

Bir Fırına Ait Bacadan Isı Değiştirici Yardımıyla Atık Isı Geri Kazanımı

Arş.Gör.Dr.A.Selim DALKILIÇ
Arş.Gör.Dr.N.Alpay KÜREKÇİ
Arş.Gör.Dr. Hakan DEMİR

ÖZET

Atık ısı değerlendirme, sanayi tesislerinde enerji yönetiminin önemli bir boyutudur. Atık ısının kullanılabilmesi yerleri tesbit etmek, uygulanabilecek sistemlerin ekonomik bir değerlendirmesini yapmak gereklidir. Tasarruf potansiyeli fazla olmakla birlikte, geçmişteki ucuz ve bol enerjiden dolayı bu tip uygulamalar kurulu tesislerde yapılmamıştır. Yüksek ve daha da yükselecek enerji sarfiyatları ve enerji sıkıntısı göz önüne tutularak tesislerde gerekli incelemeler yapılmalı, alternatifler tesbit edilmeli ve ekonomik olarak yatırımlar yapılmalıdır. Bu çalışmada bir fabrikadaki fırına ait yüksek sıcaklıktaki atık baca gazı enerjisinden yararlanmak için örnek bir ısı değiştirici uygulaması yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Isı geri kazanımı, Isı değiştirici, Isı transferi

1. GİRİŞ

Atık ısı herhangi bir üretim işleminden çıkan ve çevre sıcaklığının yeter derecede üzerinde bulunan ısının geri kazanılması mümkün olan kısımdır.

Atık ısı sıcaklık derecelerine göre sınıflandırılabilir:

- 650 °C'nin üzerinde yüksek sıcaklıkta atık ısı,
- 120-650 °C arası orta sıcaklıkta atık ısı,
- 120 °C'nin altında düşük sıcaklıkta atık ısı olarak kabul edilebilir.

Yüksek ve orta sıcaklıkta atık ısı buhar eldesinde, elektrik üretiminde veya yanma işlerinde kullanılabilir. Düşük sıcaklıktaki atık ısı ise genellikle hacim ısıtma için uygundur.

Sanayide tüketilen enerjinin yaklaşık yarısı atık ısı olarak atılmaktadır. Amaç mümkün olan en uygun yalıtım önlemlerinin alınmasıyla atık ısının aşgariye indirilmesi ve kalanın mümkün olduğu kadar değerlendirilmesi, geri kazanılması olmalıdır.

Atık ısının geri kazanılmasının ekonomikliği çeşitli unsurlara bağlıdır.

- Atık ısının geri kazanılmasının ekonomikliği çeşitli unsurlara bağlıdır.

Abstract:

Heat recovery is one of the important factors in the energy management of industrial plants. It is necessary to evaluate the places where heat recovery can apply. Economical control is also necessary to be done. In the past, although energy potential is high, this kind of applications haven't been done in the power plants due to cheap and common energy. While the energy consumption is increasing rapidly, necessary investigations should be done in the industrial plants. Besides this, alternatives should be decided and economical investments should be done. In this study, a sample heat exchanger application on the heat recovery of high temperature waste gas of oven is done.

Key Words:

Heat recovery, Heat exchanger, Heat transfer

- Atık ısı için aynı tesiste kullanma yeri olmalıdır.
- Atık ısının sıcaklığı çok önemlidir.
- Isı kaynağı ile kullanım yeri arasındaki uzaklığın fazla olması, geri kazanma işlemini gereksiz hale sokabilir.
- Isı geri kazanma sisteminin enerji kullanımını ihmal edilmemelidir.

Atık ısı, geri kazanılmış enerjinin nihai kullanımına göre de sınıflandırılabilir. Örneğin yakma işleminde kullanılan hava, sıcak atık gazlarla ısıtıldığında aynı işlemin enerji tüketimi azaltılmış olur. Diğer taraftan, şayet sıcak gazlar başka bir işlemde kullanılacak buhar veya sıcak su eldesi için kullanılırsa bu ikincil bir değerlendirme olarak kabul edilir. Bu halde toplam enerji tüketiminde azalma olmasına rağmen, atık ısının kaynağı olan işlemde bir enerji azalması olmaktadır. Hatta bazı uygulamalarda bir artış da söz konusu olabilir.

Atık ısıdan yararlanma sistemleri genel olarak iki ana grupta incelenebilir.

- *Atık ısıdan direk yararlanma sistemleri:* Bu yöntemde atık ısıdan herhangi bir ısı değiştirici sistemi kullanmaksızın direkt olarak yararlanılır. Bu tür sistemlere örnek olarak herhangi bir üretim işleminden çıkan atık baca gazları, direkt olarak yanma havası ile karıştırılarak, yanma havasının ön ısıtılmasında kullanılabilir veya bu baca gazlarından direkt olarak proses hammaddesinin kurutulmasında faydalanılabilir. Atık ısıdan direk yararlanma sistemleri diğer atık ısı sistemlerine rağmen hem daha ucuz, hem de uygulaması daha kolaydır. Ancak bu sistemin birçok yerde kullanılabilmesini sınırlayan önemli sakıncaları da vardır. Örneğin baca gazları ile direkt olarak proses hammaddesinin kurutulması sistemi gözönüne alınırsa, baca gazları genellikle bünyesinde kükürt ve rutubet ihtiva ederler. Baca gazları sıcaklığı, kurutma işlemi sırasında, çığ noktası sıcaklığı altına düşerse, oluşacak asit hem ürünlerin kalitesini kötü yönde etkileyecek hem de baca ve benzeri yüzeylerde korozyona yol açacaktır. Bu sakıncalardan dolayı atık ısıdan direkt yararlanma metodunun başarı ile uy-

gulanma şansı, prosesten prosese değişiklik göstermektedir. Bu metod, üretimin etkilenmediği sürece, dolayısıyla yalnız korozyon probleminin söz konusu olduğu durumlarda, ekonomik açıdan diğer sistemlere tercih edilir.

- Atık ısıdan dolaylı olarak yararlanma sistemleri: Doğrudan kullanımın mümkün olmadığı hallerde, ısı transferini sağlayan çeşitli ısı değiştirici sistemler kullanılabilir. Bu tür sistemlerde geri kazanılan atık ısı aşağıdaki şekillerde değerlendirilebilir.
- Kazan besleme suyunun veya yanma havasının ön ısıtılması,
- Herhangi bir ısı değiştirici ile sıcak su veya sıcak hava ısıtılması,
- Atık ısı kazanları ve buna bağlı ekipman grubu kullanılarak buhar üretimi,
- Mevcut tesisin herhangi bir yerinde ısı işleme girecek hammadde veya yarı mamul maddelerin ön ısıtılmasında,
- Gerektiğinde atık ısı tesisleri, ek enerji kaynağı ile takviye edilerek, yüksek basınçtaki buhar eldesi ile birleşik enerji üretim (ısı, güç) santralinde kullanımı.

2. Tanımlamalar

A	alan, m ²
b	duman gazı sıcaklığına ve gazın özelliğine bağlı değer
c _{p,BG}	baca gazına ait özgül ısınma ısısı, kcal/kg°C
d	boru çapı, m
F	gazların geçtiği serbest kesit, m ²
h	baca yüksekliği, m
I	boru et kalınlığı, m
k	ısı iletim katsayısı,
K	toplam ısı transferi katsayısı, kcal/mh°C
L	boru boyu, m
m _{BG}	baca gazı kütleli debisi, kg/h
n	boru sayısı
Nu	Nusselt sayısı
P	ıslak çevre, m
Pr	Prandtl sayısı
Re	Reynolds sayısı
Q	ısı kapasite, kcal/h
u	gaz hızı, m/s
U _m	borulardaki ortalama hız, m/s
ΔT	sıcaklık farkı, °C

ΔT_m logaritmik ortalama sıcaklık farkı, °C
 α konveksiyon ısı transfer katsayısı, kcal/mh°C
 ν kinematik vizkozite, m²/s

3. Örnek Hesap Yöntemi

Bir enerji tesisinde enerji tasarrufu sağlanmasında atılan enerjinin geri kazanılması çok önemlidir ve hatta enerji tasarrufunun özüdür.

Örneğin lastik fabrikasında, dökümhanede, tav fırınlarında, cam üretiminde, tuğla fabrikasında vb sanayi tesislerinde atılan sıcak rutubetli hava veya sağlıklı zararlı gazların ısı enerjilerini çeşitli cihaz ve yöntemlerle geri kazanarak yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Burada, atık ısı geri kazanımında kullanılan değişik ısı değiştiricilerin (gaz-gaz, gaz-sıvı, sıvı-sıvı) özellikleri, kullanım alanları incelenecektir.

Endüstriyel ısı değiştiriciler birçok takma ada sahiptir. Örneğin reküperatör, rejeneratör, atık ısı buhar jeneratörü, yoğunlaştırıcı, ısı tekerleği, sıcaklık ve nem değiştiricileri gibi. Adı ne olursa olsun, bu cihazların temel fonksiyonu ısıyı transfer etmeleridir. Enerjinin geri kazanılmasında çok önemli bir eleman olan ısı değiştiricilerinin seçimlerinde kapasite ve işletme şartlarının etkinliği yanında, akışkanların kimyasal özelliklerine uygun malzemeden yapılmış olmaları da önemlidir.

Isı değiştiricileri tek veya çok geçişli, gaz-gaz, sıvı-sıvı, sıvı-gaz, paralel akımlı, karşıt akımlı gibi sınıflanabilmektedir. Tek veya çok geçişli terimi ısıtma veya soğutma akışkanının (sıvı veya gaz) ısıtma yüzeyi üzerinden bir veya çok geçişini belirtmektedir. Çok geçişli akış şartıcıların kullanımı ile sağlanır. Gaz-gaz, sıvı-gaz, sıvı-sıvı ısı değiştiriciler, akışkanlarda faz değişimi olmayan durumlarda kullanılan terimlerdir.

Endüstriyel fabrikalarda atık ısının geri kazanımında temel yöntemlerden biri de, ısı değiştiricilerinin kullanımınıdır. Bu sistemlerde kullanılan ısı değiştiricilerde atık ısı ortamı ile ısıyı alan ortam sınırlarla ayrıl-

mış hacimlerde akarlar (ısıtma yüzeyleri ve dış kısımlar). Fakat bu sınırlarda bulunan ısıtma yüzeyleriyle ısının geçmesini, geri kazanılmasını sağlarlar. İki akımın ayrılmasının nedenleri aşağıdakilerden biri olabilir.

- İki akım arasında basınç farklılıkları olabilir. Isı değiştiricisinin sınırları bu basınç farklılıklarına göre tasarlanmalıdır.
- Birçok durumda bir akışkan diğerinde kirletici etki oluşturabilir ve bu nedenle karışmaları istenmez. Isı değiştiricileri bu karışıma engel olur.
- Atık ısının uzun mesafelere taşınması gerektiğinde bir ara taşıyıcı akışkanın atık ısı akışkanını yerine kullanımı daha uygundur.
- Belirli tip ısı değiştiricilerinde özellikle ısı teker içinde soğumuş gazlardaki buharlar yoğunlaşır ve sonra ısıtılmaya başlandığında buharlaşır, bu sonuç olarak nemliliği ve proses kontrolünü, atmosferik hava kirliliğinin azaltımını ve bazı kaynakların korunmasını sağlar.

Endüstriyel bir ısı değiştiricisinin belirlenmesinde ısı transfer kapasitesi, akışkanların sıcaklıkları, her bir akışkan devresinde izin verilebilecek basınç düşümleri ve ısı değiştiriciye giren akışkanların özellikleri ve hacimsel debilerin bilinmesi gerekir. Bu değerler ısı değiştiricisinin parametreleridir ve dolayısıyla maliyeti belirleyicidir.

Son tasarım, basınç düşümü, ısı değiştiricisi verimliliği ve maliyet üçlüsünün uzlaşımıyla gerçekleştirilecektir. Son tasarımda kararlara yol gösterici sabit maliyetlere karşı bütün sistemin bakım ve işletme giderlerinin karşılaştırılmasıdır, böylelikle toplam maliyetler minimize edilebilecektir.

Bir optimum atık ısı cihazı seçiminde temel parametreler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Atık ısı akışkanının sıcaklığı,
- Atık ısı akışkanının debisi,
- Atık ısı akışkanı için izin verilebilen en düşük sıcaklık değeri,
- Isıtılan akışkanın kimyasal bileşimi,

- Isıtılan akışkanın izin verilen en son sıcaklığı,
- Eğer kontrol gerekliyse kontrol sıcaklığı.

Gaz-sıvı ısı değiştiricileri, atık bir gazdaki ısıyı direkt olarak sıvı bir ortama aktaran sistemlerdir.

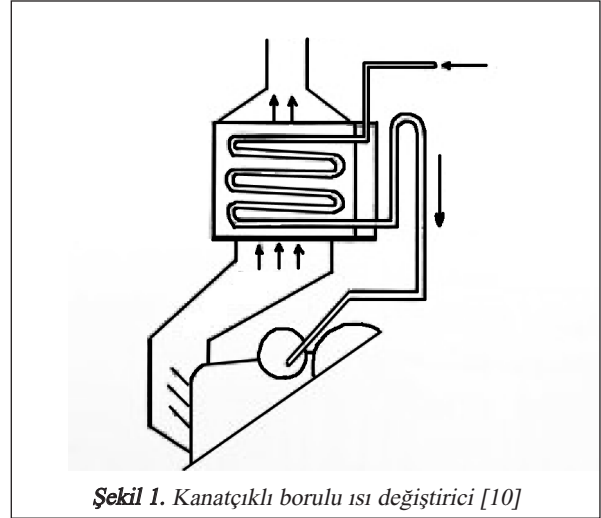
Gaz-sıvı ısı değiştiricileri düşük veya orta sıcaklık aralığındaki egzoz gazlarından atık ısı geri kazanımı amacıyla kullanılırlar. Başlıca uygulama alanları arasında proses sıvılarının ısıtılması, su ısıtma, buhar kazanlarında besleme suyunun ön ısıtılması sayılabilir.

Gaz-sıvı ısı değiştiricilerinin kullanıldığı yerlerde atık gaz sıcaklığının çığlenme noktasının altına düşmemesine özen gösterilmelidir. Aksi takdirde özellikle kullanılan yakıtların kükürt ihtiva ettiği hallerde, asit oluşumuna bağlı olarak korozyonlar oluşabilir.

- Kanatçıklı borulu ısı değiştiricileri: Buhar kazanlarının besleme suyunun ön ısıtılması, proseslerde gerekli sıvıların ısıtılması, hacim ısıtılmasında gerekli sıcak su, günlük tüketimde gereken sıcak suyun hazırlanmasında egzoz gazlarındaki atık ısıdan faydalanmak mümkündür ve bu amaçla genellikle kanatçıklı borulu ısı değiştirgeçleri kullanılır. Bu sistemde ısıtılan sıvı dairesel kesitli borulardan geçirilir. Isı transfer yüzeyini artırmak için borulara kanatçıklar ilave edilmiştir.

Şekil 1'de egzoz gazlarındaki atık ısıdan yararlanmak amacıyla tasarlanan kanatçıklı borulu ısı değiştirici görülmektedir. Uygulanan bu özel model ekonomayzer olarak isimlendirilmektedir. Borular genellikle seri olarak bağlanırlar. Ancak sıvı tarafındaki basınç kayıpları için boru dizilişlerinin sayısı ve borular arası mesafeler ayarlanarak düzenlenir. Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler modüler boyutlarda hazır olarak bulunabileceği gibi standart elemanlardan kolaylıkla imal edilebilir. Isıtılan sıvının sıcaklık kontrollü kanala gaz tarafı için by-pass düzenlemesi eklenerek sağlanır. Bu düzenleme ile ısı değiştirici üzerinden geçen sıcak gazların akış hızı değiştirilebilir. Kanatçık ve boru malzemesi sıcak egzoz ile sıvı-

nın aşındırıcı etkilerine dayanıklı olmalıdır. Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler orta ve düşük sıcaklıklarda egzoz gazlarındaki atık ısıdan yararlanmaya uygun cihazlardır.



Bir fabrikadaki 2 adet fırının bacasındaki ısı değiştiriciye baca gazlarının giriş sıcaklığı 1000 °C olup, çıkış sıcaklığı 200 °C'dir. Baca gazlarının kütledebisi 1423.659 kg/h'dir. Baca gazlarının özgül ısıma ısı 0.2575 kcal/kg°C kabul edilecektir.

Yakın bir binada 657 adet 144/500 özelliklerinde döküm radyatör bulunmaktadır. Radyatörler dilim başına 103 kcal/h ısı vermektedirler. Bu binanın ısı ihtiyacı 18 m² ısıtma yüzeyli kömürlü bir kazan tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca fırına yakın bir yerde dışarıda LPG buharlaştırma tesisi mevcuttur. Bu tesiste 225000 kcal/h kapasiteli 2 adet sıcak su kazanı mevcuttur.

$$Q = m_{BG} \cdot c_{p,BG} \cdot \Delta T$$
$$Q = 1423.659 \cdot 0.2575 \cdot (1000-200) = 293273.5 \text{ kcal/h}$$

İki adet fırın olduğu düşünülürse baca gazlarının ısı kapasitesi 586547 kcal/h'dir. Burada baca gazlarının radyasyon yoluyla transfer edeceği ısı hesap edilmiş olup emniyet olarak bırakılmıştır.

$$Q = 225000 \cdot 2 \cdot (103.657) = 517671 \approx 518000 \text{ kcal/h}$$

olup mevcut atık ısımız sıcak su ihtiyacını karşılamaya yeterlidir.

Yukarıdaki bilgilerin ışığında sözü edilen fırın baca gazlarının atık ısısını, LPG tesisinde ve mahal ısıtılmasında kullanılacak suya aktarabilecek özelliklere sahip bir ısı değiştiriciyi tasarlamak için aşağıdaki veriler dikkate alınır:

Akış tipi: Her iki akışkan paralel ve zıt yönde akıyor.

Isıtıcı akışkan: Baca gazı

Isıtıcı akışkan debisi: 1275 m³/h

Isıtıcı akışkan giriş sıcaklığı: 1000 °C

Isıtıcı akışkan çıkış sıcaklığı: 1000 °C

Isınan akışkan: Su

Isınan akışkan giriş sıcaklığı: 70 °C

Isınan akışkan çıkış sıcaklığı: 90 °C

Kullanılacak eşanjör boruları: 36.8/31.8 mm

Eşanjör borularının uzunluğu: 4 m

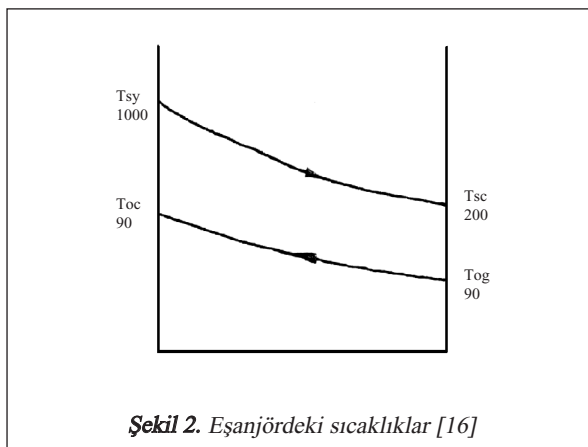
Kabul edilecek K değeri 10 kcal/mh°C

Isı kullanım alanlarının toplam ısı ihtiyacı 518000 kcal/h'dir. Bu ihtiyaç yarı yarıya iki fırın tarafından karşılanacaktır. Buna göre bir fırından alınması gereken ısı 518000 / 2 = 259000 kcal/h'dir.

$$Q = m_{su} c_p \Delta T$$

$$259000 = m_{su} \cdot 1000 \cdot (90-70) \quad m_{su} = 12.95 \text{ m}^3/\text{h}$$

K ısı transfer katsayısının tesbiti için burada izlenen yol, tahmini bir K değeri kabul ederek doğruluğunu araştırmak şeklindedir. Bulunan en yaklaşık K değeri için hesaplar aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Eşanjördeki sıcaklıklar [16]

Logaritmik ortalama sıcaklık farkı:

$$\Delta T_1 = 1000 - 90 = 910 \text{ °C} \quad \Delta T_2 = 200 - 70 = 130 \text{ °C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{910 - 130}{\ln \frac{910}{130}} = 400.84 \text{ °C}$$

Ortalama boru çapı:

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{31.8 + 36.8}{2} = 34.3 \text{ mm}$$

Borulardaki hızın tesbiti:

$$U_m = \frac{4d_m L \Delta T_m}{c_p \rho d_i^2 (T_2 - T_1)} = \frac{40.0.343.4.11.400.84}{1.980.0.0318.(90-70).3600} = 0.03542 \text{ m/s}$$

Borularda su için Re sayısı,

$$Re = \frac{U_m d_i}{\nu} = \frac{0.03542.0.0318}{0.366.10^{-6}} = 3077.47$$

2300 < Re < 300000 olduğundan türbülanslı akış vardır:

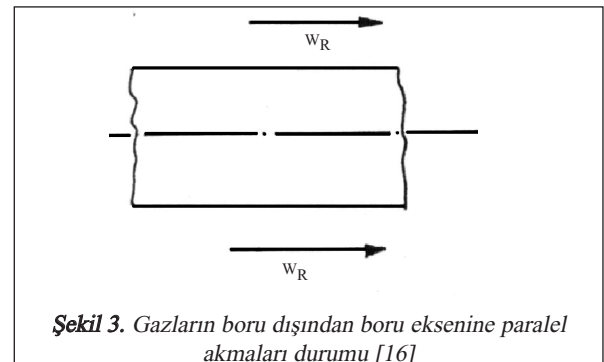
$$Nu = 0.023(Re)^{0.8}(Pr)^{0.4} = 19.27$$

Ortalama su sıcaklığı olan 80 °C için k=0.58 kcal/mh°C, Pr = 2.23, $\nu = 0.366 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 'dir.

$$Nu = \frac{\alpha_{su} \cdot d}{k_{su}} \quad 19.27 = \frac{\alpha_{su} \cdot 0.0318}{0.58}$$

$$\alpha_{su} = 356.9 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$$

Gazların boru dışından boru eksenine paralel akma durumu aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 3. Gazların boru dışından boru eksenine paralel akmaları durumu [16]

$$\alpha_{\text{gaz}} = 23.7 \cdot L - 0.05 \cdot d_{\text{hyd}} - 0.16 \cdot u_{\text{gaz}} \cdot 0.79 \cdot b$$

$$d_{\text{hyd}} = 4 \cdot F / P$$

Isı transferi yüzeyi,

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_m} = \frac{259000}{10.400.84} = 58.74 \text{ m}^2$$

Boru sayısı,

$$n = \frac{A}{\pi \cdot d_m \cdot L} = \frac{58.74}{\pi \cdot 0.0343.4} = 136 \text{ adet}$$

Hidrolik çap,

$$d_{\text{hyd}} = \frac{259000}{17.723} = 0.02376 \text{ m}$$

Gaz hızı,

$$u = \text{Gaz debisi} / \text{Serbest kesit (F)} = 0.35435 / 0.1053 = 3.365 \text{ m/s}$$

Ortalama sıcaklıklar,

$$T_{m,\text{su}} = \frac{90 + 70}{2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{m,\text{gaz}} = \frac{1000 + 200}{2} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_m = \frac{600 + 80}{2} = 340 \text{ }^\circ\text{C} \quad b = 0.107 \text{ okunur.}$$

$$\alpha_{\text{gaz}} = 23.7 \cdot 4 - 0.05 \cdot 0.02376 - 0.16 \cdot 3.365 \cdot 0.79 \cdot 0.107 = 11.22 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

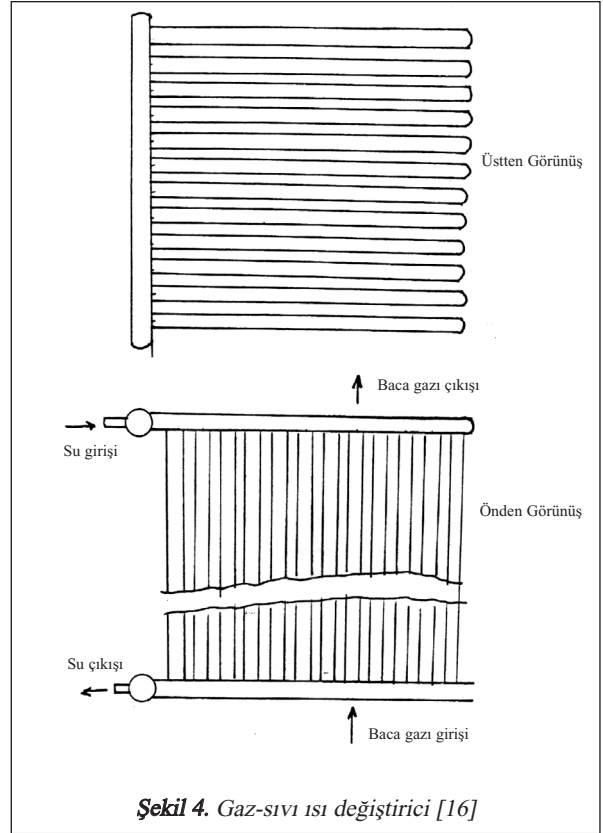
Toplam ısı transfer katsayısı,

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{su}}} + \frac{I_{\text{boru}}}{k_{\text{boru}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{gaz}}}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{356.9} + \frac{0.025}{50} + \frac{1}{11.22}} = 10.87 \text{ kcal/ m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Başlangıçta kabul edilen K değeri doğrudur.

I: 2.5 mm, $k_{\text{boru}} = 50 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ kabul edilecektir.



Şekil 4. Gaz-sıvı ısı değiştirici [16]

Baca çekişinin kontrolü,

$$A_{\text{min}} = \frac{Q \cdot 0.012}{h} = \frac{293000 \cdot 0.012}{14} = 936.69 \text{ cm}^2$$

4. Sonuç

Baca gazlarının geçtiği serbest kesit (F) 0.1053 m² olup minimum baca kesitinden (A_{min}) büyüktür. Bu sebeple ısı değiştiriciden dolayı baca çekişinde bir problem yoktur. Hesapları yapılan ısı değiştirici sayesinde tesisdeki sıcak su ihtiyacının ya da mahal ısıtmasının atık baca gazı sıcaklığından yararlanılarak sağlanması mümkündür.

Kaynaklar

- [1] T. Akın, Türkiye’de Bir Bileşik Isı Güç Santrali Örneği (Simko-Kartal), Doğalgaz Dergisi 33 (1994).
- [2] K.Ç. Ambarlı, Santral İşletme Notları, 1991.
- [3] A. Arısoy, Isı Geri Kazanma Sistemleri, Termas A.Ş. Teknik Yayınları, 1988.
- [4] M. Ateş, 1. Uluslararası Bileşik Isı Güç Üretimi

- Konferansı Bildirisi, Doğalgaz Dergisi 33 (1994).
- [5] A.R. Büyüktür, Termodinamik Cilt 1, Termas Yayınları, 1986.
- [6] İ. Dağ, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., 1994.
- [7] A.K. Dağsöz, Isı Değiştiricileri, İ.T.Ü. Kütüphanesi, sayı 1311, 1985.
- [8] A.K. Dağsöz, Sanayide Enerji Tasarrufu, Alfa Teknik Yayınları, 1991.
- [9] M. Demirkol, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., 1988.
- [10] A. Güngör, N. Özbalta, Değişik Isı Değiştiricileri ile Geri Kazanım Sistemleri, 6. Enerji Tasarrufu Tebliğleri, 1988.
- [11] B. Özgürel, S. Egeli, Ambarlı ve Trakya K.Ç. santralleri, 1. Uluslararası Birleşik Güç Üretimi Konferansı Bildirisi, Doğalgaz Dergisi 33 (1994).
- [12] A. Refah, Soğutma Tekniği ders notları, İ.T.Ü. Kütüphanesi.
- [13] T.E.K., Seyitömer Termik Santrali Kazan İşletme Notları, 1986.
- [14] T.S.K.B., Sanayide Enerji Tasarrufu, 1980.
- [15] S. Kakaç, Örneklerle Isı Transferi, 1970.
- [16] G.C. Şerabatır, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., 1996.
- [17] O. Soylu, Buhar kazanları ders notları, Y.T.Ü.