



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**

MÜHENDSİLİK FAKÜLTESİ

Makina Mühendisliği Bölümü

MAK 315 ISI TRANSFERİ

**Enerjinin Korunumu İlkesi, Kontrol Hacminde ve
Kontrol Yüzeyinde Enerji Dengeleri**

2. Hafta

1.2.4 Isı Geçişinin Termodinamik ile İlişkisi

Bu aşamada, ısı geçişi ile termodinamik arasındaki temel farkları vurgulamak yerinde olur. Her ne kadar termodinamik, ısı geçişini ve ısı geçişinin birinci ve ikinci yasalarındaki önemli rolünü göz önüne alsa da, ısı geçişinin nasıl ve hangi hızla gerçekleştiği veya hangi yöntemlerle hesaplandığıyla ilgilenmez. Termodinamik çözümlemede maddenin *denge* halleri söz konusudur, böylece bir sıcaklık farklılığı baştan yok sayılmıştır. Termodinamik çözümleme maddenin bir denge halinden diğerine geçebilmesi için gerekli ısı enerjisini hesaplamak için kullanılabilir, ancak ısı geçişinin sıcaklık farkından, başka bir deyişle bir dengesizlikten kaynaklandığını göz önüne almaz. Bu nedenle, ısı geçişi bilimi, termodinamiğin yapamadığını yapmaya çalışır. Başka bir deyişle, *birim zamanda* gerçekleşen ısı geçişini, dengesizliğin veya sıcaklık farkının fonksiyonu olarak hesaplar. Bu işlem, 1.2, 1.3 ve 1.7 eşitlikleri ile gösterilen, an denklemleri aracılığı ile yapılır.

1.3

Enerjinin Korunumu İlkesi

Termodinamiğin ve ısı geçişinin konuları, birbirlerini son derece tamamlayıp birbirlerini son derece tamamlıyorlar. Örneğin, ısıнын aktarılma hızı ile uğraştığı için, ısı geçişinin konuları, termodinamiğin bir uzantısı olarak görülebilir. Buna karşın, birçok ısı geçişi problemlerinde, termodinamiğin *birinci yasası* (enerjinin korunumu ilkesi), çoğu zaman geçerli bir araçtır. Bu tür problemlere girmeden önce, birinci yasanın genel ifadeleri burada verilecektir.

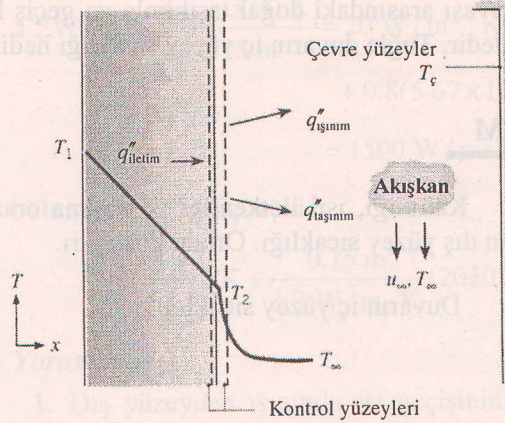
1.3.1 Bir Kontrol Hacmi için Enerjinin Korunumu

Birinci yasa uygulanırken, öncelikle, üzerinden enerji ve madde geçişi olabilen bir *kontrol yüzeyi* ile sınırlanmış olan bir hacmin, yani *kontrol hacminin* tanımlanması gereklidir. Kontrol hacmi bir kez tanımlandıktan sonra, uygun bir *zaman ölçeği* belirlenmelidir. Burada iki seçenek vardır. Birinci yasa, *t* zamanı içindeki bütün *anlarda* sağlanmak zorunda olduğuna göre, seçeneklerden biri, yasayı, *birim zaman ölçeğinde* ifade etmektir. Başka bir deyişle, herhangi bir anda, saniye başına joule (W) olarak ölçülen, *birim zamandaki enerji* işlemleri arasında bir denge olmalıdır. Diğer seçenek birinci yasayı bir Δt zaman aralığında uygulamaktır. Bu zaman aralığı için, joule olarak ölçülen, tüm *enerji işlemlerinin miktarları* arasında bir denge olmalıdır.

Zaman ölçeğine bağlı olarak, ısı geçişi çözümlemeleri için uygun olan birinci yasa tanımlamaları, aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Bir Anda (*t*)

Bir kontrol hacmine birim zamanda giren ısı ve mekanik enerji, artı kontrol hacminin içinde birim zamanda üretilen ısı ve mekanik enerji, eksi kontrol hacminden birim zamanda çıkan ısı ve mekanik enerji, kontrol hacmi içinde birim zamanda depolanan enerjiye eşittir.



ŞEKİL 1.9

Bir ortamın yüzeyinde enerjinin korunumu için enerji dengesi.

1.3.2 Yüzeyde Enerji Dengesi

Enerjinin korunumu ilkesinin, bir ortamın yüzeyinde uygulanması, sık sık gerekebilir. Bu özel durumda, Şekil 1.9'da görüldüğü gibi, **kontrol yüzeyinin bir kütlesi veya hacmi yoktur**. Bu nedenle, Denklem 1.11a ile ifade edilen korunum bağıntısındaki **üretilen ve depolanan enerji terimleri artık anlamsızdır** ve yalnızca yüzey olayları ile ilgilenmek gereklidir. Bu durumda, korunum ilkesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\dot{E}_i - \dot{E}_o = 0 \quad (1.12)$$

Ortam içinde enerji üretimi gerçekleşiyor olsa da, bu işlem, kontrol yüzeyindeki enerji dengesini etkilemez. Dahası, korunum ilkesi, hem **sürekli rejim**, hem de **geçici rejim** için geçerlidir.

Şekil 1.9'da gösterilen kontrol yüzeyi için, üç adet ısı geçişi terimi gösterilmiştir. Birim alan esas alındığı takdirde bu terimler, ortamdan kontrol yüzeyine iletim (q''_{iletim}), yüzeyden bir akışkana taşınım ($q''_{\text{taşınım}}$) ve yüzey ile çevre arasında net ışıınım alışverişidir ($q''_{\text{ışıınım}}$). Enerji dengesi ise,

$$q''_{\text{iletim}} - q''_{\text{taşınım}} - q''_{\text{ışıınım}} = 0 \quad (1.13)$$

şeklini alır ve her bir terim, uygun an denklemleri (1.2, 1.3a ve 1.7 Eşitlikleri) kullanılarak ifade edilebilir.

ÖRNEK 1.5

Bir ocaktaki sıcak yanma ürünü gazlar, 25 °C sıcaklıktaki ortam havası ve çevre yüzeylerden, 0.15 m kalınlıktaki tuğla duvar ile ayrılmıştır. Tuğlanın ısı iletim katsayısı 1.2 W/m·K, yüzeyinin ışıınım yayma oranı ise, 0.8'dir. Sürekli rejimde, dış yüzey sıcaklığı 100 °C olarak ölçülmüştür. Yüzeyle

$$\begin{aligned}
 1.2 \text{ W/m} \cdot \text{K} \frac{(T_1 - 373) \text{ K}}{0.15 \text{ m}} &= 20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (373 - 298) \text{ K} \\
 &+ 0.8(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)(373^4 - 298^4) \text{ K}^4 \\
 &= 1500 \text{ W/m}^2 + 520 \text{ W/m}^2 = 2020 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

bulunur ve T_1 için çözülür:

$$T_1 = 373 \text{ K} + \frac{0.15 \text{ m}}{1.2 \text{ W/m} \cdot \text{K}} (2020 \text{ W/m}^2) = 625 \text{ K} = 352^\circ \text{C} \quad \blacktriangleleft$$

Yorumlama:

1. Dış yüzeyden ısınımla ısı geçişinin, kayda değer miktarda olduğuna dikkat edilmelidir. Ancak, artan h ve/veya azalan T_2 ile, bağlı katkı zayıflar.
2. ısınım alışverişi ve diğer ısı geçişi türlerinin bir arada olduğu durumlarda, enerji denklilikleri kullanılırken, tüm sıcaklıkların kelvin birimi ile ifade edilmesi iyi bir alışkanlıktır. Bilinmeyen sıcaklığın, ısınım terimi ile birlikte diğer terimlerin bir veya daha fazlasında yer alması halinde, bu alışkanlık gerekli olur.

1.3.3 Korunum İlkelerinin Uygulanması: Yöntem

Isı geçişi çözümlemesi ile uğraşanlar, Bölüm 1.2'de açıklanan an denklemlerini bilmenin yanı sıra, Denklem 1.11 ve 1.12 ile ifade edilen enerjinin korunumu ilkesini de kullanabilmelidirler. Bu denkliliklerin uygulanması, birkaç temel kural izlendiği takdirde basitleşir.

1. Kontrol yüzeyi kesikli bir çizgi ile temsil edilerek, uygun bir kontrol hacmi tanımlanmalıdır.
2. Uygun zaman ölçeği belirlenmelidir.
3. Olayla ilgili enerji işlemleri belirlenmeli ve herbir işlem, kontrol hacmi üzerinde; uygun bir simge ve bir ok ile gösterilmelidir.
4. Korunum denklemi bundan sonra yazılmalı ve denklemdaki terimler, uygun an denklemleri kullanılarak açılmalıdır.

Vurgulanması önemli olan bir nokta, enerjinin korunumu ilkesinin, *sonlu* bir kontrol hacmine veya bir *diferansiyel* (sonsuz küçük) kontrol hacmine uygulanabilir olmasıdır. Birinci durumda elde edilen ifade, sistemin toplam davranışına hükmeder. İkinci durumda ise, sistemin her bir noktasındaki şartlar için çözülebilecek bir diferansiyel denklem elde edilir. Diferansiyel kontrol hacimleri, Bölüm 2'de tanıtılacak ve bu kitap boyunca, her iki tür kontrol hacmi de, çok sıklıkla kullanılacaktır.

Yorum:

1. Kaplama (levha) sıcaklığı, hava hızının, dolayısıyla da ısı taşınım katsayısının artırılmasıyla azaltılabileceği gibi, T_∞ ve T_c düşürülerek de azaltılabilir.
2. Levhadan ısı geçişine, taşınımın ve ısınımın göreceli katkıları, h ile çok değişir. $h = 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ için $T = 477 \text{ K}$ olur ve ısınım etkindir ($q''_{\text{ışınım}} \approx 1232 \text{ W/m}^2$, $q''_{\text{taşınım}} \approx 368 \text{ W/m}^2$). Buna karşın, $h = 200 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ için $T = 301 \text{ K}$ olur ve taşınım etkindir ($q''_{\text{taşınım}} \approx 1606 \text{ W/m}^2$, $q''_{\text{ışınım}} \approx -6 \text{ W/m}^2$). Hatta bu durumda, levhanın sıcaklığı, çevre yüzeylerin sıcaklığından biraz daha düşüktür ve ısınımla net ısı alışverişi, levhaya doğrudur.

1.5**Isı Geçişinin Uygulamadaki Yeri**

Günümüzde ısı geçişi bilinmesi gerekli bir mühendislik konusu olmanın yanı sıra, mühendislik bilimlerinin en ilgi çekici bir bölümünü oluşturur. Bu kitapta, ısı geçişini daha iyi anlamak ve ısı geçişi hesaplamalarını öğrenmek için yoğun bir çaba harcanacaktır. Bu bilginin değeri nedir ve hangi türden problemlere uygulanabilir?

Isı geçişinin, birçok endüstri ve çevre problemi üzerinde, önemli etkileri vardır. Örnek olarak, çok önemli bir alan olan enerji üretimi ve dönüşümü düşünülebilir. Bu alanda, ısı geçişinden herhangi bir şekilde etkilenmeyen, bir tek uygulama dahi yoktur. Hem nükleer fizyon veya füzyon ile, hem fosil yakıtların yakılması ile, hem magnetohidrodinamik işlemlerle, hem de yer altı enerji kaynakları ile elektrik gücü üretiminde, çözülmesi gereken birçok ısı geçişi problemi vardır. Bu problemler, iletim, taşınım ve ısınım işlemleri içerirler ve buhar kazanları, yoğunlaştırıcılar ve türbinler gibi sistemlerin tasarımıyla ilişkilidirler. Sık karşılaşılan isteklerden birisi, birim zamandaki ısı geçişinin en yüksek değerlere çıkarılması ve yüksek-sıcaklıktaki ortamlarda bulunan malzemelerin bütünlüğü ve dayanımının korunmasıdır.

Daha küçük ölçekte ise, elektrik gücü üretiminin yanı sıra, hacim ısıtması için de kullanılan güneş enerjisini dönüştürme sistemleri ile ilgili, birçok ısı geçişi problemi vardır. Isı geçişi ayrıca, içten yanmalı motorlar, gaz türbinli motorlar ve roket motorları gibi güç sistemlerinin verimini de etkiler. Geleneksel hacim ve su ısıtma sistemlerinin tasarımında, çöp yakma fırınlarının ve aşırı soğukta depolama donanımının tasarımında, elektronik cihazların soğutulmasında, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımında ve birçok üretim işlemlerinde, ısı geçişi problemleri ile karşılaşılır. Isı geçişi, aynı zamanda, hava ve su kirlenmesi ile de ilgilidir ve yerel ve küresel iklimi de şiddetle etkiler.