

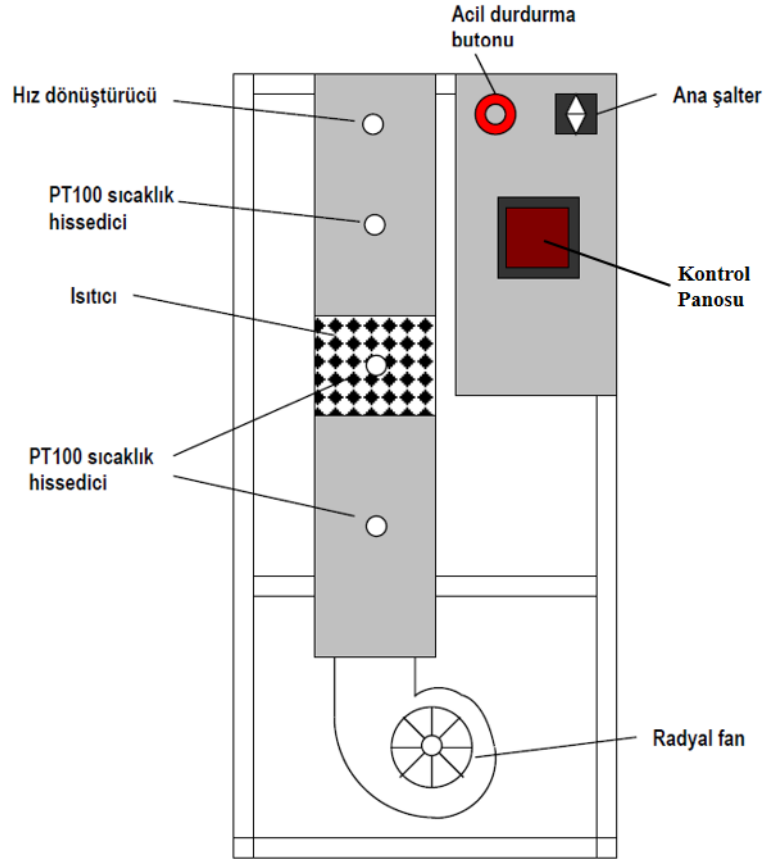


Termodinamik Laboratuvarı Dersi



Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deney Föyü

A) Deney Düzeneđi Şeması



B) Deney Setinde kullanılan Malzemeler

- Radyal fan (1 adet)
- Sıcaklık Ölçme Probu (3 adet)
- Hava hız dönüştürücü (1 adet)
- Düz levha tipi ısıtıcı ($60\text{mm} * 85\text{mm}$)
- Çubuklu tip ısıtıcı ($\phi 8\text{ mm} * 130\text{ mm}$)*9 adet
- Çoklu düz levha tipi ısıtıcı ($135\text{mm} * 90\text{ mm}$)*8 adet
- Hava kolonu ($140\text{ mm} * 80\text{ mm} * 750\text{ mm}$)

C) Isıtıcı Tipleri

Isıtıcılar kolon yuvasına arka taraftan takılmalıdır. Ayrıca enerji besleme kablosu cihaz kontrol panosunun arka yüzünde bulunan prize bağlanmalıdır.

1) Düz Levha Tipi Isı Değiştirici:

60 mm*85 mm ölçülerinde 1 adet levhadan oluşur.

$$A_s=0,0051 \text{ m}^2$$



2) Çoklu Düz Levha Tipi Isı Değiştirici:

90 mm*135 mm ölçülerinde 8 adet levhadan oluşur.

$$A_s=0,1944 \text{ m}^2$$



3) Çubuklu Tip Isı Değiştirici:

8 mm çap ve 130 mm uzunlukta 9 adet silindirik çubuklardan oluşur.

$$A_s=0,02941 \text{ m}^2$$



Deney No:1

Deneyin Adı: Farklı tip ısıtıcıların doğal ve zorlanmış taşınım hallerinde ısı verimlerinin hesaplanması

Deneyin Amacı: Farklı tip ısıtıcılarda doğal ve zorlanmış taşınım halleri için deneysel veriler ışığında ısı verimlerinin hesaplanması ve karşılaştırılması.

Deneyin Yapılışı:

- 1) Düz levha tipi ısıtıcıyı kolondaki yuvasına yerleştirin ve elektrik bağlantı kablosunu yuvasına takın.
- 2) Ana şalteri açın, ısıtıcıyı kontrol paneli yardımıyla en yüksek değere ayarlayın.
- 3) Fan hızını kontrol paneli yardımıyla en yüksek hıza ayarlayın.
- 4) Sistemin kararlı hale gelmesini bekleyin.
- 5) Sıcaklıklar dengeli hale geldiğinde aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) Fan hızını sıfıra ayarlayın. Sistemin kararlı hale gelmesini bekleyin.
- 7) Sıcaklıklar dengeli hale geldiğinde doğal taşınım değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 8) Ana şalteri kapatın.
- 9) 1-8 arası adımları diğer ısıtıcı tipleri için uygulayın.
- 10) Her üç tip ısıtıcı için tablo değerlerini kullanıp, örnekteki bağıntılar yardımıyla ısı verimlerini hesaplayınız.

Raporda İstenenler:

Deney no, deneyin adı ve amacı, farklı tip ısı değiştiricilerde doğal ve zorlanmış durum için ısı verim değerleri ve sonuçların yorumlanması.

Ölçüm	Düz Levha		Çoklu düz levha		Çubuklu levha	
	Zorlanmış	Doğal	Zorlanmış	Doğal	Zorlanmış	Doğal
Kolon hava hızı V [m/sn]						
Hava giriş sıcaklığı T_1 [°C]						
Isıtıcı yüzey sıcaklığı T_2 [°C]						
Hava çıkış sıcaklığı T_3 [°C]						
Fan voltajı U_1 [Volt]						
Fan akımı I_1 [Amper]						
Isıtıcı voltajı U_2 [Volt]						
Isıtıcı akımı I_2 [Amper]						

Hesaplamalar

Havaya aktarılan ısı gücü: $\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_3 - T_1)$ [W]

Hava debisi: $\dot{m} = \rho * \dot{V} = \rho * A * V_{ort} = \rho * A * (0,85) * V$ [kg/sn]

Kolon kesit alanı: $A = (140 \text{ mm} * 80 \text{ mm}) = 0,0112 \text{ m}^2$

C_p ve ρ değerleri Tablo'dan $T_{ort} = \frac{T_1 + T_3}{2}$ için bulunacak.

Elektriksel giriş gücü: $P = U_2 * I_2$ [W]

Fan giriş gücü: $P_f = U_1 * I_1$ [W]

Zorlanmış akış halinde ısı verim:

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{P + P_f}$$

Doğal akış halinde ısı verim:

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{P}$$

Hesaplamalar

$$\text{Havaya aktarılan ısı gücü: } \dot{Q} = \dot{m} C_p (T_3 - T_1) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$\text{Hava debisi: } \dot{m} = \rho * A * (0,85) * V \quad [\text{kg/sn}]$$

$$\text{Kolon kesit alanı: } A=0,0112 \text{ m}^2$$

$$C_p \text{ ve } \rho \text{ değerleri Tablo'dan } T_{ort} = \frac{T_1+T_3}{2} \text{ için bulunacak.}$$

$$\text{Toplam ısı geçişi: } \dot{Q} = K A_s \Delta T_{ln} \quad [\text{W}] \quad (2)$$

Burada;

$$K=\text{toplam ısı geçirgenlik katsayısı } [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

$$A_s=\text{Kullanılan ısı değiştiricinin yüzey alanı } [\text{m}^2]$$

$$\Delta T_{ln} = \text{Logaritmik ortalama sıcaklık farkı } [\text{K}]$$

Logaritmik ortalama sıcaklık farkı:

$$\Delta T_{ln} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_{\zeta}}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_{\zeta}}}$$

Burada;

$$\Delta T_g = (T_2 - T_1)$$

$$\Delta T_{\zeta} = (T_2 - T_3)$$

(1) ve (2) bağıntıları birleştirilip toplam ısı geçirgenlik katsayısı çekilirse;

$$K = \frac{\dot{Q}}{A_s \Delta T_{ln}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

Hesaplamalar

Bir borudaki akış, akış şartlarına bağlı olarak Laminer veya Türbülanslı olabilir, Akışkanların düşük hızlı akışları akım çizgili ve dolayısıyla Laminerdir; hız kritik değerin üzerine çıktığında Türbülanslı akışa dönüşür. Akışın hangi formda olduğu Reynold sayısı (Re) ile belirlenebilir;

$Re < 2300$ ise akış Laminer

$2300 < Re < 4000$ arası geçiş akışı

$Re > 4000$ Türbülanslı akış

Reynold sayısı(Re):

Dairesel bir borudaki akışta Reynold sayısı

$$Re = \frac{\rho * V_{ort} * D}{\mu} = \frac{V_{ort} * D}{\nu} \quad \text{olarak tanımlanır.}$$

Burada $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ akışkanın kinematik viskozitesidir.

Dairesel olmayan borulardaki akışta Reynolds sayısı, D_h hidrolik çap esas alınarak bulunur

$$Re = \frac{\rho * V_{ort} * D_h}{\mu} = \frac{V_{ort} * D_h}{\nu}$$

$$D_h = \frac{4 * A_c}{P}$$

Burada A_c akış kesit alanı, P ise ıslak çevre uzunluğudur.

$$\text{Yapılan deney için } Re = \frac{\rho * V_{ort} * D_h}{\mu} = \frac{(3,4) * V * A_c}{\nu * P} \quad \text{ifadesinden hesaplanabilir.}$$

Burada ;

$$A_c = 0,0112 \, m^2$$

$$P = (0,14 \, m + 0,08 \, m) * 2 = 0,44 \, m$$

ν akışkanın kinematik viskozite değeri ise Tablo'dan bulunacaktır.

Nusselt Sayısı(Nu):

Boyutsuz ısı transfer katsayısı olan Nusselt sayısı dairesel borular için

$$Nu = \frac{h * D}{k} \quad \text{bağıntısı ile bulunabilir.}$$

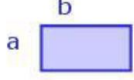
Dairesel olmayan borular için D_h hidrolik çap esas alınarak bulunur;

$$Nu = \frac{h * D_h}{k}$$

Laminer akışta Nu sayısı sabittir, ancak türbülanslı akışta Reynold ve Prandtl sayısının bir fonksiyonu şeklinde ifade edilir.

Bağıntı	Koşullar
$Nu_D = 3.66$	Laminar, sabit q'' , $Pr > 0.6$
$Nu_D = 4.36$	Laminar, sabit yüzey sıcaklığı, $Pr > 0.6$
$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$	Türbülanslı, $0.6 < Pr < 160$, $Re_D > 10000$, $L/D > 10$, ısıtma için $n=0.4$, soğutma için $n=0.3$

Laminer akış için Nu değerleri tablo halinde verilir.

Kesit	b/a	Sabit q''	Sabit yüzey sıcaklığı
	—	4.36	3.66
	1.0	3.61	2.98
	1.43	3.73	3.08
	2.0	4.12	3.39
	3.0	4.79	3.96
	4.0	5.33	4.44

Örnek;

$V = 1,5 \text{ m/sn}$ ve $T_3 = 300 \text{ K}$ için;

$$Re = \frac{(3,4) * V * A_c}{\nu * P} = \frac{(3,4) * (1,5) * (0,0112)}{(1,578 \times 10^{-5}) * (0,44)} = 8226,8, \quad Re > 4000 \text{ olduğundan türbülanslı akıştır.}$$

$$Nu = 0,023 * Re^{(0,8)} * Pr^{(0,4)} = 0,023 * 8226,8^{(0,8)} * 0,713^{(0,4)} = 27,2 \text{ bulunur.}$$

$$Nu = \frac{h * D_h}{k}$$

$$D_h = \frac{4 * A_c}{P} = \frac{4 * 0,0112}{0,44} = 0,1018$$

$$h = \frac{Nu * k}{D_h} = \frac{27,2 * 0,02623}{0,1018} = 7 \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

EK-1 Havanın atmosferik basınçtaki fiziksel özellikleri ($P_{\text{atm}}=101.325 \text{ kPa}$)

$T \text{ (K)}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$c_p \text{ (J/kg}\cdot\text{K)}$	$\mu \text{ (kg/m}\cdot\text{s)}$	$\nu \text{ (m}^2\text{/s)}$	$k \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$	$\alpha \text{ (m}^2\text{/s)}$	Pr
Air							
100	3.605	1039	0.711×10^{-5}	0.197×10^{-5}	0.00941	0.251×10^{-5}	0.784
150	2.368	1012	1.035	0.437	0.01406	0.587	0.745
200	1.769	1007	1.333	0.754	0.01836	1.031	0.731
250	1.412	1006	1.606	1.137	0.02241	1.578	0.721
260	1.358	1006	1.649	1.214	0.02329	1.705	0.712
270	1.308	1006	1.699	1.299	0.02400	1.824	0.712
280	1.261	1006	1.747	1.385	0.02473	1.879	0.711
290	1.217	1006	1.795	1.475	0.02544	2.078	0.710
300	1.177	1007	1.857	1.578	0.02623	2.213	0.713
310	1.139	1007	1.889	1.659	0.02684	2.340	0.709
320	1.103	1008	1.935	1.754	0.02753	2.476	0.708
330	1.070	1008	1.981	1.851	0.02821	2.616	0.708
340	1.038	1009	2.025	1.951	0.02888	2.821	0.707
350	1.008	1009	2.090	2.073	0.02984	2.931	0.707
400	0.8821	1014	2.310	2.619	0.03328	3.721	0.704
450	0.7840	1021	2.517	3.210	0.03656	4.567	0.703
500	0.7056	1030	2.713	3.845	0.03971	5.464	0.704
550	0.6414	1040	2.902	4.524	0.04277	6.412	0.706
600	0.5880	1051	3.082	5.242	0.04573	7.400	0.708
650	0.5427	1063	3.257	6.001	0.04863	8.430	0.712
700	0.5040	1075	3.425	6.796	0.05146	9.498	0.715
750	0.4704	1087	3.588	7.623	0.05425	10.61	0.719
800	0.4410	1099	3.747	8.497	0.05699	11.76	0.723
850	0.4150	1110	3.901	9.400	0.05969	12.96	0.725
900	0.3920	1121	4.052	10.34	0.06237	14.19	0.728
950	0.3716	1131	4.199	11.30	0.06501	15.47	0.731
1000	0.3528	1142	4.343	12.31	0.06763	16.79	0.733
1100	0.3207	1159	4.622	14.41	0.07281	19.59	0.736
1200	0.2940	1175	4.891	16.64	0.07792	22.56	0.738
1300	0.2714	1189	5.151	18.98	0.08297	25.71	0.738
1400	0.2520	1201	5.403	21.44	0.08798	29.05	0.738
1500	0.2352	1211	5.648	23.99	0.09296	32.64	0.735