

Farklı Malzeme Türlerinin Isı İletim Katsayılarının Hesaplaması

Ali Peker; Metin Taştan;

Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi

Özet:

Isı iletim katsayısı, ne kadar küçük olursa ısı kaybı da o kadar az olur. Son yıllarda binaların enerji verimliliğine olan bilimsel ilgi giderek artmaktadır. Pek çok ülkenin enerji tüketimi harcamalarındaki büyük oran binaların ısıtılması ve soğutulması maliyetlerini oluşturmaktadır. Söz konusu bu enerjinin etkin kullanımı ısı yalıtımı ile ilgilidir. Isı yalıtım malzemesinin seçimi veya yeni bir malzemenin imalatı bu konuda oldukça önemlidir. Yeni bir malzemenin imalatı veya malzeme seçimini yaptıktan sonra hesapların yapılabilmesi için o malzemenin ısı iletim katsayısının bilinmesi gerekir. Bu nedenle ısı gereksinimlerini karşılayabilmek için, ısı iletim katsayısını belirlemek gerekmektedir. Bu kapsamda ısı iletim katsayısını hesaplayabilmek için deneysel bir çalışma yapılmış ve literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı iletim katsayısı; Yalıtım; Isı transferi; İletkenlik;

Evaluation of Heat Conduction Coefficients of Different Materials

Abstract:

The smaller heat transfer coefficient means the less heat loss. In recent years, scientific interest in the energy efficiency of buildings has been increasing. In general, a large proportion of energy consumption expenditure of numerous countries constitutes for heating and cooling costs. In other words, the effective energy handling is directly related to thermal insulation. The choice of insulation material or the production of a new material is very important in this regard. To be made after the selection of the material, the heat transfer coefficient should be specified in order to calculate heat transfer equations. For this reason, it is necessary to determine the heat transfer coefficient in order to find out the heat requirements. In this regard, an experimental study has been carried out to calculate the heat transfer coefficient of several materials and obtained results were compared with those of in the literature.

Key words: Conduction coefficient; Insulation; Heat transfer; conductivity;

1. Giriş

Semboller	
Q	Isı transferi (W)
A	Alan (m ²)
T	Sıcaklık (K)
x	Kalınlık (m)
k	Isı iletim katsayısı (W/mK)
U	Toplam ısı transferi katsayısı (W/ m ²)
R	Isıl direnç (K / W)
$T_{H,I,HS,CI,CS}$	Yüzey sıcaklıkları (°C)
$x_{H,C,S}$	Deney numunesi kalınlıkları (m)
$k_{H,C,S}$	Deney numunesi ısı iletim katsayısı (W/mK)

Isı iletim katsayısı, maddeleri birbirinden ayırmamıza yarayan karakteristik özelliklerden biridir. Yani doğadaki her maddenin kendisine ait ısı iletim katsayısı farklılık gösterir. Sadece maddelerin katı fazında gerçekleşen ısıl alışverişlerde söz konusudur. Bir metal çubuğu bir ucundan ısıttığımızda diğer ucun

sıcaklığının zamanla nasıl değişeceğini, başlangıçla bitiş noktaları arasında kalan bölgede nasıl bir dağılım göstereceğini ya da kaç derecede sabit rejime ulaşacağını hesaplayabilmemiz için gereken parametrelerin en önemlisidir. Bu nedenle ısı iletim katsayısının deneyler sonucunda bazı parametrelerin etkisiyle değişimini gözlemlemek günlük hayatımız içinde çok önemlidir. Bir çok sektörde (inşaat, mekanik, enerji vs.) geniş yer kapsayan ısı iletiminin bu nedenle çeşitli deney ve gözlemlerle belirlenmesi gerekir.

Isı İletimi; Isıyı insanlığa yararlı şekilde kullanmak için elde ettikten sonra kullanma yerine iletmek gereklidir. Bunun birçok yolu vardır. Yalnız ısı iletimi usullerinde kayıpların az olmasına çalışılır.

Cisimler, ıyıyı bir yerden başka bir yere iletme bakımından çok çeşitlilik gösterirler. Madenler ıyıyı iyi iletirler. Buna karşılık, hava kötü iletkenidir. Dolayısıyla, içinde hava bulunan cisimler de kötü iletkenlerdir. Böylece cisimler;

1-İletken

2-Yarı iletken

3-Yalıtkan

olmak üzere çeşitli bölümlere ayrılırlar. Bazen ısının iletilmesi, bazen de dışarıya verilmeyip korunması istenir. Duruma göre ya iletken, ya yalıtkan bir cisim kullanılır. Evlerin, iş yerlerinin, fabrikaların ısıtılmasında, soğutulmasında ısı iletiminin önemli bir payı vardır. Bu bakımdan ısının iletim kanunları

araştırılmıştır. Isının cisimlerin içinden, ya da bir cisimden başka bir cisme geçişi 3 yolla olur. Bunlar;

- 1) İletim (kondüksiyon)
- 2) Taşınım (konveksiyon)
- 3) Işınım (radyasyon)

Bu çalışmada; silindirik metoda göre sıvıların ısı iletim katsayısı ölçümü yapan bir deney cihazı tasarlanmıştır. Cihazın doğruluğunu test etmek için farklı koşullarda saf su ile deneyler yapılmıştır. Deney sonucu ile literatürdeki tablo değerleri karşılaştırılmış ve % 9 oranında hata olduğu bulunmuş. Böylelikle deney düzeneğinin doğru test edilmiş ve antifriz karışımı, antifriz, tuzlu su, hidrolik yağ gibi maddelerde de çalışmalar yapmıştır. Cihazda yapılan deneylerden elde edilen bu sonuçlar, literatür tablo değerleri ile karşılaştırıldığında nitelik ve nicelik bakımından bir birleriyle uyum içinde olmuştur

Bu çalışmada; silindirik metoda göre sıvıların ısı iletim katsayısını ölçen bir deney cihazı tasarlanmıştır. Bu cihazla yapılan deneylerde elde edilen ısı iletim katsayıları literatürdeki değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilen verilerin % 9-12 gibi bir hata payı ile doğruluğu gösterilmiştir [6]. Karşılaşılan birçok ısıl sistemde, enerjinin etkin ve verimli kullanımında ısı yalıtımı önemli rol oynamaktadır. Yalıtımın geniş bir uygulama alanı bulunmakta ve bu uygulamalarda yalıtım amacıyla kullanılan maddelerin en önemli kısmını gözenekli yalıtım maddeleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada gözenekli maddelerin sıcaklıkla ısıl iletim katsayılarının nasıl değiştiği kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir [7].

Bu çalışmada; katı, sıvı ve gazların ısı iletim katsayılarının teorik olarak açıklanması, gaz ve sıvı maddelerin ısı iletim katsayılarının basınç ve sıcaklığa olan bağlılığının gösterilmesi, ölçülmesi üzerinde durulmuştur. Daha sonra katı, sıvı ve gazların ısı iletim katsayılarının ölçülmesi metodları üzerinde durularak bu metodlar tanıtılmıştır. Ayrıca katı maddelerin ısı iletim katsayıları üzerinde durularak matematiksel olarak hesabını yapmak için gerekli bağıntılar verilmiştir [8].

Çeliklerin ısı iletim katsayıları onların kimyasal bileşimlerine yani o çeliği oluşturan elementlerin yüzde miktarlarına bağlı olarak değişir. Aynı zamanda sıcaklık da çeliklerin ısı iletim katsayısını etkiler. Bu konuda F. Richter, çeliklerin ısı iletim katsayılarını o çeliği oluşturan elementlerin yüzde bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak veren genel ifadeler vermiştir. Burada yapılan çalışmada alaşım yüzdelerinin çelik üzerindeki ısı iletimine etkisi incelenmiştir [9].

Isı iletim katsayısıyla ilgili farklı çalışmalar bulunmaktadır. Seralarda uygun koşulların sağlanması seranın kurulacağı bölgenin iklim özellikleri ile yakından ilgilidir. Özellikle soğuk bölgelerdeki seralarda ısı kayıplarının minimuma indirilmesi için seralarda kullanılan plastiğin ısı iletim katsayısının belirlenmesi amacıyla bu tez yazılmıştır [1].

Birçok kompozit malzeme elyaf ile güçlendirilmiş bir matristen oluşur. Karbon fiberlerin mükemmel ısı iletkenlikleri olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, matris ve lifler arasındaki ara yüzeyin termal açıdan kötü olması durumunda, kompozitin toplam termal iletkenliği önemli derecede etkilenmektedir. Bu tezin amacı, matris-fiberin termal iletkenliğini ölçmektir [2].

2. Materyal ve Yöntem

Deneyde kullanılacak deney düzeneği ve firma bilgileri deney planıyla beraber bu bölümde sunulmuştur.

Isı iletimi, ısı transferinin üç temel biçiminden biridir. Kinetik enerji komşu atomlar veya moleküller arasında aktarılır. Isı nakli, ısı temini yoluyla kalıcı olarak sağlanırsa buna sabit ısı iletimi denir. Mühendislikte ısı iletiminin en yaygın uygulaması ısı eşanjörlerinde bulunur.

WL 372 deney cihazı temel kanunları ve deney yolu ile katı nesnelere içinde ısı iletimi karakteristik değişkenleri belirlemek için kullanılabilir. Deneysel birim, ısıtma ve soğutma elemanlarıyla donatılmış, doğrusal ve radyal bir deney düzeneğidir. Doğrusal ısı iletimi için deney düzeneğinde, farklı ısı aktarım özelliklerine sahip farklı ölçüm nesnelere takılabilir. Deney cihazı bir ekran ve kontrol ünitesi içerir (Şekil 1). Sensörler, ilgili tüm noktalardaki sıcaklıkları kaydetmek için kullanılmıştır.

Ölçülen değerler dijital göstergelerden okunur ve USB ile eşzamanlı olarak bir PC'ye iletilebilir, bu sayede ilgili yazılım kullanılarak analizler yapılabilir (Mühendislik eğitimi ve deney cihazları: Gunt Hamburg [4]). Şekil 2 ve 3te farklı numunelerin (mukavva ve plastik) resmi ve deney düzeneğinde yerleştirilmesi gösterilmiştir.

Deney düzeneğinin birimleri ve gereken elemanlar,

- Katı numunesi
- Deney ünitesi, ekran ve kontrol ünitesi
- Sıcaklık ölçüm termokuplları (9 adet)
- Elektrikli ısıtma elemanı
- GUNT yazılımı (sıcaklık profillerinin göstermesi için)
- Windows 7, 8.1 ve 10

Ölçün aralıkları,

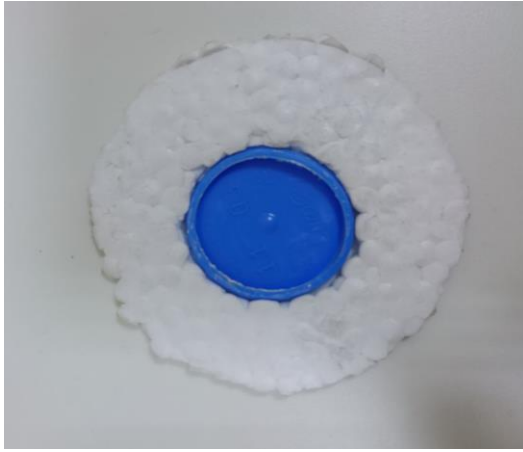
- Sıcaklık: 0 - 100 ° C
- Güç: 0 - 200W

- Boyutlar ve aralıklar:
- BxExY: 400×360×210mm (deney birimi)
- BxExY: 470×380×210mm (ekran ve kontrol ünitesi)
- Ağırlık: 22kg



Şekil 1. Deneş düzeneği,

- 1) Ekran ve kontrol ünitesi, 2) Ölçüm nesnesi, radyal ısı iletimi için 3) Deneysel kurulum, doğrusal ısı iletimi için 4) Deneysel kurulum



Şekil 2. Mukavva ve plastik numuneleri

Numune



Şekil 3. Numunelerin deney düzeneğinde yerleştirilmesi

Bu çalışma kapsamında toplam 4 deney yapılmıştır. Yapılan deneyler sırasıyla aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Yapılan Deneyler

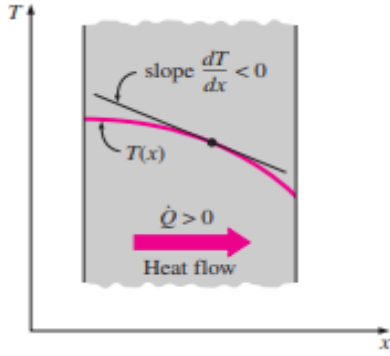
Deney 1	Alaşımli numunenin ısı iletim katsayısının hesaplaması
Deney 2	Alaşımli numunenin ısı iletim katsayısı (Farklı Isı Transfer Hızlarında)
Deney 3	Mukavva numunenin ısı iletim katsayısının hesaplaması
Deney 4	Plastik numunenin ısı iletim katsayısının hesaplaması

3. Analizler

Bu mekanizmayla ısı iletiminde numunenin ısı geçiren bir cisim olması gereklidir. Deney cihazında, sağlanan termal enerji numune ve elemanların soğuk kısımlarına da yayılır. Bu ısı iletimi soba içine sokulan bir demir çubuğun öbür ucunun ısınmasıyla gerçekleşmektedir.

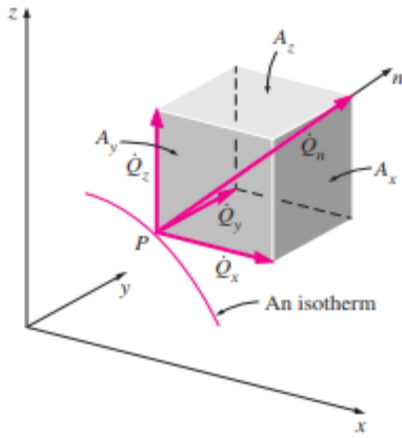
Sistemde verilen ısı vasıtasıyla sobaya sokulan uçtaki moleküllerin hareketi şiddetlenir. Bu moleküller yanlarındaki moleküllere çarparak onların titreşimini

de artırırlar. Böylece ısı transferinde açıklanmış olduğu gibi verilen ısı moleküller vasıtasıyla iletilir. Fourier ısı iletim denklemi malzeme kalınlığı için ve 3 boyutlu denklemleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca, birden fazla malzeme için genel Fourier ısı iletim denklemleri ve yapılan deneyleri için eşitlikler sırasıyla sunulmuştur [3,5].



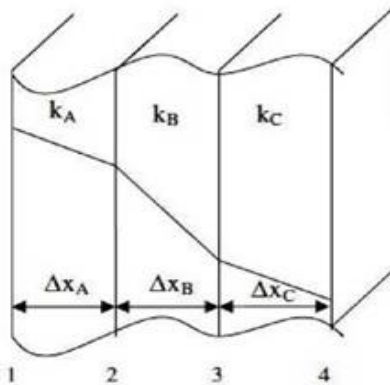
Şekil 4. Sıcaklık gradyeninin kalınlıkla değişimi

$$(3) Q = -k \times A \times \frac{dT}{dx}$$



Şekil 5. Isı transferinin 3 boyutlu düzlemde gösterimi

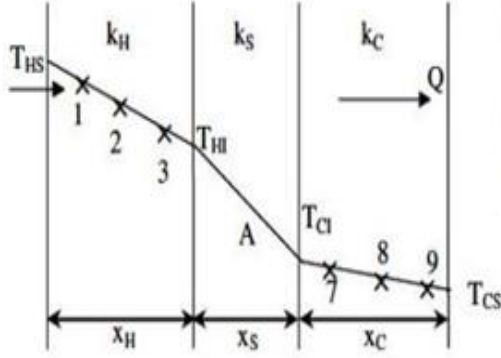
$$(4) Q_x = -k \times A \times \frac{dT}{dx} \quad Q_y = -k \times A \times \frac{dT}{dy} \quad Q_z = -k \times A \times \frac{dT}{dz}$$



Şekil 6. Birden fazla malzeme için Fourier Isı İletim denklemi

$$(5) \dot{Q} = -k_H \times A \times \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_A} = -k_S \times A \times \frac{T_3 - T_2}{\Delta x_B} = -k_C \times A \times \frac{T_4 - T_3}{\Delta x_C}$$

$$(6) \dot{Q} = -\frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_A}{k_A \times A} + \frac{\Delta x_B}{k_B \times A} + \frac{\Delta x_C}{k_C \times A}} = -\frac{T_1 - T_4}{R_A + R_B + R_C}$$



Şekil 7. Yapılan deneylerde kullanılan Fourier Isı İletim denklemi

$$(7) \frac{\dot{Q}}{A} = k_H \times \frac{T_{HS} - T_{H1}}{x_H} = k_S \times \frac{T_{H1} - T_{C1}}{x_S} = k_C \times \frac{T_{C1} - T_{CS}}{x_C}$$

$$(8) \dot{Q} = -\frac{T_{HS} - T_{CS}}{R_{toplam}}$$

4. Araştırma Bulguları

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve diyagramlar, tablolar ve diyagramlar halinde sunulmuştur. Tablo 2 ve Şekil 8'de görüldüğü gibi hazırlanmış numune deney düzeneğine bağlanır ve elde edilen sıcaklıklar 9 farklı noktadan kaydedilmektedir. Daha önceden de beklenildiği gibi, burada gösterilmiş olan numunenin (mukavva) kalın olmasından dolayı bir ısı transferinin gerçekleşmediği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla ilk başta mukavva ve plastik gibi numunelerde başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Bu doğrultuda mukavva numunenin ebatının inceltilmesine karar verilmiştir. Mukavva deney numunesi ince forma getirilip, bu şekilde termokuplla bağlanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Deney sırasında inceltmiş mukavva numunedan ısı geçişi gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda istenilen sonuçlara ve program ekran çıktılarına ulaşılmıştır. Böylece gerçekleştirilmiş olan bu deneyle mukavvanın ısı iletkenliği hesaplanmıştır.

Çalışmada, sıcaklık değerlerinin elde edilmesiyle numunenin ısı iletkenliğini incelemek için sayısal hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda mukavvanın ısı iletim katsayısı bulunmuş, literatürdeki değerlerle karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalara göre elde edilen sonuçlar tasdik edilmiştir. Deneylede sıcaklık değerleri skalalarda sabitlenene kadar beklenilmiştir ve daha sonra elde edilen dotalar PC ekranından alınmıştır (Şekil 8). (Sıcaklık değerlerinin sabitlenmesini beklememeğin sebebi, numune için yapılan hesaplamaların doğru çıkmasıdır).

Tablo 2. İnceltilmiş mukavva için Termokupllden elde edilen sıcaklıklar

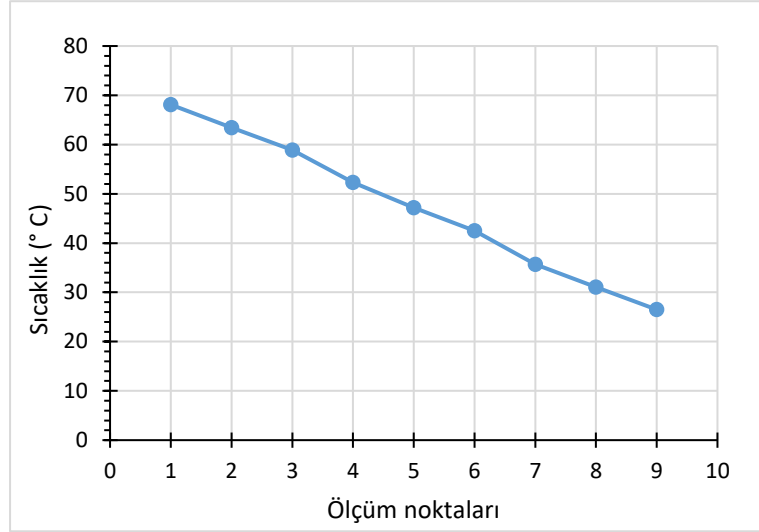
° C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SICAKLIK	88.4	87.9	88.6	25.3	25.2	25.2	13.3	12.5	12.3



Şekil 8. Program ekran çıktısı

Deney 1:

1.deneyde 28 Watt'lık ısı transferi miktarı karşılığında termokopl üzerindeki ölçüm noktalarına karşılık gelen sıcaklıkları aşağıdaki diyagramda göstermektedir (Şekil 9).

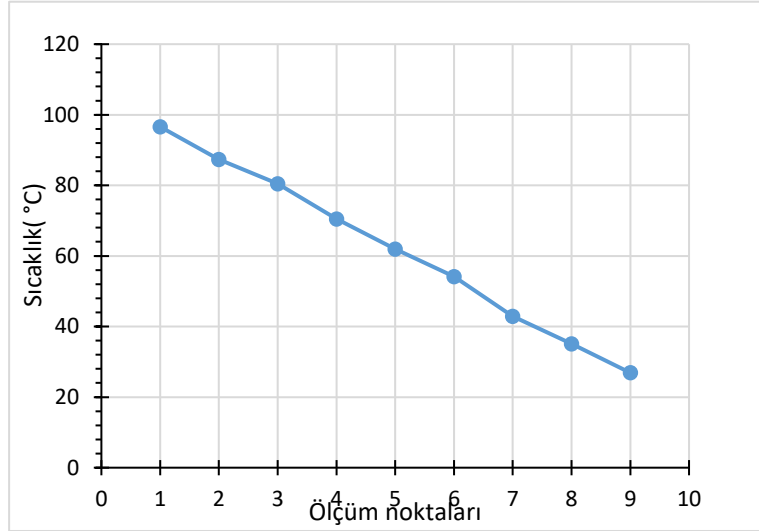


Şekil 9. Sıcaklık-Ölçüm noktalarının diyagramı (Deney 1)

Laboratuvarda yapılmış olan deneyde, ilk olarak ısı transferi miktarı 28 Watt olarak ayarlanmış deney numunesinin ısı iletim katsayısını hesaplamak için, sıcaklık ve zaman parametrelerinin ısı iletim katsayısı üzerindeki etkilerini gözlemleyerek nihayetinde birçok veri elde edilmiştir. Belirli sürenin sonunda her noktadaki sıcaklık değerleri sabitlenerek, tam değerler sağlamıştır ve hesaplamalar yapılmıştır. Fourier denklemine dayanarak 28 Watt'lık ısı transferi miktarı ile laboratuvardaki deney numunesinin (metal alaşım) iletim katsayısı hesaplanmıştır, $k= 63.24 \text{ W/mK}$.

Deney 2:

2.deneyde termokopl üzerindeki ölçüm noktalarına karşılık gelen sıcaklıkları Şekil 10 da gösterilmiştir.



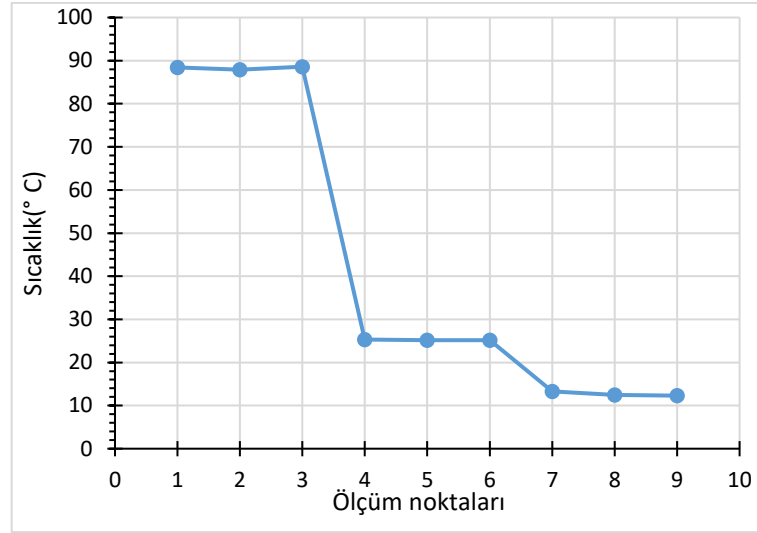
Şekil 10. Sıcaklık-Ölçüm noktalarının diyagramı (Deney 2)

Laboratuvar çalışmasında 2. deneyde, aynı numune üzerinde ısı transfer miktarı 48 Watt olarak değiştirilerek deney numunesinde artan gücün etkisiyle ısı iletimi katsayısının değişip-değişmeyeceği hakkında bilgiye ulaşmamızı sağlamıştır. Bu deney sonucunda aynı numune için gücün değişmesiyle ısı iletimi katsayısının da değerce değişimi kaydedilmiştir.

Bu deneyde elde edilen sonuçlara göre, 1-3 noktaları arasındaki sıcaklık farkı $0.75 \text{ } ^\circ \text{C/mm}$, 4-6 noktaları arasındaki sıcaklık farkı $0.02 \text{ } ^\circ \text{C/mm}$, 7-9 noktaları arasındaki sıcaklık farkı $0.60 \text{ } ^\circ \text{C/mm}$ olarak belirlenmiştir. Bu deneyde, 48 Watt'lık ısı transferi miktarı ile laboratuvardaki aynı deney numunesi için k değeri yeniden hesaplanmıştır, $k=61.98 \text{ W/mK}$.

Deney 3:

Bu deneyde, ilk olarak önceki bölümde görüldüğü gibi mukavvayı oldukça kalın bir halde deney işlemlerine tabi tutulmuştur fakat deney sonunda iyi sonuçlar elde edilmemiştir. Kalın mukavvanın ısıyı iyi iletememesinden dolayı 2. etapta numune inceltirilmiş deneyler farklı numune kalınlığıyla yapılmıştır. Böylece gerekli bilgi ve verilere ulaşmak mümkün olmuştur. 3.deneyde 10 Watt'lık ısı transfer miktarı ve mukavva için termokopl üzerindeki ölçüm noktalarına karşılık gelen sıcaklıklar Şekil 11 de gösterilmiştir.



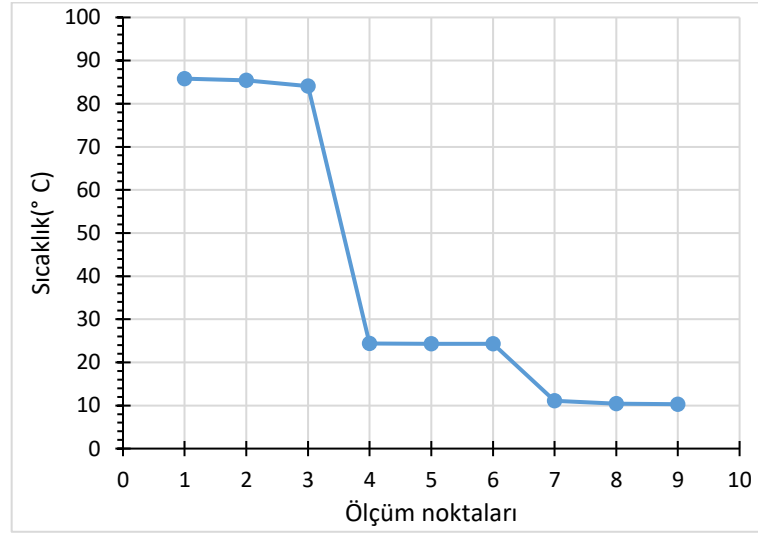
Şekil 11. Sıcaklık-Ölçüm noktalarının diyagramı (Deney 3)

T_4 ve T_3 karşılaştırılırsa, T_3 sıcaklığını çok yüksek olmasının sebebi, mukavvanın ısıyı iyi iletememesinden dolayı ve mukavvanın iyi iletken olmamasının sonucudur. Bu nedenle görüldüğü gibi T_4 sıcaklığı çok düşük değere sahiptir. Mukavvanın ısı iletim katsayısını hesaplamak için 3-4 noktaları arasını esas alınır işlemler devam ederse,

10 Watt'lık ısı transferi miktarı için mukavvanın k değeri hesaplanabilir. $k= 0.246$ W/mK → Literatürde kağıt, mukavva değeri yaklaşık: $k=0,2$ W/mK.

Deney 4:

4.deneyde 8 Watt'lık ısı transferi miktarı ve plastik numune için termokopl üzerindeki ölçüm noktalarına karşılık gelen sıcaklıkları Şekil 12de gösterilmiştir.



Şekil 12. Sıcaklık-Ölçüm noktalarının diyagramı (Deney 4)

Bu deneyde, 8 Watt'lık ısı transfer miktarı için plastik numunesinin k değeri hesaplanmıştır, $k=0.202 \text{ W/mK} \rightarrow$ Literatürde plastik $k=0,13 \text{ W/mK}$

Sonuçlar

Bu çalışmada farklı numuneler ile çeşitli deneyler yapılarak ısı iletim katsayısını analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

1- Isı iletim katsayısı bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlılığı gözlemlenmiştir.

2- Isı iletim katsayısı ne kadar küçükse, o malzemenin ısıyı o kadar az iletmediği görülmüştür.

3- Yalıtımın iyi olmasının istendiği durumlarda, ısı iletim katsayısı düşük olan malzemelerin tercih edilmesi gerektiği görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmamızda bize fikirleri, birikimleri ve manevi olarak destekleriyle her zaman yanımızda bulunan değerli hocalarımıza çalışmalarımız boyunca birlikte olduğumuz grup arkadaşlarımıza teşekkürlerimizi borç biliriz.

Kaynaklar

- [1] Ali Çaylı, 2014, Plastik seralarda ısı iletim katsayısının belirlenmesi ve ısı artırım önlemlerinden ısı perdelerinin etkinliğinin araştırılması, Doktora Tezi
- [2] Pathak, Sayali V, 2013, Enhanced heat transfer in composite materials, Master of Science (MS)
- [3] Yunus Çengel, (2003), Isı ve Kütle Transferi çeviri kitabı 6.baskı
- [4] Equipment for engineering education, G.U.N.T. Gerätebau GmbH, <http://gunt.de/en/>
- [5] Makine Laboratuvar Deney Föyleri, ısı iletim deneyi (2018)
- [6] Muhammet Kayefci, 2005, Sıvılar için ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı tasarımı ve deneysel olarak inelenmesi, Yüksek Lisans Tezi
- [7] Numan Yüksel, 2010, Gözenekli yapılarda yapı ve işletme parametrelerinden iletim katsayısına etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi
- [8] Abdülreza Sav, (1993), Malzemelerin ısı iletim katsayısını ölçme metodları ve inşaat ve yalıtkan malzemelerin ısı iletim katsayısının ölçme düzeneği tasarımı, Yüksek Lisans Tezi
- [9] Buket Yardımcı, (1994), Çeliklerin ısı iletim katsayısının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi