

## 8.2 Isı Değişimi

Isıtma yada soğutma amacı ile ısı değişiminin gerçekleştirildiği sisteme ısı değiştirici denir. Soğuk ve sıcak kaynak arasındaki ısı değişimi iki turlu olabilir:

Doğrudan ısı değişimi. Burada soğuk ve sıcak kaynak birbirine karıştırılarak ısı değişimi sağlanır (orneğin, uğerizasyon da olduğu gibi).

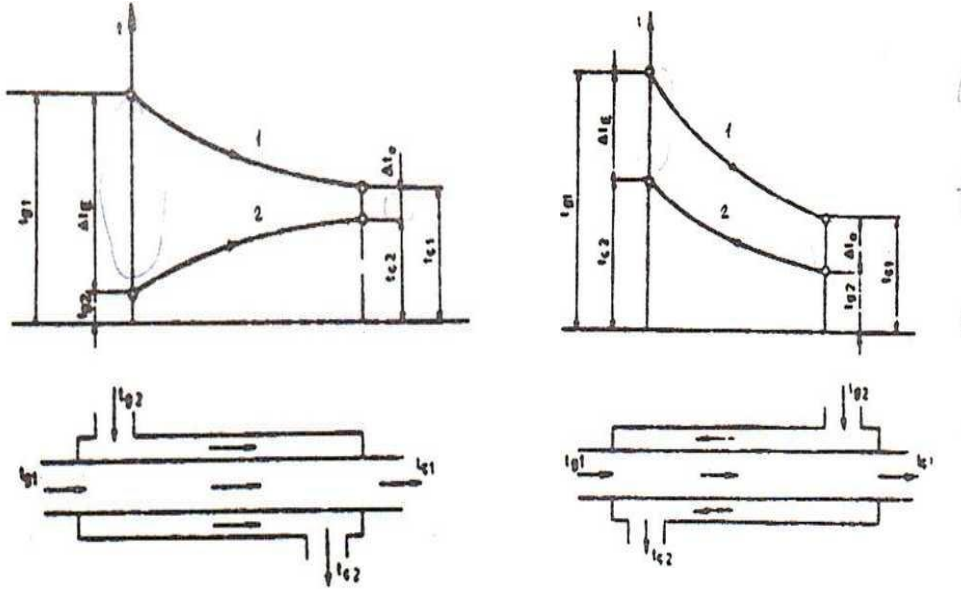
Dolaylı ısı değişimi. En yaygın ısı değişim turlu olup, ısı değişimi, birbirlerine karışmadan akan soğuk ve sıcak iki akışkanın ortak ayırma yuzeyinde gerçekleşir. Bu turlu ısı değişiminde, ısıнын geçişi, genellikle ısı taşınımı ve ısı iletiminin bileşimi şeklindeyir. Ayrıca, akışkanların hareketi, uygulanan basınç farkı ile oluyorsa zorlanmalı ısı taşınımı sız konusudur.

Dolaylı ısı değişiminde (dolaylı ısı değiştiricilerde), ısı geçişi, soğuk ve sıcak akışkanın bağıl hareketlerine gure, iki grup altında incelenir. Birincisi, doğru akımlı ısı değiştirme ve ikincisi de ters akımlı ısı değiştirmedir.

Doğru akımlı ısı değiştirmede, hem soğuk hem de sıcak akışkanın hareketleri paralel ve aynı yonedir. Buna karşın, ters akımlı ısı değiştirmede, akışkanların hareketi paralel fakat ters (karşıt) yonedir. Ayrıca, doğru ve ters akımlı ısı değiştirmenin bileşimi olarak çapraz akımlı ve karışık akımlı ısı değiştirme şekilleri de vardır. Ancak, hesap yontemleri doğru ve ters akımlı ısı değiştirmedekine benzer.

## 8.2.1 Ortalama Logaritmik Sıcaklık Farkı

Dolaylı ısı değişiminde, akışkanlar arasındaki ısı geçiş yolunda sıcaklık değişmektedir. Sıcaklık değişimi, doğru yada ters akımlı ısı değişiminde farklı olduğu gibi, akışkan debisi ve özgül ısı ile de doğru orantılıdır (şekil 8.9).



Şekil 8.9. Doğru akımlı ve ters akımlı ısı değiştirmede sıcaklık akışı (A: doğru akımlı, B: ters akımlı).

Isı değişimiyle geçen  $Q$  ısı akımı için, kayıplar olmaksızın, birbirine denk şu eşitlikler yazılabilir:

$$\text{Birinci akışkanın verdiği ısı} \quad ; \quad Q = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_{g1} - t_{1})$$

$$\text{İkinci akışkanın aldığı ısı} \quad ; \quad Q = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_{2} - t_{g2})$$

$$\text{Isı geçişiyle akan ısı} \quad ; \quad Q = k \cdot A \cdot \Delta t_m$$

Eşitliklerde;

$Q$  : Isı akımı, W (kcal/h),

$m_1$  : Birinci akışkanın debisi, kg/h,

$c_1$  : Birinci akışkanın özgül ısısı, kj/kg. K (kcal/kg. °C),

$t_{g1}$  : Birinci akışkanın giriş sıcaklığı, K (°C),

$t_{1}$  : Birinci akışkanın çıkış sıcaklığı, K (°C),

$m_2$  : İkinci akışkanın debisi, kg/h,

$c_2$  : İkinci akışkanın özgül ısısı, kj/kg. K (kcal/kg. °C),

$t_{g2}$  : İkinci akışkanın giriş sıcaklığı, K (°C),

$t_{2}$  : İkinci akışkanın çıkış sıcaklığı, K (°C),

$k$  : Toplam ısı geçiş katsayısı, W/m<sup>2</sup>. K (kcal/m<sup>2</sup>. h. °C),

$A$  : Isı değişimi yüzey alanı, m<sup>2</sup> ve

$\Delta t_m$  : Ortalama logaritmik sıcaklık farkıdır, K (°C).

Doğru ve ters akımlı ısı değiştirmedeki  $\Delta t_m$  ortalama logaritmik sıcaklık farkı, aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak hesaplanır (şekil 8.9). Ayrıca,  $\Delta t_m$  şekil 8.10'da verilen nomogramdan da bulunabilir.

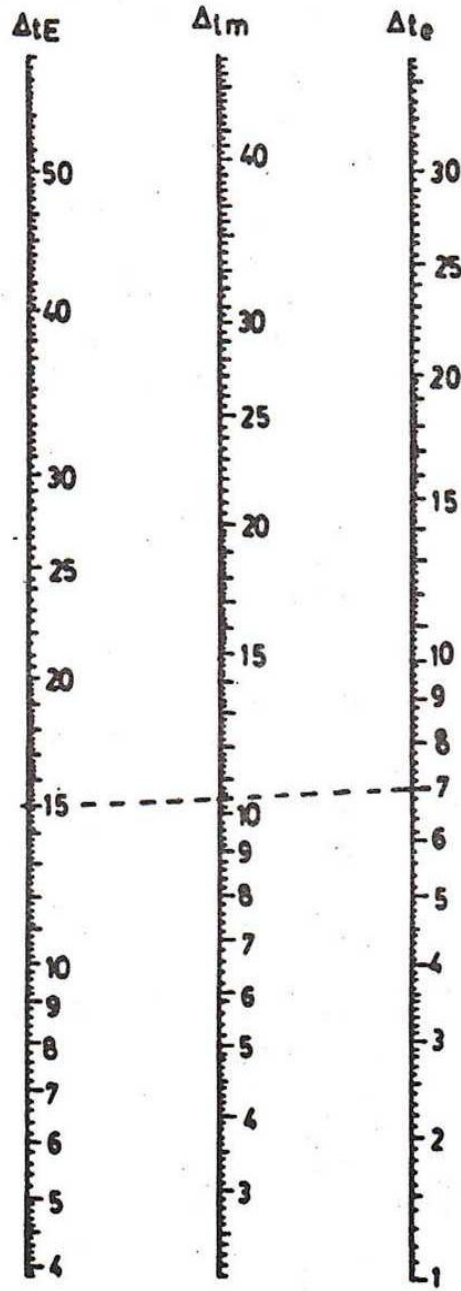
Doğru akımlı ısı değiştirme için;

$$\Delta t_m = \frac{(t_{g1} - t_{g2}) - (t_{\phi 1} - t_{\phi 2})}{\ln \frac{(t_{g1} - t_{g2})}{(t_{\phi 1} - t_{\phi 2})}} = \frac{\Delta t_{\text{büyük}} - \Delta t_{\text{küçük}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{büyük}}}{\Delta t_{\text{küçük}}}}$$

Ters akımlı ısı değiştirme için ise;

$$\Delta t_m = \frac{(t_{g1} - t_{\phi 2}) - (t_{\phi 1} - t_{g2})}{\ln \frac{(t_{g1} - t_{\phi 2})}{(t_{\phi 1} - t_{g2})}} = \frac{\Delta t_{\text{büyük}} - \Delta t_{\text{küçük}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{büyük}}}{\Delta t_{\text{küçük}}}}$$

$\frac{\Delta t_{\text{büyük}}}{\Delta t_{\text{küçük}}} \leq 2$  olduğunda,  $\Delta t_m$  ortalama logaritmik sıcaklık farkı yerine aritmetik ortalama sıcaklık farkı yeterlidir.



Aritmetik ortalama sıcaklık farkı:

$$\Delta t_m = \frac{(t_{g1} + t_{q1})}{2} - \frac{(t_{g2} + t_{q2})}{2} \text{ olur.}$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_E - \Delta t_e}{\ln \frac{\Delta t_E}{\Delta t_e}}$$

Örnek:  
 $\Delta t_E = 15^\circ\text{C}$   
 $\Delta t_e = 7^\circ\text{C}$   
 $\Delta t_m = 10,45^\circ\text{C}$

Şekil 8.10. Ortalama logaritmik sıcaklık farkının bulunmasında yararlanılabilen nomogram.

## 8.2.2 Isı Değişimi Tesir Derecesi

Gıda ürünleri, çeşitli işlem aşamalarında, ilkin belirli bir sıcaklığa dek ısıtılıp, belirli süre sonunda tekrar soğutulurlar. Böyle işlemlerde, sıcak ürün ile soğuk ürün arasındaki ısı alış verişinde, ön ısınma nedeniyle, belirli oranda ısı tutumu gerçekleşmektedir.

Eşit debide, soğutma etkisi ısıtma etkisine denktir. Buna göre; ısı alış verişinde, ısı tutumunun bir ölçüsü olarak verilebilen ısı değişimi tesir derecesi  $\varepsilon_A$ . şöyle yazılır:

$$\text{Doğru akımlı ısı değişiminde; } \varepsilon_A = \frac{t_{\phi 2} - t_{g2}}{t_{g1} - t_{\phi 2}} = \frac{\text{Tutulan ısı}}{\text{Gerekli toplam ısı}}$$

olup, bu tip değişimde ısı değişimi tesir derecesi en çok % 50 kadar olabilmektedir. Bu nedenle uygulamada fazla yaygın değildir.

$$\text{Ters akımlı ısı değişiminde ise; } \varepsilon_A = \frac{t_{g1} - t_{g2} - \Delta t_m}{t_{g1} - t_{g2}} = \frac{t_{\phi 2} - t_{g2}}{t_{g1} - t_{g2}}$$

olup. ısı değişim yüzey alanı büyüdükçe,  $\varepsilon_A$  değeri de 1'e yaklaşır. Başka bir deyişle, gerekli toplam ısının tutularak kazanılan oranı % 100'e yükselir. Ne var ki, çeşitli kayıplar nedeniyle uygulamada  $\varepsilon_A$  için % 70 ... 90 değeri geçerlidir.

## 8.2.3 Isı Değiştiriciler

Isı enerjisinin sıcak bir akışkandan daha soğuk öteki bir akışkana yada tersi yönde geçirilmesi için yararlanılan tesislere ısı değiştirici denir. Kullanılan amaca göre, ısı değiştiriciler çeşitli şekillerde adlandırılır. Örneğin; ısıtıcı, soğutucu, buharlaştırıcı, yoğuşturucu vb.

Isının akabilmesi için sıcaklık farkının olması şarttır. Başka bir deyişle, sıcaklık farkı. ısı geçişinde tahrik kuvveti olmaktadır.

Tüm koşulların eşit olması durumunda, ısı değiştiricinin bütün yüzeyinden ısı geçişi aynıdır. Isı değiştiricilerde, alınan yada verilen  $Q$  ısı miktarı;  $A$  ısı değişim yüzey alanı,  $\Delta t_m$  sıcaklık farkı ve  $k$  toplam ısı geçiş katsayısı ile doğru orantılıdır.

Belirli bir ısı geçişi durumunda, ısı değişim yüzey alanının mümkün olduğunca küçük olması istenir. İşlenen ürün debisinin artması, sıcaklık değişiminin büyük olması, ürün yoğunluğunun ve özgül ısının büyük olması, ısı geçiş yüzeyini artırıcı yönde etkilidir. Buna karşın; ortalama logaritmik sıcaklık farkının artması, ısıtan yada soğutan akışkanın debisinin, yoğunluğunun ve özgül ısısının artması ile akış hızının büyük olması (turbülene akış), ısı değişim alanını küçültücü yönde etkilidirler.

Ekonomik uygulamada, ısı değişim yüzeyinin küçük olmasıyla beraber, toplam ısı geçiş katsayısının büyük olması da istenir, k toplam ısı geçiş katsayısının artırılması için şunlar önerilebilir:

- ▶ Akışkanların aktığı boru çapı yada kanal aralığı küçük olmalıdır. Böylece, akım merkezi ile cidar arasındaki mesafe kısaldır.
- ▶ Cidar kalınlığı küçük olmalıdır.
- ▶ Cidar malzemesinin ısı iletim katsayısı büyük olmalıdır.
- ▶ Turbülent akış elde edebilmek için, kanallar çok girintili çıkıntılı olmalıdır.

Isı değiştiriciler, genel olarak, plakalı ısı değiştiriciler ve borulu ısı değiştiriciler olmak üzere iki grupta incelenirler.

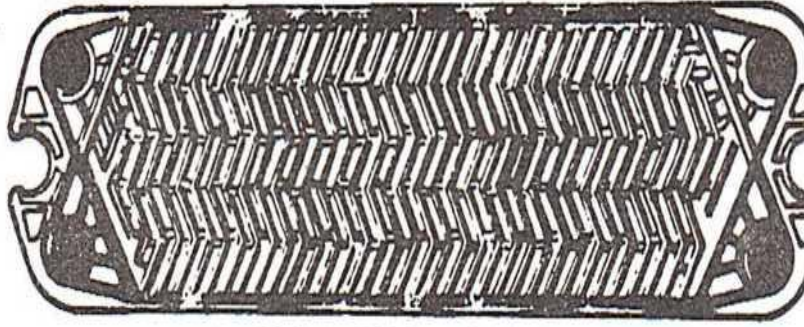
Plakalı ısı değiştiriciler gıda endüstrisinde yaygın kullanılmaktadır. Bu tip bir ısı değiştirici, 0,5 ... 1,5 mm kalınlığında ya nyana dizilmiş plakalardan oluşmaktadır (şekil 8.11).

Paket şeklinde yan yana dizilen plakalar, başlık plakalarına çözülebilir bağlantı elemanları ile tespit edilir. Hareketli basınç plakası yardımıyla da plakaların sıkıştırılması sağlanır. Plakalar ve ara bağlantı parçaları; temizleme, conta değiştirme vb. işlerde bağlantı elemanlarının çözümlenmesiyle, kolayca çıkarılıp takılabilirler. Plakalar, ayarlanabilir çukur yada geçit olukları yardımı ile birbirlerinden eşit uzaklıkta tutulurlar.

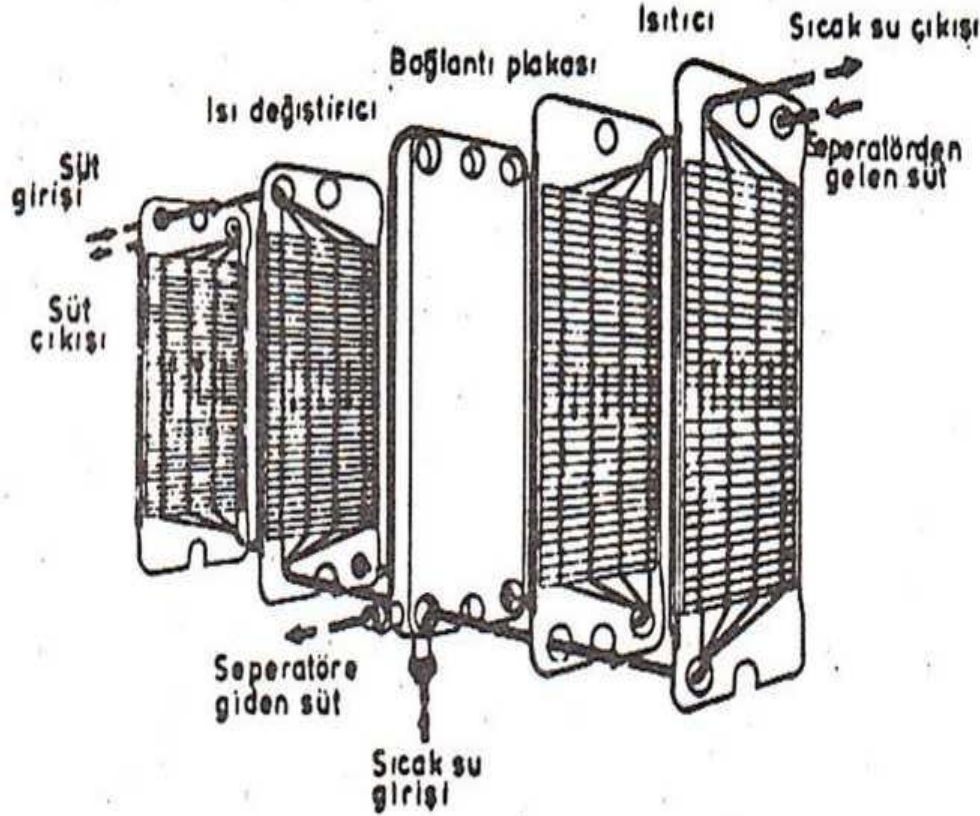


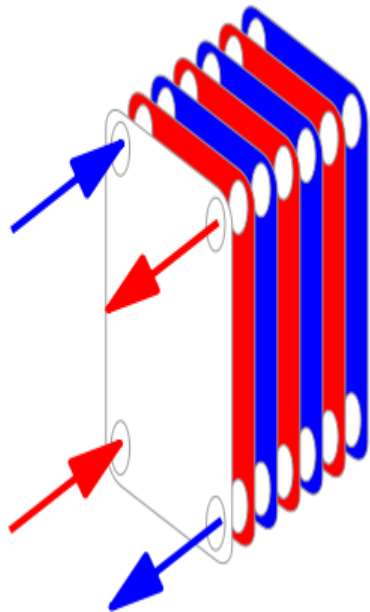
Kullanılma amacına göre, her plakada açık yada kapalı olan dört adet köşe deliği vardır. Ayrıca, her plakada bir delik contası bir de plaka contası mevcuttur. Delik contaları ile plaka contaları ayrı olduğundan, herhangi bir kaçak olasılığında plakaların iki yüzünde ayrı ayrı akan farklı akışkanların birbirine karışması önlenmiştir.

Isı değiştirici plakalar, turbüent akış sağlamak amacı ile, hassas olarak işlenmiş girintili çıkıntılı profil yapıdadır. Plakalar arası uzaklık, genel olarak 3...6mm kadardır. Plaka malzemesi çoğunlukla, paslanmaz çelik yada çeşitli Krom-Nikel, Çelik-Titan vb. alaşımlarıdır.

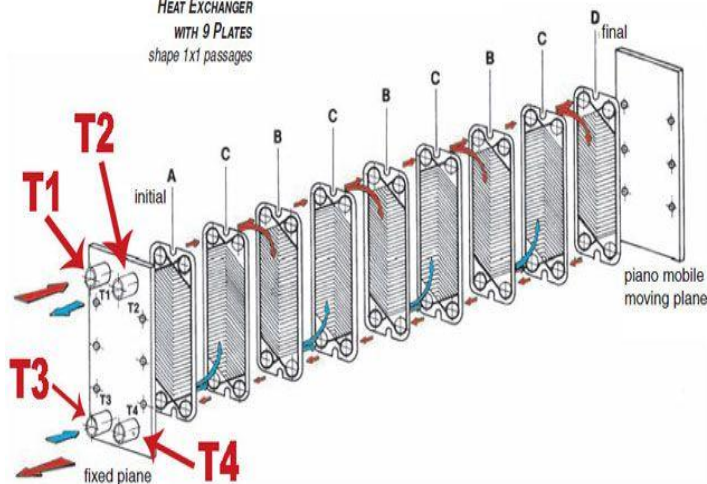


Şekil 8.11. Plakalı ısı değiştirici.





HEAT EXCHANGER  
WITH 9 PLATES  
shape 1x1 passages

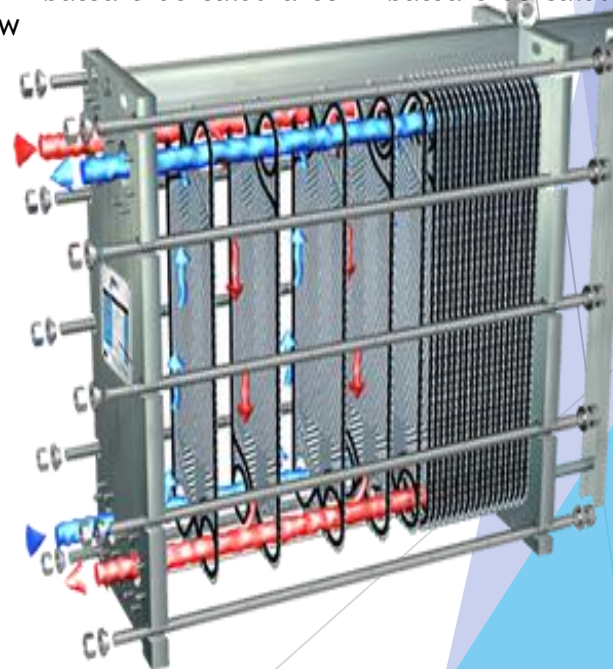
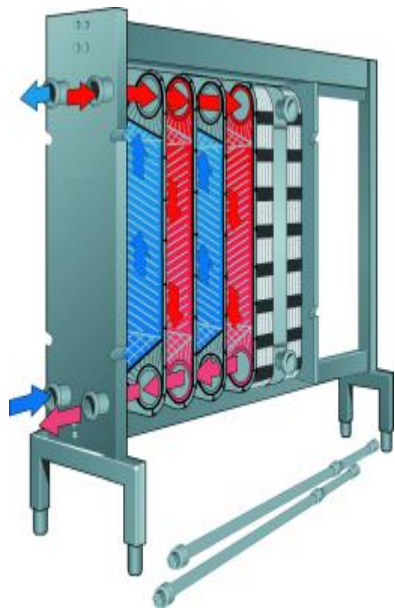


Componente schimbator de caldura:

- placa frontala anterioara (pentru fixare)
- placa de inceput de tip A
- placa de tip C
- placa tip B
- placa de final tip D
- placa posterioara (pentru fixare)
- tiranti (pentru fixare)
- gamituri (pentru etansare)

Placile de tip A, B, C, D au rolul de a efectua schimbul de caldura intre circuitul primar si cel secundar.

<http://www.calor.ro/schimbatoare-de-caldura/schimbatoare-de-caldura-in-placi-z3-10-7-p-127-56-kw>



<http://jeotes.com/jeotes-plakali-isi-degistirici-nasil-calisir-4>

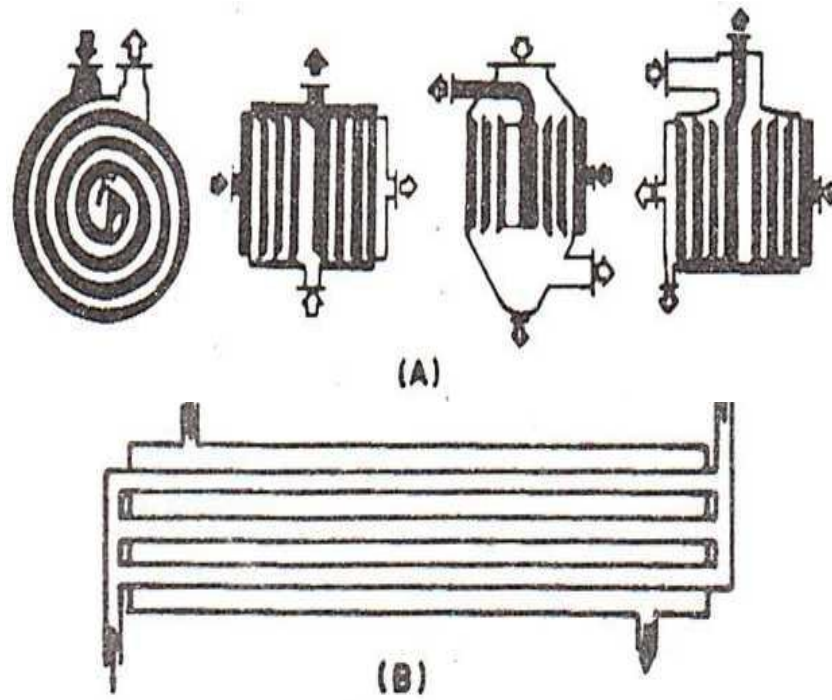
<https://despretot.info/schimbator-de-caldura-definitie/>

Plakalı ısı değiştiricilerin, küçük hacimlerde büyük ısı geçiş yüzeyi sağlaması, tamir bakımlarının kolaylığı, yararlı yanlarıdır. Buna karşın, yüksek sıcaklık ve büyük basınçlarda çalışamayışları, yalnızca düşük viskoziteli ürünler için elverişli olması ve çok sık conta değiştirme zorunluğu ise sakıncalı yanlarıdır.

Borulu ısı değiştiriciler; kendi aralarında, kovan-boru tip ve spiral tip borulu ısı değiştiriciler olarak ayrılırlar.

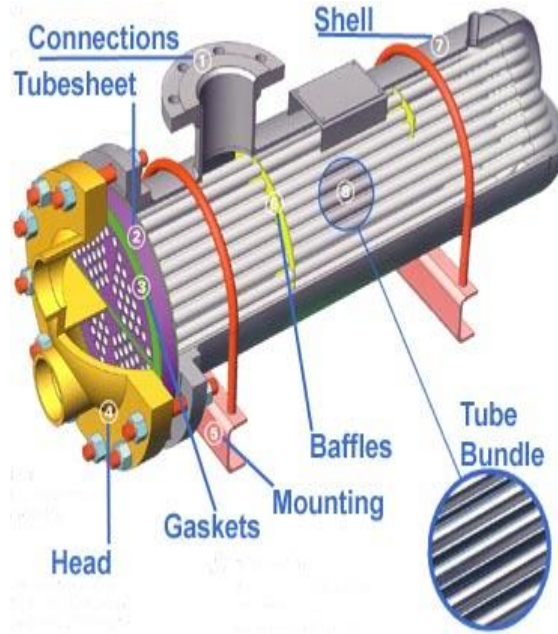
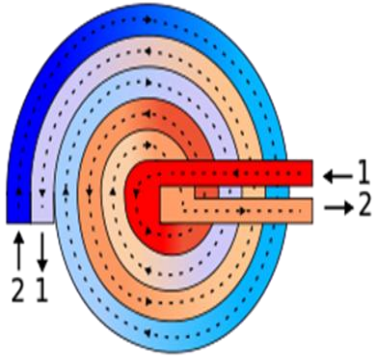
Kovan-boru tip ısı değiştiriciler endüstride en çok kullanılan borulu ısı değiştiricilerdendir. Bunlarda, ısı değişim yüzeyi, belirli aralıklarla yerleştirilmiş çok sayıda borudan oluşur. Akışkanlardan biri boru içinden, öteki de boru dışındaki kovandan akar (şekil 8.12.B).

Spiral tip ısı değiştirici, paslanmaz çelik boru malzemedен spiral şeklinde oluşturulmuş borulu ısı değiştiricidir. Isı değişim yüzeyleri ve kapasiteleri büyüktür. Ters ve doğru akıtalı tüm ısı değişim amaçları için çalışma olanağı sağlarlar. Tıkanma olasılığı olmayan bir kesit alanına sahip oldukları için iyi bir turbülent akım elde edilir, içten dışa doğru kapalı yüzeye sahip olduklarından ısıl ışıma kayıpları ötekilerine göre daha azdır (şekil 8.12.A).

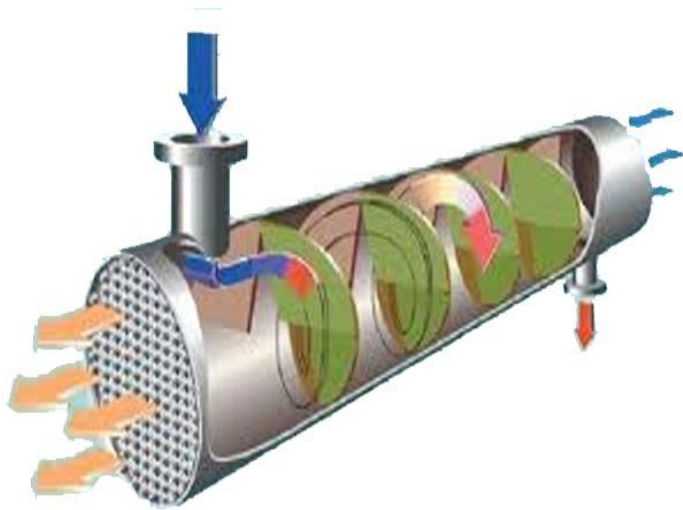


Şekil 8.12. Borulu ısı değiştiriciler (A: Spiral borulu, B: Kovan borulu.)

Borulu ısı değiştiricilerin avantajı: yüksek basınç ve sıcaklıkta çalışabilmeleri, conta sorunlarının olmayışı ile tamir bakım kolaylığıdır. Temizleme işinin, ancak, temizleme sıvısının zorunlu dolaşım ile sağlanması ise sakıncalı yanlarıdır.



<http://www.tetsa.com.tr/isi-degistiriciler.aspx>



[http://www.inokstek.com/urun\\_71\\_borulu-isi-degistiriciler](http://www.inokstek.com/urun_71_borulu-isi-degistiriciler)

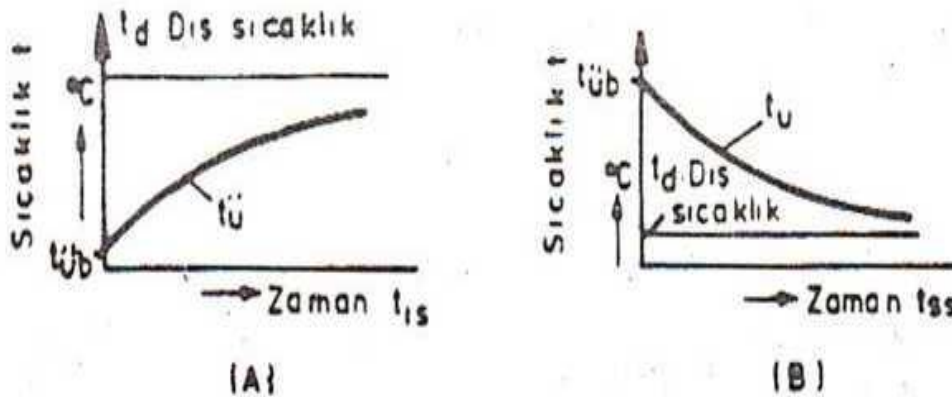


<http://www.iaosb.org.tr/firmalar/TUVSS0VaLTK2NjMx/1305>

## 8.3 Sıcaklığı Dengelenen Ürünün Isınması - Soğuması

Isı iletim katsayısı  $\lambda = \infty$  olan katı bir maddenin yada karıştırıcıya sahip depo, tank içinde karıştırılan yada sallantı ile karışan bir akışkanın sıcaklığı ortam sıcaklığıyla sürekli denge konumundadır. Bu durum, ürün işleme tekniğinde, ürünün çeşitli işleme kademelerinde, özellikle, soğutma ve ısıtma hızlarının bilinmesinde önemlidir.

Ürün sıcaklığının dış ortam sıcaklığından düşük olması durumunda ürün giderek ısınarak, sıcaklığı dış ortam sıcaklığıyla denge durumuna yaklaşır (şekil 8.13.A).



Şekil 8.13. Ürün sıcaklığıyla dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi (A: Isınma, B: soğuma).

Isınma durumunda geçerli eşitlik:

$$t_d - t_{\ddot{u}} = (t_d - t_{\ddot{u}b}) \cdot e^{-\frac{A \cdot k}{m \cdot c} \cdot t_{1s}} \text{ olup}$$

ısınma süresi;

$$t_{1s} = \frac{m \cdot c}{A \cdot k} \cdot \ln \frac{(t_d - t_{\ddot{u}b})}{(t_d - t_{\ddot{u}})} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

Ortam sıcaklığının ürün sıcaklığından düşük olması durumunda ise, ürün zamanla giderek soğur. Soğuma durumu için ısınmadakine benzer olarak şu eşitlik yazılabilir (şekil 8.13.B).



$$t_{\bar{u}} - t_d = (t_{\bar{u}b} - t_d) \cdot e^{-\frac{A \cdot k}{m \cdot c} \cdot t_{ss}} \text{ ve buradan}$$

soğuma süresi;

$$t_{ss} = \frac{m \cdot c}{A \cdot k} \cdot \ln \frac{(t_{\bar{u}b} - t_d)}{(t_{\bar{u}} - t_d)} \text{ olur.}$$

Eşitliklerde;

A : Ürünün ortamlarla temas alanı, m<sup>2</sup>,

k : Toplam ısı geçiş katsayısı, W/m<sup>2</sup>. K (kcal/m<sup>2</sup>. h. °C),  $t_{\bar{u}}$  : Ürünün sıcaklığı, K (°C),

m : Ürün miktarı, kg,

$t_{\bar{u}b}$  : Ürünün ilk sıcaklığı, K (°C),

c : Ürünün özgül ısısı, kJ/kg. K (kcal/kg. °C),

$t_{i,s}$  : Isınma süresi, saat ve

$t_d$  : Dış ortam sıcaklığı, K (°C),

$t_{ss}$  : Soğuma süresidir, saat.

Tank ve depolarda, ortam sıcaklığına bağlı olarak istenmeyen ısınma yada soğumanın önlenmesi, ilk planda toplam ısı geçiş katsayısının küçültülmesini gerektirir. Bu da ancak, ısı yalıtımı ile sağlanabilir.