

İŞINIMLA ISI TRANSFERİ

1. AMAÇ

İşinimla ısı transferi olayının tanıtılması, Stefan-Boltzman kanununun gösterilmesi ve çeşitli metal plakaların yayma katsayılarının bulunması.

2. TEORİ ÖZETİ

Elektromanyetik dalgalar şeklinde veya fotonlar vasıtasıyla gerçekleşen ısı transferi şekline *ışınım*la (radyasyonla) ısı transferi denir. Işınımın fiziksel mekanizması henüz tam olarak bilinmemekte ve açıklanamamaktadır. Bazı ışınım olayları dalga teorisi ile bazı ışınım olayları ise kuantum teorisiyle açıklanabilmektedir. İster foton karakterinde, ister dalga karakterinde olsun ışınım, boşlukta ışık hızı ($c_0 = 2,998.10^8$ m/s) ile ilerler. Elektromanyetik dalgaların veya fotonların ilerlemesi için maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur.

Bazı ısı transferi problemlerinde ışınım ile ısı transferi ihmal edilebilmektedir (örn. radyatörlerde ışınım, toplam ısı transferinin %5-20'sini oluşturur). Fakat sıcak bir borudan çevreye olan ısı transferinde ışınım ile olan ısı transferi taşınım yoluyla olan ısı transferine eşit olabilmektedir. Bu durumda ışınımı ihmal etmek büyük hatalara neden olmaktadır. Bu yüzden mühendisler hesaplarında, duruma göre ışınım ile olan ısı transferini de hesaba katmak, ihmal etmemek zorundadırlar.

Bir cismin uzaya yaydığı toplam ışınım enerjisi (G), başka bir cisme rastladığında üç olay meydana gelir. Enerjinin bir kısmı (R) cismin yüzeyinden yansiyarak uzaya dağılır, bir kısmı (τ) cismin içinden geçerek diğer yerlere akar, bir kısmı da (A) cismin içinde absorplanır (yutulur). Bu durumda,

$$G = R + \tau + A$$

yazılabilir. Bu denklemden bütün terimler G ile bölünürse,

$$\rho = \frac{R}{G} \quad : \text{ışınım yansıtma oranı, yansıtılan ışınımın gelen ışınımına oranı}$$

$$\alpha = \frac{A}{G} \quad : \text{ışınım yutma oranı, yutulan ışınımın gelen ışınımına oranı}$$

$$\tau = \frac{\tau}{G} \quad : \text{ışınım geçirme oranı, geçirilen ışınımın gelen ışınımına oranı}$$

olmak üzere,

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

bağıntısı elde edilir. Burada ρ , malzemenin cinsine ve yüzeyin pürüzlülüğüne bağlıdır. α ve τ ise cismin fiziksel özelliklerine bağlıdır.

Eğer bir yüzey, üzerine gelen bütün ışınımı yansıtıyorsa ($\rho=1$) bu yüzey *beyaz cisim* olarak adlandırılır. Eğer bir yüzey, üzerine gelen bütün ışınımı yutuyorsa ($\alpha=1$) bu yüzey *siyah cisim* olarak adlandırılır. Gazlar ise (özellikle seyrek gazlar) ışınımı hemen hemen yutmadıklarından ve yansıtmadıklarından ($\tau=1$) *saydam cisim* olarak adlandırılır.

2.1 Siyah Cismin Neşretme (Yayma) Gücü

İdeal ışıyıcı olarak tanımlanan siyah cisim, verilen bir sıcaklıkta mümkün olan maksimum ışınımı neşreden ve üzerine gelen bütün ışınımı yutan bir yüzeydir.

İdeal ışıyıcının (siyah cismin) ışınım neşretme gücü,

$$E_s = \sigma \cdot T^4 \quad [W/m^2]$$

şeklinde yazılabilir. Burada σ , Stefan –Boltzman katsayısı olup değeri aşağıda verilmiştir.

$$\sigma = 5,67.10^{-8} \quad [W/m^2K^4]$$

Gerçek bir cismin neşrettiği ışınım, aynı sıcaklıkta siyah cismin neşrettiği ışınımdan daha azdır. Gerçek cismin ışınım neşretme gücü,

$$E = \epsilon \cdot E_s = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [W/m^2]$$

bağıntısı ile verilir. Burada ϵ , gerçek yüzeyin neşretme gücünün aynı sıcaklıktaki siyah yüzeyin neşretme gücüne oranı şeklinde tarif edilir ve *yayma katsayısı (emissivite veya yayma oranı)* olarak adlandırılır.

Gerçek cisimler için ϵ , büyük oranda yüzeyin yapısına bağlı olup, radyasyon dalga boyu, ışının gelişi, yüzey sıcaklığına da bağlıdır. Fakat bu genellikle pratik hesaplama yapılacağı zaman ortalama değerler kabul edilir. Çeşitli malzemelerin yayma katsayıları çeşitli kitap ve kaynaklarda bulunabilir. Gerçek cisimler için yayma katsayısı 0 ile 1 arasında değişir ($0 < \epsilon < 1$).

2.2 Yüzeyler Arasında Işınım İle Isı Transferi

Yüzeyler arasındaki ışımla ısı transferini, yüzeylerin birbirlerine olan geometrik konumları etkilemektedir.

Görüş Faktörü

Herhangi bir yüzeyin (A_i) yapmış olduğu ışınlamın diğer bir yüzeye (A_j) düşen kısmına *görüş faktörü* (F_{ij}) denir. Burada, ilk alt indis ışınlamın geldiği ikinci alt indis ışınlamın düştüğü yüzeyi gösterir.

Görüş faktörü, sıcak yüzey (ışınım yapan yüzey) ile soğuk yüzey arasındaki pozisyonun geometrisi ile ilgili bir terimdir. Işınım dalgaları doğrusal bir hat boyunca yayıldıklarından, bir cismin diğerini görüp görmemesine veya görme açısına bağlı olarak ışınlamın değişiklik gösterir. Görüş faktörünün hesaplanabilmesi için birçok yöntem, tablolar ve diyagramlar vardır. Bunların bir kısmı kitaplarınızda verilmiştir. Görüş faktörü verilen tanımdan da anlaşılacağı gibi ışınlam yapan cisimlerin birbirlerine olan konumlarına (görüp görmemesine veya ne oranda gördüğüne) göre 0 ile 1 arasında değişir.

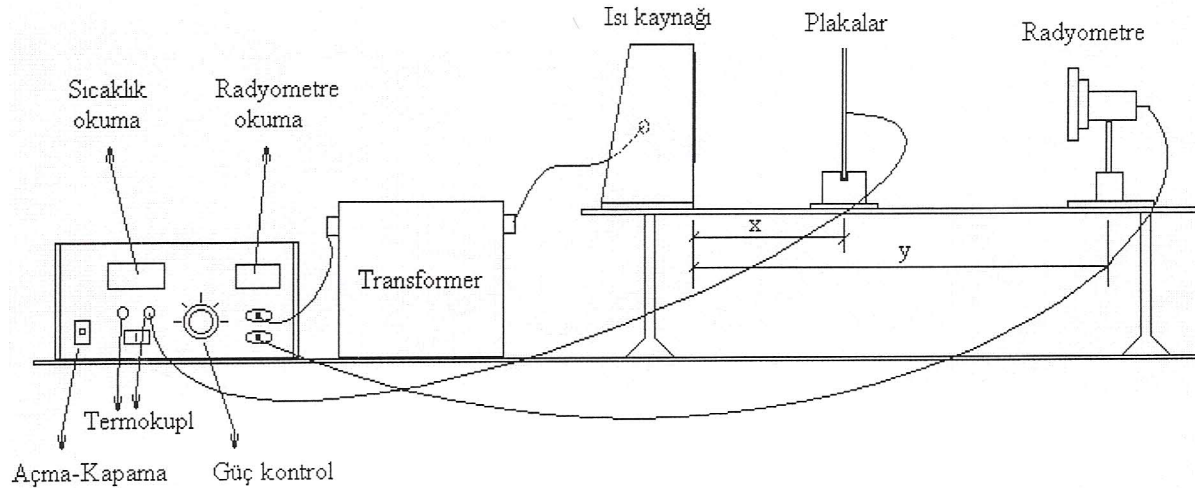
Bir yüzeyin neşretme gücü

$$E = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [W/m^2]$$

idi. Buna göre bir yüzeyden ışımla olan net ısı transferi, yüzeyin yapmış olduğu ışınlam ile yüzeye çevreden olan ışınlamın farkıdır.

$$q = Q/A = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [W/m^2]$$

3. DENEY TESİSATI



4. DENEYİN YAPILIŞI

Isıtıcı kaynağının gücü, güç kontrol ünitesi vasıtasıyla maksimum değere ayarlanır. Isıtıcı kaynağının önüne $x=50$ mm olacak şekilde mat siyah bir plaka yerleştirilir. Bu plaka üzerindeki mevcut termokupl ile kontrol paneli üzerinden sıcaklığın yükselişi gözlenir. Sıcaklık maksimum değere geldikten sonra güç kesilir ve $y=110$ mm uzaklığa yerleştirilen radyometre vasıtasıyla siyah plaka üzerinden yayılan ısı (R), W/m^2 olarak okunur. Radyometreden okunan bu değer ile, radyometrenin görüş açısına (Θ) bağlı olarak bulunan 5,59 katsayısı çarpılarak radyasyonla transfer edilen gerçek ısı ($q_{gerç}$) bulunur. $T_{çev}$, ortam sıcaklığı da ölçülerek aşağıdaki tablo oluşturulur.

$$R = q \cdot \sin^2 \Theta$$

$$\Theta = 25^\circ \Rightarrow q_{\text{gerç}} = 5,59 \cdot R$$

Buraya kadar anlatılan işlemler siyah plaka için yapıldığı gibi, parlak plaka ve gümüş kaplama plakalar için de tekrarlanır ve plakaların yayma katsayıları bulunur. Sonuçlarda olumsuzluk varsa nedenleri yorumlanır.

Okunan Değerler			Hesaplamalar	
T_y [K]	$T_{\text{çev}}$ [K]	R [W/m ²]	$q_{\text{gerç}}$ [W/m ²]	ε