

T. C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ DENEYLER 1
ÇOKLU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ DENEYİ

ÖĞRENCİ NO:

ADI SOYADI:

DENEY SORUMLUSU: YRD. DOÇ. DR. BİROL ŞAHİN

DEĞERLENDİRME:

GÜMÜŞHANE-2012

ÇOKLU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ DENEYİ

1. Giriş:

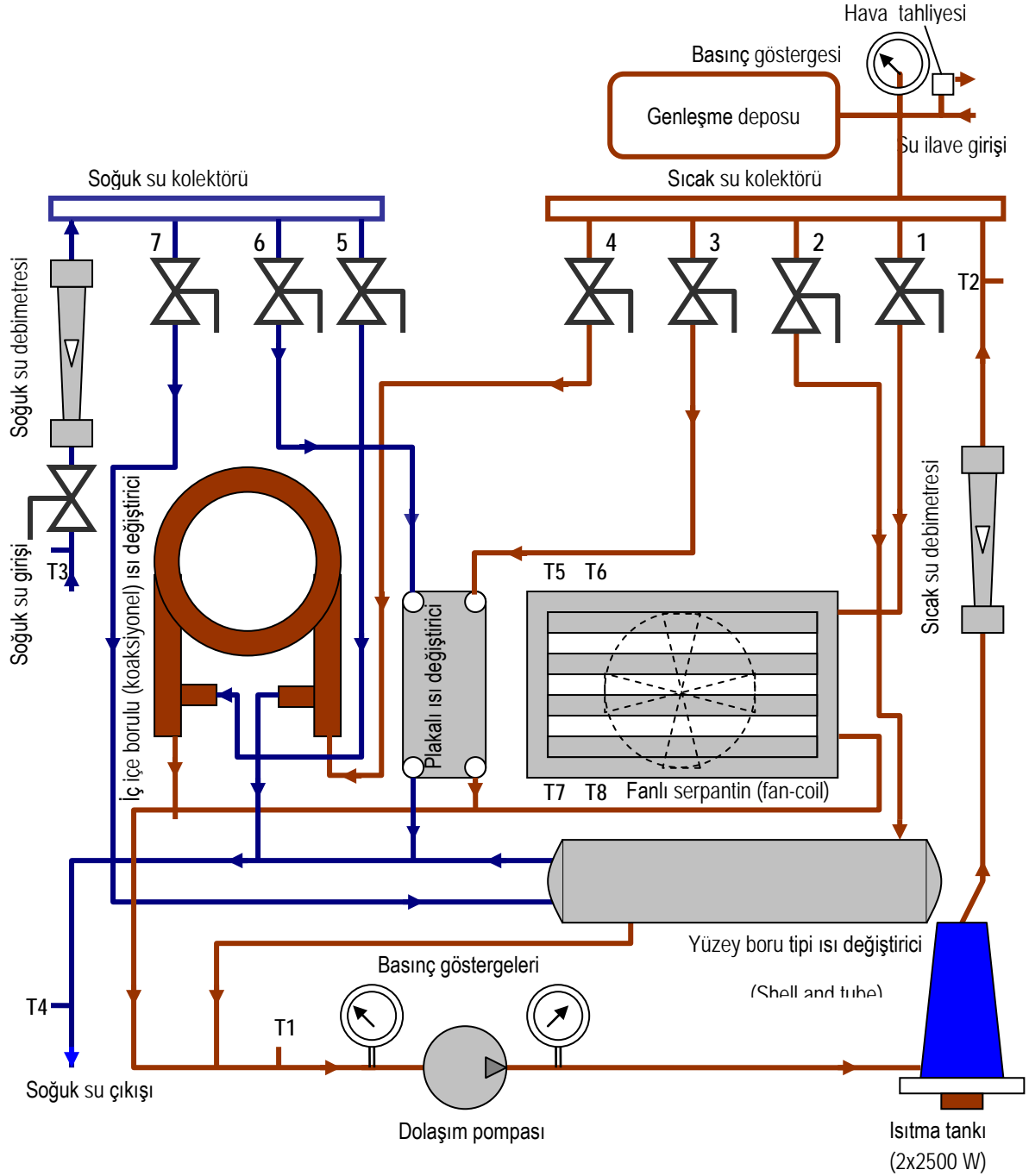
Mühendislik uygulamalarında en önemli ve en çok karşılaşılan konulardan birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı transferidir. Isı değiştiriciler, birbirine karışmaları engellenen, sıcaklıkları farklı iki akışkan arasında ısı değişimini sağlayan cihazlardır. Isı değiştiricilerinin pratikte geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Termik santraller, kimya ve gıda endüstrisi, atık ısının geri kazanımı, soğutma, ısıtma ve iklimlendirme tesisleri, ısı depolama sistemleri, yağ soğutma üniteleri ısı değiştiricilerinin başlıca uygulama alanlarıdır.

2. Deneyin Amaçları:

- Eş merkezli bir ısı değiştiricisinde paralel akışın gösterilmesi,
- Isı değiştiricileri için Termodinamiğin birinci kanununun yazılması,
- Toplam ısı geçiş katsayısının hesaplanması.

3. Deney Düzeneği:

Eş merkezli borular arasındaki ısı transferini incelemek için Şekil 1 'de görünen **HT320 Çoklu Isı Değiştirici Eğitim Seti** adlı deney düzeneği kullanılmaktadır. Deney düzeneği üzerinde birden fazla ısı değiştiricisi bulunmaktadır. Bunlar: İç içe borulu (koaksiyel) ısı değiştiricisi, plakalı ısı değiştiricisi, yüzey ve boru tipi ısı değiştiricisi, fanlı serpantin (fan-coil) tipi ısı değiştiricisidir. Isı değiştiricisinde farklı sıcaklıklarda en az iki akışkan bulunmalıdır. Burada sıcak akışkan olarak bir ısıtma tankı içerisinde 2500 W lık iki adet ısıtıcıyla ısıtılan sıcak su, soğuk akışkan olarak şebeke suyu kullanılmaktadır. Sıcak suyun dolaşımını sağlayan küçük bir pompa, deney düzeneğinin en alt bölgesine yerleştirilmiştir. Sıcak akışkanın debisi üç kademeli dolaşım pompası yardımıyla değiştirilebilmektedir. Deney düzeneğinin su giriş hortumu şebeke musluğuna bağlanarak sisteme soğuk su girişi sağlanmaktadır. Sıcak ve soğuk akışkanların debileri rotametreler yardımıyla ölçülmektedir. Isı değiştirici tipine bağlı olarak sıcak ve soğuk su kolektörlerindeki gerekli vanalar açılarak su giriş-çıkışı sağlanmaktadır.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.

4. Hesaplamalar:

- *Enerji dengesi*

Bir ısı değiştiricisinin performansı hakkında bilgi sahibi olabilmek için, ısı değiştiricisindeki toplam ısı geçişi ile akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları, toplam ısı geçiş katsayısı ve ısı geçişi toplam yüzey alanı arasında bir bağıntı bulunması gerekir.

Çevreye olan ısı kaybı, potansiyel ve kinetik enerjilerdeki değişimler ihmal edilmiştir. Ayrıca faz değişiminin olmadığı ve özgül ısıların sabit kaldığı kabul edilmiştir. Bu şartlara sahip bir ısı değiştiricisi için:

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_h C_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad \text{sıcak akışkandan olan ısı geçişi miktarı} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_2 = \dot{m}_c C_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \quad \text{soğuk akışkana olan ısı geçişi miktarı} \quad (2)$$

Termodinamiğin birinci kanunu analizi bize sıcak akışkanın entalpisindeki düşüşü ve soğuk akışkanın entalpisindeki yükselişi vermektedir. Bu da enerji dengesi olarak adlandırılır.

$$\dot{Q} = \dot{m}_h (h_o - h_i)_h + \dot{m}_c (h_o - h_i)_c \quad \text{veya} \quad (3)$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_h C_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) + \dot{m}_c C_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \quad (4)$$

Teoride bu denklemin değeri sıfırdır. Fakat deney sırasında meydana gelen kayıp ve tersinmezliklerden dolayı sonuç sıfırdan farklı çıkmaktadır.

- **Taşınum katsayısı ve toplam ısı geçirme katsayısı**

İç ve dış taraftaki ısı taşınum katsayısı belirlenirken Newton soğuma kanunundan yararlanılmaktadır.

$$Q = UA(\Delta T) \quad (5)$$

Burada;

U : toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 K$)

ΔT : ortalama sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

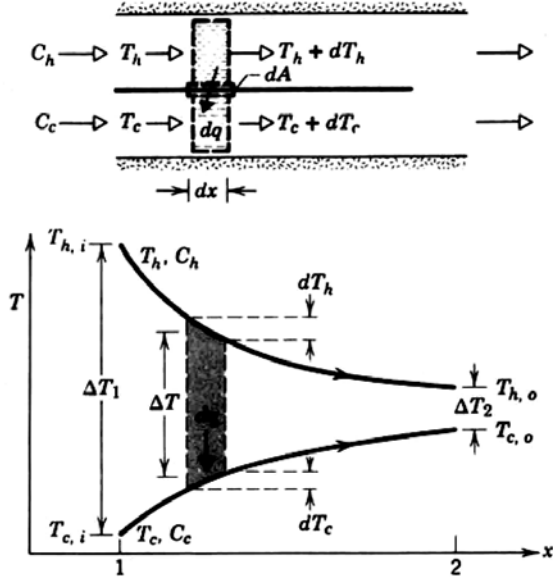
A : ısı transferi yüzey alanı (m^2)

Şekil 2'den görüldüğü gibi sıcaklık, ısı değiştiricisi boyunca paralel ve zıt akış durumları için akış doğrultusunda değişmektedir. Dolayısıyla uygun bir sıcaklık farkı elde etmek için logaritmik sıcaklık farkı kullanılmalıdır.

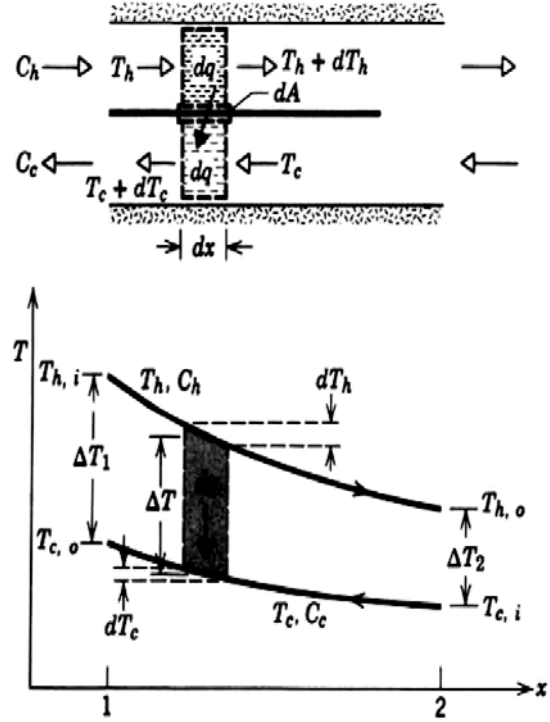
Cidar kalınlığının ince ve ısı iletim katsayısının büyük olduğu göz önüne alınarak cidardaki iletim terimi ihmal edilebilir. Bu kabuller altında kanatsız, borulu ısı değiştiricileri için toplam ısı geçirme katsayısı

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_h} + \frac{1}{h_c}} \quad (6)$$

Paralel akışlı ısı değıştircisi



Zıt akışlı ısı değıştircisi



Şekil 2. Paralel ve zıt akışlar için sıcaklıkların ısı değıştircisi boyunca değışimi.

Logaritmik ortalama sıcaklık farkı,

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (7)$$

Paralel akış için $\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,i}$ ve $\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,o}$

Zıt akış için $\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,o}$ ve $\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,i}$

Burada ΔT_{LM} ; logaritmik sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Isıtma suyuna verilen yük:

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_h C_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) = \dot{m}_h C_{p,h} (T_2 - T_1) \quad (8)$$

Soğutma suyuna aktarılan yük:

$$\dot{Q}_2 = \dot{m}_c C_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) = \dot{m}_c C_{p,c} (T_4 - T_3) \quad (9)$$

Kayıplar ihmal edildiği durumda $\dot{Q}_2 = \dot{Q}_1$ olacaktır.

$$\text{Isı geçirgenlik değeri: } U = \frac{\dot{Q}_1}{A \Delta T_{LM}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad A=0,0967 \text{ m}^2 \quad (10)$$

Bu durumda ortalama ısı taşınım katsayısı

$$\bar{h} = \frac{\dot{m}_c C_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o})}{A \Delta T_{LM}} \quad (11)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Buradan aşağıdaki gibi boyutsuz ısı transfer katsayısı olan ortalama Nusselt sayısı (\bar{Nu}) hesaplanabilir:

$$\bar{Nu} = \frac{\bar{h}d}{k} \quad (12)$$

Burada; k , soğuk akışkanın (su) ısı iletim katsayısıdır ve değeri ortalama sıcaklığa göre özellik tablosundan belirlenecektir.

Boru içinde akan su için Reynolds sayısı hesaplanırsa,

$$Re = \frac{4\dot{m}_c}{\pi D_i \mu} \quad (13)$$

(13) eşitliğinde yer alan soğuk akışkanın (su) kütleli debisi \dot{m}_c aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\dot{m}_c = \rho (kg / m^3) \times V (m^3 / s) \quad (14)$$

Burada; V hacimsel debidir ve (lt/h) biriminde Tablo 1 den okunabilir.

Soğuk akışkan için Prandtl sayısı hesaplanırsa,

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k} = \frac{\nu}{\alpha} \quad (15)$$

Burada;

μ : akışkanın dinamik viskozitesi,

k : akışkanın ısı iletim katsayısıdır.

Her iki büyüklüğün değeri ortalama sıcaklığa göre özellik tablosundan okunacaktır.

5. DENEYİN YAPILIŞI

- 1) Sigortalar açılıp (ON) konumuna getirilir.
- 2) Pompa çalıştırılır. Sıcak su kolektöründeki 4 no'lu, soğuk su kolektöründeki 5 no'lu vana açılır. Debiler 800 L/h'ye ayarlanır.
- 3) Isıtıcı anahtarları açılır. (2500 W)
- 4) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerleri aşağıdaki tabloya kaydedilir.

5) Tablo değerleri kullanılarak aşağıdaki hesaplamalar yapılır. Sıcak ve soğuk su için özgül ısı değerleri gerekli tablolardan yararlanılarak bulunur. Sıcak ve soğuk su için ortalama su sıcaklıkları kullanılır.

Tablo 1. Ölçülen değerler

Ölçüm sayısı	1	2	3	4
Sıcak su giriş sıcaklığı, T_1 [$^{\circ}$ C]				
Sıcak su dönüş sıcaklığı, T_2 [$^{\circ}$ C]				
Soğuk su giriş sıcaklığı, T_3 [$^{\circ}$ C]				
Soğuk su dönüş sıcaklığı, T_4 [$^{\circ}$ C]				
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [kW]				
Pompa ve fan giriş gücü, P_2 [kW]				
Pompa giriş basıncı, p_1 [MSS]				
Pompa çıkış basıncı, p_2 [MSS]				
Basınç kaybı, p_2-p_1 [MSS]				
Sıcak suyun debisi \dot{m}_1 (L/h)	800			
Soğuk suyun debisi \dot{m}_2 (L/h)	800			

6. DENEYDEN İSTENENLER

1. Deneyin amacı ve deney düzeneğinin tesisat şemasıyla birlikte kısaca tanıtılması.
2. Hesaplar kısmında verilen teorik bilgiye ve deney verilerine göre Tablo 2'deki değerlerin hesaplanması. (Raporda sadece bir ölçüm için hesaplama ayrıntılarının verilemesi gerekmektedir.)
3. Isı değiştiricisi boyunca akışkanların sıcaklık değişimini gösteren grafik($T(^{\circ}$ C)- $L(\text{mm})$)
4. Elde edilen sonuçlardan hareketle; $\frac{Nu}{Pr^{0.4}} = a(Re)^b$ gibi bir ifadeyle deney sonuçlarının genelleştirilmesi (a ve b katsayılarının tayin edilmesi)
5. Dittus-Boelter tarafından verilen $\frac{Nu}{Pr^{0.4}} = 0.023(Re)^{0.8}$ ve Kern tarafından verilen $\frac{Nu}{Pr^{0.4}} = 0.0115(Re)^{0.9}$ ifadeleri ile elde edilen ifadenin grafik ortamda karşılaştırılması.

(Her üç ifadenin; OY eksenini $\ln\left(\frac{Nu}{Pr^{0.4}}\right)$ ve OX eksenini $\ln(Re)$ olacak şekilde uygun bir ölçekle çizilmesi uygun olacaktır.)

6. Deneyin size katkısı nedir?

Tablo 2. Hesaplanacak büyüklükler.

Hesaplanacak büyüklükler	Deney No			
	1	2	3	4
Sıcak akışkanın ısı değiştiriciye giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkı				
Soğuk akışkanın ısı değiştiriciye giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkı				
Sıcak akışkan ile soğuk akışkan arasındaki ortalama logaritmik sıcaklık farkı; ΔT_{LM}				
Sıcak akışkanın kaybettiği ısı, \dot{Q}_1				
Soğuk akışkanın kazandığı ısı, \dot{Q}_2				
Isı geçirgenlik değeri, U				
Su için Nusselt (Nu) sayısı				
Soğuk akışkan (su) için Reynolds (Re) sayısı				
Soğuk akışkan (su) için Prandtl (Pr) sayısı				

HT-320 TEKNİK ÖZELLİKLER

MALZEMENİN ADI	ÖZELLİĞİ
Plakalı ısı değiştirici	Danfoss BS-027-24-3.0-H A=0,52 m ²
İç içe borulu ısı değiştirici (koaksiyel)	5/8"-7/8" A=πDL=3.14x0,016x1,9255=0,0967 m ²
Fanlı serpantin ünitesi (fan-coil)	HSK HAD-0-1 Alın yüzeyi A _y =0,025 m ² A=0,25 m ²
Yüzey boru ısı değiştirici (shell and tube)	Kontherm yağ soğutucu, A=0,15 m ²
Kapalı genleşme kabı	Kombi tipi, V=4/3πR ³ =4/3 π 0,1 ³ =0,0042 m ³
Dolaşım pompası	Alarko NPVO-26-P (1" boru bağlantılı), üç kademeli
Elektrik ısıtıcı	2x2500 W
Çok noktalı sayısal termometre	EVCO TM 103T N7 (-40 /+110°C)
Dimmer (fan hız kontrolü)	Vi-Ko (500 W)
Dış ölçüler	0,5x1,0x1,45 m

Tablo 3. Semboller

A	ısı transfer alanı	m ²
L	etkin uzunluk	m
C	özgül ısı	J kg ⁻¹ K ⁻¹
h	Entalpi	kJ kg ⁻¹
m	kütleli debi	kg s ⁻¹
T	Sıcaklık	°C
ρ	Yoğunluk	kg m ⁻³
α	Isıl yayınım katsayısı	
μ	Dinamik viskozite	
v	Kinematik viskozite	N s m ⁻²
k	ısı iletim katsayısı	W m ⁻¹ K ⁻¹
Nu	Nusselt sayısı	---
Re	Reynolds sayısı	---
Pr	Prandtl sayısı	---
ĥ	ortalama ısı taşınım katsayısı	W m ⁻² K ⁻¹
U	toplam ısı geçiş katsayısı	W m ⁻² K ⁻¹
Q	ısı geçiş miktarı	W

Tablo 4. İndisler

h	sıcak
c	soğuk
i	giriş
o	çıkış
LM	Logaritmik ortalama sıcaklık farkı