



T.C.

GAZI ÜNİVERSİTESİ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

BÖLÜMÜ

ISI LABORATUVARI

DOĞAL VE ZORLANMIŞ TAŞINIM

DENEY FÖYÜ

1. DENEYİN AMACI

Bu deneyin amacı, doğal ve zorlanmış taşınım koşullarında ısı transferinin temel davranışlarını deneysel olarak gözlemlemek ve ölçülen veriler üzerinden değerlendirmektir. Bu kapsamda;

1. Güç ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki incelenecek ve bu ilişkinin doğal ve zorlanmış taşınım durumlarında nasıl değiştiği karşılaştırılacaktır,
2. Zorlanmış taşınımında akış hızının yüzey sıcaklığı ve ısı transferi miktarı üzerindeki etkisi incelenecektir,
3. Farklı yüzey geometrilerinin (düz, kanatçıklı ve pimli yüzeyler) kullanılmasıyla, genişletilmiş yüzeylerin ısı transferine katkısı karşılaştırılacaktır.

2. TEORİ

Endüstride kullanılan birçok ısıtıcı, soğutucu ve ısı değiştirici cihazda ısı transferi, iletim ve taşınım mekanizmalarının birlikte etkisiyle gerçekleşir. Bu tür sistemlerde çoğu zaman taşınım, ısı transferinde baskın rol oynar. Gaz veya sıvı haldeki bir akışkan, sıcaklığı farklı olan bir katı yüzey boyunca hareket ederken, aradaki sıcaklık farkı nedeniyle ısı alışverişi gerçekleşir. Bu olaya ısı taşınımı denir.

Taşınım ile transfer edilen ısı miktarı; yüzey alanına, sıcaklık farkına ve ısı taşınım katsayısına bağlıdır. Bu nedenle taşınım problemleri genellikle ısı taşınım katsayısının belirlenmesine odaklanır. Isı taşınımı, Newton'un Soğuma Kanunu ile aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$Q_{\text{taşınım}} = h A (T_y - T_{\infty})$$

Bu denklemde; Q (W) Taşınım ile transfer edilen ısı miktarını, h (W/m².°C) Isı taşınım katsayısını, A (m²) Isının transfer edildiği alanı, T_y (°C) Yüzey sıcaklığını, T_{∞} (°C) Akışkan sıcaklığını ifade etmektedir.

Isı taşınımı, akışkanın hareket biçimine bağlı olarak doğal ve zorlanmış taşınım olmak üzere iki şekilde incelenir. Akışkan hareketi fan, pompa gibi dış bir etkiyle sağlanıyorsa bu durum zorlanmış taşınım olarak adlandırılır. Buna karşılık, akışkanın hareketi yalnızca sıcaklık farkına bağlı yoğunluk değişimleri sonucu kendiliğinden oluşuyorsa doğal taşınım söz konusudur.

2.1. Zorlanmış Taşınım

Zorlanmış taşınım durumunda ısı transferi, akışkanın hızına bağlı olarak değişir ve analiz genellikle boyutsuz sayılar yardımıyla yapılır. Öncelikle akış rejimini belirlemek için Reynolds sayısı hesaplanır. Reynolds sayısına bağlı olarak uygun Nusselt sayısı bağıntısı seçilir. Elde edilen Nusselt sayısı kullanılarak ısı taşınım katsayısı belirlenir. Bu yaklaşımda akışkan özellikleri (yoğunluk, viskozite, ısıl iletkenlik vb.) genellikle ortalama sıcaklıkta veya film sıcaklığında alınır ve sonuçta yüzey ile akışkan arasındaki ısı taşınım katsayısı h hesaplanabilir.

$$Re = \frac{V L_c}{\nu} = \frac{\rho \cdot V \cdot L_c}{\mu} \rightarrow Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{k} \rightarrow Nu = C \cdot Re_L^m \cdot Pr^n \rightarrow Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L_c}$$

Bu bağıntılarda V akışkan hızını, L_c karakteristik uzunluğu, ν kinematik viskoziteyi, μ dinamik viskoziteyi, ρ yoğunluğu, c_p özgül ısıyı, k akışkanın ısıl iletkenlik katsayısını, Re Reynolds sayısını, Pr Prandtl sayısını, Nu Nusselt sayısını ve h ısı taşınım katsayısını ifade etmektedir.

Bu deneyde zorlanmış taşınım analizi; düz levha, kanatçıklı levha ve silindirik pimli levha için farklı yaklaşımlar kullanılarak gerçekleştirilecektir. Düz levha için klasik levha korelasyonları kullanılırken, kanatçıklı levha için

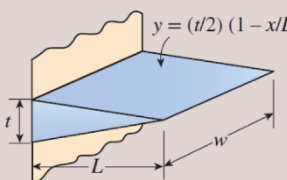
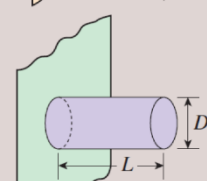
geniştirilmiş yüzeylere özgü yöntemler, pimli levha için ise boru demetleri üzerinden akışın analizi için özel geliştirilmiş bağıntılar kullanılacaktır. Bu nedenle Reynolds ve Nusselt sayıları her yüzey tipi için uygun yöntemle belirlenerek ısı taşınım katsayısı h hesaplanacaktır.

Deney düzeneğinde akış kanal içerisinde gerçekleşmesine rağmen, ısıtılan yüzey kanal cidarının tamamı değil, kanal içerisine yerleştirilen levha yüzeyidir. Bu nedenle zorlanmış taşınım hesabında, akış yönündeki levha uzunluğu karakteristik uzunluk olarak alınarak düz levha üzerinden dış akış bağıntıları kullanılacaktır. Bu kapsamda, aşağıda verilen Nusselt sayısı bağıntılarından uygun olanı kullanılacaktır.

Laminer akış için : $Nu = \frac{hL}{k} = 0.664 Re_L^{0.5} Pr^{1/3} \quad Re_L < 5 \times 10^5, Pr > 0.6$

Türbülanslı akış için : $Nu = \frac{hL}{k} = 0.037 Re_L^{0.8} Pr^{1/3} \quad 5 \times 10^5 \leq Re_L \leq 10^7, 0.6 \leq Pr \leq 60$

Kanatçıklı ve pimli yüzeylerde ısı transferi, kanat geometrisine bağlı olarak değişmektedir. Şekilde, yaygın olarak kullanılan iki farklı kanat tipi için temel parametreler ve verim bağıntıları gösterilmektedir.

Yaygın kanat geometrileri için verim ve yüzey alanları			Modifiye Bessel fonksiyonları (birinci tür)					
Düz Üçgen Kanatlar			x	$e^{-x}I_0(x)$	$e^{-x}I_1(x)$	x	$e^{-x}I_0(x)$	$e^{-x}I_1(x)$
$m = \sqrt{2h/kt}$	$\eta_{fin} = \frac{1}{mL} \frac{I_1(2mL)}{I_0(2mL)}$		0.0	1.0000	0.0000	3.4	0.2264	0.1892
$A_{fin} = 2w\sqrt{L^2 + (t/2)^2}$			0.2	0.8269	0.0823	3.6	0.2193	0.1856
			0.4	0.6974	0.1368	3.8	0.2129	0.1821
			0.6	0.5993	0.1722	4.0	0.2070	0.1788
			0.8	0.5241	0.1945	4.2	0.2016	0.1755
			1.0	0.4658	0.2079	4.4	0.1966	0.1725
			1.2	0.4198	0.2153	4.6	0.1919	0.1695
			1.4	0.3831	0.2185	4.8	0.1876	0.1667
			1.6	0.3533	0.2190	5.0	0.1835	0.1640
			1.8	0.3289	0.2177	5.2	0.1797	0.1614
			2.0	0.3085	0.2153	5.4	0.1762	0.1589
			2.2	0.2913	0.2121	5.6	0.1728	0.1565
			2.4	0.2766	0.2085	5.8	0.1697	0.1542
			2.6	0.2639	0.2047	6.0	0.1667	0.1521
			2.8	0.2528	0.2007	6.5	0.1598	0.1469
			3.0	0.2430	0.1968	7.0	0.1537	0.1423
			3.2	0.2343	0.1930	7.5	0.1483	0.1380
Dairesel Pim Kanatlar								
$m = \sqrt{4h/kD}$	$\eta_{fin} = \frac{\tanh mL_c}{mL_c}$							
$L_c = L + D/4$								
$A_{fin} = \pi D L_c$								

Şekil 1. Kanat verimi hesabında kullanılan tablo ve bağıntılar

Üstte verilen düz üçgen kanatlar, tabanda kalın başlayıp uçta incelen bir geometriye sahiptir. Bu tip kanatlarda sıcaklık, kanat boyunca azalmakta olup, ısı iletimi ve taşınım birlikte gerçekleşmektedir. Kanat verimi, bu sıcaklık dağılımını dikkate alacak şekilde özel fonksiyonlar yardımıyla ifade edilmektedir.

Altta verilen dairesel pim kanatlar ise silindirik yapıda olup, yüzeyden akışkan içine doğru uzanan elemanlardır. Bu kanatlarda ısı transferi, pim boyunca iletim ve yüzeyden taşınım ile gerçekleşir. Pim kanatlar için verim, daha basit bir bağıntı ile ifade edilebilmekte ve etkin kanat boyu (L_c) dikkate alınmaktadır.

Kanat verimi (η_{fin}):

Kanatın, ideal durumda sağlayabileceği ısı transferine göre gerçekte ne kadar etkili çalıştığını gösterir.

$$\eta_{fin} = \frac{\dot{Q}_{fin}}{\dot{Q}_{fin,max}} = \eta_{fin} = \frac{\text{Kanatın gerçekleşen gerçek ısı transferi hızı}}{\text{Kanatın tamamı taban sıcaklığında olsaydı gerçekleşecek ideal ısı transferi hızı}}$$

Kanat etkinliği (ϵ_{fin}):

Kanatın, aynı taban alanına sahip kanatsız yüzeye göre ısı transferini ne kadar artırdığını gösterir.

$$\epsilon_{kanat} = \frac{\dot{Q}_{kanat}}{\dot{Q}_{kanatsız}} = \frac{\dot{Q}_{kanat}}{hA_b(T_b - T_\infty)}$$

$$\epsilon_{kanat,toplam} = \frac{Q_{toplam,kanatlı}}{Q_{toplam,kanatsız}} = \frac{h(A_{düz} + \eta_{kanat}A_{kanat})(T_b - T_{\infty})}{hA_{kanatsız}(T_b - T_{\infty})} = \frac{A_{düz} + \eta_{kanat}A_{kanat}}{A_{kanatsız}}$$

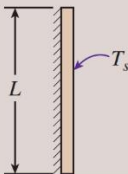
2.2. Doğal Taşınım

Doğal taşınımında akışkan hareketi, sıcaklık farkına bağlı yoğunluk değişimlerinden kaynaklanır. Bu tür akışlarda öncelikle Grashof sayısı hesaplanır ve bu değer, Prandtl sayısı ile birlikte kullanılarak Rayleigh sayısı elde edilir. Rayleigh sayısına bağlı olarak uygun bağıntı seçilerek Nusselt sayısı belirlenir. Elde edilen Nusselt sayısı yardımıyla ısı taşınım katsayısı h hesaplanır. Doğal taşınımında akış, zorlanmış taşınımına göre daha zayıf olduğundan genellikle daha düşük ısı taşınım katsayıları elde edilir.

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_{\infty}) L_c^3}{\nu^2} \rightarrow Ra_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_{\infty}) L_c^3}{\nu^2} Pr \rightarrow Nu = C \cdot Ra_L^n \rightarrow Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L_c}$$

Bu bağıntılarda g yerçekimi ivmesini, β hacimsel genleşme katsayısını, T_s yüzey sıcaklığını, T_{∞} ortam (akışkan) sıcaklığını, L_c karakteristik uzunluğu, ν kinematik viskoziteyi, Pr Prandtl sayısını, Ra Rayleigh sayısını, Nu Nusselt sayısını, k akışkanın ısıl iletkenlik katsayısını ve h ısı taşınım katsayısını ifade etmektedir. Gazlar için hacimsel genleşme katsayısı (β), ideal gaz yaklaşımı altında yaklaşık olarak $\beta \approx \frac{1}{T}$ şeklinde alınabilir. Burada T mutlak sıcaklık olup Kelvin cinsinden ifade edilmelidir.

Grashof sayısı yukarıdaki bağıntı kullanılarak hesaplandıktan sonra, akışkana ait özellikler (özellikle k) uygun özellik tablolarından belirlenir. Elde edilen değerler kullanılarak Rayleigh sayısı hesaplanır. Daha sonra aşağıda verilen tablo yardımıyla, sistemin geometrisine ve akış koşullarına uygun Nusselt bağıntısı seçilir ve Nusselt sayısı belirlenir. Son olarak, $Nu = \frac{hL_c}{k}$ ilişkisi kullanılarak ısı taşınım katsayısı (h) hesaplanır.

Geometri	Karakteristik Uzunluk L_c	Ra Aralığı	Nu Denklemi
Dikey Levha 	L	10^4-10^9 10^9-10^{13} Tüm değerler için geçerli	$Nu = 0.59 Ra_L^{1/4}$ $Nu = 0.1 Ra_L^{1/3}$ $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ Daha karmaşık ama en isabetli denklem bu
Yatay levha (yüzey alanı A_s ve çevresi p) (a) Sıcak bir levhanın üst yüzeyi (veya soğuk bir levhanın alt yüzeyi)  (b) Sıcak bir levhanın alt yüzeyi (veya soğuk bir levhanın üst yüzeyi) 	A_s/p	10^4-10^7 10^7-10^{11} 10^5-10^{11}	(a) $Nu = 0.54 Ra_L^{1/4}$ (a) $Nu = 0.15 Ra_L^{1/3}$ (b) $Nu = 0.27 Ra_L^{1/4}$

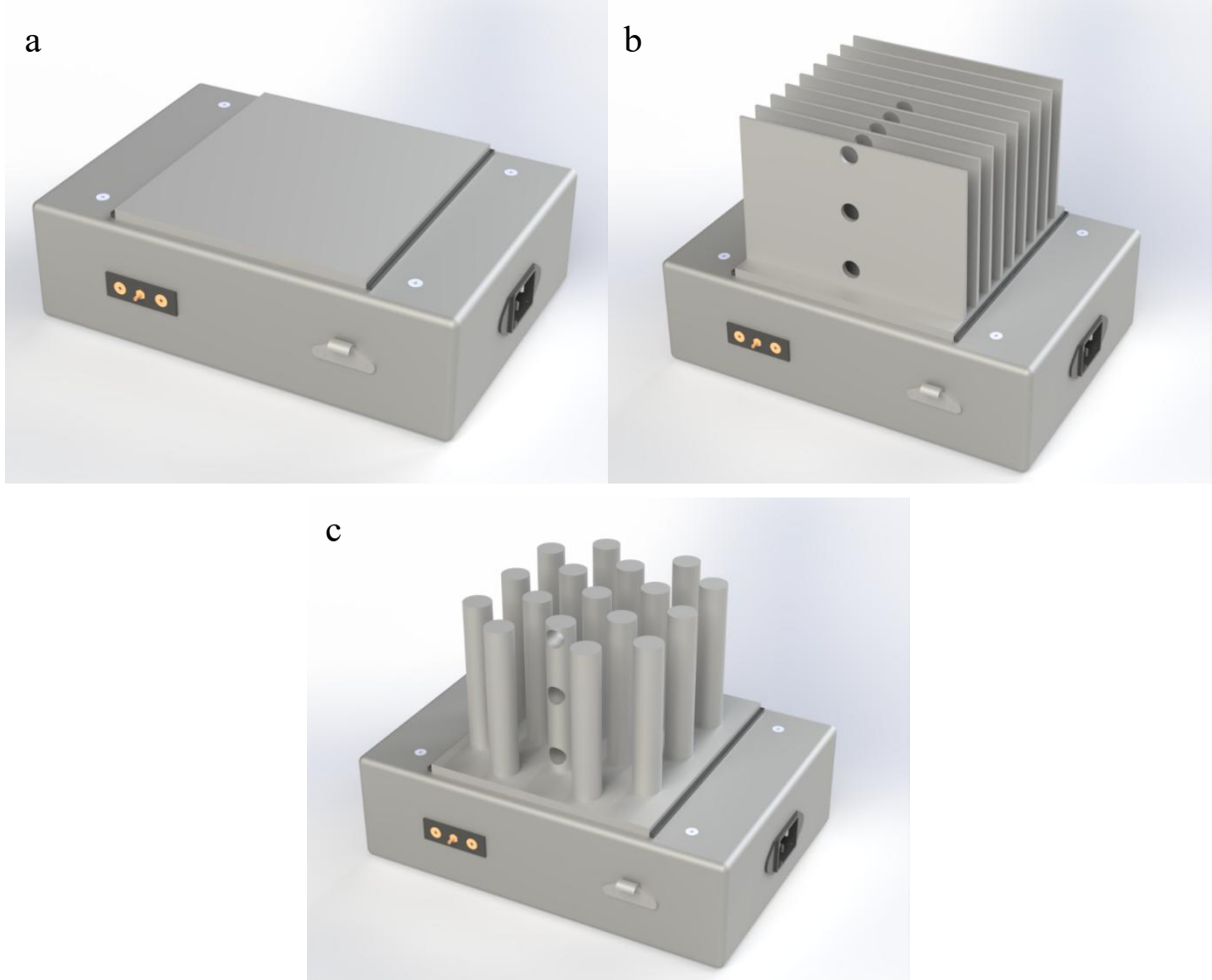
Şekil 2. Doğal taşınımında dikey ve yatay yüzeyler için Ra - Nu bağıntıları

3. DENEY DÜZENEGİ

Isı taşınımı deney düzeneği; çıkışında hava hızı ayarı için bir fan bulunan düşey hava kanalı, bu kanal içerisine

yerleştirilebilen farklı yüzey geometrilerine sahip metal bloklar, harici bir termometreli anemometre ve bir ana konsoldan oluşmaktadır.

Deney düzeneğinde üç farklı yüzey tipinin karşılaştırılması mümkündür. Bunlar; düz yüzey, kanatçıklı genişletilmiş yüzey ve silindirik pimli genişletilmiş yüzeydir. Bu yüzey özelliklerine sahip levhalar, her biri elektriksel bir ısıtıcı ve sıcaklık ölçüm sensörü barındıran üç farklı metal bloğa monte edilmiştir. Bu bloklar düşey hava kanalına yerleştirilebilmekte ve kanalın iki yanında bulunan metal mandallar yardımıyla sabitlenebilmektedir. Deney düzeneği 230 V şebeke gerilimi ile çalışmakta olup, bloklardaki ısıtıcılar için gerekli enerji, blokların alt kısmında bulunan güç girişinin ana konsola bağlanması ile sağlanmaktadır.



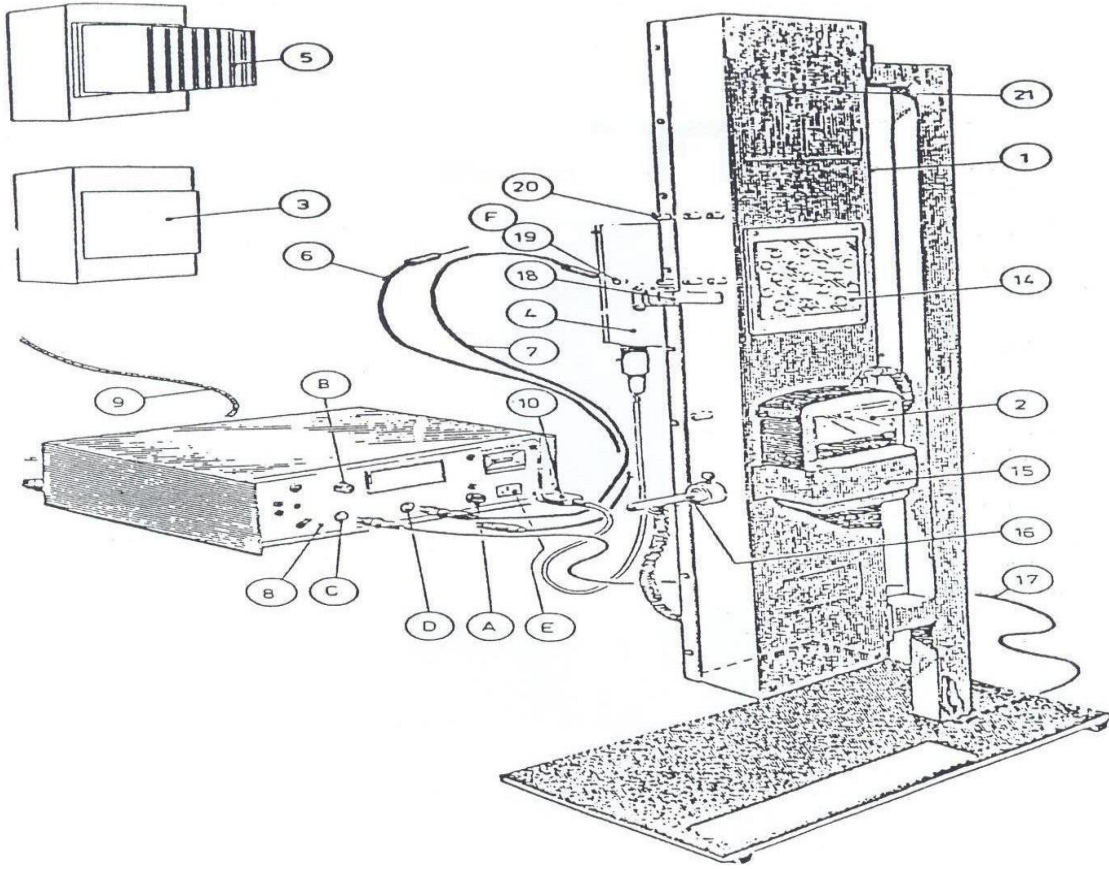
Şekil 3. Deney setinde kullanılan levha blokları (a: düz levha, b: kanatçıklı levha, c: pimli levha)

Kanal içerisindeki hava hızı ve sıcaklığı, harici bir termometreli anemometrenin kanal üzerinde bulunan ölçüm deliğine yerleştirilmesi ile ölçülmektedir. Blokların dip yüzey sıcaklığı ise, bloklara entegre edilmiş termokupl sensörler aracılığıyla ölçülmekte ve konsol üzerinden okunabilmektedir.

Kanatçıklı ve pimli levhalar, genişletilmiş yüzey boyunca farklı konumlardan sıcaklık ölçümü yapılabilmesine imkân sağlayan deliklere sahiptir. Bu delikler, levha yüzeyinden 8 mm, 25 mm ve 56 mm uzaklıklarda konumlandırılmıştır. Aynı doğrultuda, hava kanalı üzerinde de karşılık gelen ölçüm delikleri bulunmaktadır. Bu sayede, ana konsola bağlanan termokupl probu kullanılarak levha dip yüzeyinden itibaren belirli uzaklıklardaki yüzey sıcaklıkları ölçülebilmektedir.

Sistem kontrolü, tüm bağlantıların yapıldığı ana konsol üzerinden gerçekleştirilmektedir. Isıtıcı gücü ve fan hızı

ayarlarının da yapıldığı bu konsolda, ısıtıcı gücü 0 - 100 W aralığında ayarlanabilmekte ve dijital göstergeden doğrudan izlenebilmektedir. Fan hızı ise konsol üzerindeki kontrol elemanı ile 0 - 2.5 m/s aralığında ayarlanabilmektedir.



Şekil 4. Doğal ve zorlanmış taşınım deney düzeneği

Şekil 4'te gösterilen deney düzeneği temel olarak dikdörtgen kesitli bir hava kanalından (1) oluşmaktadır. Kanal bir tabla üzerine yerleştirilmiş olup, üzerine farklı yüzey geometrilerine sahip levhaların yerleştirilebildiği bir bölge bulunmaktadır. Düz levha (3), pimli levha (4) ve kanatçıklı levha (5) bu bölgeye yerleştirilerek, (18) numaralı kelepçeler yardımıyla sabitlenebilmektedir.

Her levha, içerisinde elektriksel bir ısıtıcı barındıran bir metal bloğa monte edilmiştir. Levha yüzey sıcaklıkları, bloklara entegre edilmiş termokupl sensörler aracılığıyla ölçülmekte ve bu ölçümler konsol üzerinden okunabilmektedir. Ayrıca, harici bir termokupl probu kullanılarak kanal içerisindeki hava sıcaklığı da ölçülebilmektedir.

Kanal çıkışında bulunan ve (21) numara ile gösterilen fan sayesinde sistemde zorlanmış taşınım koşulları oluşturulabilmektedir. Fan hızı, konsol üzerinde (B) harfi ile gösterilen kontrol elemanı yardımıyla ayarlanabilmektedir. Kanal içerisindeki hava hızı ise, kanal üzerinde bulunan (15) numaralı ölçüm deliğine yerleştirilen anemometre probu ile ölçülmektedir.

Şekilde (8) numara ile gösterilen kontrol konsolu, ısıtıcı gücünün ayarlanmasını ve ölçüm verilerinin izlenmesini sağlayan birimdir. Konsol üzerinden levhalara verilen güç ayarlanabilmekte, fan hızı kontrol edilebilmekte ve sıcaklık değerleri dijital göstergeden takip edilebilmektedir. Sistem, şebeke gerilimi ile çalışmakta olup gerekli elektriksel bağlantılar ilgili kablolar aracılığıyla sağlanmaktadır.

4. DENEYİN YAPILIŞI

Deneylerde ölçümler, ısıtıcı gücü ayarlandıktan sonra sistem kararlı hale ulaştığında alınmalıdır. Özellikle düz levha ile yapılan deneylerde, düşük ısı taşınım katsayısı ve ısıl atalet nedeniyle kararlı duruma ulaşılması zaman alabilir. Bu nedenle, kararlı rejime daha hızlı ulaşmak için deney aşamalarında aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- 1- Çevre sıcaklığını (T_A) ölçerek kaydediniz.
- 2- Zorlanmış taşınım deneyleri için fan kademesini istenen akışkan hızına göre anemometreden kontrol ederek ayarlayınız.
- 3- Isıtıcı gücünü, wattmetre yaklaşık 80-90 W gösterecek şekilde ayarlayınız.
- 4- Levha yüzey sıcaklığını (T_H) izleyiniz. Sıcaklık, yapılacak deneyde istenen güç değerine bağlı olarak; 0-50 W aralığı için yaklaşık 45°C'ye, 50-100 W aralığı için yaklaşık 60°C'ye ulaştığında, ısıtıcı gücünü deneyde istenen hedef değere ayarlayınız.
- 5- Sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz.
- 6- Kararlı durum sağlandığında güç (W), levha yüzey sıcaklığı (T_H) ve varsa kanatçıklı veya pimli levhalar için belirli uzaklıklardaki yüzey sıcaklıklarını kaydediniz.
- 7- Aynı işlemleri, deneyde belirlenen tüm güç değerleri için tekrarlayınız.

4.1. Doğal taşınımında yüzey sıcaklığı ve giriş gücü arasındaki ilişkinin incelenmesi

Düz levhayı deney kanalına yerleştiriniz ve fanı kapalı konuma getiriniz. Çevre sıcaklığını (T_A) ölçerek kaydediniz.

Isıtıcı gücünü 20 W'a ayarlayınız. Levha yüzey sıcaklığını (T_H) izleyerek sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandığında güç (W) ve yüzey sıcaklığı (T_H) değerlerini kaydediniz.

Aynı işlemleri 40 W ve 50 W için tekrarlayınız.

Çevre Sıcaklığı (T_A):

Giriş Gücü (W)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)
20 W		
40 W		
50 W		

4.2. Zorlanmış taşınımında yüzey sıcaklığı ve akışkan hızı arasındaki ilişkinin incelenmesi

Düz levhayı deney kanalına yerleştiriniz. Çevre sıcaklığını (T_A) ölçerek kaydediniz.

Isıtıcı gücünü 50 W değerine ayarlayınız. Fan kademesini, anemometrede yaklaşık 0.5 m/s okunacak şekilde ayarlayınız. Levha yüzey sıcaklığını (T_H) izleyerek sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandığında hava hızı ve yüzey sıcaklığı (T_H) değerlerini kaydediniz.

Aynı işlemleri 1.0 m/s ve 1.5 m/s hava hızları için tekrarlayınız.

Çevre Sıcaklığı (T_A) :

Hava Hızı (m/s)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)
0.5 m/s		
1.0 m/s		
1.5 m/s		

4.3. Isı transferinin artırılmasında genişletilmiş yüzeylerin etkisinin incelenmesi

Düz levhayı deney kanalına yerleştiriniz. Çevre sıcaklığını (T_A) ölçerek kaydediniz.

Isıtıcı gücünü 50 W değerine ayarlayınız. Fan hızını anemometre yardımıyla yaklaşık 1.0 m/s olacak şekilde ayarlayınız. Levha yüzey sıcaklığını (T_H) izleyerek sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandığında hava hızı ve yüzey sıcaklığı (T_H) değerlerini kaydediniz.

Aynı işlemleri sırasıyla kanatçıklı levha ve pimli levha için tekrarlayınız.

Akışkan Hızı (m/s) :

Çevre Sıcaklığı (T_A) :

Yüzey Tipi	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)
Düz Levha		
Kanatçıklı Levha		
Pimli Levha		

4.4. Genişletilmiş yüzeylerde sıcaklık dağılımının incelenmesi

Kanatçıklı ve pimli levhalar üzerinde sıcaklık ölçümü yapılacak deliklerin yüzeyden olan uzaklıklarını kumpas yardımıyla ölçerek kaydediniz.

Kanatçıklı levhayı hava kanalına yerleştiriniz. Isıtıcı gücünü 50 W olarak ayarlayınız ve sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandıktan sonra, levha üzerindeki üç farklı noktadan yüzey sıcaklıklarını ölçerek kaydediniz. Ölçümler, hava kanalı üzerinde bulunan ölçüm deliklerine termokupl probunu yerleştirerek gerçekleştiriniz.

Aynı ölçüm işlemlerini, yaklaşık 1 m/s hava hızına sahip zorlanmış taşınım koşullarında da gerçekleştiriniz ve sonuçları kaydediniz.

Deneyi pimli levha için de aynı adımları izleyerek gerçekleştiriniz ve elde edilen sonuçları kaydediniz.

Çevre Sıcaklığı (T_A) :

DOĞAL TAŞINIM

	KANATÇIKLI LEVHA		PİMLİ LEVHA	
Levha Yüzeyine Olan Uzaklık (mm)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)

ZORLANMIŞ TAŞINIM

	KANATÇIKLI LEVHA		PİMLİ LEVHA	
Levha Yüzeyine Olan Uzaklık (mm)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)

4.5. Düz levhanın dikey ve yatay konumlarda ısı transferinin karşılaştırılması

Düz levhayı, düz bir yüzey üzerine yatay konumda yerleştiriniz. Isıtıcı gücünü 20 W değerine ayarlayınız ve sistemin kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandıktan sonra levha yüzey sıcaklığını (T_H) ölçerek kaydediniz.

Daha sonra levhayı dikey konuma getiriniz. Aynı güç değeri (20 W) korunarak sistemin tekrar kararlı duruma ulaşmasını bekleyiniz. Kararlı durum sağlandıktan sonra yüzey sıcaklığını (T_H) ölçerek kaydediniz. Aynı işlemleri 50 W değeri için tekrarlayınız.

Çevre Sıcaklığı (T_A) :

	YATAY KONUM		DİKEY KONUM	
Giriş Gücü (W)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)	Levha Yüzey Sıcaklığı (T_H , °C)	$T_H - T_A$ (°C)
20 W				
50 W				

5. DENEY RAPORUNDA İSTENENLER

a) 4.1 başlıklı deneyde elde edilen veriler kullanılarak giriş gücü (W) - yüzey sıcaklığı (T_H) grafiğini çiziniz. Teori kısmında verilen doğal taşınım bağıntılarını kullanarak her bir güç değeri için düz levha yüzeyindeki ısı taşınım katsayısını (h) hesaplayınız.

b) 4.2 başlıklı deneyde farklı hava hızları için elde edilen verileri kullanarak hava hızı (m/s) - yüzey sıcaklığı (T_H) grafiklerini çiziniz ve karşılaştırınız. Teori kısmında verilen zorlanmış taşınım bağıntılarını kullanarak, her bir hava hızı için düz levha yüzeyindeki ısı taşınım katsayısını (h) hesaplayınız.

c) 4.3 başlıklı deneyde Düz, kanatçıklı ve pimli levhalar için elde edilen verileri tek bir grafik üzerinde karşılaştırınız. Kanatçıklı ve pimli levhalar için sırasıyla:

- Toplam kanat alanını hesaplayınız,

- **5.b**'de düz levha yüzeyinde 1 m/s hava hızı için elde edilen ısı taşınım katsayısı değerini kullanarak kanat verimini belirleyiniz,

- Hesapladığınız kanat verimini kullanarak levha yüzeyi ile hava arasındaki sıcaklık farkından yararlanarak ısı taşınım katsayısını hesaplayınız.

Elde edilen h değerleri ile ısı transfer yüzey alanlarını çarparak yüzeylerin ısı transfer kapasitelerini (W/K) hesaplayınız ve sonuçları karşılaştırmalı şekilde yorumlayınız.

d) 4.4. başlıklı deneyde kanatçıklı ve pimli levhalar için ölçülen sıcaklık değerlerini kullanarak, yüzey boyunca sıcaklık dağılımı grafiğini çiziniz ve yorumlayınız.

e) 4.5 başlıklı deneyde düz levhanın yatay ve dikey konumları için teori kısmında **Şekil 2**'de verilen doğal taşınım bağıntılarını kullanarak teorik ısı taşınım katsayılarını (h) hesaplayınız ve elde ettiğiniz değerleri deneysel sonuçlarla karşılaştırarak levha konumunun ısı transferine etkisini yorumlayınız.