

İŞINIMLA ISI TRANSFERİ

1. AMAÇ

İşinım ile ısı transferi olayının tanıtılması, Stefan-Boltzman kanunun 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 ışınlam olayları dalga teorisi ile bazı ışınlam olayları ise kuantum teorisiyle açıklanabilmektedir. İster foton karakterinde, ister dalga karakterinde olsun ışınlam, 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 ışınlam ile ısı transferi ihmal edilebilmektedir (örn. radyatörlerde ışınlam, toplam ısı transferinin %5-20'sini oluşturur). Fakat sıcak bir borudan çevreye olan ısı transferinde ışınlamla olan ısı transferi taşınım yoluyla olan ısı transferine eşit olabilmektedir. Bu durumda ışınlamı ihmal etmek büyük hatalara neden olmaktadır. Bu yüzden mühendisler hesaplarında, duruma göre ışınlamla olan ısı transferini de hesaba katmak, ihmal etmemek zorundadırlar.

Bir cismin uzaya yaydığı toplam ışınlam enerjisi (G), başka bir cisme rastladığında üç olay meydana gelir. Enerjinin bir kısmı (R) cismin yüzeyinden yansıyarak 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,

$$\rho = \frac{R}{G} : \text{ışınlam yansıtma oranı, yansıtılan ışınlamın gelen ışınlama oranı}$$

$$\alpha = \frac{A}{G} : \text{ışınlam yutma oranı, yutulan ışınlamın gelen ışınlama oranı}$$

$$\tau = \frac{\tau}{G} : \text{ışınlam geçirme oranı, geçirilen ışınlamın gelen ışınlama oranı}$$

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

2.1 Siyah Cismin Neşretme (Yayma) Gücü

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

İdeal ısıyıcının (siyah cismin) ışınlam 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 ışınlam, aynı sıcaklıkta siyah cismin neşrettiği ışınlamdan daha azdır. Gerçek cismin ışınlam 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 ışınlama ısı transferini, yüzeylerin birbirlerine olan geometrik konumları etkilemektedir.

Görüş Faktörü

Herhangi bir yüzeyin (A_1) yapmış olduğu ışınlamın diğer bir yüzeye (A_2) düşen kısmına *görüş faktörü* (F_{12}) 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 ışınlam değişikliği 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.

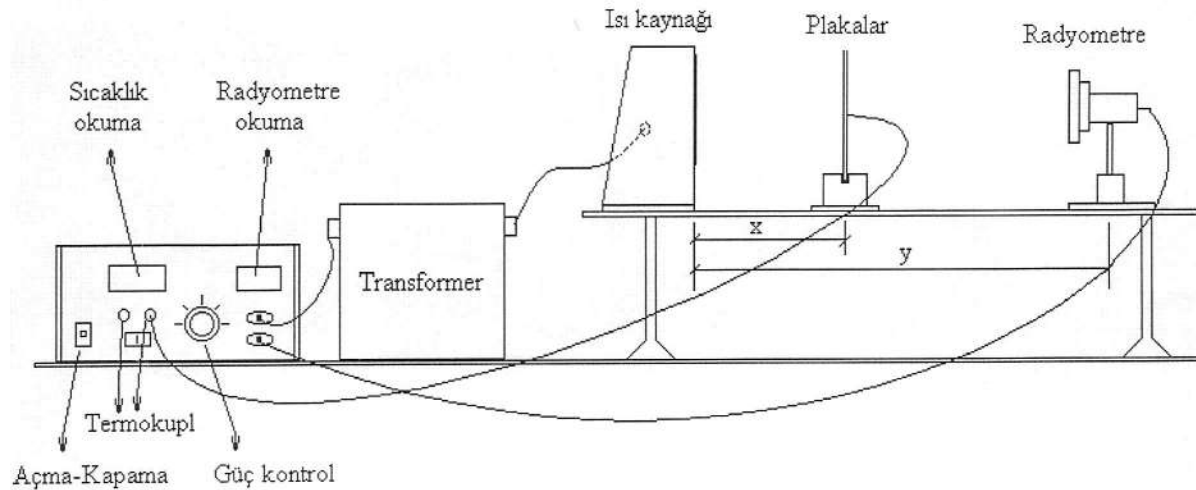
Bir yüzeyin neşretme gücü

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

idi. Buna göre bir yüzeyden ışınlama 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