

ISI İLETİM KATSAYISININ BELİRLENMESİ DENEYİ

1.DENEYİN AMACI

Değişik malzemelerden yapılmış bir çubuk boyunca ısı iletimi incelemek ve incelenen malzemenin ısı iletim katsayısını bulmak.

2. GENEL BİLGİLER

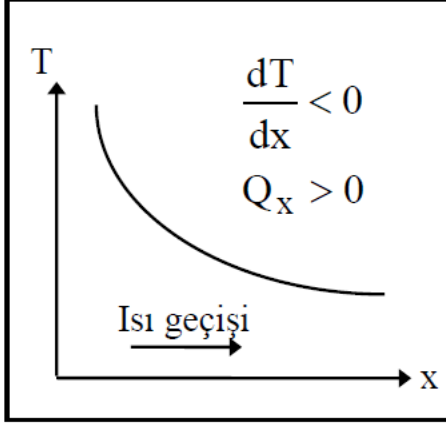
Enerji kavramı termodinamikte bir sistemin konumunu belirlemek için kullanılır, bilindiği üzere enerji yoktan var edilemez veya yok edilemez ancak bir formdan diğer bir forma geçebilir. Termodinamik bilimi ısı ve enerjinin formları ile ilgilenirken, ısı transferi bilimi ise, sistem içinde yer alan ısı geçişi ile ilgilenir. Isı akışı ile olan enerji transferi doğrudan ölçülmez fakat ölçülebilen bir büyüklük olan sıcaklık ile ilişkilendirildiğinde anlam kazanır. Bir sistemde sıcaklık farkı olduğunda, ısı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akar. Sistem içinde bir sıcaklık farkı olduğunda bir ısı akışı söz konusu olduğundan, sistemin sıcaklık dağılımının bilinmesi önem kazanır. Sıcaklık dağılımı bilgisi, birim zamanda birim alana düşen ısı akısı hesaplanabilir.

Isı geçişinin üç ana formu vardır; iletim, taşınım ve ışınım. Yapılacak olan deney ısı iletimi ile ilişkili olduğuna göre burada sadece iletimden bahsedilecektir.

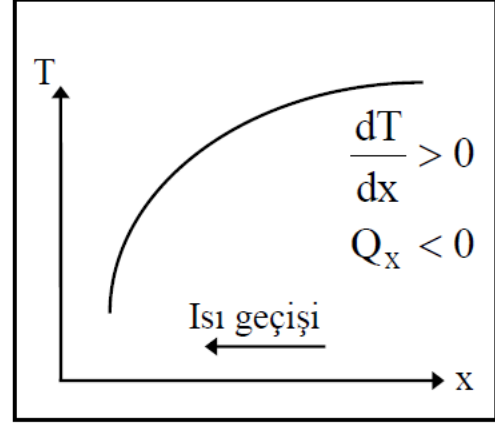
Isı iletimi; bir katı malzeme veya durgun akışkan içerisindeki sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye doğru ısının geçmesidir. Bir katı cisim içinde sıcaklık farkları varsa yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine ısı, iletim yolu ile geçer. İletimle ısı geçişi deneysel gözlemlere dayanan Fourier kanunu ile belirlenir. Fourier kanununa göre herhangi bir yönde (örneğin x yönünde) geçen ısı miktarı, x yönündeki sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim miktarı) dT/dx ve ısı geçiş yönüne dik alan A ile orantılıdır. Fourier kanununun matematiksel ifadesi

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad (1)$$

şekindedir. Burada; Q_x , x yönünde ve bu x yönüne dik A alanı üzerinden geçen ısı miktarıdır. Orantı sabiti k, ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır ve maddenin bir özeliğidir. Eşitlik (1)'deki (-) işareti ısı geçiş yönünü belirler. Şekil 1a' da görüldüğü gibi eğer sıcaklık x yönünde azalıyorsa dT/dx negatiftir ve ısı geçişi pozitif x yönünde olmalıdır. Şekil 1b' de görüldüğü gibi eğer dT/dx pozitifse Q_x negatif olur ve bu durumda da ısı akışı negatif x yönündedir.



(a)



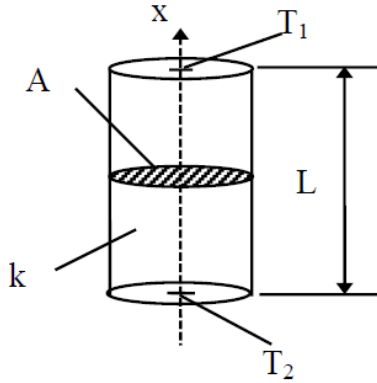
(b)

Şekil 1. Sıcaklığın değişimine bağlı olarak ısı geçişi

x yönündeki sıcaklık değişimi ise;

$$\frac{dT}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2)$$

şeklinde tanımlanır. Örneğin Şekil 2' deki homojen ve izotropik silindir için; $T_1 > T_2$ olması durumunda x yönünde A alanından geçen ısı Fourier ısı iletim kanununa göre;



$$\dot{Q}_x = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X} = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad [W]$$

Şekil 2. Farklı yüzey sıcaklıklarına sahip silindirdeki ısı geçişi

şeklinde ifade edilebilir. Burada; k, malzemenin ısı iletim katsayısı olup SI birim sistemindeki birimi W/mK'dir.

Tablo 1' de bazı katıların ve akışkanların ısı iletim katsayıları görülmektedir. Genellikle katılar ısıyı akışkanlardan daha iyi iletirler. Ayrıca elektriği iyi ileten maddeler, örneğin metaller, aynı zamanda ısıyı da iyi iletirler.

Tablo 1. Çeşitli maddelerin ısı iletim katsayısı değerleri

| Normal şartlarda Malzeme (298 K, 24.85°C) | | Tipik ısı iletkenlik (k) W/mK |
|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Metal malzeme | Saf alüminyum | 205-237 |
| | Alüminyum alaşımı (6082) | 170 |
| | Pirinç (CZ 121 tipi) | 123 |
| | Pirinç (63% bakır) | 125 |
| | Pirinç (70% bakır) | 109-121 |
| | Saf bakır | 353-386 |
| | Bakır (C101 tipi) | 388 |
| | Hafif çelik | 50 |
| | Paslanmaz çelik | 16 |
| Gaz | Hava | 0.0234 |
| | Hidrojen | 0.172 |
| Diğerleri | Asbestos | 0.28 |
| | Cam | 0.8 |
| | Su | 0.6 |
| | Ağaç (yumuşak ya da sert ağaç) | 0.07-0.2 |

Akışkanlar katılardan farklı olarak kayma gerilmesi taşırlar ve akışkanlarda ısı geçişi daha çok taşınım yolu ile gerçekleşir. Akışkanların ısı iletim katsayılarının belirlenebilmesi için ise doğal taşınım etkileri ihmal edilebilecek düzeyde olmalıdır. Durgun bir akışkanda ısı geçişi sadece iletim yolu ile gerçekleşir. Katı malzemelerden farklı olarak, ısı iletim katsayısı belirlenecek olan akışkanın içerisinde doğal taşınım etkileri görülmeyecek kadar küçük bir hazne içinde yer alması gerekmektedir. Bu şekilde akışkan katı gibi davranacağından akışkanın ısı iletim katsayısının belirlenmesi Fourier Kanunu' nun uygulanması ile belirlenir.

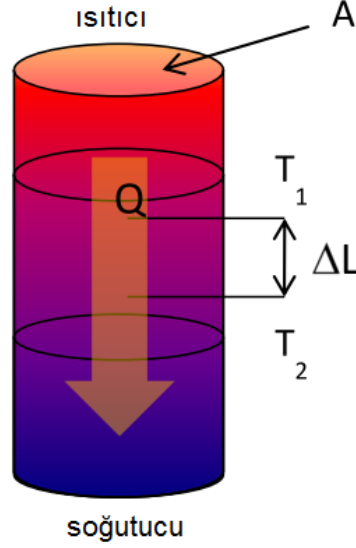
3. ISIL İLETKENLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Termal iletkenlik aşağıdaki bağıntı ile tanımlanır;

$$k = q \Delta L / \Delta T$$

Burada q, A kesitinden geçen ısı akısı, ΔT , ΔL kalınlığında oluşan sıcaklık farkını ifade eder.

Isıl iletkenlik ölçümü, bu nedenle, her zaman ısı akısı ve sıcaklık farkı ölçümünü içerir. Ölçüm zorluğu her zaman ısı akış ölçümü ile ilişkilidir. Isı akısı ölçümünün (örneğin, ısıtıcı içine giden elektrik güç ölçümü ile) doğrudan yapıldığı durumda, ölçüm mutlak olarak adlandırılır. (Şekil 3). Akı ölçümünün dolaylı olarak yapıldığı yerde (mukayese yolu ile), bu karşılaştırmalı yöntem olarak adlandırılır.



Şekil 3. Isı iletim katsayısı ölçülen parçada ısı akısı

Bu iki temel yöntem ek olarak, genellikle doğadaki geçici diğer ikincil yöntemler, aynı zamanda ısı iletkenliği verebilir.

Tüm durumlarda, numune sahip olduğu toplam ısı akısı (ve referanslar, karşılaştırmalı bir örnek olarak), tek eksenli olması gerekir. Bu nedenle, radyal doğrultuda ısı kayıpları veya ısı kazancı en aza indirilmelidir. Bu gibi basit çözümler örnek etrafında yalıtım malzemesi ile bir "koruma" kurulumu ile bir dereceye kadar gerçekleştirilebilir. Şayet numunenin koruması aynı sıcaklık farkı için kontrol edilirse, o zaman radyal ısı akışını en aza indirilecektir.

Belirli bir ölçüm sistemi ve konfigürasyonunda ısı iletkenliği, numune büyüklüğünden önemli şekilde etkilenir. Isı iletkenliği yüksek olduğunda, numuneler (örneğin silindir şeklinde), genellikle "uzun" seçilir. İletkenliği düşük olduğunda, numuneler (örneğin, levha veya disk şeklinde), genellikle "yassı" olarak seçilir.

Aşağıdaki bölüm, iletkenliği çok geniş bir yelpazede sergileyen bir katı malzemeler üzerinde 1500°C'ye kadar alt sıcaklıklarda başlıca iletkenlik ölçme yöntemlerini kapsar. Bu teknikler eksenel akış, radyal akış, korunan sıcak plaka ve sıcak-tel yöntemidir.

3.1. Eksenel Akış Yöntemleri

Eksenel akış yöntemleri uzun yıllardan bu yana yapılmaktadır ve literatürdeki en hassas ve güvenilir olanıdır. Bu, çok düşük sıcaklık derecelerinde tercih edilen bir yöntemdir.

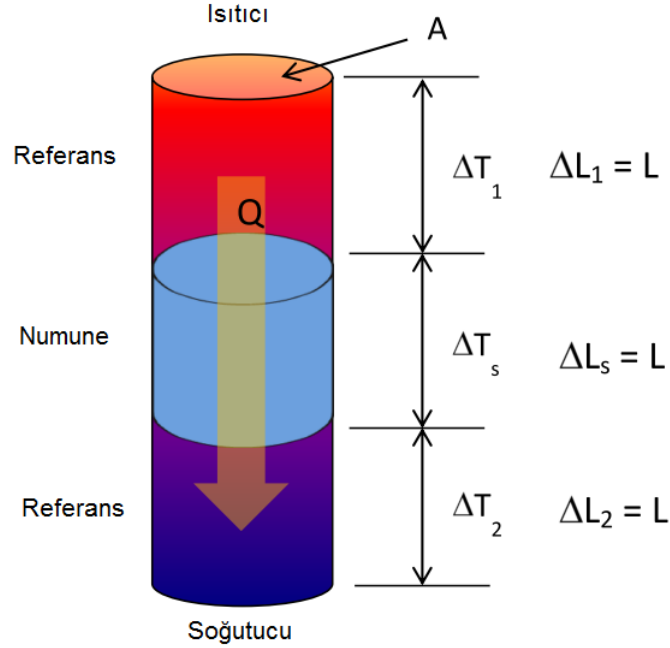
En önemli ölçüm konusu radyal yöndeki kayıpların azaltılması olup özellikle ısıtıcının yerleştirildiği uç kısımda bu konu oldukça önemlidir. Bu kayıplar, düşük sıcaklıklarda çok azdır. Numunenin sıcaklığı oda sıcaklığının üstünde hareket ettikçe, ısı kayıplarının kontrolü daha zor hale gelir. Ancak uygulamada silindirik simetri ısı geçişi kullanılır.

Korunan ve korumasız çözümler ilave olarak, diğer kategoriler de ayrılır: Çoğunlukla alt ortamlarda mutlak eksenel ısı akışı kullanılır. Bu tür sistemler, ısıtıcı elektrik gücünü

ayarlamak için çok hassas bir bilgi gerektirmektedir. Sonuç olarak, sıcak ısıtıcı yüzeyler kayıplarda önemli bir rol oynamaktadır.

3.2. Karşılaştırmalı kesme çubuk (ASTM E1225 Test Yöntemi)

Bu belki de aksenal ısı iletkenliği test için en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu, ölçme ilkesinde termal sıcaklık gradyentleri bilinen bir örnek ve bilinmeyen bir örnek ile karşılaştırma yapılır. Daha çok, bilinmeyen (Şekil 4) elemanı ortadan kaldırmak için çok zor olan küçük ısı kayıpları için daha fazla hesapla, numune bilinen iki "referanslar" arasına sıkıştırılır.



Şekil 4. Isı iletim katsayısı ölçülen parçada ısı akısı

K_R referans ısı iletkenliğidir. Buradan, bilinmeyen bir örneğin termal iletkenliği (K_S) aşağıdaki denklemden elde edilebilir:

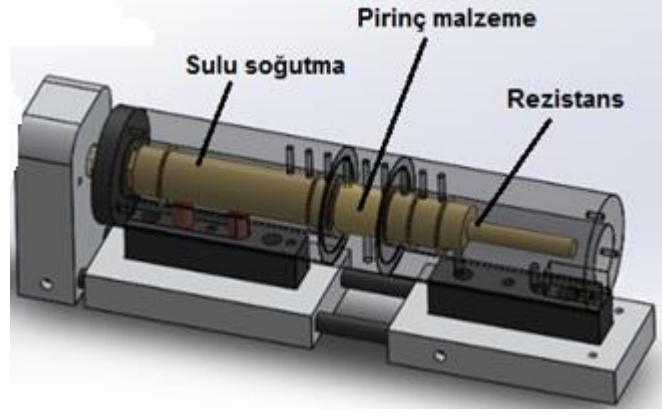
$$\frac{Q}{A} = K_S \frac{\Delta T_s}{L} = K_R \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2} \frac{1}{L}$$

4. DENEY CİHAZI

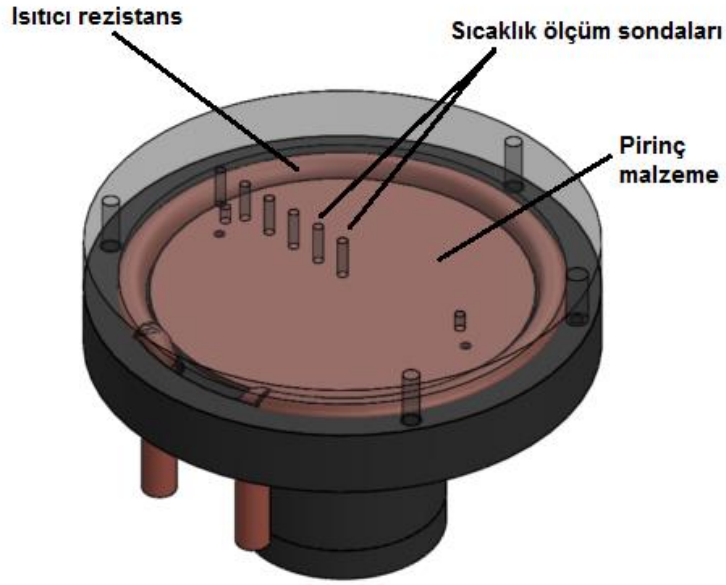
Deney cihazı doğrusal ısı iletimi ölçüm sistemi ve radyal ısı iletim ölçüm sisteminden oluşmaktadır. Her iki ölçüm sisteminde ısıtıcı ve soğutucu bölümler bulunmaktadır. Soğutma soğutucu tarafta su ile yapılmaktadır. Sıcaklıklar termokopul ile ölçülmektedir.

Deney Cihazı aşağıdaki parçalardan oluşan komple bir deney seti kullanılmıştır.

- Isı giriş bölümü (Prinçten)
- Elektrik ısıtıcısı
- 9 adet sıcaklık sensörü
- Soğutucu bölümü (Prinçten)
- Hortumlar (Soğutma için)
- Isı iletimi ölçülecek olan malzeme



Şekil 5. Doğrusal ısı iletimi ölçüm sistemi



Şekil 6. Radyal ısı iletim ölçüm sistemi

5. Doğrusal Isı İletimi Deneyi

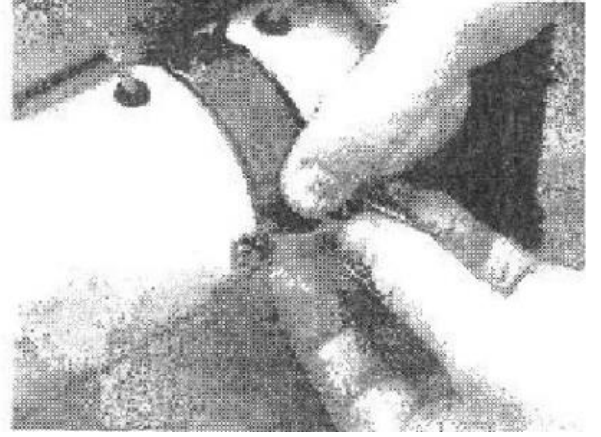
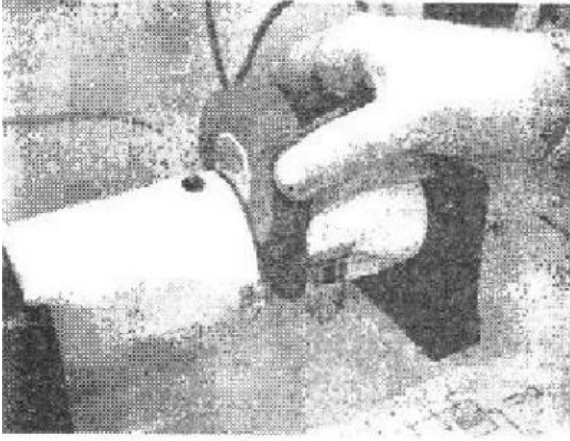
5.1. DENEYİN AMACI:

- Aynı boyutlarda ve aynı malzemeden yapılmış bir katı çubuk boyunca ısının doğrusal olarak nasıl iletiildiğini göstermek,
- Farklı malzemelerin temasının doğrusal ısı transferini nasıl etkilediğini göstermek,
- Bir katı çubukta malzemenin deneysel ısı iletkenliğinin nasıl hesaplandığını göstermek,
- İyi bir ısı bağlantı için ısı macununun nasıl etkinlik sağladığını göstermektir.

5.2. DENEYİN YAPILIŞI

İşlem 1-Standart Pirinç Malzeme

1. Doğrusal ısı iletim deneyine başlamadan önce ölçülecek malzemeyi deney düzeneğine aşağıdaki şekilde yerleştiriniz ve ayarlayınız.



Şekil 7. Pirinç orta kısmının oturtulması

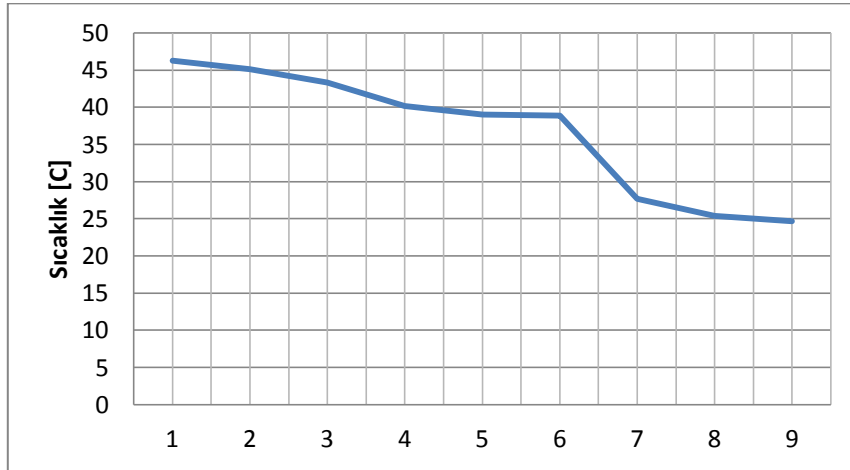
- a) Isıtıcı olan ana ünitenin anahtarını kapatınız.
 - b) Deneý parçasını ölçüm ünitesine yerleřtirerek kelebek vida ile tutturunuz.
 - c) Deneý için gerekli ise su hortumunu bağlayınız. Doęru sonuç alabilmek için bağlantıları doğru yaptığınızdan emin olunuz.
 - d) Suyu açınız. Ve sızıntıları tespit etmek için suyun deneý elemanından birkaç dakika geçmesine müsaade ediniz.
 - e) Isıl çiftlerin (termokupl) soketini ana makinede doğru numaraları kontrol ederek takınız. Ve ısıtma kablosunun soketini ana makineye takınız.
 - f) Ana ünitenin anahtarını açınız. Ve ısı kontrolünü minimuma getiriniz. Isıtıcının anahtarını açınız.
2. Aşağıdaki kısımda tanımlandığı gibi ısı transfer macununu kullanarak pirinç orta kısmına oturtunuz.
- a) Uygun eldiven kullanınız.
 - b) Kâğıt mendil veya eski bir bez kullanarak macun uygulanacak yüzeyi temizleyiniz.
 - c) Yüzeye macunu ince bir tabaka halinde sürünüz. Yüzeyde hava baloncukları olmadığından emin olunuz.
 - d) Deneý parçasını yerine yerleřtiriniz.
3. Tablo 2'dekine benzer bir sonuç tablosu oluşturunuz.
Ölçümleri almaya başladığınız zaman yazılım otomatik olarak bir tablo oluşturacaktır.
4. Referans olacak yerel ortam sıcaklığını ölçmek için sağlam bir termometre kullanınız.
5. Su akışını başlatmak için su çıkış valfini açınız. Daha sonra ısıtıcıyı çalıştırınız ve 30 Watt gücüne ayarlayınız.
6. Sıcaklık durgun hale gelene kadar bekleyiniz ve sonra T_1 ve T_9 değerlerini kaydediniz.
7. Karşılaştırma için birinci testi tekrarlayınız ya da ısıtıcı gücünü 30 Watt'tan fazla bir değere ayarlayınız.
8. Isıtıcıyı ve su desteğini kapatınız.

Tablo 2. Doğrusal ısı iletkenlik değeri sonuç tablosu

| Ölçüm yapılacak malzeme:Pirinç | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Güç (W) | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₆ | T ₇ | T ₈ | T ₉ |
| 22,4 | 46,3 | 45,1 | 43,3 | 40,2 | 39,0 | 38,9 | 27,7 | 25,4 | 24,7 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| T ₇ 'den mesafe (m) | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |

5.3. Sonuç Analizi

Birinci termokupl yardımıyla her güç ayarı için elde edilen sonuçlardan çubuk boyunca mesafeye karşılık sıcaklığın grafiğini çiziniz.(Resim 2'ye bakınız) Sonuçlarınıza karşılık iyi bir grafik çizebilmelisiniz. Eğer orta kısım sıcaklığınız (T₆) grafikteki doğruya yakın değilse orta kısmı düzgün oturtamamışsınız demektir.



Şekil 8 Standart malzeme testi için grafik oluşturma

Referans sıcaklık için doğru boyunca ısı dağılımını hesaplayınız.

Metal çubuğun ısı iletkenliğini bulmak için en uç noktalardaki T₁ ve T₉ ölçümlerinin aralarında verilmiş mesafeyi, ısıtıcı gücünü ve çubuk alanını aşağıdaki denklemi kullanarak bulunuz.

$k = \frac{Q \cdot dx}{A \cdot dT}$ olarak verilmektedir. Bizim elde ettiğimiz sonuçlar ile pirinç ve çelik malzemenin bilinen değerleri karşılaştırılabilir.

Burada;

k: Isı iletim katsayısı [W/mK]

Q: Isıl enerji (ısı /zaman) [W]

dx: Isı transfer boyu (0,02 m)

dT: Sıcaklık farkı [°C]

A: Isı transfer alanı (7,065x10⁻⁴ m²) dır.

$$\text{Örnek : } k = \frac{22,4 \times 0,02}{7,065 \times 10^{-4} (40,2 - 38,9)} = 487,77 \frac{W}{mK}$$

Tablo 2'de verilen tipik değerler ile karşılaştırınız. Eğer varsa her hatanın nedenini açıklayabilir misiniz?

6. Radyal Isı İletim Deneyi

6.1. DENEYİN AMACI:

- Düzgün boyutlar ve malzeme için bir katı disk etrafında ısı iletiminin nasıl olduğunu göstermek,
- Düzgün boyutlardaki katı diskte malzemenin deneysel ısı iletkenliğinin nasıl hesaplanacağını göstermektir.

6.2. DENEYİN YAPILIŞI

1. Birinci deneyin birinci işleminde anlatıldığı gibi deney aparatınızı ayarlayıp bağlayınız.
 2. Tablo 3'e benzer boş bir tablo oluşturunuz.
- Ölçümleri almaya başladığınızda yazılım sizin için otomatik bir tablo oluşturacaktır.

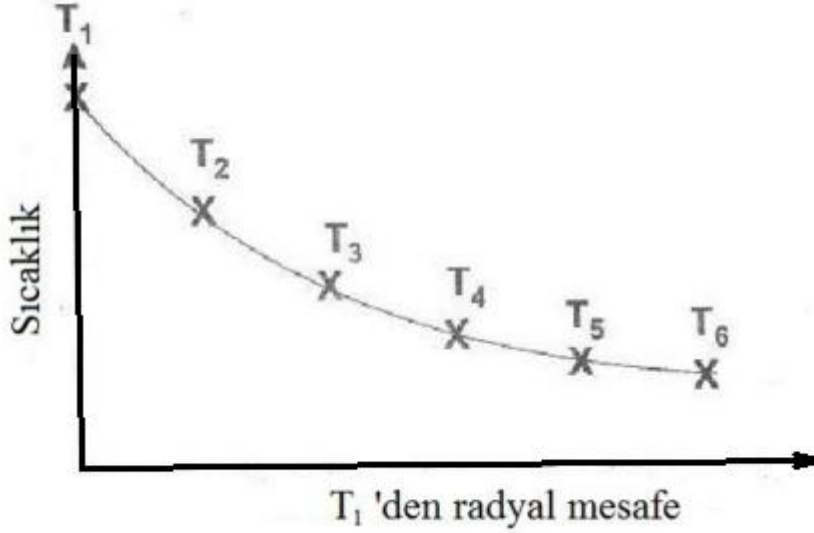
Tablo 3: Radyal diskte ısı iletkenlik için sonuç tablosu

| Ölçüm yapılacak malzeme: | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Güç (W) | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₆ |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| T ₁ 'den radyal mesafe (m) | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |

3. Referans alınacak yerel ortam sıcaklığını ölçmek için sağlamlığından emin olduğunuz bir termometre kullanınız.
4. Su akışını başlatmak için su çıkışını açınız, daha sonra ısıtıcıyı 30 watt güce ayarlayınız ve çalıştırınız.
5. Sıcaklıklar durgun hale gelene kadar bekleyiniz ve daha sonra T₁'den T₇'ye kaydediniz.
6. Karşılaştırma için testi bir kez daha tekrar ediniz ya da ısıtıcı gücünü 30 Watt'tan daha büyük bir değere ayarlayınız.
7. Isıtıcı ve su desteğini kapatınız.

6.3. Sonuç Analizi

Her güç ayarı için sonuçlardan yola çıkarak diskteki radyal mesafelere karşılık sıcaklıkları birinci termokupl yardımı ile çiziniz. (T₁)(Şekil 7'ye bakınız.) Sonuçlarınıza karşılık bir eğri oluşturabilmelisiniz.



Şekil 7. Radyal ısı transferi testi için grafiğin oluşturulması

Eğrinin tüm dağılımı önemli değildir, fakat şeklin tümü radyal ısı transferi için radyal mesafe ve sıcaklık arasında doğrusal olmayan bir ilişkiyi sağlaması gerekir.

Sonuç setlerinden birini seçiniz. Teori kısmındaki eşitliği, radyal konumundaki T1'i ve radyal konumundaki T2'yi kullanınız.

T3'ü bulmak için hesaplanmış T2 değerini kullanınız ve bu yolla devam ederek diğer teorik sıcaklıkları bulunuz. Teorik eğriyi grafiğine ekleyerek tahmin sonuçlarının ne kadar iyi olduğunu karşılaştırınız.

En uzak etkin iki ölçüm T1 ve T6'yı bu pozisyonlardaki radyal mesafeyi, disk kalınlığını ve ısıtıcı gücünü kullanarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla pirinç diskin ısı iletkenliğini hesaplamak için kullanınız.

$$k = \frac{W \ln \frac{R_5}{R_2}}{2\pi L(T_6 - T_2)}$$

W: Elektriksel güç girişi (W)

L: Parçanın aksenal uzunluğu (L=0,012 m)

R6: Dış çap (0,05 m)

R2: İç çap (0,01 m)

Tablo 2 de verilen tipik değerler ile karşılaştırınız. Eğer varsa hataların sebebini açıklayabilir misiniz?