

ISI TRANSFERİ LABORATUVARI DENEY FÖYÜ

Konu: Bir malzemenin ısı iletim katsayısının belirlenmesi

Tarih:

Saat:

	No	Adı Soyadı	imza	Grup No
1				
2				
3				
4				
5				

KATI CİSİMLERİN ISI İLETİM KATSAYISININ TAYİNİ

GİRİŞ

Isı transferi sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen enerji nakli olarak tanımlanır. Isı transferinin iletim, taşınım ve yayınım olmak üzere 3 çeşidi vardır.

İletim: Bu ısı geçişi türünde, ısı bir katı ya da durgun bir akışkan içinde iletilir. İletim katılarda moleküllerin titreşim ve serbest elektronların hareketi ile olurken akışkanlarda moleküler difüzyon yolu ile meydana gelir.

Taşınım: Bu tür ısı geçişinde ısı bir akışkanın hareketi yardımıyla taşınır. İçinde durgun hava bulunan bir ortama yüzeyleri sıcak olan bir cisim konduğunda bir hava hareketi oluşur. Bu hareket dünyanın çekim alanında yoğunluk farklarından doğar. Bu akışa ve buradaki ısı taşınımına doğal taşınım denir.

Yayınım: Eğer farklı sıcaklıklardaki iki cisim içinde mutlak vakum olan bir ortamla birbirinden ayrılmış olsalar ve bu cisimlerin birbirini gören yüzeyleri dışındaki diğer yüzeyleri adyabatik olarak yalıtılmış olsa bile zamanla bu cisimlerin sıcaklığının birbirine eşitlendiği yani aralarında bir enerji alışverişi olduğu gözlenir. Bu ısı geçişi türüne ısı ışıınımı denir.

Biz bu deneyde iletim konusunu ele alacağız. Isı transferinin bu çeşidi atomik yada moleküler seviyedeki aktiviteler ile ilişkilidir. İletim bir maddenin partikülleri arasındaki ilişki esnasında daha fazla enerjiye sahip partiküllerden daha az enerjiye sahip partiküllere enerji transferi olarak görülebilir.

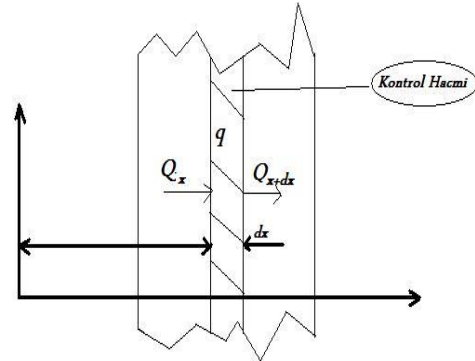
DENEYİN AMACI

Isı transferi şekillerinden biri olan ısı iletiminin incelenmesi ve malzemelerin ısı iletimi katsayısının bulunması.

Fourier Isı İletim Kanunu

Isı İletimi Genel Denklemi

Aşağıdaki şekilde duvar içinde dx kalınlığında bir dilim seçelim ve malzeme içinde, en genel halde, birim hacimdeki enerji üretimini q [W/m^3] de göz önünde bulunduralım. Kontrol hacmi olarak seçilen dilimden geçen enerjinin bir kısmı hacim tarafından depo edilir dolayısıyla malzemenin iç enerjisi artabilir, bu durum fiziksel olarak malzemenin sıcaklığının yükselmesi ile hissedilir.



Herhangi bir geometri için enerji dengesi şu şekilde yazılabilir:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Kontrol Hacmine} \\ \text{Birim Zamanda} \\ \text{İletimle Transfer} \\ \text{Edilen Isı Miktarı} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Kontrol Hacminde} \\ \text{Birim Zamanda} \\ \text{Üretilen Enerji} \\ \text{Miktarı} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Kontrol Hacminden} \\ \text{Birim Zamanda} \\ \text{İletimle Transfer} \\ \text{Edilen Isı Miktarı} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Kontrol Hacminde} \\ \text{Birim Zamanda} \\ \text{Depolanan Enerji} \\ \text{Miktarı} \end{array} \right)$$

Burada A x-eksenine dik doğrultudaki kesit alanı, $A dx$ seçilen dilimin kontrol hacmi, $\dot{q} [\frac{W}{m^3}]$ malzeme içinde birim hacimdeki enerji üretimi, ρ yoğunluk, $\rho A dx$ seçilen dilimin kütlesi, $\frac{\partial u}{\partial x}$

Kontrol hacminin birim kütlesi başına birim zamanda iç enerjideki değişimdir. Bu ifadelere göre denklem kurulup sadeleştirilirse aşağıdaki denkleme ulaşılır.

$$Q_x + \dot{q} A dx = Q_x + \frac{\partial Q_x}{\partial x} dx + \rho A dx \frac{\partial u}{\partial x}$$

Şimdi kalınlığı L olan bir duvarın iç ve dış yüzey sıcaklıkları T_1 ve T_2 olsun. Malzemenin ısı iletim katsayısı ' k '. Buradan ısı kaybını verecek ifadeyi bulacak olursak;

Termodinamiğin 1. Kanunu gereği $\frac{\partial q}{\partial x} = 0$, $q = \text{sabit}$, olduğundan

$$q_1 - q_2 = q_0 = \text{sabit} \quad \text{dir.}$$

Fourier ısı iletim kanunu'nun bir boyutlu diferansiyel şekli;

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

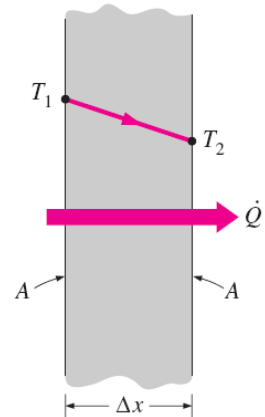
olduğuna k nın sabit olduğu kabul edilirse birim alan başına ısı kaybı,

$$q = k \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (W/m^2)$$

olur. Toplam yüzeyden olan ısı kaybı ise

$$Q = k A \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (W)$$

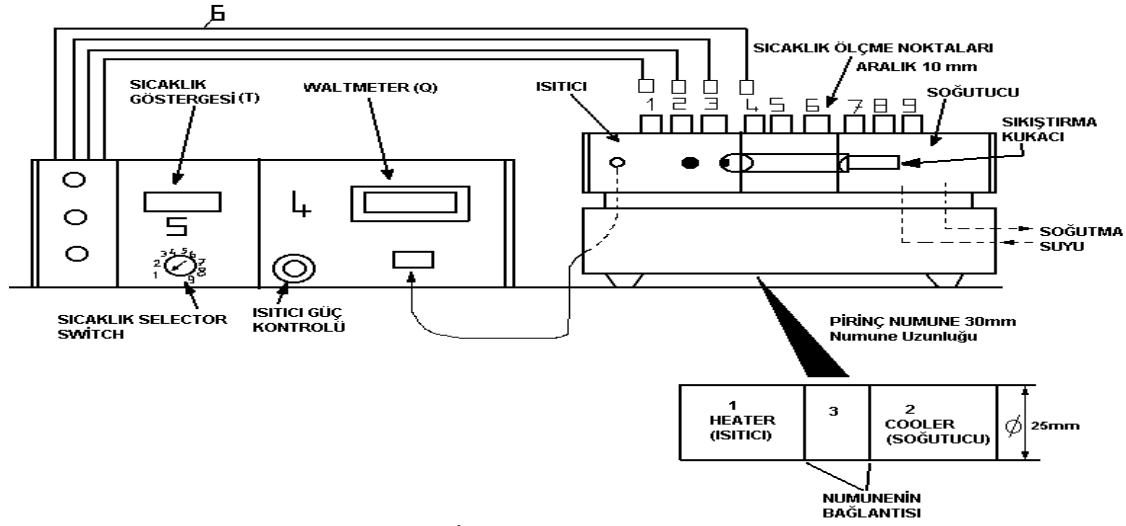
şeklinde olur.



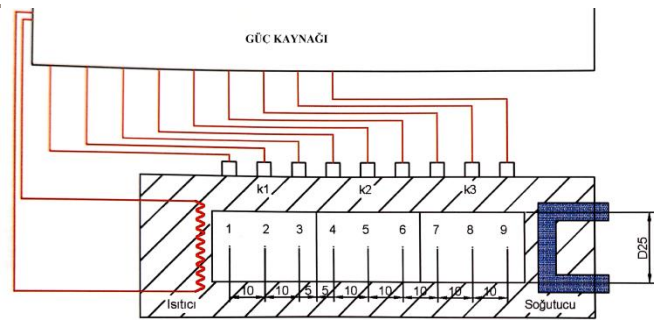
Deneyin Yapılışı

Deney düzeneği şekil-2 de görülmektedir. Deney düzeneğinde iletimle ısı transferi 1, 2, 3 parçaları arasında gerçekleşmektedir. (1) parçası güç kaynağı (4) tarafından ısıtılan elemanı oluştururken, soğutulan parça (2) de şebeke suyunun devir daim yapılmasıyla soğutulan elemandır. Ortada bulunan (3) parçası da ısı iletim katsayısının belirlenmesi istenen malzemeyi oluşturmaktadır. Deneyde iletim katsayısı hesaplanacak olan malzemeler (parçalar) pirinç veya çelik olabilmektedir. Bu malzemeler deney düzeneğinde ısıtıcı ve soğutucu elemanlar arasına (3 parçası) yerleştirilir. Isı kaybının önlenmesi

tüm parçaların etrafına yalıtım uygulanarak dış ortam ile bağlantıları kısmen kesilir. Isıtıcı kontrol ünitesi ile elektrikli olan ısıtıcı çalıştırılır. Aynı anda soğutucu olarak şebeke suyu kullanılarak sıcak taraftan soğuk tarafa doğru ısı akışı sağlanır. Daha sonra sistemin rejime girmesi beklenerek sırasıyla bağlantı noktalarındaki termokupollar vasıtasıyla sıcaklıklar $T (^{\circ}\text{C})$ değerleri ölçülür. Şekilde görüleceği gibi her bir elemandan üçer noktadan sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Yani toplamda 9 noktadan sıcaklık ölçülmüş olacaktır. Verilen güç Q (Watt) ve sıcaklığı ölçülen her bir nokta arası mesafe (her bir nokta arası mesafe 1 cm'dir) belli olduğuna göre Fourier ısı iletim kanunu kullanılarak üç malzemenin (parçanın) da k ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$) değerleri bulunabilir.



ŞEKİL - 2



(Ölçüler mm cinsindendir.)



ISI TRANSFERİ LABORATUVARI DENEY FÖYÜ

DENEYLE İLGİLİ YAPILACAK HESAPLAMALAR

Deneyin Adı: Bir malzemenin ısı iletim katsayısının belirlenmesi

Deney : Basit bir çubuk boyunca ısı iletimi

Burada, ısı transfer miktarı (Q) değeri bir malzeme içerisinde sabit olduğuna göre ve her bir malzemedeki sıcaklık değişimi de ölçüldüğüne göre üç parçanın (malzemenin) ısı iletim katsayısı hesaplanabilir. Aşağıdaki tabloda verilen değerleri kullanarak üç malzemenin ısı iletim katsayılarını hesaplayınız. (Tüm hesaplamalarda birimler mutlaka yazılmalıdır).

Q (W)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
12.2	x (m)	0.005	0.015	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085
12.2	T (°C)	80.6	77.6	74.2	42.7	42.1	41.4	24.1	22.5	21.2

Hesaplamalar için kullanılacak ısı iletim formülleri,

$$k = \frac{Q}{A} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta T} \qquad A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (D=2.5 \text{ cm}) \qquad A = \dots\dots\dots (\text{m}^2)$$
$$L = \Delta x \quad (\text{m}) \qquad \Delta T \quad (^\circ\text{C})$$

Ölçülen değerlere göre her bir çubuk için (k_1 , k_2 , k_3) ısı iletim katsayıları hesaplanır, ve x - T grafikleri çizilir.

Birinci malzemenin ısı iletim katsayısının formülü ve değeri;

$$k_1 = \frac{Q (x_3 - x_1)}{A (T_1 - T_3)} =$$

İkinci malzemenin ısı iletim katsayısının formülü ve değeri

$$k_2 =$$

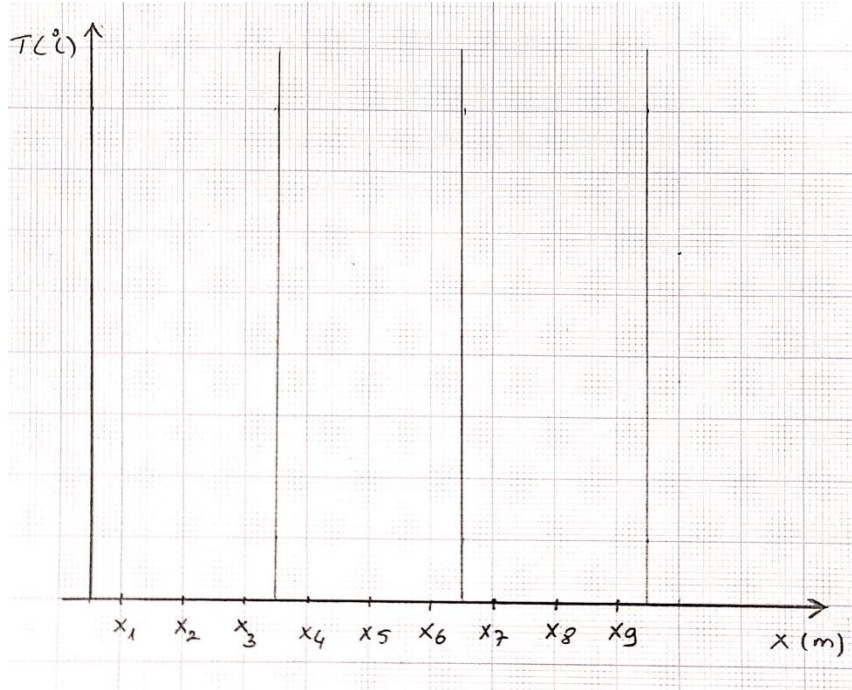
Üçüncü malzemenin ısı iletim katsayısının formülü ve değeri

$$k_3 =$$

Yapılan deneyde bazı kabuller kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Gerçekte ise bu kabuller tam olarak gözlenemez. İlk olarak sistem sürekli rejim olarak kabul edilmiştir, fakat deney sırasında bunun öyle olmadığı görülmüştür. Sistemin tam olarak rejim halinde olmadığı deney cihazında okunmak istenen

sıcaklığın sürekli değişkenlik göstermesi buna örnektir. Sistemin yalıtılmış olduğu söylenmesine rağmen deney sırasında görülmüştür ki, sıcak taraf ile soğuk taraf deneyi yapan kişi tarafından rahatça hissedilmiştir. Bu da yalıtımın tam olarak sağlanamadığı anlamına gelmektedir. Diğer bir unsurda yan yana koyulan malzemelerin arasında mükemmel bir temas sağlanamaması nedeniyle bir hava tabakasının olmasıdır. Bu nedenle iki malzemenin temas ettiği yüzeylerde bir ısı temas direncinin oluşmasıdır ki, bu da deney sonucunu etkileyen bir faktör olmaktadır. Teoride bu göz önüne alınmamıştır. Fakat pratikte bu durum söz konusu olamaz.

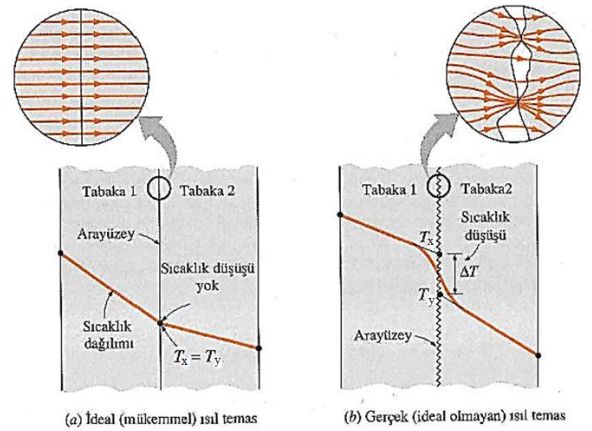
Aşağıya malzemelerin x mesafesi boyunca sıcaklık değişim grafiğini çiziniz. (Grafik mutlaka ölçekli çizilmelidir, x-ekseni ölçeklendirilmiş olup y-ekseni ölçülen sıcaklıklara göre ölçeklendirilecek).



Isıl Temas Direncinin hesaplanması:

Çok katmanlı ve farklı malzemeden yapılmış katılarda ısı iletimi çözümlemesinde, iki katmanın (tabakanın) arayüzünde 'mükemmel temas' olduğu ve bu sebeple arayüzde sıcaklık düşmesi olmadığı kabul edilmiştir. Bu ancak yüzeyler mükemmel pürüzsüz oldukları ve her noktada mükemmel temas ettikleri durumda söz konusu olabilir. Aslında bu ideal bir yaklaşımdır. Gerçekte bir yüzey ne kadar pürüzsüzmüş gibi görünse de arasında çok sayıda girinti ve çıkıntılar mevcuttur. Yani bir yüzey nasıl pürüzsüz görünürse görünsün, mikroskobik olarak pürüzlüdür. Bu nedenle iki malzeme arasında bu girintilerden dolayı hava boşlukları kalır.

Bu hava da bir yalıtım görevi göreceğinden ısıнын geçmesine engel olacaktır. Bu yüzden bir ara yüzey ısı geçişine karşı bir miktar direnç gösterir ve birim arayüzey alanı başına bu direnç, R_c ısıl temas direnci olarak isimlendirilir. Buna göre bu ara yüzeydeki ısı transferi, $\dot{Q} = \dot{Q}_{temas} + \dot{Q}_{boşluk}$ şeklindedir.



Newton'un soğuma kanunundan ısı transferi,

$$\dot{Q} = h_c A \Delta T_{arayüzey}$$

olacaktır. Buradan da ısıl temas iletkenliği h_c ve ısıl temas direnci R_c aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$h_c = \frac{\dot{Q}/A}{\Delta T_{arayüzey}} \quad \text{ve} \quad R_c = \frac{1}{h_c} = \frac{\Delta T_{arayüzey}}{\dot{Q}/A}$$

Burada $\Delta T_{arayüzey} = T_x - T_y$ ara yüzey arasındaki sıcaklık farkıdır. Bu sıcaklıkları aşağıda hesaplayınız.

$T_x=?$ Ve $T_y=?$ Her bir parçadaki sıcaklık değişimi lineer olduğuna göre temas noktalarındaki bu sıcaklıklar lineer interpolasyon ile hesaplanır. Yani

(x_3-x_1) m için sıcaklık farkı (T_1-T_3) ise

(x_0-x_3) m için sıcaklık farkı (T_3-T_x) 'dir. orantı kurulursa, $(x_x=x_y=x_0=0.03)$ için,

$$\frac{T_1-T_3}{T_3-T_x} = \frac{x_3-x_1}{x_x-x_3} \rightarrow T_x = ? \quad \text{ve} \quad \frac{T_y-T_4}{T_4-T_6} = \frac{x_4-x_y}{x_6-x_4} \rightarrow T_y = ?$$

olarak bulunur.

3 nolu parça için aynı yöntem kullanılarak uygun orantılar kurularak T_y değeri (Şekil 2'deki deney cihazının şematik çiziminde belirtilen parça numaralarına bakınız) parçadaki lineer sıcaklık değişiminden hesaplanacaktır.

Buna göre deney ölçüm değerlerini kullanarak her iki arayüzey (1-3 arayüzey ve 3-2 arayüzey) için de h_c ve R_c değerleri hesaplanabilir.

Not: Isı iletimi ve ısıl temas direnci için daha geniş bilgi için "Isı ve Kütle Transferi", Yunus A. Çengel kitabında bölüm 3-1 ve bölüm 3-2'yi inceleyebilirsiniz.

Sonuçlar ile ilgili kısa bir yorum yapınız. (Sadece iki üç cümle ile)