

Giriş

Isı eşanjörleri veya ısı değiştiricileri olarak adlandırılan bu ısı cihazları, iki veya daha fazla akışkan arasında ısı transferini gerçekleştirirler. Genel olarak bir akışkandan diğer akışkana ısıyı transfer etmek için kullanılan ısı cihazlarıdır. Sıcak ve soğuk akışkan olarak adlandırılan akışkanlar arasında ısı transferi direkt veya indirekt olarak sağlanabilir. Isı eşanjörleri, termik santraller, nükleer santraller, kimyasal işlemler, soğutma, klima, atık ısının geri kazanımı soğutma kuleleri ve ısıtma gibi birçok yerde yaygın olarak kullanılırlar.

Isı eşanjörlerinde ısı transferi, genel olarak, taşınım ve iletimle olur. Bazı yerlerde ışınım da etkili olmaktadır. Kanatçık uygulamaları da ısı eşanjörlerinde önemlidir.

Isı eşanjörlerinin dizaynı ve ısı hesaplaması son derece karmaşıktır. Bu hesaplamalarda, iki akışkan arasındaki ısı transferi miktarının mümkün olduğunca yüksek, eşanjör içinde akışkanların basınç düşümlerinin az olması istenir, bunların yanında eşanjörün boyutları ve ekonomikliği de düşünülmelidir. Eşanjörün kullanım yeri ve amacına bağlı olarak bazı durumlarda boyutlar ve ekonomiklik önemli olurken bazı yerlerde de ısı transferi ve basınç kayıpları önemli olabilmektedir. Örnek olarak, bir uzay aracında kullanılacak ısı değiştiricinin mümkün olduğunca boyutları küçük, basınç kayıpları az, ısı transferi fazla olması istenirken ekonomiklik düşünülmez. Normal ısıtma amaçlı kullanılan eşanjörlerde ise ekonomiklik öncelikle göz önüne alınması gereken bir parametredir.

Bu bölümde, kapsamı çok geniş olan ısı eşanjörleri konusunun sadece ısı analizi üzerinde durulacaktır. Isı eşanjörleri sınıflandırması, toplam ısı taşıma katsayısı ve eşanjör ısı analiz metotları verilecektir.

Isı Değiştiricilerin Sınıflandırılması

Isı eşanjörlerinin sınıflandırılması birçok bakımdan yapılabilir. Farklı kaynaklarda da farklı sınıflandırmalar bulmak mümkündür. Burada ısı eşanjörleri üç ana grupta toplanmıştır:

(1) Reküperatörler, (2) Rejeneratörler ve (3) Direkt temaslı ısı eşanjörleri. Bunlardan en önemli grup, reküperatörlerdir. Diğer iki grup eşanjörle daha az karşılaşılmaktadır.

Reküperatörlerde, farklı sıcaklıkta akan soğuk ve sıcak akışkan arasında bir ara yüzey bulunur. Bu yüzey boru cidarı veya levha olabilir. Isı, sıcak akışkandan taşınım ile ara yüzeye, ara yüzeyden iletimle ve diğer soğuk akışkan tarafında ise tekrar taşınım ile transfer olmaktadır. Reküperatörlere örnek olarak; hava ısıtıcıları, su ısıtıcıları, buharlaştırıcılar, yoğuşturucular, buhar kazanları ve otomobil radyatörleri verilebilir.

Rejeneratörlerde ise ısı transferi oldukça farklı bir şekilde olmaktadır. Katı yüzeylerden önce sıcak akışkan geçirilerek ısıtılır, daha sonra aynı yüzeyden soğuk akışkan geçirilerek soğuk akışkan ısıtılır. Periyodik akışlı ve döner tipli olanları vardır. Gaz türbini tesislerinde, buhar kazanlarında ve klima sistemlerinde hava ısıtıcı olarak kullanılır.

Direkt temaslı ısı eşanjörlerinde her iki akışkan, arada bir yüzey olmaksızın, direkt olarak temas etmektedir. İki akışın tamamen veya kısmen karıştığı tipleri vardır. Soğutma kuleleri bu tip eşanjörlerin en çok kullanılan örneğidir.

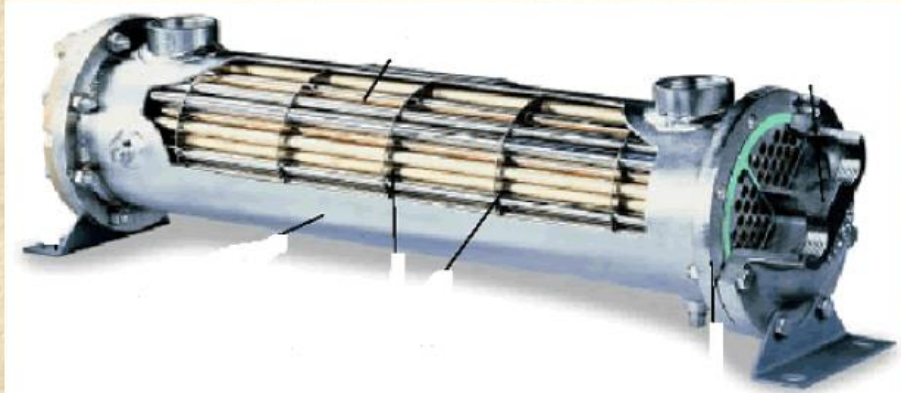
Isı Değiştiricilerin Sınıflandırılması

Isı eşanjörleri birim hacimdeki yüzey alanı (kompaktlık) bakımından da sınıflandırılabilir. Kompakt ısı eşanjörleri; birim hacimdeki yüzey alanı $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ den daha büyük olan eşanjörlerdir. Kompaktlık değerisi en büyük olan eşanjör insan akciğeridir. İnsan akciğerinin kompaktlık değerisi $20000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olarak bilinmektedir. Otomobil radyatöründe bu değer $1100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ civarındadır.

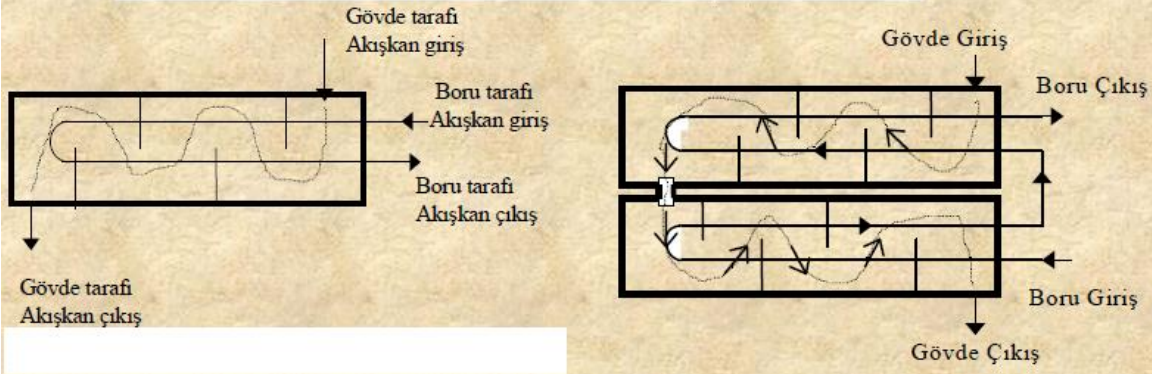
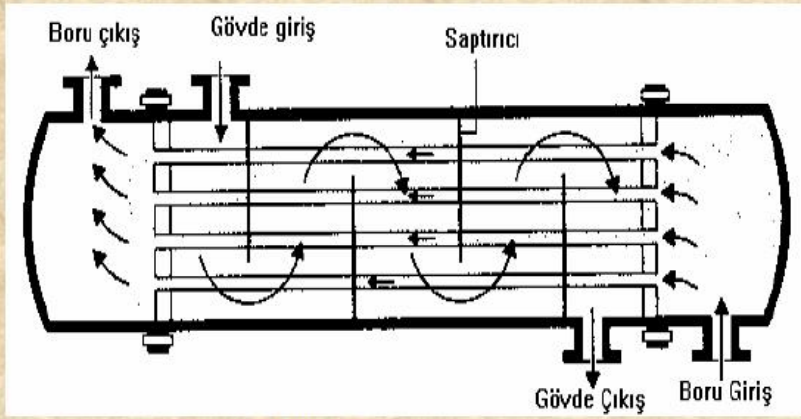


Isı Değiştiricilerin Sınıflandırılması

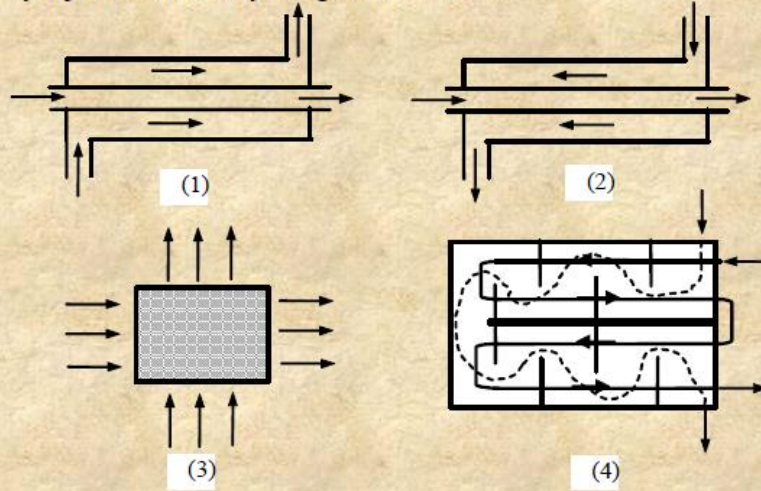
Rekuperatörler, konstrüksiyon tipine göre, borulu, levhalı, kanatlı levhalı ve kanatlı borulu olarak kendi aralarında sınıflandırılabilirler. Bu eşanjörler içinde en yaygın kullanılanlar borulu ısı eşanjörleridir. Borulu ısı eşanjörleri de çift borulu (iç içe borulu) ve gövde-boru tip olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gövde-boru tip ısı eşanjörleri, uygulamada, en yaygın kullanılan ısı eşanjörleridir. Bu eşanjörlerin de birçok farklı tipi vardır. TEMÄ(Tubular Exchanger Manufacturing Association) standartları ile bu tip eşanjörlerin tipleri belirlenmiştir.



Gövde-boru tip ısı eşanjörleri boru ve gövde tarafından akışkan geçiş sayısına göre sınıflandırılırlar. Örnek olarak; tek gövde-tek boru geçişli, tek gövde-iki boru geçiş ve iki gövde- dört boru geçiş gibi tipleri vardır.



Reküpöratörler sıcak ve soğuk akışkanların akış yönüne göre de sınıflandırılabilirler. Bunlar: (1) Paralel aynı yönlü akışlı, (2) Paralel ters yönlü akışlı, (3) Dik akışlı (çapraz akış) ve (4) Çok yönlü akışlı ısı eşanjörleridir. Şekil 11.3'de, akış şekline göre ısı eşanjörlerinin akışları görülmektedir.



Şekil 11.3 Isı eşanjörlerinde akış şekilleri.

Isı eşanjörleri ısı transferi mekanizmasına göre de şu şekilde sınıflandırılır: (1) Tek fazlı zorlanmış veya doğal taşınım, (2) Faz değişimli (yoğuşma veya buharlaşma) ve (3) Işınım veya ışınım-taşınım bileşik hali. Faz değişimli ısı eşanjörleri olarak voğusturucular ve buharlastırıcılar vavgın olarak kullanılırlar.

11.2. TOPLAM ISI TRANSFER KATSAYISI

Sıcak akışkandan soğuk akışkana, ısı eşanjöründe, ısı transferinde değişik ısı dirençler ortaya çıkmaktadır. En basit bir ısı eşanjöründe, sıcak akış tarafında taşınım direnci, malzemenin iletim direnci ve soğuk akış tarafındaki taşınım direnci olmaktadır. Birçok ısı eşanjöründe bu dirençlere ilave olarak yüzeyde zamanla oluşan, kirlilik veya oksidasyona bağlı olan, kirlilik direncinin de hesaba katılması gerekir. Ayrıca yüzeylere ilave edilen kanatçıkların da ısı direncinin göz önüne alınması gerekir.

Bir ısı eşanjöründe kirlilik faktörü ihmal edilirse ve yüzeylerde kanatçık yoksa, toplam ısı direnç R şu şekilde tanımlanır:

$$R = \left(\text{Sıcak akışkan} \right) + \left(\text{Soğuk akışkan} \right) + \left(\text{Ara yüzeyin} \right) \quad (11.1)$$

$$\left(\text{taşınım direnci} \right) + \left(\text{taşınım direnci} \right) + \left(\text{iletim direnci} \right)$$

Yukarıdaki tanımları matematiksel olarak ifade edersek,

$$R = \frac{1}{A_i h_i} + \frac{t}{k A_m} + \frac{1}{A_d h_d} \quad \text{burada} \quad A_m = \frac{A_d - A_i}{\ln \left(\frac{A_d}{A_i} \right)}$$

yazılır. Burada; A_i , A_d = iç ve dış yüzey alanı (m^2), h_i , h_d =iç ve dış taraftaki akışta ısı taşınım katsayıları($W/m^2 \cdot ^\circ C$), k =ara malzemenin ısı iletim katsayısı($W/m \cdot ^\circ C$), R = toplam direnç($^\circ C/W$), t = malzeme et kalınlığı (m)

Toplam ısı dirence bağı olarak, ısı eşanjörlerinde, toplam ısı transfer katsayısı U tanımlanır. İç ve dış yüzey alanına bağı olarak tarif edilen toplam ısı transfer katsayısı için burada, boru dış yüzeyine göre tarif edilen toplam ısı transfer katsayısı kullanılacaktır. Bu değer şu şekildedir:

$$U_d A_d = \frac{1}{R} = \frac{1}{\left[\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(r_d/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_d A_d} \right]} \quad (11.3)$$

Boru cidar kalınlığı çok küçük ve ısı iletim katsayısı büyük ise, iletim direnci ihmal edilebilir ve bu durumda $A_d = A_i$ olur. Toplam ısı transfer katsayısı, U , ise şu şekilde yazılır:

$$U_d = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_d}} \quad (11.4)$$

Sıcak ve soğuk akış taraflarındaki kirlilik dirençleri ihmal edilmezse, kirlilik faktörünün F ($m^2 C/W$) toplam dirence eklenmesi gerekir. Bu durumda toplam direnç şu şekilde yazılır:

$$R = \frac{1}{A_i h_i} + \frac{F_i}{A_i} + \frac{t}{k A_m} + \frac{F_d}{A_d} + \frac{1}{A_d h_d} \quad (11.5)$$

İç ve dış taraftaki kirlilik faktörleri F_i ve F_d ; akışkan cinsine ve akışkanın aktığı yüzey malzemesine bağı olarak Tablo 11.1' de verilmiştir.

Tablo 11.1. Isı eşanjörlerinde F kirlilik dirençleri.

Akışkan	Kirlilik Faktörü ($m^2 K/W$)
Deniz suyu (50°C altında)	0.0001
Deniz suyu (50°C üstünde)	0.0002
Nehir suyu	0.0002-0.001
Yakıt yağı	0.0009
Soğutucu akışkanlar	0.0002
Buhar	0.0001

Isı değiştircileri performans veya boyutlandırma hesabında en önemli parametreler; toplam ısı transfer katsayısı, sıcak ve soğuk akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları, debiler ve transfer edilen ısı(ısı gücü) olarak bilinir. Sıcak akışkandan soğuk akışkana verilen ısı, basit olarak, debi ve sıcaklıklar biliniyorsa Termodinamiğin I. Kanunundan bulunur. Pratik olarak, eşanjör dıőa karşı yalıtıldığı için, eőanjörde sıcak akışkanın verdiği ısının tamamının soğuk akışkana geçtiği kabul edilir. Bu durumda açık sistem (SASA) olarak kabul edilen ısı eőanjörüne I. kanun uygulanırsa sıcak akışkanın verdiği ısı gücü Q (W) için şu eőitlik yazılır:

$$Q = \dot{m}_h (i_{h1} - i_{h2})$$

Benzer olarak soğuk akışkanın aldığı ısı gücü şu şekildedir:

$$Q = \dot{m}_c (i_{c2} - i_{c1})$$

Eğer akışkan faz değişimi yapımyorsa yukarıdaki eőitlikleri şu şekilde yazılır:

$$Q = (\dot{m}c_p)_h (T_{h1} - T_{h2})_{\text{ve}} Q = (\dot{m}c_p)_c (T_{c2} - T_{c1})$$

Isı eşanjörlerinde transfer edilen ısı için diğer önemli bağıntı, toplam ısı transfer katsayısı ve ortalama sıcaklık farkına bağlı olarak Newton'un soğuma kanununa benzer şu ifadedir:

$$Q = UA \Delta T_m$$

Burada ΔT_m ortalama sıcaklık farkıdır. Eşanjör boyunca sıcaklık farkı genel olarak logaritmik olarak değismektedir.