

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKMEK FIRINLARINDA ENERJİ EKONOMİSİ

Mak. Müh. Mustafa Kemal SEVİNDİR

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Galip TEMİR

Doc. Dr. Galip Temir

Prof. Dr. Hasan Hepsoğlu

Doç. Dr. Şükri BAKDEMİR

85064

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. EKMEĞİN ÖZELLİKLERİ.....	2
2.1 Ekmeğin Dış Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler.....	2
2.2 Ekmeğin İç Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler.....	2
2.3 Ekmeğin Kimyasal Özellikleri.....	2
2.4 Ekmeğin Mikrobiyolojik Özellikleri.....	3
2.5 Hamur Mayalandırmada Sıcaklık ve Nemin Önemi.....	3
2.5.1 Cihazın yapısı.....	5
2.5.2 Un eleme ve havalandırma makinası.....	5
2.5.3 Hamur yoğurma makinası.....	6
2.5.4 Kaldırma devirme makinası.....	7
2.5.5 Kesme tartma makinası.....	7
3. FIRININ TANITIMI.....	8
3.1 Fırının Ana Grupları ve Fonksiyonları.....	9
3.2 Fırının Genel Emniyet Sistemi.....	9
3.3 Buhar Verme Sistemi.....	12
4. SİSTEMİN TANITILMASI.....	14
4.1 Isıtma Bölümü.....	14
4.2 Ekmek Pişirme Bölümü.....	14
4.3 Ekmeğe Buhar Verilmesi.....	14
4.4 Fırının Kontrolü.....	15
5. ENDÜSTRİYEL FIRINLARDA BACAYI TERK EDEN DUMAN GAZLARINDAN (ATIK ISIDAN) İSTİFADE İMKANLARI.....	16
5.1 Endüstriyel Fırınlarda Bacayı Terk Eden Duman Gazlarından (Atık Isıdan) İstifade Edilebilecek Örnek Sistem Tasarımı.....	16
6. ISI TRANSFER TEORİSİ.....	22
6.1 Isı Değiştiriciler.....	22
6.2 Hesaplama Metodu.....	23
6.3 Uygulama Alanları.....	25
6.3.1 Döküm sanayiinde.....	25
6.3.2 Yüzey işleme sanayiinde.....	26

6.3.3	Isıl işlem sanayiinde.....	26
6.3.4	Mekanik sanayiinde.....	26
6.3.5	Tekstil sanayiinde.....	27
6.3.6	Geri kazanım.....	28
6.3.7	Yüzme havuzu ısıtılması.....	29
6.3.8	Ani ısıtmalı sistem.....	29
6.3.9	Yarı ani (depolu) sistem	30
7.	EKO TERMİK HESABI	31
7.1	Baca Gazı Debisi Belirlenmesi.....	31
7.2	Eko Yüzey Hesabı.....	32
7.3	Plakalı Isı Değiştirici Dizayn Hesapları.....	36
7.4	Sirkülasyon Pompası Hesabı.....	37
7.5	Kapalı Genleşme Deposu Kapasite Hesabı.....	38
8.	ÖRNEK SİSTEM TASARIMI İÇİN MALİYET ANALİZİ.....	40
9.	SONUÇ.....	41
	KAYNAKLAR.....	42
	ÖZGEÇMİŞ.....	43

SİMGE LİSTESİ

L_o	Teorik hava miktarı
V_{ao}	Yaş baca gazı miktarı
V_{akro}	Kuru baca gazı miktarı
λ	Hava fazlalık katsayısı
V_a	Toplam baca gazı debisi
ΔT_{losf}	Logaritmik ortalama sıcaklık farkı
K	Toplam ısı transfer katsayısı
α_i	Su tarafı konveksiyon ısı transfer katsayısı
α_d	Gaz tarafı konveksiyon ısı transfer katsayısı
Nu	Nusselt sayısı
Pr	Prandtl sayısı
Re	Reynolds Sayısı
$d_{iç}$	Boru iç çapı
$d_{dış}$	Boru dış çapı
V_s	Sistem su hacmi
V_g	Sistemde genişleyen su hacmi
V_n	Genleşme deposu nominal hacmi
C_p	Sabit basınçta özgül ısınma ısısı
R_f	Kirlenme faktörü
δ	Plaka kalınlığı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Mayalandırma odasında kullanılan klima cihazı..... 5
Şekil 2.2	Un eleme ve havalandırma makinası..... 6
Şekil 2.3	Hamur yoğurma makinası..... 6
Şekil 2.4	Kaldırma devirme makinası..... 7
Şekil 2.5	Kesme tartma makinası..... 7
Şekil 3.1	Döner arabalı ekmek fırını..... 10
Şekil 3.2	Fırın içinde hava dolaşımı..... 11
Şekil 3.3	Fırın içindeki buhar dağıtım istemi..... 13
Şekil 5.1	Örnek sistem tesisat şeması..... 18
Şekil 5.2	Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi..... 21
Şekil 5.3	Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi..... 21
Şekil 5.4	Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi..... 21
Şekil 6.1	Döküm sanayii..... 25
Şekil 6.2	Yüzey işleme sanayii..... 26
Şekil 6.3	Isıl işlem sanayii..... 26
Şekil 6.4	Mekanik sanayii..... 27
Şekil 6.5	Tekstil sanayii..... 27
Şekil 6.6	Geri kazanım..... 28
Şekil 6.7	Yüzme havuzu ısıtılması..... 29
Şekil 6.8	Ani ısıtmalı sistem..... 29
Şekil 6.9	Yarı ani (depolu) sistem..... 30
Şekil 7.1	Logaritmik ortalama sıcaklık diyagramı..... 33
Şekil 7.2	Ekonomayzerde boru yerleşimi..... 34
Şekil 7.3	Plakalı ısı değiştirici..... 37
Şekil 7.4	Sirkülasyon pompası..... 38
Şekil 7.5	Kapalı genişleme deposu..... 39

ÇİZELGE LİSTESİ

			Sayfa
Çizelge	2.1	Ekmeğin kimyasal özellikleri.....	3
Çizelge	2.2	Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri.....	3
Çizelge	5.1	Döner arabalı bir ekmek fırınının teknik özellikleri.....	19
Çizelge	5.2	Zamana göre fırın içi/ baca gazı sıcaklık değişimleri.....	20
Çizelge	8.1	Maliyet analizi.....	40



ÖNSÖZ

“Ekmek Fırınlarda Enerji Ekonomisi” konulu tezi hazırlarken;

Değerli yardımlarını esirgemeyen, tez için gerekli olan bilgileri ve dökümanları sağlayan Sn. Doç.Dr.Galip TEMİR’e, Sn.Prof..Dr.Hasan HEPERKAN’a ve çalışmalarım esnasında yardımcı olan Sn. Mak.Yük. Müh Turgut DEVELİ’ye Sn.Mak.Yük.Müh. Murat EMİR’e, Sn.Mak.Müh. Ahmet ALKAN’a ve bütün Arş.Gör. arkadaşlara teşekkür ederim.



**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖZET

Dünyadaki enerji kaynaklarının ekonomik olarak kullanılması konusunda artan hassasiyetle birlikte Türkiye’de de enerji geri kazanım sistemlerine önem verilmiştir.

Bu çalışmada; ekmeek pişirilme aşamasına gelinceye kadar ki kullanılan ekipmanlar, pişirme fırını hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir. Çalışmamıza temel teşkil etmek üzere döner arabalı bir ekmeek fırını ele alınmış bu fırında fırın içi sıcaklıklar ve baca gazı sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre baca gazı sıcaklıklarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bacayı terk eden yüksek sıcaklıktaki atık gazların ısısından faydalanmak için örnek sistem dizaynı, termik hesapları yapılmış ve ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplarla sistemin ekonomik olduğu ve uygulanabilirliği konusunda bir sonuca varılmıştır ve sistemin kendisini iki günde amorti edebildiği bulunmuştur.



ABSTRACT

Because of the increasing sensitivity on the economical utilization of the world's energy resources, energy recovery systems have become more important in Turkey, as well.

In this study; information on the equipments used during the preperation of bread and baking ovens is given. A baking oven with rotating racks was selected the inner surface temperature of oven and flue gas temperature were measured. It was determined that the flue gas temperatures were very high. To make use of the heat of the exhaust gas a sample system was designed. Thermal calculations of the system were done and its initial investment cost was calculated.

The result of the calculations revealed that this system was economical and its pay back period was two days.



1. GİRİŞ

Atık enerjinin fazlalığı ve geri kazanımının yeterince yapılamaması Türkiye’de önemli sorunlardan biridir. Sanayideki ısıl proseslerde ve domestik kullanımda bacadan yüksek miktarda enerji dışarı atılmaktadır. Baca gazı sıcaklığının fazla düşürülmesinden meydana gelen yoğuşma dolayısıyla bacada oluşacak tahribattan kaçınmak için, dizaynlar yüksek sıcaklıkta baca gazı değerleri için yapılmıştır. Bunun sonucunda da verimler düşük kalmaktadır. Baca izolasyonu ya da baca malzemesinin kalitesinin artırılması gibi çözümlere gereken önem verilmemiştir.

Bu konuda, sanayi sektöründe son zamanlarda bilinç artışı gözlemlenmektedir. Serbest piyasa ekonomisinde yarışabilmek, ürünü daha ucuza mal edip, daha ucuza satabilmek için, enerji giderlerin azaltılması zorunludur. Bunun için mevcut sistemlerin enerji verimlerinin artırılması ya da yeni yüksek enerji verimli sistemleriyle değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; ekmek pişirilme aşamasına gelinceye kadar ki kullanılan ekipmanlar, pişirme fırını hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir. Çalışmamıza temel teşkil etmek üzere döner arabalı bir ekmek fırını ele alınmış bu fırında fırın içi sıcaklıklar ve baca gazı sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre baca gazı sıcaklıklarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bacayı terk eden yüksek sıcaklıktaki atık gazların ısısından faydalanmak için örnek sistem dizaynı, termik hesapları yapılmış ve ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır. Yapılan hesaplarla sistemin ekonomik olduğu ve uygulanabilirliği konusunda bir sonuca varılmıştır.

Bugünkü tüketim hızıyla mevcut fosil enerji kaynaklarının bir yüzyıl içinde tükeneceğini de gözönüne alırsak, enerjinin verimli kullanılmasının önemi daha iyi anlaşılır. Verimi arttırmak için en büyük pay ve en kolay yol, atılan enerjinin geri kazanımıdır.

2. EKMEĞİN ÖZELLİKLERİ

Ekmek 300 gram, buğday ununa, içme suyu, tuz, maya ve tuz gerektiğinde sadece C vitamini, malt unu veya fungal alfa amilaz katılarak hazırlanan hamurun yoğrulup tekniğine uygun bir şekilde işlenip fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan bir mamuldür. [1]

2.1 Ekmeğin Dış Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler

Ekmeğin dış özellikleri, dışından bakıldığında iyi pişmiş ve kabarmış; kendine has görünüşte, kokuda ve kabuk renk dağılımı olabildiğince homojen olmalı; basık ve yanık olmamalıdır.

Dış kısmında gözle görülür herhangi bir yabancı madde ve hamur topakları olmamalı; yapışmayı önlemek için kullanılan un dışında kepek, razmol gibi maddelerin bulunmaması gerekir.

Ekmek, uzun, yuvarlak ve çiçek şeklinde, serbest veya tavada pişirilmiş olabilir.

2.2 Ekmeğin İç Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler

- Ekmek kesildiği zaman iç kısmı süngerimsi yapıda olmalı
- Gözenekler mümkün olduğunca homojen olmalı ve büyük hava boşlukları bulunmamalı
- Hamur yapışkan olmamalı
- Un ve tuz topakları gözle görülebilir herhangi bir yabancı madde bulunmamalı
- Ekmeğin rengi beyaz-krem ve homojen olmalı
- Kendine has tat ve kokuda olmalı ve herhangi bir yabancı madde, tat ve koku hissedilmemelidir.

2.3 Ekmeğin Kimyasal Özellikleri

Ekmeğin kimyasal özellikleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Ekmeğin kimyasal özellikleri

Özellikler	Sınırlar
Rutubet, % (m/m) en çok	38
Kül, tuz hariç, % (m/m) en çok (kuru madede)	0,75
%10'luk HCl'de çözünmeyen kül % (m/m) en çok (kuru madede)	0,12
Tuz, % (m/m) en çok (kuru madede)	1,75

2.4 Ekmeğin Mikrobiyolojik Özellikleri

Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri

Mikroorganizma	N	C	Sınırlar (kob/kg)	
			M1	M
E. coli	5	0	0	0
Sünme (Rope) faktörü sporu	5	1	5	15
Küf	5	1	100	200
<p>N = Bir partiden alınacak numune sayısı C = (M) değerinin bulunabileceği en çok numune sayısı M1 = (N) sayıdaki numune bulunabilecek en üst sınır değeri M = C sayıdaki numunede bulunabilecek en üst sınır değeri Kob = Koloni oluşturan birim (cfu)</p>				

2.5 Hamur Mayalandırmada Sıcaklık ve Nemin Önemi

Hamurun mayalandırmasında elverişli ortam şartlarını otomatik olarak oluşturan prefabrik mayalama odaları içinde uygun sıcaklık, bağıl nem üreten klima cihazları kullanılır. Bu durumda, ekmeğin pişirilmesinde aşağıda sıralanmış ve istenmeyen olayların ortaya çıkması önlenir, hamurun daha rahatça gelişmesi sağlanır.

1. Yetersiz kabuk ve renk oluşumu
2. Aşırı kalın kabuk oluşumu
3. Yumuşak dış kabuk
4. Pişme esnasında hacim küçülmesi
5. Aşırı ufalanma
6. Bıçak açmama
7. Tavaya yapışma

Şekillendirilmiş hamurun mayalandırılması, dinlendirme odasında, 30-60 dk. bekletilerek tamamlanır. Bu dinlendirme odalarında sıcaklık 28-30 °C ve bağıl nem %70-80 olmaktadır. Fakat bağıl nem, dinlendirme odalarındaki sıcaklığa bağılı olarak değişmektedir. Örneğin,

- Sıcaklık 25 °C ise bağıl nem %85 olmalıdır.
Sıcaklık 30 °C ise bağıl nem %80 olmalıdır
Sıcaklık 35 °C ise bağıl nem %70-80 olmalıdır
Sıcaklık 40 °C ise bağıl nem %60-70 olmalıdır

İyi mayalandırma için, bağıl nem ne olursa olsun, sıcaklık 35°C'yi geçmemelidir. Genellikle 30°C civarında olacaktır.

Ekmek üretiminde, hamurun mayalanması için uygun şartlar sağlanmaz ise, hamurun yoğurulmasından, fırında pişirilmesine kadar bir çok kontrol edilemeyen sonuçlar ortaya çıkar. Hamurun mayalanması 2 kısımdan oluşur.

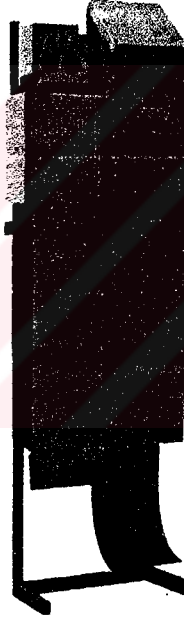
1. Şekillendirme öncesi mayalanma
2. Şekillendirme sonrası mayalanma

Bu süreçler mayalanmanın gerçekleştiği çevrenin sıcaklık ve bağıl nem durumuyla direkt ilişkilidir.

2.5.1 Cihazın yapısı

1. Klima Cihazı
2. Polipropilen buhar üretme tüpü
3. Rezistans ısıtıcı
4. Sirkülasyon fanı
5. Polipropilen boşaltma valfi
6. Kontrol ekipmanları
7. Paslanmaz gövdeden oluşur.

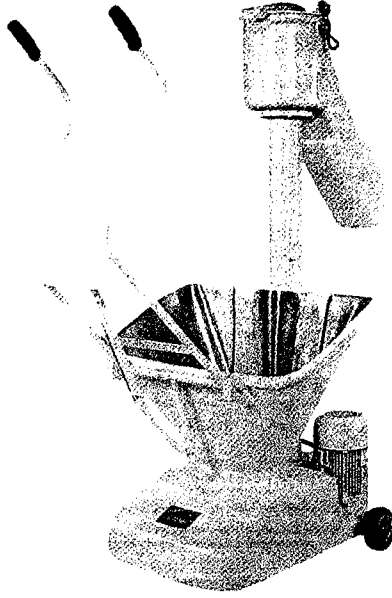
Buhar üretme tüpü, elektrik izolasyonlu ve su seviye kontrollüdür. Şekil 2.1 Buhar üretimi, oda nem kontrol cihazı (higrostat) ve oda termostatından gelen sinyaller ile otomatik olarak gerçekleşmektedir. [2]



Şekil 2.1 Mayalandırma odasında kullanılan klima cihazı

2.5.2 Un eleme ve havalandırma makinası

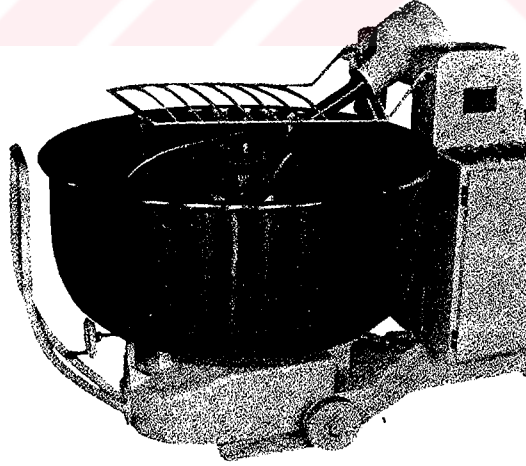
Sıkışmış ve rutubet almış olan unu havalandırarak su tutumunu arttıran ve aynı zamanda yabancı maddeleri ayırarak temiz ve sağlıklı ekmek üretimine yardımcı olur. Şekil 2.2



Şekil 2.2 Un eleme ve havalandırma makinası

2.5.3 Hamur yoğurma makinası

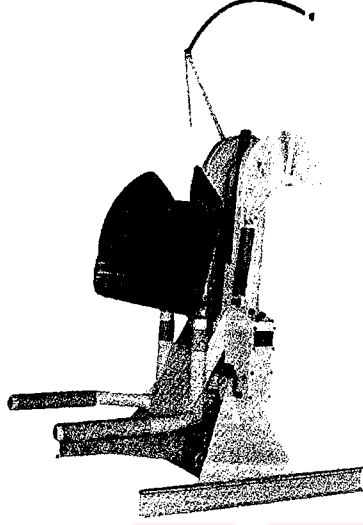
Makinanın çatal kolu, hamur yoğururken tekne kendiliğinden ekseni etrafında döner. Tekne altında bulunan frenleme düzeni istenildiğinde tekne hızı azaltılabilir. Çatal kol iki devirli motorla tahrik edilir. Makina üzerinde bulunan şalter ile manuel veya otomatik olarak çalıştırılabilir. Şekil 2.3



Şekil 2.3 Hamur yoğurma makinası

2.5.4 Kaldırma devirme makinası

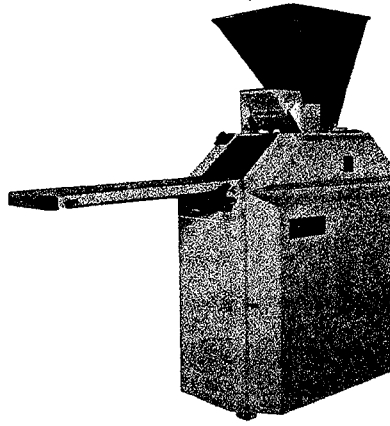
Hamurla dolu olan yoğurma makinasının kazanını kaldırarak kesme-tartma makinasının hunisine boşaltır. Boşaltma esnasında homura el değmeyeceğinden hamurun zedelenmeden ve temiz olarak boşaltılmasını sağlar. Şekil 2.4



Şekil 2.4 Kaldırma devirme makinası

2.5.5 Kesme tartma makinası

Makina her türlü hamuru hacimsel olarak kesmek üzere tasarlanmıştır. Makinanın özellikle kesme takımı kesme işlemi esnasında hamurun sıkışmasını önlediği gibi bütün hamurların aynı ağırlıkta olmasını sağlar. Şekil 2.5



Şekil 2.5 Kesme tartma makinası

3.FIRININ TANITIMI

Döner arabalı ekmek fırınları endirekt ısıtılmalı, cebri hava sirkülasyonlu ve döner tava arabası ile donatılmış olup unlu mamülün istenilen pişirme özelliklerine uygun olarak pişirilmesini sağlayan çok kullanışlı ve ekonomik fırınlardır. Fırınlarda motorin veya gaz (doğalgaz ve LPG) yakan brülörler kullanılmaktadır. [3]

Fırın içindeki hava bir sirkülasyon fanı vasıtasıyla brülör tarafından ısıtılan endirekt hava ısıtıcısı dış yüzeylerinden dolaştırılarak konveksiyon yoluyla ısıtıcıdan almış olduğu ısının bir miktarını buhar üreteçlerine, bir miktarını pişmekte olan döner araba üzerindeki mamüle bırakarak yanma hücresindeki ısıtıcıya gelir ve tekrar ısınarak hava dolaşımı bu şekilde devam eder.

Fırında çalışma ve bakım sırasında emniyet sistemleri tasarlanmıştır. Fırın dış cephe kaplama saçları aşırı ısınmaya karşı içten izolasyon malzemesiyle kaplanmıştır. Fırın pişirme hücresi kapı ve yanma hücresi paslanmaz saçtan imal edilmektedir. Ayrıca ön kaplama saçlarının tamamı desenli paslanmaz saçtan imal edilmektedir.

Döner arabalı ekmek fırınlarında araba vasıtasıyla pişirilecek unlu mamülün kolayca yüklenip boşaltılabilmesi kullanım açısından ekonomi sağlar. Döner tabla fırının ön sol tarafında monte edilmiş bir redüktör zincir sistemiyle tahrik edilir.

Döner arabalı ekmek fırınlarında konveksiyonla sağlanan dengeli ısı transferi dolayısıyla bütün tavalardaki unlu mamül homojen olarak pişirilmiş olur. Pişirme hücresindeki her iki tarafta bulunan buhar üreteçleri sayesinde fırın içinde istenilen miktarda buhar elde edilebilmektedir. Fırın içinde oluşan fazla basınç ve buhar fırın içine açık olan klape-boru sistemiyle bacaya atılmaktadır.

Servis ve bakım kolaylığı için fırın dış devre elemanları fiş+priz sistemiyle donatılmaktadır. Fırın aydınlatma için 300°C sıcaklığa dayanıklı lambalar kullanılmaktadır. Fırınlarda kontrol panosu firmaya önden bakıldığında sağ taraftadır. Panolar tam sızdırmazdır. Makina direktifi kapsamında acil durumlarda kullanmak üzere fırının içinde bir insanın kalması durumunda kapının içeriden açılabilmesi için fırında emniyet kapı kolu tasarlanmıştır. Yine bu kapsamda acil durdurma ihtiyacı meydana geldiğinde fırının bütün çalışmasını durduran bir "Acil Durdurma Butonu" vardır.

3.1.Fırının Ana Grupları ve Fonksiyonları

Döner arabalı ekmeğ fırınları yanma hücresi, pişirme hücresi, sirkülasyon fanı, buhar üretme üniteleri,döner tabla redüktörü, brülör, elektrik panosu, buğu baca aspiratörü, kaplama sacları, pişirme ve yanma hücresi kapıları gibi ana gruplardan oluşmuştur. Şekil 3.1

Fırında sirkülasyon fanı yanma hücresi muhafaza grubu üstüne monte edilmiş çok kanatlı bir fan olup fırın içindeki sıcak havanın sirkülasyonunu sağlar. Şekil 3.2

Yanma hücresi fırının endirekt hava ısıtıcısı, brülör ve sirkülasyon fanını ihtiva eder. Endirekt hava ısıtıcısı paslanmaz sactan imal edilmiştir. Yanma hücresinin görevi fırının içerisindeki dolaştırılmakta olan ısıtılmış havanın ısı ihtiyacını karşılamaktır. Yanma hücresi herhangi bir aşırı ısınmaya karşı emniyet tertibatı ile donatılmıştır.

Fırın döner taban diski fırın ön sol tarafında bulunan redüktör ve zincir dişli mekanizması vasıtasıyla döndürülmektedir.

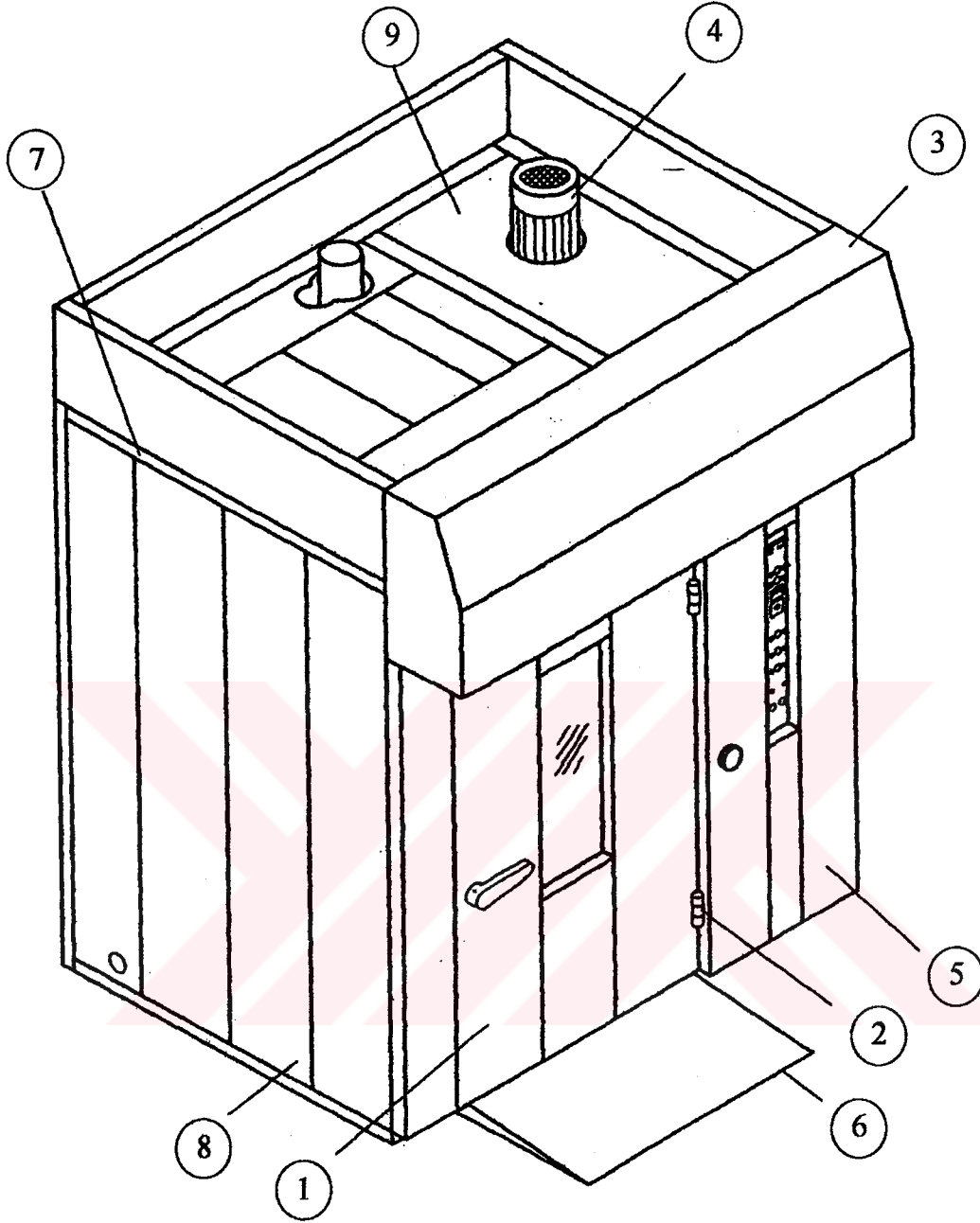
Buhar üretme üniteleri pişirme hücresi sağ ve solunda bulunur. Ekmeğin veya unlu mamülün ince kabuklu ve daha iyi yüzey rengi ile pişmesini sağlamak için gerekli olan buharı üretir.

Buğu baca aspiratörü mamül piştikten sonra kapı açıldığında fırın içerisindeki buharın davlumbaz vasıtası ile bacadan atmosfere atılmasını sağlar.

3.2.Fırının Genel Emniyet Sistemi

Fonksiyonel hataları önlemek için fırında emniyet sistemleri geliştirilmiştir. Güç devreleri aşırı ve termik akıma karşı korunmuştur. Fırında sirkülasyon fanı çalışmadığı sürece brülör hiçbir şekilde çalıştırılmayacaktır. Bu sayede brülörün devreye girerek yanma hücresinin aşırı ısıtılmasını önlemek için bu tedbir alınmıştır. Diğer bir emniyet tedbiri ise sayısal termometrelerde meydana gelebilecek bir arızada fırında oluşabilecek aşırı ısınmayı önlemek için brülörü devre dışı bırakabilen bir emniyet termostatı mevcuttur. Emniyet termostatı 360°C'ye ayarlıdır. Duyar elemanı da duman gazı bacasına bağlıdır. Bacada herhangi bir şekilde ayarlanan bu sıcaklığın üstüne çıkıldığında (bunun sebebi bacanın tıkalı veya az çekişi ile ilgili olabilir) brülör devre dışı kalacak ve baca sıcaklığı ayarlanan sıcaklığın altına düşmediği sürece yeniden çalışmayacaktır.

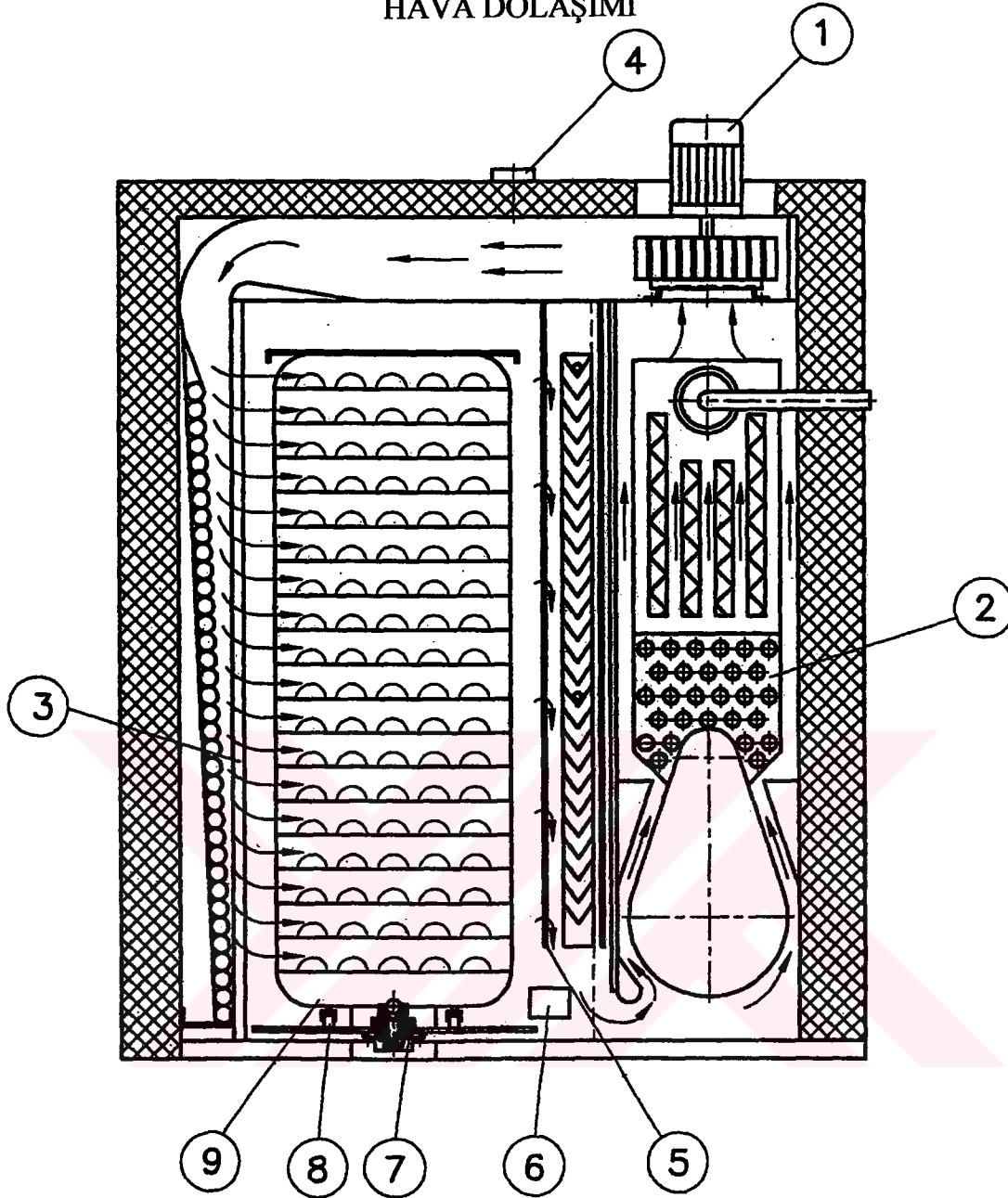
DÖNER ARABALI EKMEK
FIRINI GENEL GÖRÜNÜŞÜ



- 1 PİŞİRME HÜC.KAPI KOMP.
 2 MENTEŞE
 3 DAVLUMBAZ
 4 SİRKÜLASYON FANI
 5 YANMA HÜC. KAPISI
 6 GİRİŞ RAMPASI
 7 DIŞ KAPLAMA İSKELETİ
 8 ARKA VE YAN KAP.SAÇ.
 9 ÜST KAPLAMA SAÇLARI

Şekil 3.1 Döner arabalı ekmek fırını

HAVA DOLAŞIMI



- 1.....SİRKÜLASYON FANI
- 2.....HAVA ISITICI
- 3.....HAVA ÜFLEME KANALLARI
- 4.....BUHAR ÇIKIŞ BORUSU
- 5.....EMİŞ SACI
- 6.....BUHAR ATMA KLAPESİ
- 7.....ARABA DOLDURMA TAHRİK
TERTİBATI
- 8.....ARABA TEKERLEĞİ
- 9.....ARABA TAVASI

Şekil 3.2 Fırın içinde hava dolaşımı

3.3.Buhar Verme Sistemi

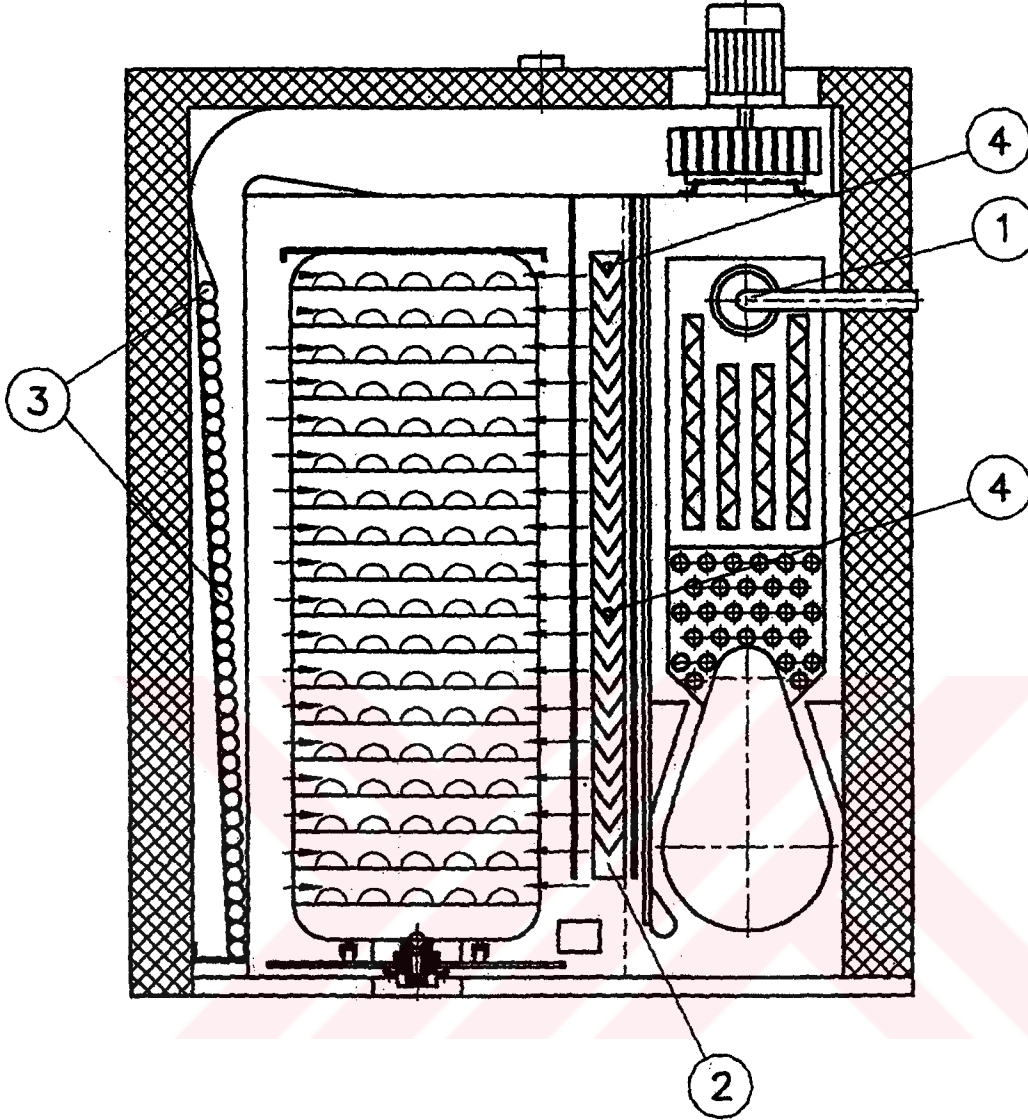
Döner arabalı ekmek fırınlarında buhar üretme üniteleri pişirme hücrelerinin sağ ve sol yan duvarlarına yerleştirilmiştir. Şekil 3.3 Buhar üretimi için su basıncının maksimum 3.5 bar basınca ayarlanmış olması gereklidir. Fırın rejime girdikten sonra yani sayısal termometrede ayarlanan sıcaklığa geldiğinde manuel veya otomatik buhar verme butonları ile kontrol edilir.

Unlu mamül fırına yüklendikten sonra 15-20 sn süre ile buhar üretme ünitelerine su püskürtülerek bol miktarda ve doymuş olarak elde edilen buhar, pişirilmekte olan unlu mamülün gelişmesi için verilir. Fırın içerisindeki fazla buhardan meydana gelebilecek aşırı basınçlar fırın tabanına yerleştirilen klape ve boru vasıtası ile önlenir.

Su tesisatlarındaki kireçlenmeyi önlemek için ana su girişine su yumuşatma cihazı takılması tavsiye edilir. Kireçlenme meydana geldiğinde su püskürtme borularından yeterli miktarda su püskürtülmediğinden istenilen miktarda buhar üretilmesi mümkün olmayacaktır. Bundan dolayı sistem veriminde meydan gelebilecek düşümleri engellemek için bu boruların periyodik bakımlarının yapılarak önüne geçilmesi mümkündür.

Su püskürtme sırasında buhar üretme ünitesinde buharlaşamayan su buhar üretme ünitesinin alt kısmında bulunan su haznesine, buradanda su cebine ve drenaj kanalına gönderilir. Sürekli akışın temini için su ceplerinin her zaman temiz tutulması gereklidir.

BUHAR DAĞITIM SİSTEMİ



- 1.....BUHAR BORUSU
- 2.....BUHAR ÜRETME SİSTEMİ
- 3.....SU PÜSKÜRTME BORUSU
- 4.....SU PÜSKÜRTME BORUSU

Şekil 3.3 Fırın içindeki buhar dağıtım sistemi

4.SİSTEMİN TANITILMASI

Ekmek fırınları genellikle iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Isıtma bölümü
2. Ekmek pişirme bölümü

4.1 Isıtma Bölümü

Her iki bölüm birbirinden bağımsız olup içlerinde dolaşan akışkanlar karışmamaktadır. Isıtma ünitesinde yakıt bir brülör yardımıyla yakılmaktadır. Cehennemlik diye tabir edilen bölümde oluşan alevin ısıttığı sıcak gazlar önce alev boruları daha sonra buhar üretme kanalları içinden geçerek bacadan dışarı atılmaktadır. Baca gazlarının sıcaklığı ortalama 300-350 °C olup %3.5 O₂ ve 4 ppm CO ihtiva etmektedir. Brülör kapasitesi ise fırının kapasitesine yani içinde pişirilecek ekmek adedine göre ayar edilir.

4.2 Ekmek Pişirme Bölümü

Ekmek pişirme işleminde kullanılan hava, cehennemlik ve alev boruları etrafında bir sirkülasyon fanı ile cebri olarak dolaştırılarak ısıtılmaktadır. Sıcak hava ekmek pişirme odasına giriş kesitine yerleştirilen kanatlar ve mandallar yardımıyla homojen bir şekilde girmektedir. Isıtma üniteleri girişinde ise akım yönlendirme için saptırıcı levhalar ve borular kullanılmaktadır.

Ekmekler raflı bir araba üzerinde sıralanmış alüminyum tepsilerde pişirilmektedir. Araba döner bir tabla üzerine yerleştirilmekte ve pişirme işlemi sırasında yavaş yavaş dönmektedir. Fırını ekmek pişirecek sıcaklığa çıkarmak için geçen zaman yaklaşık 40-45 dakikadır. Pişirme ise yaklaşık 20 dakika sürmektedir.

4.3 Ekmeğe Buhar Verilmesi

Ekmek imalatında hamurun dinlenme odasında bekletilmesi sırasında gelişmesi için buhar verilmesi gerekmektedir. Ayrıca ekmekler fırına ilk atıldıklarında yüzeylerinin parlak olması için pişirme bölümüne bir miktar buhar verilmektedir.

Bu ihtiyaçlar nedeniyle ısıtma ünitesinde buhar üretim kanalları mevcuttur. Buhar, dikdörtgen veya dairesel kesitli kanallar içerisine yerleştirilmiş nervürlü inşaat demiri çubuklarının depolamış olduğu ısı yardımıyla üretilmektedir.

Kanalların etrafından geçen sıcak yanma gazları demir çubukları ısıtmaktadır. Kızgın demirlerin üzerine delikli bir boru vasıtasıyla su püskürtülmekte ve buhar elde edilmektedir. Buhar üretimi için gerekli enerji yanma gazları tarafından ısıtılmış demir çubukların ısı kapasiteleri yardımıyla depolanan iç enerjiden sağlanmaktadır.

4.4 Fırının Kontrolü

Fırının çalışması sırasında elemanların devreye giriş çıkışlarını ve sıcaklığı düzenleyen bir otomatik kontrol sistemi mevcuttur. Başlatma düğmesine basılınca brülör devreye girmekte, sirkülasyon fanı ve döner tablayı hareket ettiren mekanizma çalışmaktadır. Pişirme odası sıcaklığı sıcak hava giriş kanalına yerleştirilmiş bir ısı çifti ile ölçülmektedir.

Pişirme odası sıcaklığı 300°C'ı geçince brülör devreden çıkmaktadır. Fırından buhar almak istendiğinde bir düğmeye basılmakta ve kanallardaki delikli boruya basınçlı su gönderilmektedir. Ekmek pişirme odası sıcaklığı 300 °C'ın altına düştüğü zaman brülör otomatik olarak tekrar devreye girmektedir.

Ekmek pişirilmesi kısaca şu şekilde olmaktadır. Hazırlanan hamura şekil verilerek tavalara dizildikten sonra dinlendirme odasına alınmakta ve 15-20s. buhar verilmektedir. Ekmekler bu odada 30 dakika kadar beklemekte ve hamur kabararak mayalanmaktadır. Daha sonra tavalalar bir arabaya dizilerek fırının pişirme odasına konulmaktadır. Kabin'e 25-30s. süre ile tekrar buhar verilmekte ve ekmeklerin yüzeylerinin parlaklık kazanması sağlanmaktadır. Ekmekler yaklaşık 20 dakika pişirilerek fırından çıkarılmaktadır.

5. ENDÜSTRİYEL FIRINLARDA BACAYI TERK EDEN DUMAN GAZLARINDAN (ATIK ISIDAN) İSTİFADE İMKANLARI

Daha evvelki endüstriyel fırın kullanıcıları için önemli olan sistemi arızasız ve istenilen kapasiteyi sağlamış olarak işletebilmek bir amaçtı. Günümüz kullanıcılarında, endüstriyel tipdeki fırınlarla ilgili verimlilik kavramı yakıt fiyatlarının aşırı artışından dolayı son senelerde çok daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Globalleşen dünyamızda serbest piyasa ekonomisinin rekabet koşulları az enerji tüketip aynı üretimi gerçekleştirmeyi gerektirmektedir. Bundan dolayı sistemleri optimum şartlarda çalıştırmak verimliliğin artmasında ve işletme maliyetinin düşürülmesinde önemli etken olmaktadır.

Ülkemize doğalgaz gelmeden önce sıvı yakıt yakan endüstriyel fırınların ve kazanların bacalarında alçak sıcaklık korozyonu olmaması için yakıtın içindeki kükürt miktarına bağlı olarak değişen asit çığırma sıcaklığının (fuel-oil için 160°C, motorin için 140°C) bir miktar üzerinde olması gerekirdi fakat projelendirme aşamasında kabul edilen değerler bu sıcaklıkların çok üzerindediydi. Günümüz mimarisinde yalıtımın önem kazanması ve yalıtım malzemelerindeki gelişmeler baca gazlarında yüklü bulunan ısıdan yararlanma fikrini ortaya çıkarmıştır.

Kazanlarda ve fırınlarda basit bir ölçümle baca gazı sıcaklıklarının ne kadar yüksek olduğu (250-300 °C hatta 350 °C) görülecektir. Alçak sıcaklık korozyonu riskine meydan vermeden motorin için baca gazı sıcaklığını 160°C 'a kadar düşürebiliriz. Bu düşürmeyi kazanın arkasına (bir kısım ısıyı geri kazanmak için) koyacağımız enerji tasarrufu sağlayan paket tipi cihazlarla yapabiliriz. Bu cihazlar ile ;

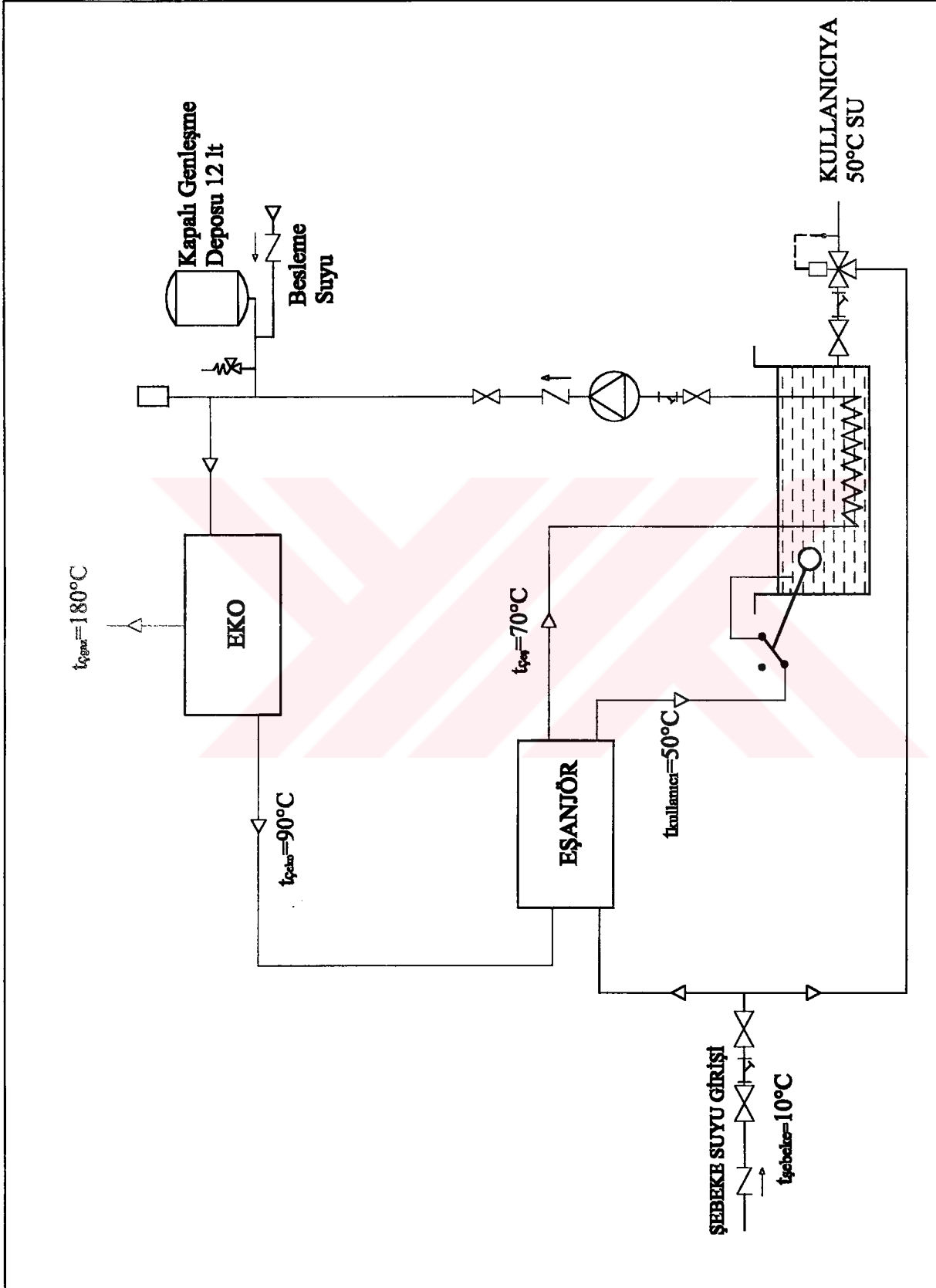
- 1- Brülöre verilen yakma havasının ön ısıtılması (lüvo)
 - 2- Genel ihtiyaçların giderilmesi için sıcak su eldesi (ekonomayzer)
- gerçekleştirilebilir.

5.1 Endüstriyel Fırınlarda Bacayı Terk Eden Duman Gazlarından (Atık Isıdan) İstifade Edilebilecek Örnek Sistem Tasarımı

Atık ısının geri kazanımı Eko ile sağlanacaktır. Sistemin sağlıklı çalışma bilmesi için şu şartlar sağlanmalıdır.

- 1- Eko devresinden çıkacak sıvı akışkan kaynama noktasının altındaki bir değerde olmalı
- 2- Atık ısının kullanıcı tarafından değerlendirilmesini sağlayacak sıvı-sıvı ısıtma eşanjörü kullanılmalı
- 3- Kullanıcı sıcak su tüketmediğinde devrenin zarar görmemesi için bir miktar ısı atmosfere atılmalı
- 4- Eko sisteminde sıcak su sirkülasyonunu sağlayacak bir sirkülasyon pompası kullanılmalı
- 5- Sirkülasyon pompasından önce tesisataki genleşmeyi alacak bir kapalı genleşme deposu kullanılmalı
- 6- Depodan buharlaşma ile meydana gelen su eksilmesini şebekeden karşılayacak bir soğuk su bağlantısı yapılmalı
- 7- Kapalı devrede meydana gelecek olan havanın tahliyesi için otomatik pürjör kullanılmalı
- 8- Ekonomayzerde ısını veren sıcak akışkan depo içerisindeki serpantinli borudan geçerek sirkülasyon hattına ulaşmakta
- 9- Depodaki su kullanımı olmadığında deponun taşmaması için soğuk su girişine kumandalı bir flatör kullanılmalı
- 10- Depodaki sıcaklık 50°C ın üzerine çıktığında kullanıcıya sabit sıcaklıkta su gönderebilmek için şebeke suyu ile sıcak akışkanı karıştıran üç yollu vana ile ayar yapmaktadır.

Yukarıdaki şartları sağlayacak sistem şeması sayfa 18'deki gibidir.



Şekil 5.1 Örnek sistem tesisat şeması

Bu sistemimiz birbirine bağlı beş adet fırının tek bir bacaya bağlantısından oluşmaktadır. Hesaplamalarımızı tek bir fırının ortak baca çıkışında yer alan EKO üzerinde yapıp sonuca ulaşıldığında toplam fırın miktarı içinde sonuç genelleştirilecektir. Örnek hesaplamayı yaparak sistemin kullanılabilirliğini inceleyelim.

Çizelge 5.1 Döner arabalı bir ekmek fırınının teknik özellikleri

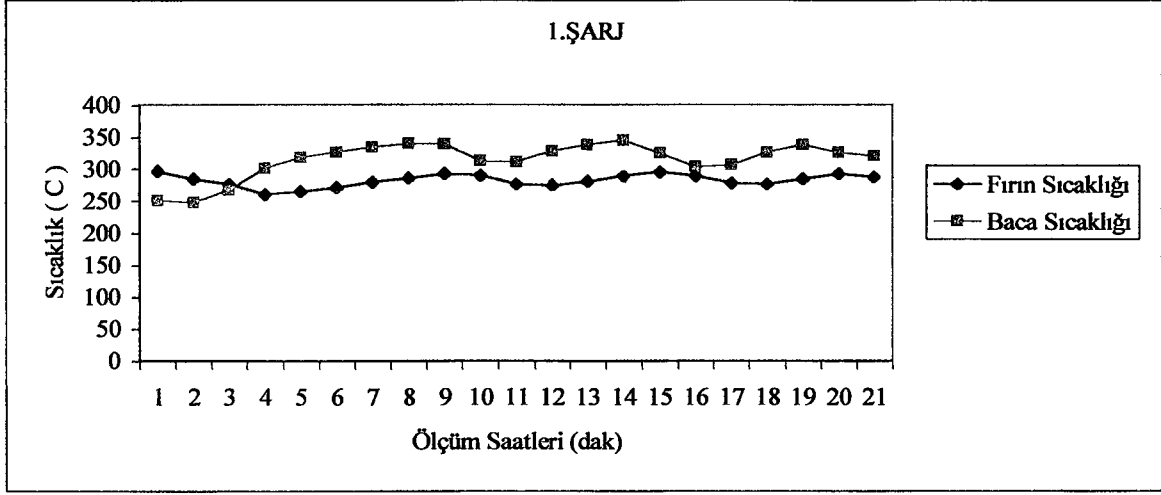
Kapasite(Ad/Saat)	756
Boyutları(mm)	2340x1640x2550
Toplam Elektrik Gücü(kW)	3.5
Su Giriş Basıncı(Bar)	3.5
Motorin Sarfıyatı (kg/h)	6.0

Fırın içi ve baca gazı sıcaklığı ölçüm değerleri

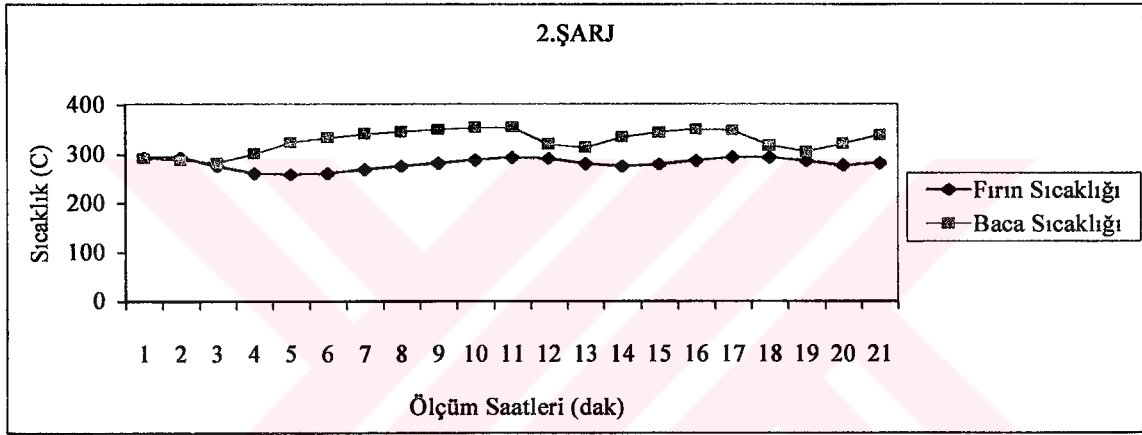
- 1- Fırına saatte üç adet şarj yapılmıştır
- 2- Değerler birer dakika aralıklarla tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2. Zamana göre fırın içi/ baca gazı sıcaklık değişimleri

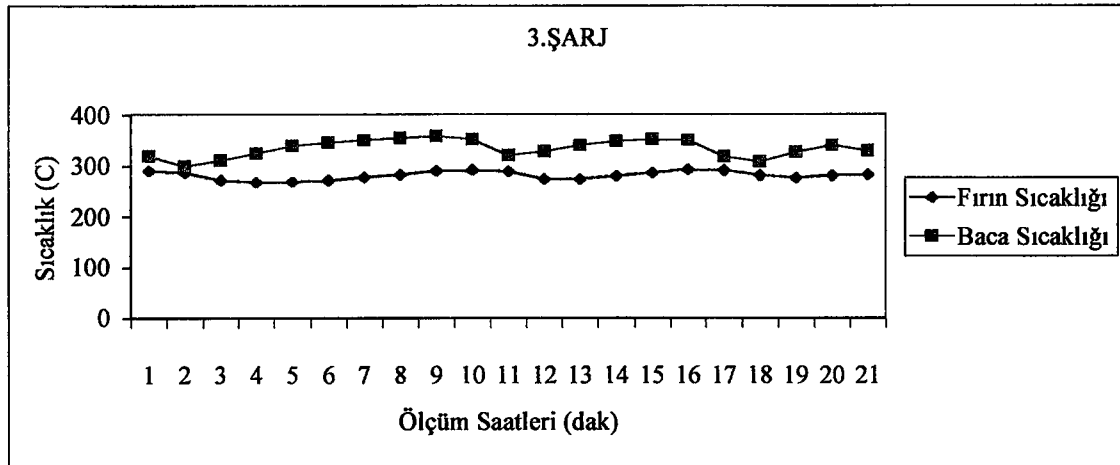
Zaman	Fırın içi Sıcaklığı (°C)			Baca Gazı Sıcaklığı (°C)		
	1.Şarj	2.Şarj	3.Şarj	1.Şarj	2.Şarj	3.Şarj
0'	296	292	289	250	290	318
1'	284	292	286	247	285	298
2'	266	274	272	266	280	309
3'	260	259	267	300	300	324
4'	264	257	268	317	322	338
5'	270	260	272	326	332	345
6'	278	267	277	333	339	350
7'	285	274	283	339	344	354
8'	292	280	289	338	348	357
9'	289	286	292	312	352	352
10'	276	292	288	310	353	320
11'	274	290	274	327	319	327
12'	280	279	274	337	312	340
13'	288	274	279	344	333	348
14'	294	278	286	324	343	352
15'	288	285	293	303	349	350
16'	277	293	291	306	347	317
17'	276	292	281	326	317	307
18'	284	284	276	337	304	326
19'	292	276	280	325	320	340
20'	287	280	283	320	337	329



Şekil 5.2 Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi



Şekil 5.3 Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi



Şekil 5.4 Fırın içi ve baca gazı sıcaklığının zamana bağlı değişimi

6. ISI TRANSFER TEORİSİ

Fiziğin doğal kanunlarına göre, bir sisteme enerji girişi sistem denge durumuna gelinceye kadar devam eder. Isı, sıcak bir cisim veya akışkandan soğuk ortama doğru sıcaklık farkı esasına dayanarak transfer edilir. Sıcaklık farkı ısı transferinin sürükleyici kuvvetidir. Isı değiştiriciler de bu prensibe göre çalışır. [4]

Isı transfer teorisi, bir cisimden diğer cisme veya bir akışkandan diğer bir akışkana şu temel kurallara göre uygulanır.

- Isı her zaman sıcak cisimden soğuk cisme doğru transfer edilir.
- Cisimler arasında her zaman sıcaklık farkı olmak zorundadır.
- Sıcak cisim tarafından kaybedilen ısı, soğuk cisim tarafından kazanılan ısıya (çevreye olan kayıplar ihmal edilirse) eşittir.

Isı transfer mekanizmaları üç çeşittir. Bunlar;

- Isı iletimi (kondüksiyon) : Katı cisimlerde ısı enerjisinin bir molekülden diğerine aktarılması ile meydana gelen ısı transfer şeklidir.
- Isı taşınımı (konveksiyon) : Gaz veya sıvı akışkanlarda moleküllerin makroskobik hareketleri sonucu olan ısı transfer şeklidir.
- Isı ışınımı (radyasyon) : Katılar ile sıvı veya gaz halindeki akışkanların dalga boyları, ışığın dalga boyundan daha büyük olan elektromanyetik dalgalar şeklinde yaydıkları veya yuttukları ısı transfer şeklidir. [5]

6.1 Isı Değiştiriciler

Isı değiştirici, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimini sağlayan cihazdır. [4]

Isı değiştiriciler iki ana grupta incelenebilir.

- Direkt ısı değiştirici : Isının değiştiği her iki ortamda birbiri ile direkt temaslıdır. Buna örnek olarak soğutma kuleleri gösterilebilir.
- İndirekt ısı değiştirici : Isının değiştiği her iki ortamda birbirinden bir yüzey ile ayrılmıştır. Buna örnek olarak plakalı tip ısı değiştiriciler gösterilebilir.

İndirekt ısı değiştiriciler plakalı tip, gövde-boru, lamelli ve spiral tipte olabilirler. Bir çok durumda en iyi verimi plakalı tip ısı değiştiriciler sağlamaktadır. Genellikle en geniş basınç ve sıcaklık limitlerini vererekten ısıl problemlerde en iyi çözümlü sağlamaktadır. Plakalı ısı değiştiricilerin en belirgin avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- Isı transfer yüzeyi için ince malzeme; bu bize ısının ince malzemeye daha iyi nüfuz etmesini böylelikle optimum ısı transferini sağlar.
- Ortamda daha yüksek türbülans; ortamlar arasındaki daha etkin ısı transferinin sonucu olarak yüksek taşınım sağlar. Birim alandaki ısı transfer katsayısının yüksek olması sonucunda sadece düşük yüzey alanı değil aynı zamanda daha kullanışlı bir mekan sunmaktadır. Yüksek türbülans sayesinde keni kendini temizleme olanağını verir. Bu nedenle bilinen gövde-boru tipi ısı değiştiricilerle karşılaştırıldığında ısı transfer yüzeylerinin kirlenmesi daha zordur. Bunun anlamı plakalı ısıdeğiştiricilerin temizlenme periyodları arasındaki süre daha fazladır.
- Esneklik; plakalı ısı değiştiricileri baskı plakaları içerisinde bir çok ısı transfer plakaları mevcuttur. Kapasiteyi arttırmak için plaka eklenmektedir. Bundan başka temizleme işlemi sadece contalı tiplerde sağlanabilir.
- Değişken ısı uzunluk; plakalardaki dar kanalların olduğu yerlerde basınç düşümünün daha yüksek olması sayesinde ısı değiştirici daha verimli olmaktadır. Plakalardaki geniş kanalların olduğu yerlerde basınç düşümü daha düşük ve ısı transfer katsayısı buna bağlı olarak düşüş göstermektedir.

6.2 Hesaplama Metodu

Isıl problemlerin çözümünde birçok parametreler tarafımızdan bilinmelidir. Daha fazla parametre buna ilave edilebilir. Aşağıda en önemli altı parametre belirtilmiştir.

- Isı yükü
- Primer ve sekonder devrelerdeki debi
- Primer ve sekonder devrelerdeki giriş ve çıkış sıcaklıkları
- Primer ve sekonder devrelerdeki kabul edilebilir maksimum basınç düşümü
- Maksimum işletme sıcaklığı
- Maksimum işletme basıncı

Eğer primer veya sekonder devrelerin birisindeki debi, özgül ısı ve sıcaklık farkı biliniyorsa ısı yükü hesaplanabilir.

Isı değiştiricilerdeki ısı yükü aşağıda verilen iki basit formülle hesaplanır.

$$Q=M \times C_p \times \Delta t \quad (M=Q/C_p \Delta t ; \Delta t = Q / M C_p) \quad (6.1)$$

$$Q=K \times A \times LOSF \quad (6.2)$$

Q : Isı yükü

M : Kütleli debi

C_p : Özgül ısı

Δt : Primer veya sekonder tarafındaki giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı

K : Toplam ısı transfer katsayısı

A : Isı transfer yüzeyi

LOSF : Logaritmik ortalama sıcaklık farkı

T1 : Sıcak akışkan tarafındaki giriş sıcaklığı

T2 : Sıcak akışkan tarafındaki çıkış sıcaklığı

T3 : Soğuk akışkan tarafındaki giriş sıcaklığı

T4 : Soğuk akışkan tarafındaki çıkış sıcaklığı

$$\Delta T_1 = T1-T4$$

$$\Delta T_2 = T2-T3$$

$$\Delta T_{losf} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (6.3)$$

Toplam ısı transfer katsayısı K aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + R_f \quad (6.4)$$

α_1 :Sıcak ortam ile ısı transfer yüzeyi arasındaki konveksiyon ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

α_2 :Soğuk ortam ile ısı transfer yüzeyi arasındaki konveksiyon ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

δ : Isı tranfer yüzeyinin kalınlığı (m)

λ :Metalin ısıl iletkenliği ($W/m \text{ } ^\circ C$)

R_f : Kirlenme faktörü($m^2 \text{ } ^\circ C / W$)

Plakalı ısı değiştiricide küçük sıcaklık farklarının ve 0.5 ila 0.6 mm plaka kalınlıklarının avantajlarına sahibiz.Yüksek türbülansın bir sonucu olarak alfa değerlerinin yanında kirlenme faktörü küçüktür. Buda bize K değerinin $8000 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ değerlerine kadar çıkmasını sağlar. Buna karşın boru-gövde tipi ısı değiştiricilerinde K değeri $2500 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ nin altında olur.

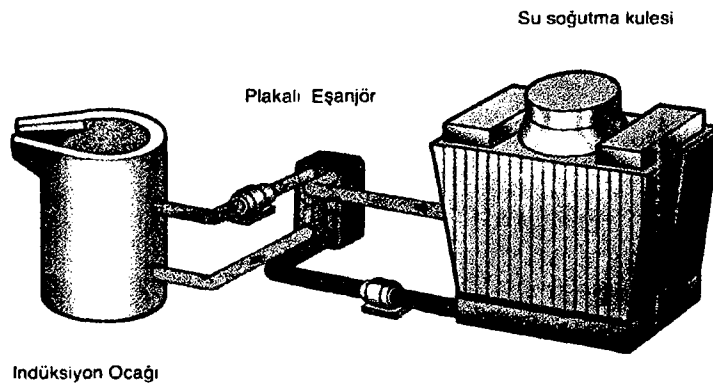
Isı değiştiricinin boyutlarının küçülmesine ve aynı zamanda fiyatının düşmesine direkt etki eden en önemli parametre mümkün olan en yüksek basınç düşümü ve logaritmik ortalama sıcaklık farkıdır.

6.3 Uygulama Alanları

6.3.1 Döküm sanayiinde

İlk yatırım maliyeti yüksek olan indüksiyon ocaklarının kapalı devre soğutulması ocak verimi için faydalıdır. Bu nedenle plakalı ısı değiştirici kapasite artırımlarına uyarlanabilme ve kireç vs. gibi tıkanmalara karşı temizlenebilme özellikleri nedeni ile yaygın olarak kullanılır. Soğutucu kaynak genellikle soğutma kulesi olup, diğer soğutucu sistemlerde uygulanabilir.

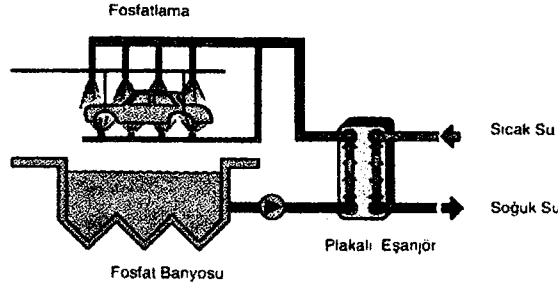
Şekil 6.1



Şekil 6.1 Döküm sanayii

6.3.2 Yüzey işleme sanayiinde

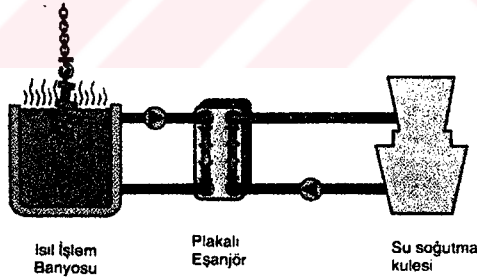
Yağ alma, fosfatlama ve benzer elektro kaplama işlemlerinde banyonun belli bir ısıda transferi gerekir. Plakalı değıştiriciler serpantinli sistemlere göre az hacimde yüksek ısı verimi yanında bakım kolaylığı sağlarlar. Şekil 6.2



Şekil 6.2 Yüzey işleme sanayii

6.3.3 Isıl işlem sanayiinde

Metal sertleştirilme işlerinde kalite, banyonun sıcaklık kontrolü ile doğru orantılıdır. Gerekli soğutma işlevi için kullanılan kule ile banyo arasındaki plakalı değıştiriciler sökölüp temizlenebilme özelliğı ile uzun yıllar hizmet verir. Şekil 6.3

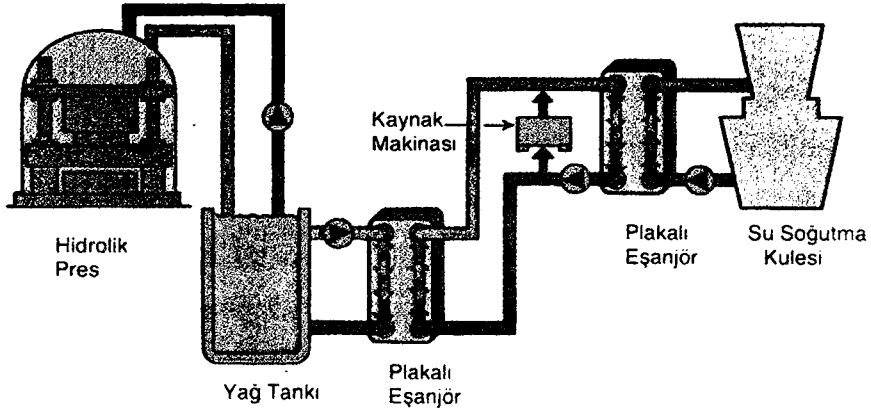


Şekil 6.3 Isıl işlem sanayii

6.3.4 Mekanik sanayiinde

Mekanik endüstride hidrolik yağın (veya bor yağın) ve kaynak makinası saf suyunun soğutulması ile ilgili kombine sistem uygulaması görölmektedir. Soğutma kulesi ile birincil olarak soğutulan kaynak makinası suyu ve hidrolik presdeki yağın soğutulması sağlanır. Şekil 6.4

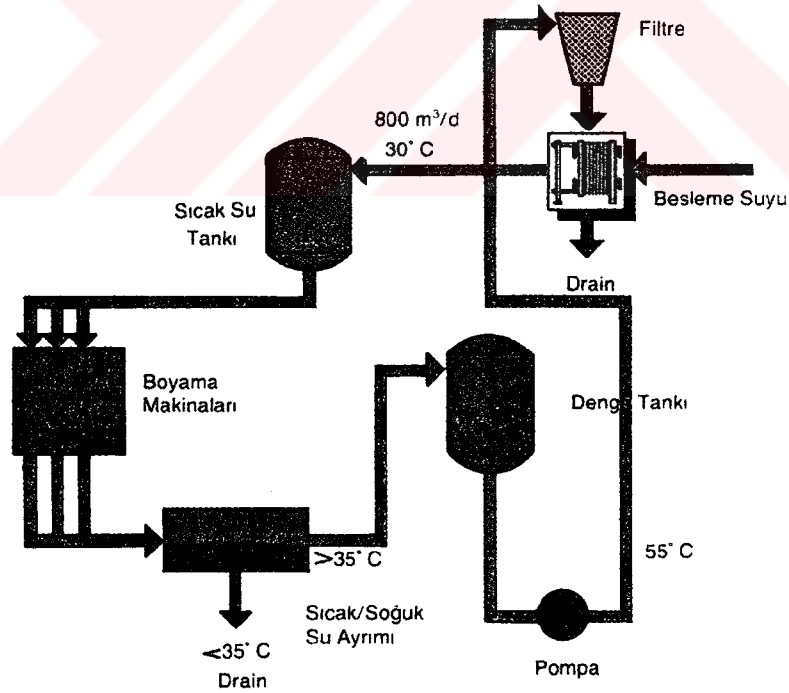
6.4



Şekil 6.4 Mekanik sanayii

6.3.5 Tekstil sanayiinde

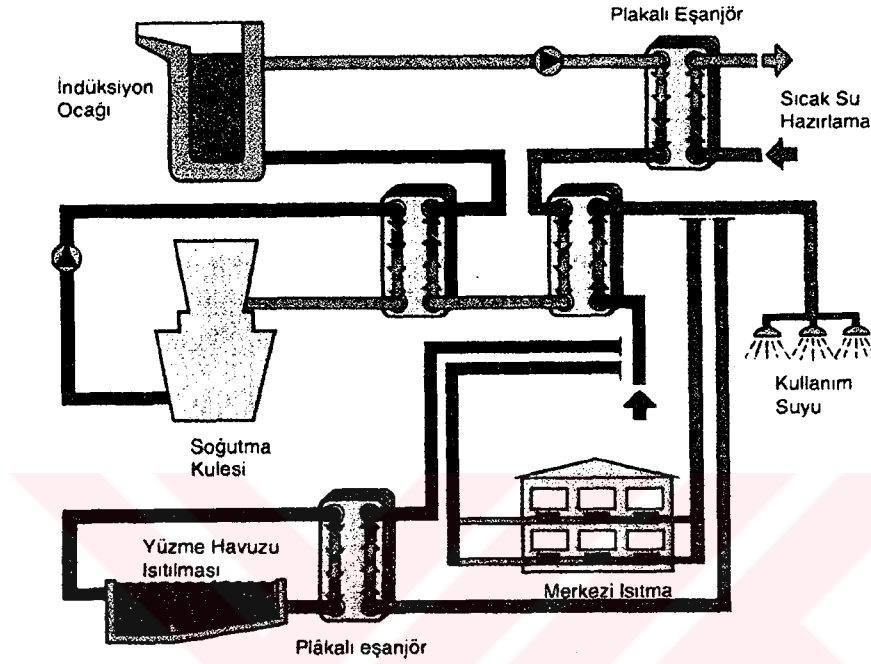
Boyama, kasarılama, terbiye işlemlerinin yapıldığı tekstil sanayiinde plakalı ısı değiştirici ısının geri kazanımında kullanılır. Prosesten dışarı atılan su denge tankında toplanır. Filtreden sonra plakalı ısı değiştiriciye gönderilir. Burada ön ısıtma yapılan su ısıl verimliliği artırır. Diğer tarafta soğuyan su düşük sıcaklıkta dışarı atılır. Şekil 6.5



Şekil 6.5 Tekstil sanayii

6.3.6 Geri kazanım

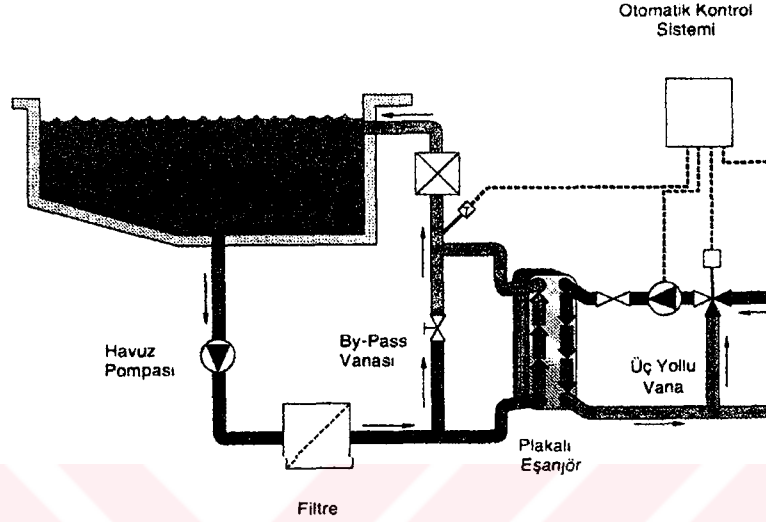
Enerji tasarrufunun kaynaklarından olan ısı geri kazanımının değişik kombinasyonları aşağıdaki şekilde sunulmaktadır. Isıtma kaynağı olarak görülen indüksiyon ocağının soğutulması sırasında geri kazanılan ısı ile merkezi ısıtma, kullanım suyu (boyler), havuz ısıtılması ve diğer bir devreye sıcak su sağlanır. Şekil 6.6



Şekil 6.6 Geri kazanım

6.3.7 Yüzme havuzu ısıtılması

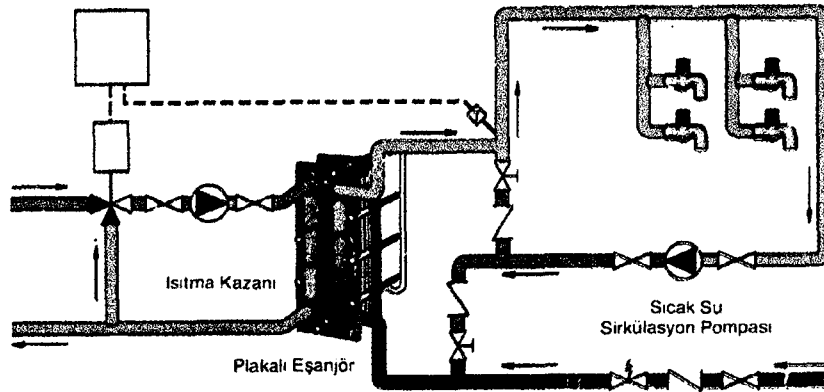
Yüzme havuzlarında plakalı ısı değiştiricileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Şebeke sularının kireçli olmasından dolayı, sökülüp temizlenebilmesi ayrıca yüksek ısı transferi ve az hacim kaplaması nedenleri ile tercih edilmektedir. Şekil 6.7



Şekil 6.7 Yüzme havuz ısıtılması

6.3.8 Ani ısıtmalı sistem

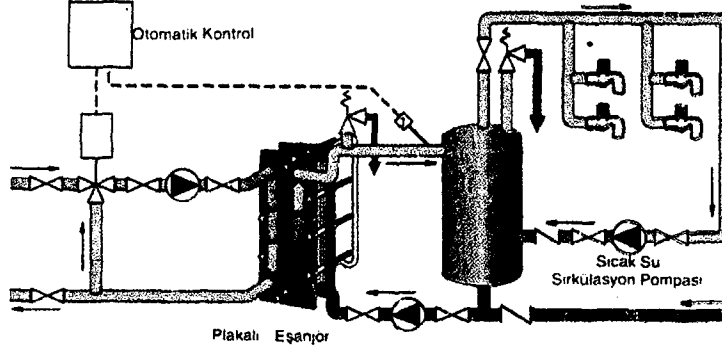
Kazan kapasitesi gerekli boylar ısı kapasitesinin tamamını karşılayabiliyor ise bu çok kompakt olan sistem kullanılır. Sirkülasyon devresindeki pompanın sürekli çevrimi ile sıcak su kullanımına gönderilmektedir. Diğer devrede ise ısıtıcı akışkan dolaşmaktadır. Şekil 6.8



Şekil 6.8 Ani ısıtmalı sistem

6.3.9 Yarı ani (depolu) sistem

Kazan kapasitesi gerekli boyler ısı kapasitesini bir saatte veremeyecek olduğu durumlarda yardımcı depo kullanılır. Eksik olan ısı değeri depoda saklanarak sisteme verilir. Bu tip uygulamada ısı değiştirici plaka sayısı daha azdır. Şekil 6.9



Şekil 6.9 Yarı ani (depolu) sistem

7. EKO TERMİK HESABI

7.1. Baca Gazı Debisi Belirlenmesi

Toplam baca gazı miktarını belirlemek için yakıtın kimyasal analizi ve baca gazlarındaki oksijen konsantrasyon miktarı ölçülerek bulunmuştur.

Motorin için elemanter analiz olarak (ağırlık olarak) %86.4 Karbon (C) , %13.6 Hidrojen (H) kabul edilir. Buna göre teorik hava miktarı , L_o ;

$$L_o = \left[22.4 \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) \right] / 0.21 \quad (7.1)$$

$$L_o = 11.31 \text{ Nm}^3/\text{kg yakıt}$$

Yaş baca gazı miktarı, V_{ao} ;

$$V_{ao} = 22.4 \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) + 0.79 L_o \quad (7.2)$$

$$V_{ao} = 12.07 \text{ Nm}^3/\text{kg yakıt}$$

Kuru Baca Gazı Miktarı, V_{akro} ;

$$V_{akro} = 22.4 \left(\frac{C}{12} \right) + 0.79 L_o \quad (7.3)$$

$$V_{akro} = 10.55 \text{ Nm}^3/\text{kg yakıt}$$

Baca gazlarındaki oksijen (O_2) konsantrasyonu %3.5 ölçüldüğüne göre, hava fazlalık katsayısı λ ;

$$\lambda = 1 + \frac{V_{akro}}{L_o} \times \frac{O_{2kr}}{21 - O_{2kr}}$$

$$\lambda = 1.19 \quad (7.4)$$

Toplam baca gazı debisi, V_a ;

$$V_a = V_{ao} + (\lambda - 1)L_o \quad (7.5)$$

$$V_a = 14.22 \text{ Nm}^3/\text{kg yakıt}$$

Brülör saatte 6kg Motorin yaktığına göre

$$V_a = 85.32 \text{ Nm}^3/\text{h bulunur.}$$

7.2.Eko Yüzey Hesabı

$$t_{yüzey} = \frac{t_{geko} + t_{çeko}}{2} = \frac{70 + 90}{2} = 80^\circ \text{C}$$

$$t_{ort} = \frac{t_{ggaz} + t_{yüzey}}{2} = \frac{323 + 80}{2} = 201.5^\circ \text{C}$$

Duman gazının özgül ısısı $C_p = 1.5 \text{ kJ/Nm}^3 \text{ }^\circ\text{C} = 0.36 \text{ kcal / Nm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$

Duman gazı giriş sıcaklığı $t_{ggaz} = 323^\circ \text{C}$

Duman gazı çıkış sıcaklığı $t_{çgaz} = 180^\circ \text{C}$

Duman gazları tarafından verilen ısı miktarı ;

$$Q_{gaz} = V_a \times C_p \times \Delta t = V_a \times C_p \times (t_{ggaz} - t_{çgaz}) \quad (7.6)$$

$$Q_{gaz} = 4392 \text{ kcal/h}$$

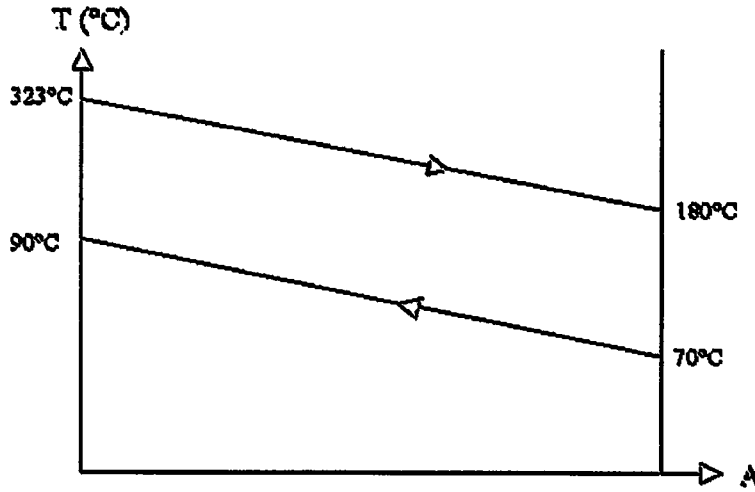
Duman gazlarının vermiş olduğu ısı miktarı ekodan geçen suyun alacağı ısıya eşit olacağından;

$$Q_{gaz} = Q_{eko} = 4392 \text{ kcal/h 'dir.}$$

$$Q_{eko} = K \times F_{eko} \times \Delta T_{losf} \quad (7.7)$$

formülü ile ifade edilmektedir.

- Boru çapı $\Rightarrow d_i/d_d = 16/18 \text{ mm}$
 Boru boyu $\Rightarrow L = 600 \text{ mm}$ olarak alınmıştır.
 Boru adedi $\Rightarrow n$ (hesaptan bulunur)



Şekil 7.1 Logaritmik ortalama sıcaklık diyagramı

$$\Delta T_{losf} = \frac{\Delta T_b - \Delta T_k}{\ln \frac{\Delta T_b}{\Delta T_k}} = \frac{233 - 110}{\ln \frac{233}{110}} \cong 164^\circ C$$

Logaritmik ortalama sıcaklık farkını düzeltme katsayısı $F \cong 1.0$

$$\Delta T_{losf \text{ gerçek}} = \Delta T_{losf} \times F = 164 \times 1.0 = 164^\circ C$$

Toplam Isı Transfer Katsayısı (K) $20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ C$ olarak kabul edilmiştir.

$$F_{eko} = \pi \times d_d \times L \times n \quad (7.8)$$

$$Q_{eko} = K \times (\pi \times d_d \times L \times n) \times \Delta T_{losf \text{ gerçek}} \quad (7.9)$$

$$n = \frac{Q_{eko}}{K \times \pi \times d_d \times L \times \Delta T_{losf \text{ gerçek}}} = \frac{4392}{20 \times \pi \times 18 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 164} \cong 39 \text{ adet}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (7.10)$$

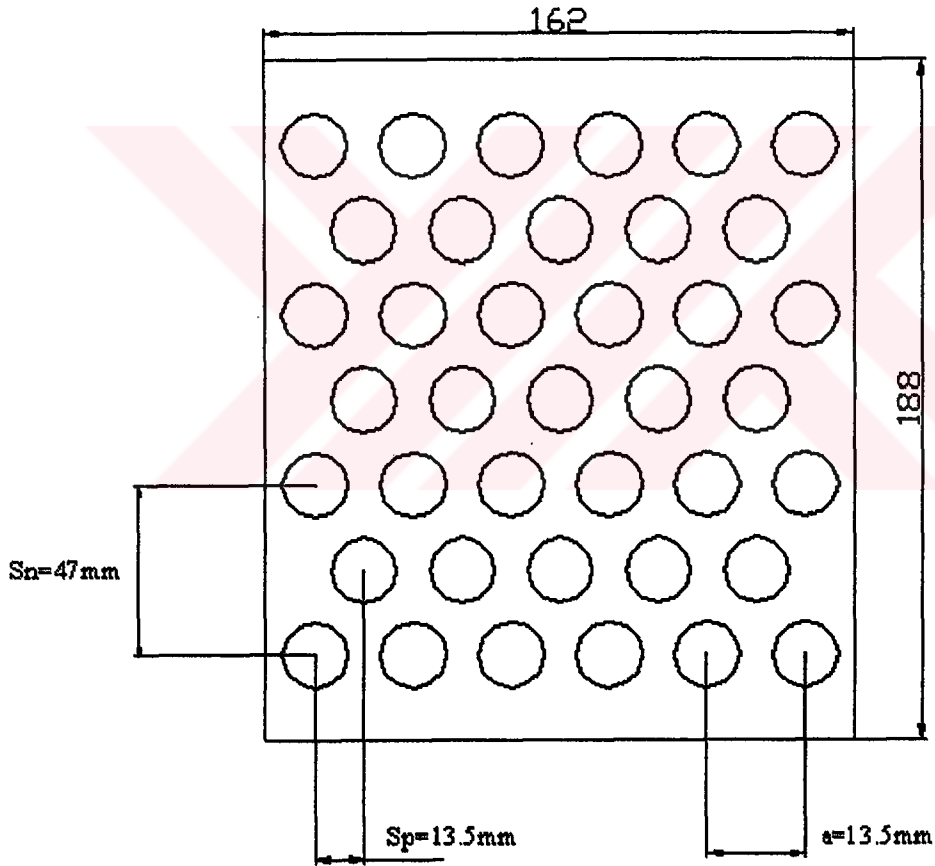
Boru ısı direnci $\frac{\delta}{\lambda} \Rightarrow$ ihmal

Su tarafı konveksiyon ısı transfer katsayısı (α_i) çok büyük olduğundan $\frac{1}{\alpha_i} \Rightarrow$ ihmal

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{\alpha_d} \Rightarrow K \cong \alpha_d \text{ olur.}$$

Boru diziliş şekli : Zig-zag

Boru sıra sayısı (akım yönünde) : 7



Şekil 7.2 Ekonomayzerde boru yerleşimi

$$a = 1.5x d_d$$

$$S_p = \frac{a}{2} = \frac{1.5x18}{2} = 13.5\text{mm}$$

$$S_n = \frac{2xa\sqrt{3}}{2} = 1.5x18x\sqrt{3} \cong 47\text{mm}$$

(7.11)

$$\frac{S_p}{d_d} = \frac{13.5}{18} = 0.75$$

$$\frac{S_n}{d_d} = \frac{47}{18} \cong 2.6$$

$$\Rightarrow C = 0.294 \quad n = 0.447$$

$$U_{\max} x (S_n - d_d) = U_{\text{gaz}} x S_n$$

$$U_{\max} = \frac{U_{\text{gaz}} x S_n}{(S_n - d_d)}$$

$$U_{\max} = \frac{5x47x10^{-3}}{(47-18)x10^{-3}} = 8.1\text{m/s}$$

(7.12)

$$Re_{\max} = \frac{U_{\max} x d_d}{\nu}$$

$$Re_{\max} = \frac{8.1x18x10^{-3}}{35x10^{-6}} = 4165.7$$

$$Pr = 0.685$$

$$Nu_d = \frac{\alpha_d x d_d}{\lambda_{\text{akışkan}}} = Cx Re^n x Pr^{1/3}$$

$$\alpha_d = \frac{Cx Re^n x Pr^{1/3} x \lambda_{\text{akışkan}}}{d_d}$$

$$\alpha_d = \frac{0.294x4165.7^{0.447} x 0.685^{1/3} x 0.0332}{18x10^{-3}}$$

$$\alpha_d \cong 20\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{d_{\text{gerçek}}} = \alpha_d x \text{Düzeltefaktörü}$$

$$\alpha_{d_{\text{gerçek}}} = 20x0.97 = 19.4\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

(7.13)

İlk kabul edilen toplam ısı transfer katsayısı ($K_{\text{kabul}}=20\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) ile hesaplanan toplam ısı transfer katsayısı ($K_{\text{hesap}}=19.4\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) arasındaki hata oranı ;

$$\text{Hataoranı} = \frac{K_{\text{kabul}} - K_{\text{hesap}}}{K_{\text{hesap}}}$$

$$\text{Hataoranı} = \frac{20-19.4}{19.4} = 0.03$$

(7.14)

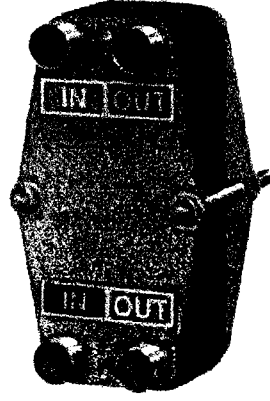
Bu hata oranı (%3) çok düşük olduğundan kabul edilebilir mertebededir.

7.3 Plakalı Isı Değiştirici Dizayn Hesapları

Plaka Sayısı	:5
Isı Transfer Yüzeyi (m ²)	:0.036
Isı Transfer Kapasitesi (Kcal/h)	:4392

KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLER	SICAK SU	SOĞUKSU
Plaka Dizilişi (Geçiş x Kanal)	1 x 2	1 x 2
Ortam	Su	Su
Giriş Sıcaklığı (°C)	90	10
Çıkış Sıcaklığı (°C)	70	50
Debi (kg/h)	219	110
Özgül Ağırlık (kg/m ³)	972.7	995.6
Özgül Isı (Kcal/kg°C)	1.00	1.00
Ortalama Viskozite (Cst)	0.37	0.81
Yüzey Viskozitesi (Cst)	0.42	0.51
Isıl İletkenlik (Kcal/mh°C)	0.578	0.530
Kirlenme Faktörü (m ² h°C/Kcal)	0.00002	0.00002
Basınç Düşümü (mSS)	1.15	0.36
Sıvı Hacmi (lt)	0.03	0.03

Isıl Verim	:0.50
NTU	:0.81
LOSF	:49.33
Isıl Emniyet Faktörü	:1.56
Kazanılan/Gerekli Isı Transfer Kapasitesi	:4236.4 / 2711.99
Plakalama Faktörü	:0.912



Şekil 7.3 Plakalı ısı değiştirici

7.4 Sirkülasyon Pompası Hesabı

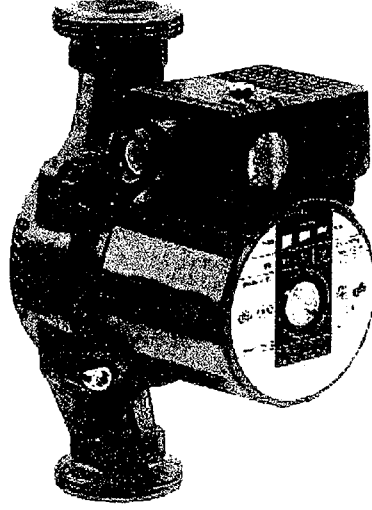
Eko tarafındaki suyu sirküle ettirecek pompanın kapasitesi yukarıda plakalı eşanjör dizayn hesapları tablosundan da görüldüğü gibi $m=219\text{kg/h}$ 'tir. Bunu hesaplada gösterecek olursak ;

$$Q_{\text{eko}} = m \times C_p \times (t_{\text{çeko}} - t_{\text{geko}}) \quad (7.15)$$

$$4392 = m \times 1.0 \times (90 - 70)$$

$$m = 219 \text{ kg/h 'tir.}$$

Sirkülasyon pompasının basma yüksekliği ise, sistem kapalı devre olduğu için sadece boru içi, eşanjör ve eko içindeki sürtünme kayıplarından ibarettir. En fazla sürtünme kaybı plakalı eşanjör içinde gerçekleşecektir. Sistemimizin toplam sürtünme kaybı yaklaşık olarak 2 mSS alınabilir. [6]



Şekil 7.4 Sirkülasyon pompası

7.5 Kapalı Genleşme Deposu Kapasite Hesabı

Genleşme deposunun seçiminde iki ana değer bilinmelidir.

- Deponun basınç sınıfı (asgari işletme basıncı dayanıklılığı)
- Deponun anma büyüklüğü (asgari nominal hacmi)

Buna göre standart uygulamalarda, seçilen genleşme deposunun basınç dayanıklılığı, en az sistemde kullanılan basınç emniyet ventilinin ayarı kadar, nominal hacmide, sistemde dolaşan suyun işletme şartları çerçevesinde rahatça genleşebileceği kadar olmalıdır.

Basınç emniyet ventilinin ayarı sistemde kullanılan ekipmanların basınç dayanıklılığı ve sistemin statik basıncı ile ilgilidir.

Genleşme deposunun sahip olması gereken nominal hacminin hesaplanması için ön şart sistemde dolaşan su hacminin (V_s) bilinmesidir. Sistemdeki su hacmi (V_s), tüm ekipmanların içindeki toplam su miktarıdır.

Sistemde genleşecek su hacmi (V_g) ise, sistemde dolaşan su hacmi ile suyun 10°C ile 90°C arasında genleşme miktarını belirten (n) katsayısının çarpımına eşittir.

$$V_g = V_s \times n$$

(7.16)

Sistemdeki genişleyen su hacmi (V_g) hesap edildikten sonra, genişleme deposunun nominal hacmi (V_n) genişleme deposunun ön gaz basıncı ile emniyet ventili ayar basıncına göre belirlenen kullanma katsayısı (K)'na bölünmesiyle bulunur.

$$K = \frac{(P_e + 0.5) - (P_s + 1)}{P_e + 0.5} \quad (7.17)$$

$$V_n = V_g / K \quad (7.18)$$

Yukarıda yapılan açıklamalara göre, sistemimiz için gerekli kapalı genişleme deposu hacmini hesaplayalım.

$$V_s = 15 \text{ litre}$$

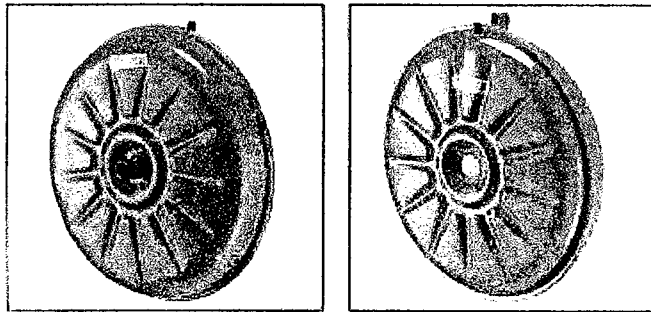
$$n = n_{90} - n_{10} = 0.0359 - 0.00027 = 0.03563$$

$$V_g = 15 \times 0.03563 = 0.53445 \text{ litre}$$

$$K = \frac{(2 + 0.5) - (1 + 1)}{2 + 0.5} = 0.20$$

$$V_n = 0.53445 / 0.20 = 2.67 \text{ litre}$$

Buna göre firma kataloglarından 5 litrelik kapalı genişleme deposu seçilmiştir.



Şekil 7.5 Kapalı genişleme deposu

8.ÖRNEK SİSTEM TASARIMI İÇİN MALİYET ANALİZİ

Çizelge 8.1 Maliyet analizi

Malzeme	Birim Fiyatı(DM)	Miktar (Ad.)	Toplam Tutar (DM.)
Plakalı Eşanjör	137DM.	1Ad.	137 DM.
Kapalı Genleşme Deposu(5lt)	39 DM.	1 Ad.	39 DM.
Sirkülasyon Pompası	129 DM.	1 Ad.	129 DM.
2 Tonluk Su Deposu	100 DM.	1 Ad.	100 DM.
2 Tonluk Su Deposu İşçiliği	100 DM.	1 Ad.	100 DM.
Ekonomayzer İmalatı	150 DM.	1 Ad.	150 DM.
Ekonomayzer İşçiliği	150 DM.	1 Ad.	150 DM.
½" 2,5 bar emniyet ventili	8 DM.	1 Ad.	8 DM.
½" Otomatik Pürjör	12 DM.	1 Ad.	12 DM.
½" Küresel Vana	4 DM.	3 Ad.	12 DM.
½" Çekvalf	3,8 DM.	2 Ad.	7,6 DM.
1" Küresel Vana	7,5 DM.	2 Ad.	15 DM.
1" Pislik Tutucu	9 DM.	1 Ad.	9 DM.
¾" Küresel Vana	5,5 DM.	1 Ad.	5,5 DM.
¾" Pislik Tutucu	6,3 DM.	1 Ad.	6,3 DM.
¾" Üç Yollu Vana+Sensör	170 DM.	1 Ad.	170 DM.
½" Pislik Tutucu	4,5 DM.	1 Ad.	4,5 DM.
Flatör	12 DM.	1 Ad.	12 DM.
Tesisat İşçiliği	75 DM.	1 Ad.	75 DM.
		Genel Toplam	1141,9 DM.
		%15 K.D.V	171,2 DM.
		Net Toplam	1313,1 DM.

Burada Örnek sistemimiz için hesaplanan maliyet. K.D.V dahil 1313,1DM dir.

9. SONUÇ

Yapılan bu örnek sistem tasarımının maliyet analizi çizelgesinden de görüldüğü gibi toplam maliyet KDV dahil 1313.1 DM'dir. Ele alınan örnek fırında günlük çalışmanın 14 saat ve saatte üretilen ekmeğin 700 adet olduğu bilindiğine göre günlük üretim $14 \text{ saat} \times 700 \text{ adet} / \text{saat} = 9800 \text{ adettir}$. Fırıncının ekmeğin adedinden elde ettiği karın %20 olduğu düşünülürse; toplamda $9800 \text{ Adet} \times 80000 \text{ TL/adet} \times 0.2 = 156.800.000 \text{ TL'lık}$ bir kar söz konusudur. Bu miktarın mark bazındaki eşdeğeri 680 DM'dir.

Bu kar ile her türlü dizaynı ve termik hesapları yapılan bu örnek sistemin kurulmasına karar verildiğinde sistemden çekilen ısı miktarı 4392 kcal/h'tir. Fırının ısıtılmasında kullanılan mazotun litre fiyatı 1.13 DM'dir. Günlük 14 saatlik çalışma sonucunda $14 \text{ h/gün} \times 4392 \text{ kcal/h} / 9387 \text{ kcal/lt} = 6.58 \text{ lt/gün}$ değerine eşdeğer bir yakıt kazancı söz konusudur. Yılın 365 günü çalışarak üretim yaptığı kabul edilirse $365 \text{ gün/yıl} \times 6.58 \text{ lt/gün} \times 1.13 \text{ DM/lt} = 2714 \text{ DM/yıl'dır}$. Bu miktarda fırıncının cebinden çıkacak olan paranın kendini iki günde finanse eden sistemin kurulması ile sağlanacak olan bir kazançtır.

Böylece fırın sahibi sadece iki günlük bir karından fedakarlık ederek bacadan atmosfere kaçan sıcak gazın ısısından faydalanılan tesisat kurdurduğunda sisteminde herhangi bir aksaklık olmadan fırını çalıştırıp büyük bir kara geçecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Türk Standardı (1996) “TS 12000 Ekmek 300 gram”
- [2] Özköseoğlu A.Ş “Ekmek Fırımlarının Kullanım Kitapçığı”
- [3] Heperkan,H.A., (1989) “Ekmek Fırını İncelenmesi”
- [4] Alfa – Laval “Heat Exchangers”
- [5] Hollman, J. P. (1992), “Heat Transfer“ Seventh Edition.
- [6] Wilo A.Ş (1998) “Ürün Kataloğu”



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	19.02.1974	
Doğum Yeri	Kdz. Ereğli	
Lise	1989 – 1991	Uşak Lisesi
Lisans	1992 – 1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Metalurji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1996 – 1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Müh. Anabilim Dalı, Malzeme Programı

Çalıştığı kurumlar

1998-1999	Prestij Uluslararası Gözetim ve Danışmanlık Ltd. Şti
1999- Devam ediyor	Kerim Çelik Mamulleri İmalat ve Ticaret A.Ş.