SERBEST VE ZORLANMIŞ TAŞINIMLA ARTIRILMIŞ YÜZEYLERDEKİ ISI TRANSFERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

A.Talat İNAN[1]; Mustafa ATMACA [2]; Ayhan ONAT[3]
([1]): Marmara Üniversitesi, TEF, Makina Eğt.Böl. Göztepe Kampüsü, 34722 İstanbul, Türkiye;
Tel: 216. 3365770 / 301 ; Fax: 216. 3378987 ; ainan@marmara.edu.tr
([2]): Marmara Üniversitesi, TEF, Makina Eğt.Böl. Göztepe Kampüsü, 34722 İstanbul, Türkiye;
Tel: 216. 3365770 / 315 ; Fax: 216. 3378987 ; matmaca@marmara.edu.tr
([3]): Balıkesir Üniversitesi, Gönen Meslek Yüksekokulu, 10900 Balıkesir-Türkiye;
Tel: 266. 7624003 ; Fax: 266. 7626867 ; onat@ksu.edu.tr

ÖZET

Serbest taşınımda yüzeydeki ısı taşınım oranı, bu ısıyla üretilen düşük hava akımları ile sınırlı olmaktadır. Hava hızı, ısıtılan yüzeydeki ısınmadan dolayı artarsa daha fazla ısı taşınır. Isıtılan yüzey üzerindeki hava akımlarının artışına yardımcı olan bu işlem zorlanmış taşınım olarak adlandırılır. Isıtılan yüzeyler, ısılarını öncelikle taşınımla yayarlar. Aynı zamanda radyasyon (ışınım) ve kondüksiyon (iletim) ile de yayarlar fakat bu çalışma ışınım ve iletim ile yapılmayacaktır.

Bu çalışmada, kanatlı, pimli ve düz plakalı yüzeylerin serbest ve zorlanmış taşınımla ısı tranferi etkileri incelenmiştir. İlk önce, artırılmamış yüzeyin hava hızı-sıcaklık ilişki incelenmiş, sonra hava hızına bağlı olarak kanatlı, pimli ve düz plaka yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki ve son olarak hava hızı ve mesafeye bağlı olarak kanatlı ve pimli yüzeylerdeki sıcaklık ilişkisi araştırılmıştır.

Deneyler, dikdörtgen kesitli düşey bir kanalda Serbest ve Zorlanmış Isı Taşınım Cihazında yapılmıştır. Kanaldaki hız ölçümleri anemometre ile ölçülmüştür. Hız artışları yaklaşık 1 m/s ile maksimum yaklaşık 2.5 m/s arasında olmuştur. Isı değiştiricideki ısıtıcının gücü, güç kontrol düğmesi ile gerçekleştirilmiştir. Kanat yüzey sıcaklığı ve kanatlardaki sıcaklıklar sıcaklık probu ile ölçülmüştür.

Sonuç olarak; kanatlı, pimli ve düz yüzeyler için, serbest ve zorlanmış konnveksiyonla elde edilen veriler, bilgisayar ortamında değerlendirilmiş olup çıkan sonuçlar grafik olarak gösterilmiş ve analizi yapılmıştır. Ayrıca, daha farklı yüzeyler içinde bu çeşit çalışmaların yapılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Zorlanmış taşınım, ısı transferi

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER OCCURRING FREE AND FORCED CONVECTION FOR EXTENDED SURFACES

ABSTRACT

In this study, for winged, cylindrical and flat surfaces, effects of heat transfer occuring by free and forced convection are investigated. First, for not enlarged surface, air of velocity – temperature relations are investigated, later, surfaces of winged, cylindrical and flat temperatures versus velocity relations investigated, the latter temperature temperature of winged and cylindrical surface versus air velocity and distance are investigated.

Experiments are carried out free and forced convection heat heat transfer equipment having vertical channel which have rectangular section. Velocity measurements are implemented with anemometer, calibration is made with zero velocity. Velocity increases are performed between 1 m/s and 2,5 m/s. Heat power are executed with power control button, surface temperatures are measured temperature probe.

As a results; for winged, cylindrical and flat surfaces data carried out with free and forced convections are avaluated in computer and showed with tables and graphics. In addition, it has been pointed that for more different surfaces, this type works can be done.

Keywords : Forced convection, heat transfer

1. GİRİŞ

Zorlanmış taşınımla ısı transferi bir çok elektronik ekipmanların soğutulmasında çok kullanılmaktadır. Özellikle elektronik elemanın ısınmasıyla, elemanın giriş ve çıkış karakteristikleri bozulmakta ve ömrü azalmaktadır . Bu da maliyetin artmasına neden olmaktadır.

Isı taşınımı, gaz veya sıvı haldeki akışkan ile akışkanın temas halinde bulunduğu yüzeylerde akışkan moleküllerinin makroskobik hareketleri sonucu meydana gelen ısı geçişidir. Akışkan hareketi, pompa veya fan gibi akım makinaları tarafından dıştan bir enerji ilavesi ile sağlanıyorsa zorlanmış ısı taşınımı, eğer akışkanın hareketi sıcaklık farkı nedeniyle özgül ağırlıktaki değişme sonucu meydana geliyorsa doğal ya da serbest ısı taşınımı denir.

Isı taşınımında ısı ile ilgili problemleri çözmek ve analiz yapabilmek için Nusselt, Reynolds ve Prandtl gibi bazı boyutsuz sayılardan yararlanılır [1].

Nusselt sayısı (N_u); yüzeyde taşınım yoluyla ısı geçişinin, iletim yoluyla ısı geçişine oranıdır.
N_u=1 için yüzeydeki ısı taşınımı ile akışkanın δ kalınlığındaki sınır tabakasındaki ısı iletimi aynı olur. Eğer iki sistemde N_u sayıları aynı ise, yüzeyde ısı taşınımı bakımından benzerlik vardır denilir.

$$N_u = \frac{hd}{k} \qquad (1)$$

Burada, h; ısı taşınım katsayısı (W/m^2K), d; karekteristik çap (m), k; ısı iletim katsayısı (W/mK). Reynolds Sayısı (Re); Sistem içindeki akışın karakterini belirtir. Atalet kuvvetinin viskoz kuvvetine oranıdır. Ağırlık kuvvetleri ihmal edilen iki sistemde Re sayıları aynı ise dinamik benzerlik vardır denilir, diğer bir ifadeyle hız dağılımları aynıdır.

$$R_e = \frac{ud}{\nu} \qquad (2)$$

Burada, u; hız (m/s), ν ; kinematik viskozite (m^2/s) dir.

Prandtl sayısı (P_r); Akışkanın ısı geçiş özelliğini gösterir. Kinematik viskozitenin ısısal yayılma katsayısına oranıdır. P_r=1 olduğu zaman sistemin hız ve sıcaklık dağılımları aynı olur. Eğer iki sistemde P_r sayıları aynı ise sıcaklık dağılımları aynıdır.

$$P_r = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu c_p}{k} \qquad (3)$$

Burada, α; ısı yayılma katsayısı c_p; akışkanın özgül ısısı (kJ/kg K), μ; dinamik viskozite ($N.s/m^2$). Endüstriyel uygulamaların birçoğunda, ortama bağlı olarak sıcaklık dağılımının ve birim zamandaki ısı geçişinin bilinmesi önemlidir. Isıtma sistemlerinde kullanılan; ısı değiştiriciler, kazanlar, içten yanmalı motorlar, ısıtıcı ve soğutucular gibi elemanların ayrıntılı olarak ısı analizlerinin yapılıp imal edilmesi gerekir. Bu nedenle bu tür elemanlar imal edilirken yüzey geometrisine bağlı olarak ısı transfer katsayılarının ve akış özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.
Taşınım ile ısı geçişi, elektronik ekipmanların soğutulmasında geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bu konu üzerinde bir çok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır [2-5]
Bu çalışmada, düz ve yüzeyleri artırılmış düzlem yüzeyli kanatçıklı deney elemanlarının düşey bir kanalda ısı transfer deneyleri yapılmıştır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEM VE TEKNİKLERİ

2.1. Artırılmış Yüzeylerde Isı Geçişi

Artırılmış yüzey, yüzey ile çevresi arasında ısı geçişini artırmak için yüzey üzerine değişik geometrik cisimlerin ilavesi demektir. Bir yüzeyden ısı geçişini artırmak için akışkanın temas yüzeyinin artırılması gerekir. Artırma işlemi kullanım yerinin geometrik yapısına bağlı olarak değişik şekilde olabilir. En çok kullanılanı ise kanatçık ve silindirik olanıdır.

Sıcaklığı sabit olan bir yüzeyde, ısı geçişini arttırmak için akışkanın hızı yükseltilmeli veya akışkanın sıcaklığı azaltılmalıdır. Akışkanın hızının artmasıyla ısı taşınım katsayısı büyütülmüştür. Kanat boyunca sıcaklık değişiminin en az düzeyde olabilmesi için kanat malzemesinin ısı iletim katsayısının yüksek olması gerekmektedir. Böyle olması durumunda kanat sıcaklığı ile yüzey sıcaklığı aynı seviyelerde olacağından ısı geçişinin de en çok olacaktır. İletim yoluyla meydana gelen ısı geçişini veren ifade ise;

$$Q= kA(T_h - T_\infty) \quad (4)$$

eşitliğidir. Bu ifadeden de anlaşılacağı gibi ısı geçişini artırmak için ısı transfer yüzeyini, sıcaklık farkını veya toplam ısı transfer katsayısını artırmak gerekir. Toplam ısı geçişini artırmak için en iyi yöntem ısı transfer yüzeyini artırmaktır. Bu nedenle değişik yüzeyler üzerine çeşitli geometrik şekillere sahip kanatçık ilaveleri yapılır.
Kanatçıkların farklı geometrik yapıda olabileceği gibi, kanatçık malzemesi ile kanatçıkların ilave edildiği yüzey de ayrı ayrı malzemelerden olabilir. Farklı malzemelerden de olsalar, ısı transferinin en iyi şekilde olması için yüzeyle kanatçıkların mutlaka birleştirilmeleri gerekir.
Çeşitli uygulamalarda yüzey, kanatçıklı ve kanatçıksız olmaktadır. Bu durumda yüzeyden transfer edilen ısı miktarı kanat ilaveli veya ilave yapılmadan meydana gelen ısıların toplamına eşit olacaktır [5].

$$Q = A_k .\eta_f .h.\Delta T+(A_t - A_{k_1}).h.\ \Delta T \quad (5)$$

Burada; A_t yüzeyin toplam ısı transfer alanı, A_{kt} kanatçıkların toplam ısı transfer alanı, η_f kanatçık verimi ΔT sıcaklık farkını ifade etmektedir. Kanatçıklı yüzeyler için kanatçık verimi

$$\eta_f = \frac{\tanh mL}{mL} \quad (6)$$

şeklinde yazılır. Aynı eşitlik kanatçık ısı transfer yüzey alanları da dikkate alınarak verim ifadesi

$$\eta = 1 + \frac{A_{kt}}{A_t}\left(\eta_f - 1\right) \quad (7)$$

eşitliği ile verilmiştir. Burada, η_f kanatçık verimidir. Kanatçıklı yüzeyden toplam ısı miktarı;

$$Q_d = \eta.At.h.(T_h - T_a) \quad (8)$$

eşitliği ile verilir. T_h ve T_a sıcaklıkları, sırasıyle plaka ve ortamdaki hava sıcaklığı olarak alınmıştır.
Buradan hareket ederek bu ifade eşitlik 5 ve eşitlik 7 dikkate alınırsa kanatçıklı bir yüzeyden geçen ısı akımı ;

$$Q=\eta.A_t.h.\Delta T \quad (9)$$

Eşitliği ile elde edilir.

Serbest taşınımla ısı transferi deneylerinden önce kanaldan çevreye ısı kayıpları plaka ve ortam sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkının bir fonksiyonu olarak elde edilir. Sonra gövde ve kanatçık sıcaklıkları kararlı hale ulaştıktan sonra ölçümler alınarak ortalama duvar sıcaklığı T_h aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_h = \frac{1}{L}\int_0^L T_{(x)}dx \quad (10)$$

Aynı şekilde ortalama duvar yüzey sıcaklığı

$$T_h = \frac{T_2 + T_\alpha}{2} \quad (11)$$

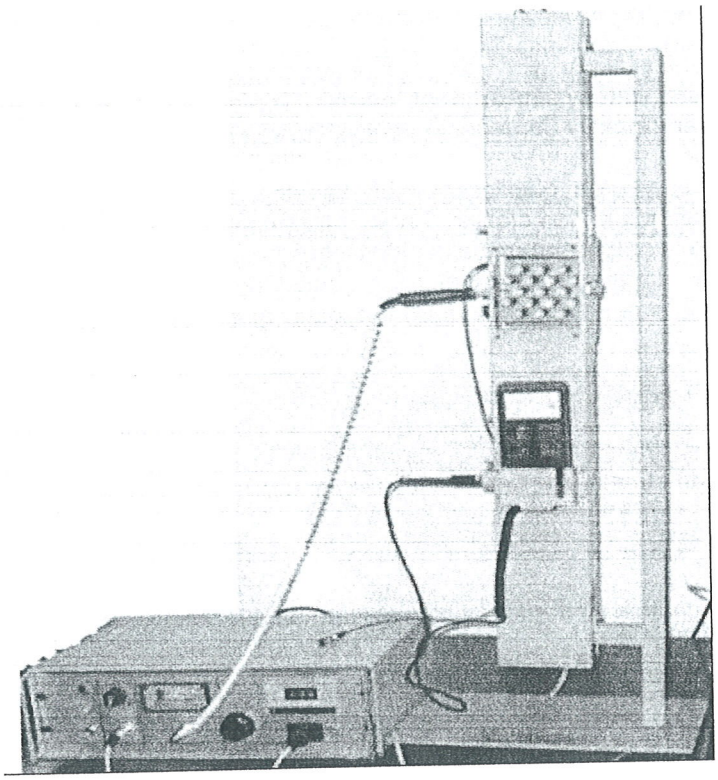
eşitliği ile verilmiştir. Bu eşitlikte T_2 farklı ısı gücü için ölçümlerle sıcaklık farkı ve ısı kaybı arasındaki ilişki elde edilmiştir. Bu ilişki kullanılarak sıcaklık farkına karşılık gelen ısı kaybı hesaplanır. Bu yüzden doğal taşınımla transfer edilen transfer oranı

$$Q=Q_e - Q_k \quad (12)$$

eşitliği ile elde edilir. Burada Q_e, sisteme elektrikli ısıtıcı ile verilen ısı, Q_k ise kanattan kaybolan ısıyı göstermektedir [5].

2.2. Deney Düzeneği

Endüstriyel ısı değiştiriciler ve ilgili cihazların çoğunda temel olarak ısı geçişi, serbest veya zorlanmış şekilde iletim ve taşınım ile birlikte olur.



Şekil 1. Serbest ve zorlanmış taşınım cihazı [6]

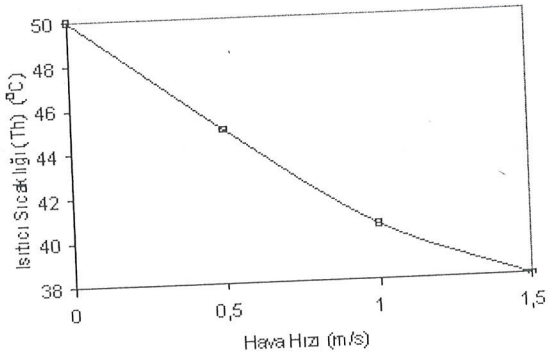
Deneysel çalışmalar dikey olarak tasarlanmış, şekil 1'de gösterilen serbest ve zorlanmış taşınım deney ünitesinde [6] yapılmıştır. Hava akımı kanal üzerine yerleştirilmiş devir ayarlı bir fan ile yapılmaktadır. Sıcaklık, güç ve fan devri, bir kontrol ünitesi tarafından yapılmıştır. Hava hızı ise taşınabilir bir anemometre ile ölçülmüştür. Güç kontrolü, 0-100 W arasında değişen bir devre ile yapılmakta ve değerleri Watt olarak kontrol ünitesi ekranından okunmaktadır. Serbest ve zorlanmış taşınımla ısı taşınım katsayısının tespiti için kullanılan levhalar ise düz ve kanatlı levhalardır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE YORUMLAR

Şekil 2 ve Tablo 1'de giriş gücünün 50 W olduğu, çevre sıcaklığının (T_a) 20 ^{0}C olduğu durumda farklı hava hızlarında yapılan ölçümlerde ısınan plakanın sıcaklığının değişimi gösterilmiştir. Isınan plakanın sıcaklığını (T_h) not etmeden önce, dengeli sıcaklık koşullarına erişilinceye kadar beklenmiştir. Şekil 2'deki grafikten de anlaşıldığı gibi hava hızının artmasıyla ısıtıcının da sıcaklığı doğrusal olarak azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle zorlanmış taşınımda aynı ısı giriş gücünde, aynı büyüklükteki ısıtılan yüzeyin sıcaklığı, serbest taşınımdaki yüzey sıcaklığından daha küçük çıktığı görülmüştür.

Tablo 1. Farklı hava hızlarına göre ısıtıcı sıcaklığı

Hava Hızı (m/s)	Isıtıcı Sıcaklığı (°C)	T_h- T_a
0	50	30
0,5	45	25
1	40,5	20,5
1,5	38	18

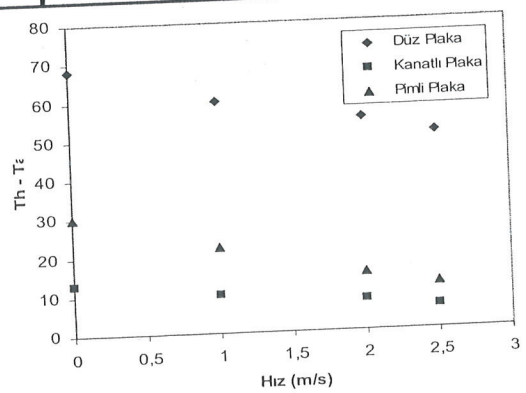


Şekil 2. Farklı hava hızlarında ısıtıcı sıcaklığının değişimi

Giriş gücünün 20 W olduğu durumda farklı hava hızlarında yapılan ölçümlerde, düz ve artırılmış kanatlı yüzeylerin sıcaklık değişimi sırasıyla Tablo 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Artırılmış yüzeylerin etkisini görebilmek için düz yüzey ile karşılaştırılması yapılmalıdır. Her iki durumdaki sıcaklık değişim ise şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Farklı hava hızlarına göre değişik plaka yüzeylerindeki ısıtıcı sıcaklıkları

Hava hızı (m/s)	(T_h-T_a) (°C) (Düz Plaka)	(T_h-T_a) (°C) (Kanatlı Plaka)	(T_h-T_a) (°C) (Pimli Plaka)
0	68	13	30
1	60	10	22
2	55	8	15
2,5	51	6	12



Şekil 3. Farklı hava hızlarına göre değişik plakaların yüzeylerindeki sıcaklık değişimi

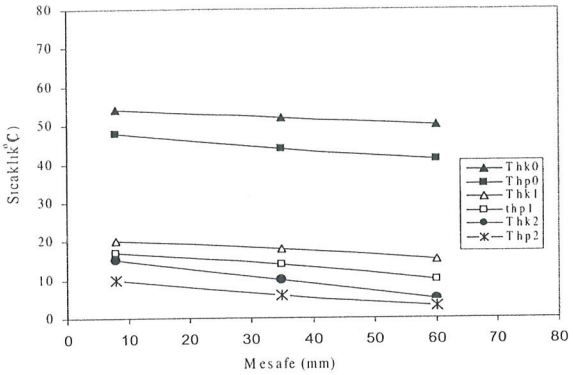
Tablo 2 ve Şekil 3' de görüldüğü gibi, en düşük sıcaklık farkı kanatlı plakada, en yüksek sıcaklık farkının ise düz plakada olmuştur.

Bir cisimden ısı taşınımı, cismin hava ile temas yüzeyi artırılarak geliştirilebilir. Uygulamalarda cisimlerin boyutlarını istenen ölçülerde artırmak zor olabilir. Bu durumlarda cismin hava ile temas yüzeyi artırılmalıdır. Uygulamada buna örnek olarak, hava soğutmalı motorların silindirlerinde kanatçıklar kullanılması gösterilebilir[6].

Artırılmış yüzeylerde kanatçıkların yüzeyden itibaren olan mesafeye göre etkisini görebilmek için farklı hava hızlarında yapılan deneysel çalışma Tablo 3 ve şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Farklı hava hızlarında kanatlı ve pimli plakalardaki mesafeye karşılık yüzey sıcaklıkları

Mesafe (mm)	Hız (m/s) 0	0	Hız (m/s) 1	1	Hız (m/s) 2	2
	T_{hk0}	T_{hp0}	T_{hk1}	T_{hp1}	T_{hk2}	T_{hp2}
8	54	48	20	17	15	10
35	52	44	18	14	10	6
60	50	41	15	10	5	3



Şekil 4. Farklı hava hızlarında kanatlı ve pimli plakalardaki mesafeye karşılık yüzey sıcaklıkları

Giriş gücünün 60 W olduğu durumda, kanatlı ve pimli yüzeylerdeki sıcaklık dağılımının mesafeye göre değişiminin verildiği Tablo 3 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi hava hızı arttıkça kanat ve pim yüzeylerindeki sıcaklığın düştüğü ve pim yüzeylerindeki sıcaklığın kanatlı yüzeylerdeki sıcaklıktan daha düşük olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zorlanmış taşınımda aynı ısı giriş gücünde, aynı büyüklükteki ısıtılan düz plaka yüzeyinin sıcaklığı, serbest taşınımdaki yüzey sıcaklığından daha küçük çıktığı görülmüştür.

Giriş gücünün 20 W olduğu durumda, farklı hava hızlarında yapılan ölçümlerde düz ve artırılmış kanatlı yüzeylerin sıcaklık değişimi incelendiğinde, kanatlı ve pimli plaka yüzey sıcaklıklarının düz plaka yüzey sıcaklıklarına nazaran daha düşük olduğu görülmüş olup kanatlı plakanın yüzey sıcaklığı pimli plakanın yüzey sıcaklığından daha düşük olmuştur.

Giriş gücünün 60 W olduğu durumda, kanatlı ve pimli yüzeylerdeki sıcaklık dağılımının mesafeye göre değişimi incelendiğinde ise mesafe arttıkça kanat ve pimlerdeki sıcaklığın azaldığı görülmüş olup, pim yüzeylerindeki sıcaklık kanatlı yüzeylerdeki sıcaklıktan daha düşük olmuştur.

Pimli yüzeyler daha az sıcaklık yayınımı eğilimine sahip oldukları için kanatlı yüzeylerden daha verimlidirler.

KAYNAKLAR

[1] Dağsöz, A.K., (1989),"Isı Geçişi", Emre Matbaacılık, 4. Baskı, İ.T.Ü. Makine Fak., İst.

[2] Elenbas W, (1942): "Physica", V.9, 865.

[3] Engel R.K., Mauller W. K. (1967): "An Analytical Investigation of Naturel Convection in Vertical Channels", ASME Paper, No. 67-HT-16.

[4] Ofi, O., Hetherington H.J., (1977):, "Int. J.Heat Mass Transfer" V. 20, 1195.

[5] Koticioğlu, İ., A. Bölükbaşı, (2003):, " Düşey Dikdörtgen Kesitli Bir Kanalda Farklı Kanatçıklı Yüzeylerde Isı Transferinin İncelenmesi" DEÜ Fen ve Müh. Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 2, s: 89-102, İzmir.

[6] P.A. Hilton Ltd., (1990): " Deney İşlemleri ve Bakım Kitabı", England.