 20 T/H BUHAR KAPASİTELİ PÜLVERİZE TOZ KÖMÜRÜ VE FİNDİK KÖMÜRÜ YAKMA SİSTEMİ	DATE :	01.07.2009															
	ÇİZEN	GÖKHAN HALIÇ															
	KONTROL	PROF.DR. SUAT CANBAZDOĞLU															
	ÖLÇEK	1:100															
ÖLÇÜLER	mm																

Tablo 1. Kazan Isı Yüzey Hesabı

Yan Duvar Boruları Yarısı Alev Maruz

		Uzunluk	Çap		Adet	Toplam	katsayı	ısı yüzeyi
			mm	mm				
1	-	2922	mm	60,3	2	5844	0,084	0,490896
2	-	2951	mm	60,3	2	5902	0,084	0,495768
3	-	3089	mm	60,3	2	6178	0,084	0,518952
4	-	3175	mm	60,3	2	6350	0,084	0,5334
5	-	3259	mm	60,3	2	6518	0,084	0,547512
6	-	3344	mm	60,3	2	6688	0,084	0,561792
7	-	3428	mm	60,3	2	6856	0,084	0,575904
8	-	3513	mm	60,3	2	7026	0,084	0,590184
9	-	3597	mm	60,3	2	7194	0,084	0,604296
10	-	3682	mm	60,3	2	7364	0,084	0,618576
11	-	3766	mm	60,3	2	7532	0,084	0,632688
12	-	3851	mm	60,3	2	7702	0,084	0,646968
13	-	3935	mm	60,3	2	7870	0,084	0,66108
14	-	4020	mm	60,3	2	8040	0,084	0,67536
15	-	4104	mm	60,3	2	8208	0,084	0,689472
16	-	4189	mm	60,3	2	8378	0,084	0,703752
17	-	4273	mm	60,3	2	8546	0,084	0,717864
18	-	4358	mm	60,3	2	8716	0,084	0,732144
19	-	4442	mm	60,3	2	8884	0,084	0,746256
20	-	4527	mm	60,3	2	9054	0,084	0,760536
21	-	4611	mm	60,3	2	9222	0,084	0,774648
22	-	4669	mm	60,3	2	9338	0,084	0,784392
23	-	4780	mm	60,3	2	9560	0,084	0,80304
24	-	4865	mm	60,3	2	9730	0,084	0,81732
25	-	4949	mm	60,3	2	9898	0,084	0,831432
26	-	5034	mm	60,3	2	10068	0,084	0,845712
27	-	5115	mm	60,3	2	10230	0,084	0,85932

İçteki Borular Tamamı Alev Maruz

		Uzunluk	Çap		Adet	katsayı	ısı yüzeyi
			mm	mm			
73	-	11348	mm	60,3	30	0,169	57,534
74	-	6428	mm	60,3	30	0,169	32,59
75	-	6884	mm	60,3	30	0,169	34,902
76	-	22622	mm	60,3	30	0,169	114,69
77	-	5936	mm	60,3	30	0,169	30,096
78	-	5519	mm	60,3	30	0,169	27,981
79	-	5255	mm	60,3	30	0,169	26,643
80	-	4870	mm	60,3	30	0,169	24,691
81	-	2643	mm	60,3	30	0,169	13,4
82	-	4907	mm	60,3	30	0,169	24,878
83	-	4982	mm	60,3	30	0,169	25,259
84	-	5088	mm	60,3	30	0,169	25,796
85	-	5264	mm	60,3	30	0,169	26,688
86	-	5479	mm	60,3	30	0,169	27,779
87	-	5705	mm	60,3	30	0,169	28,924
88	-	6043	mm	60,3	30	0,169	30,638
Genel toplam							552,49m ²

kazan iç boruları ısı yüzeyi		552,49	m ²
kazan yan duvar boruları ısı yüzeyi		47,7	m ²
yan duvarlar ve iç kazan boruları toplam ısı yüzeyi		600,2	m ²

28	-	5149	mm	60,3	2	10298	0,084	0,865032
29	-	5160	mm	60,3	2	10320	0,084	0,86688
30	-	5175	mm	60,3	2	10350	0,084	0,8694
31	-	5190	mm	60,3	2	10380	0,084	0,87192
32	-	5205	mm	60,3	2	10410	0,084	0,87444
33	-	5219	mm	60,3	2	10438	0,084	0,876792
34	-	5234	mm	60,3	2	10468	0,084	0,879312
35	-	5249	mm	60,3	2	10498	0,084	0,881832
36	-	5264	mm	60,3	2	10528	0,084	0,884352
37	-	5270	mm	60,3	2	10540	0,084	0,88536
38	-	5272	mm	60,3	2	10544	0,084	0,885696
39	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
40	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
41	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
42	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
43	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
44	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
45	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
46	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
47	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
48	-	5261	mm	60,3	2	10522	0,084	0,883848
49	-	5262	mm	60,3	2	10524	0,084	0,884016
50	-	3520	mm	60,3	2	7040	0,084	0,59136
51	-	3405	mm	60,3	2	6810	0,084	0,57204
52	-	3414	mm	60,3	2	6828	0,084	0,573552
53	-	3327	mm	60,3	2	6654	0,084	0,558936
54	-	3228	mm	60,3	2	6456	0,084	0,542304
55	-	3141	mm	60,3	2	6282	0,084	0,527688
56	-	3054	mm	60,3	2	6108	0,084	0,513072
57	-	2967	mm	60,3	2	5934	0,084	0,498456
58	-	2888	mm	60,3	2	5776	0,084	0,485184
59	-	2806	mm	60,3	2	5612	0,084	0,471408

60	-	2719	mm	60,3	2	5438	0,084	0,456792
61	-	2632	mm	60,3	2	5264	0,084	0,442176
62	-	2545	mm	60,3	2	5090	0,084	0,42756
63	-	2458	mm	60,3	2	4916	0,084	0,412944
64	-	2371	mm	60,3	2	4742	0,084	0,398328
65	-	2284	mm	60,3	2	4568	0,084	0,383712
66	-	2145	mm	60,3	2	4290	0,084	0,36036
67	-	2110	mm	60,3	2	4220	0,084	0,35448
68	-	2023	mm	60,3	2	4046	0,084	0,339864
69	-	1936	mm	60,3	2	3872	0,084	0,325248
70	-	1849	mm	60,3	2	3698	0,084	0,310632
71	-	1762	mm	60,3	2	3524	0,084	0,296016
72	-	1675	mm	60,3	2	3350	0,084	0,2814
Genel toplam								47,7m ²

SONUÇ

Pülverize kömürle fındık kömürünün birlikte yandığı bu sistemde kömür kazanın yanma odasında tamamen yanarak oluşan kurum, kazanın özel dizaynına bağlı olarak tekrar stoker yakma sistemi içerisine düşmektedir böylelikle kazan kendi kendini belirli bir ölçüde temizlemektedir. Kömürün püskürtücüler vasıtasıyla fındık kömürü yakan stokerlerin üzerine pülverize edilmesi sonucu oluşan alev fındık kömürünün yanıcı gazlarıyla karşılaşarak basınç ve sıcaklık farkıyla kazanın içerisinde bir türbülasyon oluşmasını sağlayacaktır. Bu türbülasyon sayesinde sıcak gazların kazan içerisinde fazladan yol alarak verimliliğinin artırılması sağlanır. Kömürde yanma sonucu oluşan yanmamış CO, SO₂ gibi gazlar sanki kazanın içinde sanal bir kanal varmış gibi kazanı terk etmek üzereyken kazan içerisindeki türbülasyonun ve sekonder havanın sayesinde tam yanması sağlanarak kazanın yüksek verimli olması sağlanmıştır. Sekonder hava kazanın üst bölümüne verilerek yanmamış gazların ihtiyacı olan oksijeni sağlamaktadır.

Düşük kalorili ve aşırı kül bırakan kömürlerin kullanımı ve yakılması bu sistemde de mümkün değildir. Fakat akışkan-yataklı sistemlere nazaran daha fazla elverişlidir. Sistemin iki ayrı granüler boyutta yakıt türünden beslenmesi dolayısıyla kömür sistemlerinde oluşabilecek arızalar da birbirini telafi edebilecek şekildedir. Buda bakım esnasında işletmenin durma süresini azaltabilecek bir etkidir.

Tasarlanan Projedeki toplam boru ısıtma yüzey hesabı olan 600m² (Tablo.1) ısıtma yüzey alanı kazan ısıtma hesaplarındaki teorik olarak hesapladığımız 578.76 m² olan toplam ısıtma yüzey alanından fazla olduğundan dolayı, tasarlanan projedekinden daha düşük kalorige kömür alımıyla karşılanması durumlarında bile bu toleransları kapatır niteliktedir. Bu durumda ihtiyacı karşılayacak düzeyde tolerans verilirken çok büyük ısı yüzeyleri seçmemekte işletme ekonomisine uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1.] Türkiye kömür işletmeleri kurumu genel müdürlüğü kömür sektör raporu 2009
sf:11
- [2.] Babcock & Wilcox steam its generation and use 40th edition pg.Ch12,1-15,
- [3.] Erksan, M., "Natural Gas Market Prospects for Turkey", Proceedings of
International
Symposium on Energy with all Aspects in the 21* Century, p.79, April 28-30, 1994,
İstanbul
- [4.] Selçuk, N. ve Kırmızıgül, Ü., "Characteristics of a Fluidized Bed Combustor Buring
Low-Quality Lignite", J. of Inst, of Energy, vol.64, p. 151, 1991.
- [5.] TMMOB 1. enerji sempozyumu-12-14 kasım 1996 Ankara, Nevin Selçuk
- [6.] Babcock & Wilcox steam its generation and use 40th edition pg.Ch12,1-15,Ch13,1-
13
- [7.] Johnson T.D. et.al., Central Electricity Generating Board England,"Pulverized fuel
system ersion"pp. 18-22,1985
- [8.] Orning A.A"the combustion of pulverized coal" ch 34, appearing in Chemistry of
coal Utilization,H.H Lowry,Wiley, New York.pp.1522-1567,1945
- [9.] Kemal Onat vd., Buhar Kazanları Isıl Hesapları İTÜ Yayınları
- [10.] EN 12953-3 / 8.1-4
- [11.] EN 12953-3 / Equation 8.3-10
- [12.] EN 12953-3 / 12.1.1
- [13.] EN 12953-3 / 6.1.2

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Malatya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Malatya Sümer'de tamamladı. 2003 Nisan ayında Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdi, aynı yıl Tnk. Atgm olarak Bitlis Tatvan'da askere gitti. Vatani görevini tamamladıktan sonra Çanakkale İÇDAŞ Demirçelik fabrikasında 4 Ay çalıştı. Daha sonra Malatya MİMSAN'da Proje yönetmeni olarak 2 yıl çalıştı. 2006 yılında yüksek lisans öğrenimine başladı. İki yıl kendi şirketi olan Hadiç Mühendislik'te doğalgazla ilgili ticari faaliyette bulundu. Halen MİMSAN'da dış ticaret departmanında çalışmaktadır.