



YENİ TASARLANAN BİR ISI DEĞİŞTİRGEÇİ İLE KONVANSİYONEL ISI DEĞİŞTİRGEÇLERİNİN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF A CONVENTIONAL HEAT EXCHANGERS WITH A NEW DESIGNED HEAT EXCHANGER EXPERIMENTALLY

Tansel KOYUN^{1*}, Semih AVCI²

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 32000, Isparta.

tanselkoyun@sdu.edu.tr

²Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, 42075, Konya.

semih.avci@yandex.com

Geliş Tarihi/Received: 05.02.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 22.11.2013

doi: 10.5505/pajes.2014.19483

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Özet

Bu çalışmada tasarlanan hava-su ısıtmalı ısı değiştirgeci, kanatlı ve kanatsız olmak üzere konvansiyonel (rezistans-su ısıtmalı) ısı değiştirgeçleriyle deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma üç ısı değiştiricisi için de aynı parametreler(pompa debisi, ısıtıcı gücü vs.)kullanılarak yapılmıştır. Yapılan deneylerde ısı transferi optimum düzeyde gerçekleşecek şekilde hız-debi ayarlaması yapılmıştır. Sonuç olarak hava-su ısıtmalı ısı değiştiricisinde boru içerisindeki suyun devridaim etmesi sırasında korozyon kirlilik faktörü oluşmamıştır. Ayrıca yeni tasarlanmış ısı değiştirgecinin verimi, kanatlı ve kanatsız ısı değiştiricilerinin verimlerinin arasında bulunmuştur. Sonuçlar diyagramlar halinde gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Isı değiştirgeci, Hava-su ısıtmalı ısı değiştirgeci.

Abstract

In this study, the air-water heat exchanger designed have been experimentally compared to conventional heat exchangers with and without fin. The same parameters for the three heat exchangers (pump flow, heating power, etc...) have been used. In the experiments, speed-flow adjustment has been made to supply heat transfer at an optimum. As a result, during the circulation of water in pipe of the air-water heat exchanger, the corrosion fouling factor has not been formed. In addition, the efficiency of the new designed heat exchanger has been found between fin and finless heat exchanger efficiencies. The results have been shown in the diagrams.

Keywords: Heat exchanger, Air-water heating heat exchanger.

1 Giriş

Sanayinin hemen hemen bütün dallarında kullanılan ısı değiştirgeçleri, bilhassa ısıtma ve soğutma tesisleri, kuvvet makineleri ile santralleri, kimya tesisleri ve ısı işlem tekniğinde çok önemli yer tutarlar.

Isı değiştirgeçleri, tesisin termik verimini arttırma, çevrimin tamamlanması gibi kullanımının yanında, imal edilen ürünün kalitesini artırma yönünden de önemlidirler. Örneğin ısı işlem tekniğinde çoğu kez belirli bir sıcaklığa getirilen bir madde ya ekzoterm reaksiyonlar sonucunda ısı açığa çıkarır veya endoterm reaksiyonlar durumunda ısıya ihtiyaç gösterir. Sıcaklık birinci halde artar, ikinci halde ise azalır. Sıcaklığın yükselmesi, reaksiyona iştirak eden maddede ayrışmalara sebep olduğu gibi reaksiyon hızını arttırarak patlamalara da sebep olabilir. Düşük sıcaklıklarda ise reaksiyon iktisadi olmayacak şekilde yavaşlar. Bu gibi tesislerde sıcaklığın belirli bir değerde tutulması gerekir. Bu sebeple ısı değiştirgeçlerinin önemi kolayca anlaşılır [1].

Isı değiştirgeçleri kullanıldıkları proseslerde enerji geri kazanımı veya enerji tüketimini azaltarak, endüstriyel proseslerin çevresel etkisini azaltmada ve kirlilik önlemede önemli rol oynarlar.

Isı değiştirgeçleri(eşanjörleri) genellikle ısı transferi işlemlerine, konstrüksiyon geometrilerine, ısı transferi mekanizmasına ve akış düzenlerine göre sınıflandırılırlar [2].

-Isı transfer işlemlerine göre,

-Dolaylı temaslı ve dolaysız temaslı

-Konstrüksiyon geometrisine göre

- Direkt kontak tipi ısı değiştirgeçleri
- Borulu ısı eşanjörleri,
 - Çift borulu
 - Gövde boru tipi
 - Spiral borulu
- Plakalı ısı eşanjörleri,
 - Contalı-plakalı
 - Spiral plakalı
 - Lamelli
- Kompakt ısı eşanjörleri,
 - Plakalı kanatlı
 - Kanatlı borulu
- Isı transferi mekanizmasına göre,
 - Her iki tarafta da tek fazlı taşınım
 - Bir tarafta tek fazlı diğer tarafta iki fazlı taşınım
 - Her iki tarafta da iki fazlı taşınım
- Akış düzenlerine göre,
 - Paralel Akış
 - Karşıt Akış
 - Çapraz Akış

olarak sınıflandırılabilir. Arslan (2013), yaptığı çalışmada kanatlı borulu ısı değiştiricilerinde iç yüzeyi yivli boru kullanımının ısı geçişine etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda su tarafı düşük Re sayısı değerlerinde, boru iç yüzeyinde yivlerin kullanılmasının ısı transferini 1,5 kat artırdığını, fakat belli bir Re sayısından sonra iç yüzeyde

kullanılan yivlerin ısı transferini artırmadığını artan basınç kayıpları ile sistem maliyetinin yükseldiği sonucuna varmışlardır [3]. Parmaksızoğlu ve Çeteci (1999), gövde boru tipi ısı değiştiricisi ile hava-su, soğutucu ve ısıtıcı serpantin tipi ısı değiştiricileri için matematiksel modeller geliştirilmiş ve bunların çözümünü elde eden bir bilgisayar programı hazırlamışlardır. Ayrıca optimum ısı değiştiricisi boyutlarına ulaşmak için standartlara da uyularak ısı ve maliyet hesapları da yapmışlardır[4]. Şahan (2003)yaptığı çalışmada, havadan havaya ısı geri kazanım (özellikle plakalı ve çapraz akımlı tiplerin) eşanjörlerinin değişik kullanım şekilleri ve amaçları, yerleşim pozisyonları, tekli ve çoklu kullanımlara göre hava akış yönleri, kullanım sırasında ortaya çıkan sorunlar ve çözümlerini incelemiştir[5]. Yılmaz (1995) ise, enerji geri kazanımı ve enerji geri kazanımında önemli yeri olan döner rejeneratörler, levhalı eşanjörler, çift ve tek fazlı çift eşanjörlü sistemler ve ısı borularını çalışmasında incelemiştir. Bu çalışmada ayrıca çift eşanjörlü sistemlerde sıcak havanın eşanjör içindeki sıvıyı ısıttığı görülmektedir[6]. Bu durum bizim çalışmamızda incelediğimiz hava su ısıtmasına da uymaktadır. Çalışmamızda bazı parametreler sabit tutularak değiştirdiğimiz ısı değiştirgeci şekli ve sıcak su eldesinde ısıtma yönteminin etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2 Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada tasarlanan ısı değiştirgecinde serpantin boru parametreleri, pompa debisi ve ısıtıcı gücü özellikleri karşılaştırdığımız ısı değiştirgeçleri ile aynı değerlerde seçilmiştir. Isı değiştirgecini yaparken kullandığımız bakır boruya ısı transferini arttırmak için 9 cm'de spiral şekil verilmiştir. Bakır boruya 9 cm'de spiral şekil verilirken ezilmemesi için 1 mm'lik elekten eelenmiş, nemi alınmış kum kullanılmış ve kum bakır boru içine doldurularak master yardımıyla spiral şekli verilmiş ve spiral serpantin oluşturulmuştur(Şekil 1).



Şekil 1: Su ısıtmak için kullanılan bakır boru (serpantin).

Havayı ısıtmak için, verimi yüksek olduğundan tungsten telli ısıtıcı ve dış gömlek olarak 11 cm çapında alüminyum flex boru kullanılmıştır (Şekil 2).



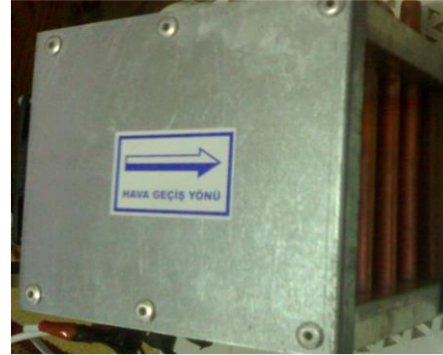
Şekil 2: Bakır boru dışına geçirilmiş alüminyum flex boru.

Spiral serpantin kullanılarak maksimum ısı transferi sağlamayı amaçlarken serpantin, alüminyum boru içine geçirilmiş ve havanın devridaimi için dairesel şekil verilmiştir. Isıtıcı flex boru içerisine yerleştirilip alüminyum boru çevresi izocam ile kaplanırken, alüminyum ısı yalıtım yapıştırıcı bandı ile şekli verilerek ısı yalıtımı sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: Yalıtım malzemesi ile kaplanmış alüminyum flex.

Aşağıda Şekil 4 ve Şekil 5'te deneyde kullanılan kanatsız ve kanatlı konvansiyonel (rezistans-su ısıtmalı) ısı değiştirgeçlerinin resimleri görülmektedir.



Şekil 4: Kanatsız hava ısıtmalı konvansiyonel ısı değiştirgeci.



Şekil 5: Kanatlı hava ısıtmalı konvansiyonel ısı değiştirgeci.

Deneyler şekillerde(Şekil 3-5) gösterilen üç çeşit ısı değiştirgeci ile yapılmıştır. Deneyler yapılırken 5 lt su kullanılmış ve ısı değiştirgeçlerinde yaklaşık baca gazı sıcaklığı olabildiği için hava ön ısıtmaya tabi tutulmuştur.

İlk deneyde su devridaimli olarak pompa ile aktarılmış ve yapılan termometre düzeneği ile giriş-çıkış sıcaklığı ölçülmüştür.

Elde edilen değerler bu çalışmada grafikler halinde verilmiştir. Suyu ısı değiştirgecine giriş ve çıkış açısından değerlendirecek olursak, ısı değiştirgeçleri arasında aşağıdaki gibi fark görülmüştür:

Yeni tasarım ısı değiştirgeci: 20 °C'deki su 20 dk. içerisinde 34°C'ye çıkarılmıştır.

Kanatlı ısı değiştirgeci:13°C'deki su 20 dk. içerisinde 36,5°C'ye çıkarılmıştır.

Kanatsız ısı değiştirgeci:18°C deki su 20 dk. içerisinde 31°C'ye çıkarılmıştır.

İkinci deneyde su pompa ile ikinci kaba aktarılmıştır ve giriş sıcaklığı sabit tutulmuştur, yapılan termometre düzeneği ile çıkış sıcaklığı ölçülmüştür. Alınan değerler grafikler halinde verilmiştir. Isı değiştirgeçleri arasında aşağıdaki gibi fark görülmüştür:

Yeni tasarım ısı değiştirgeci: 16°C'deki su ön ısıtmadan sonra 5 dk. içerisinde 20°C'ye çıkarılmıştır.

Kanatlı ısı değiştirgeci:16°C'deki su ön ısıtmadan sonra 5 dk. içerisinde 21°C'ye çıkarılmıştır.

Kanatsız ısı değiştirgeci:16°C'deki su ön ısıtmadan sonra 5 dk. içerisinde 18,5°C'ye çıkarılmıştır.

Sonuçlar

Bir ısı değiştirgecinde ısı transferi genellikle her bir akışkanın tarafında taşınım ve iki akışkanı ayıran duvarda iletim içerir. Isı değiştirgeçleri çok çeşitli tiplerde üretilmektedirler. Bu çalışmada her üç tip ısı değiştirgeci için tabloda belirtilen verilerle birlikte aşağıda gösterilen formüllere göre hesaplar yapılmıştır. Sonuçları da tablo halinde (Tablo 1) verilmiştir.

Kullanılan Ortak Formüller

Ortalama Sıcaklık Değerleri: Giren akışkan ile çıkan akışkan sıcaklıklarının ortalama değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_{ort} = \frac{T_g + T_c}{2} \quad (1)$$

Burada,

T_g : Giriş sıcaklığı, T_c : Çıkış sıcaklığı ve T_{ort} : Ortalama sıcaklık şeklinde tanımlanmıştır.

Pr sayısı momentumun moleküler yayınımla ile ısının moleküler yayınımla arasındaki ilişkiyi verir [7].

$$Pr = \frac{\text{Momentumun moleküler yayınımla}}{\text{Isının moleküler yayınımla}} = \frac{C_p \mu}{k} \quad (2)$$

Burada, C_p : Akışkan için özgül ısı, Dinamik viskozite ve k : Isı iletim katsayısı şeklinde tanımlanmıştır.

Boru içindeki akışın laminer veya türbülanslı olduğu Re sayısı büyüklüğüne bağlıdır. Re sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Re = \frac{u \cdot D}{\nu} \quad (3)$$

Burada, u : Akışkanın hızı, D : Isı değiştirgecinin boru çapı (m), ν : Kinematik viskozite olarak tanımlanmaktadır.

Borular içindeki akışta $Re < 2300$ ise laminer akış, $Re > 10000$ ise türbülanslı akış söz konusudur. Pürüzsüz borularda tam gelişmiş türbülanslı akışta Kanatsız borulu ve yeni tasarlanmış hava-su ısıtmalı ısı değiştirgeci için aşağıdaki Nusselt Sayısı bağıntısı kullanılır [7],

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^n \quad (4)$$

Bu eşitlik Colburn eşitliği olarak bilinir. Burada $n=0,4$ borudan akan akışkanın ısıtılması durumunda, $n=0,3$ borudan akan akışkanın soğutulması durumunda alınır. Burada cidar kalınlığı çok ince olduğu için iletimle olan ısı transferi dikkate alınmamıştır. Kanatlı borular halinde üçgen diziliş için Briggs ve Young genel olarak (5)'nolu denklemi verirler[1].

$$Nu = 0,134 \cdot Re^{0,681} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{0,113} \quad (5)$$

Burada, s : Kanat aralığı, b : Kanat kalınlığı, l :Kanat uzunluğudur.

Taşınım ile Isı Transfer Katsayısı ise,

$$h = Nu \cdot \frac{k}{D} \quad (6)$$

Burada, k : Isı iletim katsayısı, D : Isı değiştirgecinin boru çapı ve Nu : Nusselt sayısını göstermektedir.

Toplam Isı Transfer Katsayısı ise,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \quad (7)$$

ve

Sistem verimi ise,

$$\dot{Q}_A = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (8)$$

$$\eta = \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}_V} \quad (9)$$

Burada; \dot{Q}_A ,Alınan ısı, \dot{Q}_V Isıtıcı gücüdür.

Şekil 6, 7 ve 8'de ilk deney sonuçları gösterilmiştir. İlk deneylerin yapılış amacı ön ısıtma süresini belirleme ve ısı değiştirgeçlerinin çalışma kontrolünü yapmak olmuştur. Bu çalışmada esas olarak baca gazı sıcaklığının geri dönüşümünü incelemek amaçlandığı için hava ön ısıtılarak bir baca gazı gibi düşünülmüştür. Bu amaçla havayı ısıtmak için, kanatlı ve kanatsız değiştirgeçlerde U rezistans kullanılmıştır. Yeni tasarım ısı değiştirgecinde ise U rezistanslarla aynı ısıtma gücünde tungsten telli ısıtıcı kullanılmıştır. İlk deneyler sonucunda grafiklerde görüldüğü gibi ön ısıtmadan sonraki 5 dk da ısı değiştirgeçleri rejime girmiştir ve sıcaklık farkı sabit kalmıştır. İlk deneyler sonucunda ikinci deneylerde 5 dk ön ısıtmaya ve suyun 5 dk döngüde olmasına karar verilmiştir.

Yeni tasarım ısı değiştirgeci ile yapılan deneyler, 5 dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuş ve bir baca gazı sıcaklığı deney ortamında hazırlanılmaya çalışılmıştır. Hazırlanılan ortam için de su 5 dakika döngüde tutulup ısı transfer değeri ve sıcaklık farkı gözlenmiştir(Şekil 9-10).

Şekil 10'dan da görüldüğü üzere ilk 5 dakikadaki artış verilmiş olup 5. dakikada 6 °C sıcaklık farkı oluşmuştur ve kanatsız ısı değiştirgeci ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak iki katı bir ısı transfer farkı yakalanmıştır.

Kanatsız ısı değiştirgeci ile yapılan deneylerde de 5 dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuş ve baca gazı sıcaklığı deney ortamında hazırlanılmaya çalışılmıştır. Hazırlanılan ortam içinde su 5 dakika döngüde tutulup ısı transfer değeri ve sıcaklık farkı gözlenmiştir. Kanatsız ısı değiştirgecinde 5. dakikada 3,35°C sıcaklık farkı oluşmuştur(Şekil12). Bu değer yeni tasarım ısı değiştirgecinin doğruluğunu ve kalitesini ortaya koymaktadır.

Gözlemlendiği üzere sıcaklık farkının az olması ısı transferinin de düşüklüğüne yol açmıştır. Böylece kanatsız ısı değiştirgecinden geri dönüşüm kazanmak hem maliyetli hem de zaman kaybına neden olacaktır. Çünkü kanatsız ısı değiştirgeci ile sağlanmaya çalışılacak geri kazanım ısı yeni tasarım ısı değiştirgeci ile aynı sürede yaklaşık iki kat ısı kazanımı ile sağlanabilmektedir.

Kanatlı ısı değiştirgeci ile yapılan deneylerde de 5 dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuş ve baca gazı sıcaklığı deney ortamında hazırlanılmaya çalışılmıştır. Hazırlanılan ortam için de su 5 dakika döngüde tutulup ısı transfer değeri ve sıcaklık farkı gözlenmiştir. Kanatlı ısı değiştirgecinde 5. dakikada 7,3 °C sıcaklık farkı oluşmuştur(Şekil14). Bu değer yeni tasarımın üzerinde çalışılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çünkü kanatlı ısı değiştirgeci kadar ısı kazanımı sağlanamamıştır. Fakat kanatlı ısı değiştirgecine göre maliyetli oluşu kirleşmenin az olması avantajıdır. Böylece kanatlı ısı değiştirgecinden geri dönüşüm kazanmak daha yüksek olsa da

maliyet ve kirlenme açısından yeni tasarım tercih edilebilir. Çünkü yeni tasarımın ısı kazanımı kanatlı ısı değiştirgecinin yakın durumdadır. Yapılan deneylerde kanatlı ısı değiştirgecinin en verimli ısı değiştirgeci olduğu, kanatsız ısı

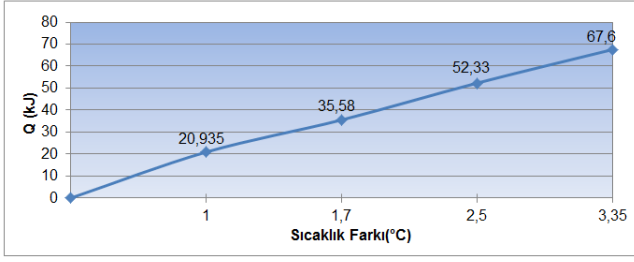
değiştirgecinin ise en verimsiz olduğu saptanmıştır. Yeni tasarım ısı değiştirgecimizde ise kanatlı ısı değiştirgecinin verimine yaklaşmış ve kanatsız ısı değiştirgecinin göre yaklaşık iki kat verim üstünlüğü olduğu görülmüştür.

Tablo 1: Kanatsız, kanatlı ve yeni tasarım ısı değiştirgeçleri için (5dk. ön ısıtım) veri ve hesaplar tablosu.

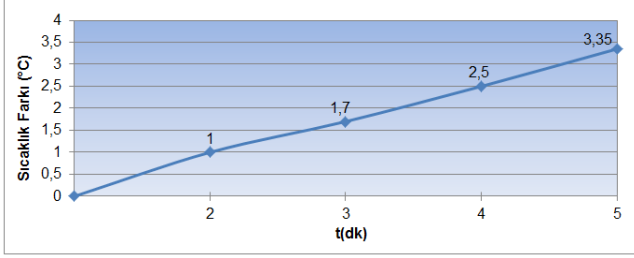
Parametreler	Kanatsız ısı değiştirgeci		Kanatlı ısı değiştirgeci		Yeni tasarım ısı değiştirgeci	
	Hava	Su	Hava	Su	Hava	Su
T_g		16 °C		16 °C		16 °C
T_c	Ort. hava Sic. =65°C Film kalınlığı Sic.=41°C	18,5 °C	Ort. hava Sic. =65°C Film kalınlığı Sic.=41,75°C	21°C	Ort. hava Sic. =100°C Film kalınlığı Sic.=59°C	20°C
T_{ort}		17,25 °C		18,5°C		18°C
\dot{m}	2,42.10 ⁻³ kg/s	0,027 kg/s	2,42.10 ⁻³ kg/s	0,027 kg/s	4,23.10 ⁻³ kg/s	0,027 kg/s
U	0,16 m/s	0,42 m/s	0,16 m/s	0,42 m/s	0,42 m/s	0,42 m/s
D	0,12 m	0,009 mm	0,12 m	0,009mm	0,11m	0,009 mm
C_p	1,005 kJ/kgK	4,187 kJ/kgK	1,005 kJ/kgK	4,187 kJ/kgK	1,007 kJ/kgK	4,187 kJ/kgK
k	0,0271 W/m ² K	594,492.10 ⁻³ W/m ² K	0,0272 W/m ² K	597,034.10 ⁻³ W/m ² K	0,02808 W/m ² K	596,192.10 ⁻³ W/m ² K
ν	16,27.10 ⁻⁶ m ² /s	1,096.10 ⁻⁶ m ² /s	16,27.10 ⁻⁶ m ² /s	1,050.10 ⁻⁶ m ² /s	2,632.10 ⁻⁵ m ² /s	1,0654.10 ⁻⁶ m ² /s
μ	-	1080,22.10 ⁻⁶ kg/ms	-	1039,918.10 ⁻⁶ kg/ms	2,008.10 ⁻⁵ kg/ms	1053,079.10 ⁻⁶ kg/ms
Pr	0,711	7,6	0,7	7,18	0,72	7,48
Nu	18,96	35,01	19,02	35,31	8,95	35,58
Re	1037,12	3448,9	1037,12	3600	1954,97	3547,96
h	4,28 W/m ² K	2312,6 W/m ² K	2,05 W/m ² K	2312,6 W/m ² K	2,28 W/m ² K	2356,94 W/m ² K
K	4,272093506 W/m ² K		2,048207438 W/m ² K		2,27779656 W/m ² K	
\dot{Q}_a	-	0,282 kW	-	0,565 kW	-	0,452 kW
\dot{Q}_v	-	1000 W	-	1000 W	-	1000 W
η	-	%28,2	-	%56,5	-	%45,2
S(kanat aralığı)	-	-	1,5mm	-	-	-
l(kanat uzunluğu)	-	-	20mm	-	-	-
B(kanat kalınlığı)	-	-	0,5mm	-	-	-

Ancak yine de kanatlı ısı değiştirgecinin verimini geçebilmek için tasarım üzerinde çalışmak gerekir. Yeni tasarım ısı

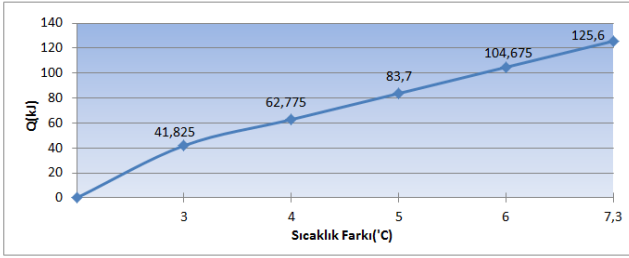
değiştirgecinin, kanatlı ısı değiştirgecinin göre avantajı maliyeti ve kirlilik oranı olsa da kanatlı ısı değiştirgecinin, yeni tasarım



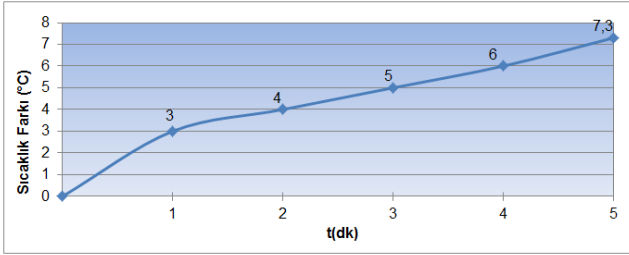
Şekil 11: 5 dk. ön ısıtmalı kanatsız ısı değiştirgecinde ısı transferinin sıcaklık farkına göre değişimi ($T_g=16^\circ\text{C}$).



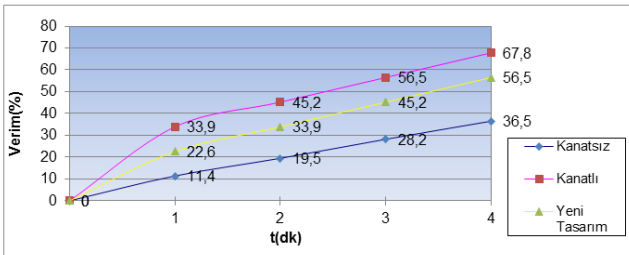
Şekil 12: 5 dk. ön ısıtmalı kanatsız ısı değiştirgecinde sıcaklık farkının zamana göre değişimi ($T_g=16^\circ\text{C}$).



Şekil 13: 5 dk. ön ısıtmalı kanatlı ısı değiştirgecinde ısı transferinin sıcaklık farkına göre değişimi ($T_g=16^\circ\text{C}$).



Şekil 14: 5 dk. ön ısıtmalı kanatlı ısı değiştirgecinde sıcaklık farkının zamana göre değişimi ($T_g=16^\circ\text{C}$).



Şekil 15: 5 dk. ön ısıtmalı ısı değiştirgeçlerinin verim-zaman grafiği.

5 Sonuçlar

Yapılan deneysel çalışmada, yeni tasarlanmış olduğumuz ısı değiştirgeci ile standart kanatlı ve kanatsız ısı değiştirgecinin

ısı transferi açısından karşılaştırılması yapılmış, veri ve hesaplar tablosu verilmiştir.

Fan ile üflenen havayı rezistans ile ısıtarak aynı ısı transfer yüzeyine sahip ısı değiştirgeçlerimiz ile suyun sıcaklığı artırılmıştır. Bakır borular ince cidarlı seçildiği için borulardaki ısı transferi ihmal edilmiştir. Sonuç olarak boru içinde suyun devridaim etmesinden dolayı korozyon kirlilik faktörü gibi etkenler oluşmamaktadır. Ayrıca ısı transferi optimum düzeyde gerçekleşecek şekilde hız-debi ayarlaması yaparak aynı ısıtıcı gücü ile yapılan deneylerde görüldüğü üzere verim karşılaştırması yapılmıştır. Grafiklerden görüldüğü üzere yeni tasarım ısı değiştirgecinde ait verim(η) ve ısı transfer(Q) değerleri kanatlı ve kanatsız ısı değiştirgeçleri değerleri arası değerlerde yer almaktadır.

Yeni tasarlanan ısı değiştirgeci, atmosfere verilen artık ısıların geri kazanılmasında bize yol gösterecek bir proje olmuştur. Elimizdeki mevcut ekipmanlarla yapılan deneylere göre elde edilen sonuçlar grafikler halinde gösterilmiştir. Grafikteki değerler belirli bir süre zarfında alınmıştır. Bu çalışmadaki değerler 5 dakika içindeki değerlerdir. Sonuç olarak aynı ısı transfer yüzeyine sahip bu değiştirgeçlerde, yeni ısı değiştirgecimizin ısı transfer bakımından ve spiral serpantin borunun ısı değiştirgecinde katmış olduğu iyileştirmeyi saptamış bulunmaktayız. Ancak, Şekil 15'te gösterilen verim değerlerinde yeni tasarlanan ısı değiştirgecinin kanatlı ısı değiştirgeci verimine ulaşabilmesi için üzerinde çalışılma yapılması gerektiği de ulaşılan sonuçlar arasındadır. Hatta bu sonuç spiral serpantin borularının kanatlı yapılması fikrinin doğmasına yol açmıştır.

6 Simgeler

A	:	Alan	(m^2)
B	:	Kanat kalınlığı	(mm)
C_p	:	Akışkan için özgül ısı	($\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{K}$)
D	:	Isı değiştirgecinin boru çapı	(m)
D_h	:	Hidrolik çap	(m)
h	:	Isı iletim katsayısı	($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
k	:	Isı iletim katsayısı	($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
K	:	Toplam ısı iletim katsayısı	($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
l	:	Kanat uzunluğu	(mm)
M	:	Kütleli debi	(kg/sn)
Nu	:	Nusselt sayısı	
Q	:	Birim zamandaki ısı transfer miktarı (W)	
Pr	:	Prandtl sayısı	
Re	:	Reynolds sayısı	
s	:	Kanat aralığı	(mm)
U	:	Akışkanın hızı	(m/sn)
T_g	:	Giriş sıcaklığı	($^\circ\text{C}$)
$T_\ç$:	Çıkış sıcaklığı	($^\circ\text{C}$)
ΔT	:	Sıcaklık farkı	($^\circ\text{C}$)
ρ	:	Yoğunluk	(kg/m^3)
ν	:	Kinematik viskozite	(m^2/sn)
μ	:	Dinamik viskozite	($\text{kg}/\text{m.sn}$)
η	:	Verim	(%)

7 Kaynaklar

- [1] Dağsöz, A. K., *Isı Değiştiricileri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı: 1311, 1985.
- [2] Kor, O., "Kanatlı Borulu Isı Değiştirgeçlerinin Karışık Taşınım Şartları İçin Sayısal Analizi", Bitirme Projesi, Haziran, 2008.
- [3] Arslan, G., "Kanatlı Borulu Isı Değiştiricilerinde iç Yüzeyi Yivli Boru Kullanımının Isı Geçişine Etkisi", *Tesisat Mühendisliği*, Sayı: 132, Kasım-Aralık 2012.
- [4] Parmaksızoğlu, C. ve Çeteci, Ö., "Isı Değiştiricisi Tasarımı", *IV. Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 4-7 Kasım 1999.
- [5] Şahan, A.M., "Isı Geri Kazanım Eşanjörlerinin Kullanım Opsiyonları" *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 2003.
- [6] Tuncay, Y., "Yapılarda Isıtma Soğutma Uygulamasında Enerji Geri Kazanım Sistemleri ve Enerji Ekonomisi", 1995, MMO 95"TESKON/ENE 38.
- [7] Çengel, Y.A., *Isı ve Kütle Transferi*, İzmir Güven Yayınları, 2012.