



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MÜHENDİSLİKTE DENEYSEL METODLAR -I

TAŞINIM VE İŞİNİMLA
BİRLEŞİK ISI TRANSFERİ DENEY FÖYÜ

1. Deney Amacı

Farklı yüzey sıcaklıkları ve hava hızlarında, bir silindir yüzeyinden gerçekleşen ısı transferinde zorlanmış taşınımın etkisini belirlemek.

Zorlanmış taşınımına bağlı olarak, bir silindir için yüzey sıcaklığı ve hava hızı arasındaki ilişkiyi göstermek.

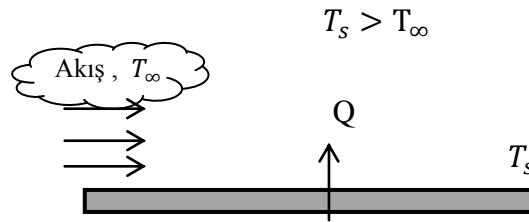
2. Teori

Bir yüzey, çevre sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta ise çevresiyle arasında ısı transferi gerçekleşecektir. Bu ısı transferi, havaya doğal taşınım, çevreye ise ışınım olur.

Taşınım İle Isı Transferi: Taşınım ile ısı geçişi, hareket halindeki bir akışkan ile onu çevreleyen yüzey arasında sıcaklık farkı olduğu zaman gerçekleşir. Genel olarak taşınım ile ısı transferi doğal ve zorlanmış taşınım olarak ikiye ayrılır. Zorlanmış taşınım, bir fan, vantilatör, pompa, vb. dış etkiler sonucu meydana gelirken doğal taşınım da akışı zorlayıcı dış etkiler yoktur. Doğal taşınım da akışkan hareketi akışkan içindeki kaldırma kuvvetleri ile oluşur. Kaldırma, akışkan içindeki yoğunluk gradyanı ile yoğunlukla orantılı bir gövde kuvvetinin birlikte olmaları sonucu doğar. Gövde kuvveti genellikle yer çekimi kuvvetidir. Bir akışkan içinde yoğunluk gradyanı ortaya çıkarabilecek farklı durumlar olmakla birlikte en genel olanı bir sıcaklık gradyanına bağlı yoğunluk farkıdır. Yoğunluk genellikle artan sıcaklıkla birlikte, akışkanın genleşmesinden dolayı azalır.

Doğal taşınım da bir yüzeyden olan ısı transferi, yüzey tarafından ısıtılan havanın yoğunluğunun değişmesiyle oluşan küçük hareketlerle sınırlıdır. Zorlanmış taşınım da ise, hava hareketi fazlasıyla artırılarak yüzeyden olan ısı transferi geliştirilir. Bu nedenle, aynı güç girişi ile yapılan bir deneyde zorlanmış taşınım a maruz kalmış yüzeyin sıcaklığı doğal taşınım a maruz bırakılmış yüzeyden daha düşük olacaktır.

Çevresinden yüksek sıcaklığa sahip bir yüzey, yine çevresi ile aynı sıcaklıkta hareketli bir hava ortamına yerleştirilmiş ise yüzeyden çevresine ve havaya ısı transferi oluşacaktır. Bu ısı transferi, zorlanmış taşınım a havaya ve ışınım a yüzeyin çevresine olan ısı transferinin birleşimidir. Bu deneyde basit bir şekilde ısı transferini hesaplamak için yatay bir silindir kullanılmıştır.



Şekil 1- Yatay bir plaka üzerinden taşınım ile ısı transferi

Taşınım ile ısı transferi Newton'un soğuma kanunu ile ifade edilir.

$$q = h(T_s - T_\infty) \quad (1)$$

T_s : Yüzey sıcaklığı (K),

T_∞ : Akışkan sıcaklığı (K),

h : ısı taşınım katsayısı (W/m²K)

Işınım ile Isı transferi:

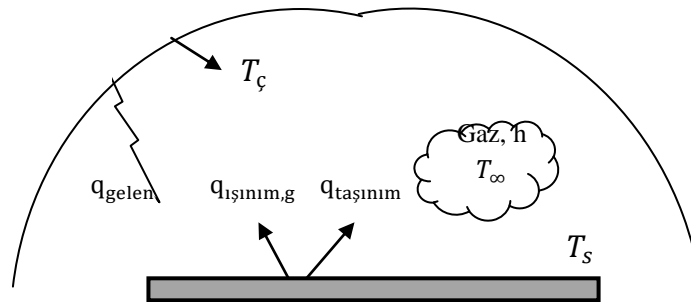
Sonlu sıcaklığa sahip tüm yüzeyler elektromagnetik dalgalar (ya da fotonlar) halinde enerji yayarlar. Bir yüzeyin ışınlama yaydığı ısı akısı Stefan –Boltzmann yasası ile aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$q = \xi \sigma T_s^4 \quad (2)$$

T_s : Yüzeyin mutlak sıcaklığı (K),

σ : Stefan- Boltzmann sabiti (W/m²K⁴)

ξ : yayma oranı ($0 \leq \xi \leq 1$)

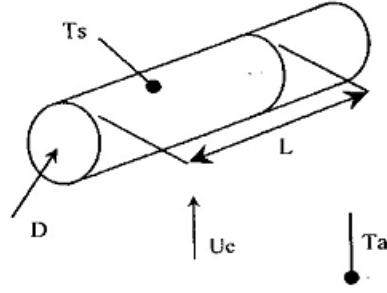


Şekil 2- Işınım ile ısı transferi

Yüzey üzerine çevresinden gelen ışınlamada söz konusudur. Bu durumda yüzey ile çevre arasındaki ışınlama net ısı geçişi:

$$q = \xi \sigma (T_s^4 - T_ç^4) \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır. Bu deney çalışmasında çapı D ve ısıtılan uzunluğu L olan bir silindir için doğal taşınım ve ışınlım etkileri incelenecektir. Düzenek tasarımında iletim ile ısı transferi minimize edilmiştir. Bu nedenle iletim ile ısı transferi hesaplamalarda ihmal edilecektir. Ancak gerçek uygulamalarda bu durum söz konusu değildir. Silindiri çevreleyen hava T_a sıcaklığında iken $T_s > T_a$ ise silindir yüzeyi ile temasta olan hava ısınmaya başlar. Bu nedenle havanın yoğunluğu azalır. Kaldırma kuvveti nedeniyle yukarı doğru bir akış meydana gelir. Böylece hava herhangi bir dış etki olmaksızın silindirden yukarı doğru hava akışı gerçekleşecektir.



Şekil 3- Deneyde kullanılan yatay silindir

Silindirden toplam ısı transferi	$Q_{tot} = Q_{fm} + Q_{rm}$	(4)
Zorlanmış taşınımına bağlı ısı transferi	$Q_f = Hf_m \cdot A \cdot (T_s - T_a)$	(5)
Işınım ile ısı transferi	$Q_r = Hr_m \cdot A \cdot (T_s - T_a)$	(6)
Isı transferi alanı	$A = \pi \cdot D \cdot L$	(7)

Işınım ile ısı transferi için ortalama ısı transferi katsayısı denklem (3) ve (6) kullanılarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$Hr_m = \sigma \cdot \xi \cdot F \frac{(T_s^4 - T_a^4)}{(T_s - T_a)} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (8)$$

F : şekil faktörü (=1 alınacaktır)

Zorlanmış taşınım ile ısı transferi için ortalama ısı transferi katsayısı aşağıdaki adımlar izlenerek bulunabilir.

$$Hf_m = \frac{k \cdot Nu_m}{D} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (9)$$

Nu_m : Ortalama Nusselt Sayısı

k : Havanın ısı iletim katsayısı (W/m.K)

D : silindir çapı (m)

Nu_m sayısını hesaplamak için aşağıdaki (10) numaralı ampirik denklem kullanılabilir. (SW Churchill and M Bernstein, A correlating equation for forced convection from gases and liquids to a circular cylinder in crossflow, Journal of Heat Transfer, 99: 300-306)

$$Nu_m = 0,3 + \frac{(0,62Re^{0,5}Pr^{0,33})}{\left(1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{0,66}\right)^{0,25}} \left(1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{0,5}\right) \quad (10)$$

Re = Reynolds Sayısı ($Uc \cdot D/\nu$)

Pr = Havanın Prandtl sayısı

Uc = Düzeltilmiş hava hızı (m/s)

Düzeltilmiş hava hızı $Uc = 1,22 Ua$ (m/s)

(kanal içerisinde silindir havanın hareketini engeller ve havanın hızının bir miktar düşmesine neden olur.)

Isıtılmış silindire sağlanan gerçek güç:

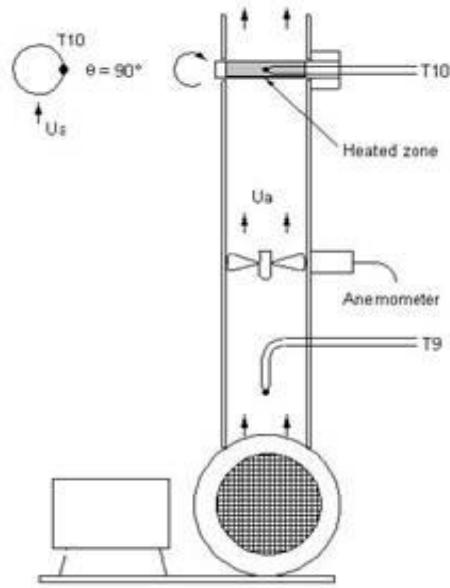
$$Q_{in} = V \cdot I \quad (W) \quad (11)$$

ifadesiyle hesaplanabilir.

3. Deneyin Yapılışı

Deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 4' de verilmiştir. Taşınım ve ışınlım birleşik deney cihazı dikey bir çıkış kanalı ve bu kanalın tabanına monte edilmiş bir santrifüj pompadan oluşur. Kanalın çıkışına elektrikle ısıtılan yatay bir silindir bağlanmıştır. Isıtıcı eleman 24 voltta 100 Watt' lık güç üretir. Yatay silindire sağlanan güç değiştirilebilir. Silindirin montaj düzenlemesi kanal duvarlarından ısı iletimi en az olacak şekilde düzenlenmiştir. Böylece düzenekte ışınlım ve taşınım etkisinin birlikte incelenmesi sağlanmış olur. Isıtılmış silindirin duvarına bir ısı çifti (T10) bağlanmıştır. Bu ısı çifti ile ısı transferinin hesaplanmasına yarayan yüzey sıcaklığı ölçülmektedir. Yalıtılmış bir gömlek yatay silindirle birlikte ısı çiftinin (T10) eksenini etrafında dönmesini sağlarken kilitleme vidası herhangi bir konumda sabit kalmasını sağlar. Sistem maksimum ısıtıcı gücünde doğal taşınım altında çalıştırıldığında silindir yüzeyindeki sıcaklık 600°C' yi aşar. Kanalın orta kısmında hava hızını ölçmeye yarayan bir anemometre bulunur.

ışınlım ve zorlanmış taşınım ile yatay silindirden olan ısı transferine bağlı olarak silindirin yüzey sıcaklığı ölçülecektir ve elde edilen sonuçlar teorik analiz ile karşılaştırılacaktır. Bunun için ilk olarak fan hızı 0.5 m/s hıza ayarlanarak ısıtıcı 20 Volta getirilir ve sistemin stabil olması beklenir. T10 sıcaklığı gözlemlenerek stabil olduğunda Ua , $T9$, $T10$, V , I değerleri kaydedilir. Fan hızı sırasıyla 1,2,3,4,5,6 ve 7 m/s hıza ayarlanarak stabil durumda ölçümler alınır ve deney tamamlanır.



Şekil 4- Deneş düzeneğinin Şematik resmi

4. Deneş Verileri

Deneşden alınan veriler ile aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Fan hızı U_a (m/s)	Isıtıcı voltajı V (Volts)	Isıtıcı akımı I (Amps)	Sistem girişindeki havanın sıcaklığı T_9 (°C)	Silindir yüzeyinin sıcaklığı T_{10} (°C)
0,5 m/s				
1 m/s				
2 m/s				
3 m/s				
4 m/s				
5 m/s				
6 m/s				
7 m/s				

Bu deneş için sabit değerler:

Silindir çapı (m)	$D=0,01$
Isıtılmış silindirin uzunluğu (m)	$L=0,07$
Yüzey yayma oranı	$\xi=0,95$
Stefan Boltzman sabiti (w/m^2K^4)	$\sigma=56,7 \times 10^{-9}$

Her bir veri takımını için aşağıdaki değerler hesaplanmalıdır.

		Ua=0,5 m/s	Ua=1 m/s	Ua=2 m/s	Ua=3 m/s	Ua=4 m/s	Ua=5 m/s	Ua=6 m/s	Ua=7 m/s
Isı akışı (Watts)	$Q_{in} = V \cdot I$								
Düzeltilmiş hava hızı (m/s)	$U_c = 1,22 U_a$								
Isı transfer alanı (m ²)	$A_s = \pi \cdot D \cdot L$								
Zorlanmış taşınım ile ısı trans. Kat. (W/m ² K)	$H_{f_m} = \frac{k \cdot Nu_m}{D}$								
Işınım ile ısı transfer katsayısı (W/m ² K)	$H_{r_m} = \sigma \cdot \xi \cdot F \frac{(T_s^4 - T_a^4)}{(T_s - T_a)}$								
Zorlanmış taşınım ile ısı trans. (W)	$Q_f = H_{f_m} \cdot A \cdot (T_s - T_a)$								
Radyasyonla olan ısı transferi (W)	$Q_r = H_{r_m} \cdot A_s \cdot (T_s - T_a)$								
Toplam ısı transferi (W)	$Q_{tot} = Q_f + Q_r$								

5. Deney Raporunda İstenenler

Q_{tot} teorik ısı transferi değeri ile ölçülen (sisteme verilen) Q_{in} değerini karşılaştırın ve aradaki farklılıkların nedenlerini açıklayınız.

Hesaplanan ışınlama ısı transferi Q_r ve zorlanmış taşınım ısı transferini Q_f karşılaştırınız.

T10 yüzey sıcaklığına karşılık, düzeltilmiş hava hızı U_c değerlerinden oluşan bir grafik çizdiriniz ve aradaki ilişkiyi gözlemleyiniz.

Sabit bir ısı girişi Q_{in} için, sisteme giren hava hızı arttırıldığında silindir yüzey sıcaklığı değişimini gözlemleyiniz.