

6. ISI DEĞİŞTİRİCİ CİHAZLAR

[\(Ref. e makaleleri\)](#)

Endüstriyel cihazlarda ısı enerjisi çeşitli yöntemlerle transfer edilir; elektrikli ısıtıcılarda kondüksiyonla; ısı değıştiriciler, kaynatma kazanları ve kondenserlerde kondüksiyon-konveksiyonla; fırınlar ve radyant-ısılı kurutucularda radyasyonla; diğler bazı özel yöntemlerle.

a. Isı Değıştiriciler

Bu kısımda kullanımı çok yaygın olan ısı değıştirici tipleri anlatılacaktır; çoğru sıvı-sıvı bazında dizayn edilmiştir, ancak gazlar ve yoğunlaşamayan buharlar için de kullanılabilirler.

Tüpler ve Tüp Aynaları

Tüpler çeşitli metallere yapılr, standart BWG numaraları ile tanımlanır; tüpün et (duvar) kalınlığı ve çapı belirtilir. Standart tüp boyutları, ilgili tablolardan bulunur. Isı değıştiricilerde kullanılan standart tüp boyları 8 ft (243.8 cm), 12 ft (365.8 cm), 16 ft (487.7 cm), 20 ft (609.6 cm) tir. Tüpler üçgen (şasırtmalı) veya kare şeklinde dizilir. Kovan tarafı uygun olduğunda, üçgen dizim tercih edilir, çünkü belirli bir kovan çapına bu durumda, kare dizilişre göre daha fazla ısı transfer alanı sığar. Üçgen dizimde tüpler sıralar arasında bir fırça gezdirerek temizlenemez, oysa kare dizimde tüp dışlarını temizlemek mümkündür. Kare dizimde kovan tarafı basınç düşmesi, üçgen dizimdekinden daha düşüktür.

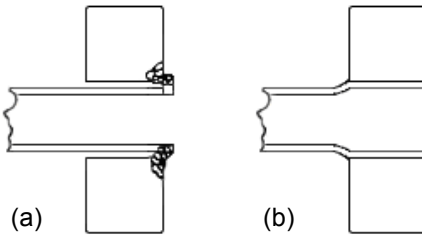
Tüp aynası, tüpleri demet halinde dağılmadan birarada tutan ve aynı zamanda ısı değıştiricinin kovan-gövde ile tüp tarafını ayıran çelik bir plakadır. Bu plakaların (et kalınlıkları) çalışma koşullarındaki basınç ve sıcaklık değerlerine göre belirlenir.

Tüpler ayna üzerine çaplarına göre açılmış deliklere geçirilirler. Gövde ile tüpler arasında bir geçiş-kaçak olmaması için, bu bağlantılardan hiç bir kaçak olmaması gerekir. Bu nedenle tüpler aynaya sokulduktan sonra özel cihazlar (makinet) ile bu bölgeleri şişirilir veya kaynak edilir. Bazan her iki işlem birden uygulanır (Şekil-27).

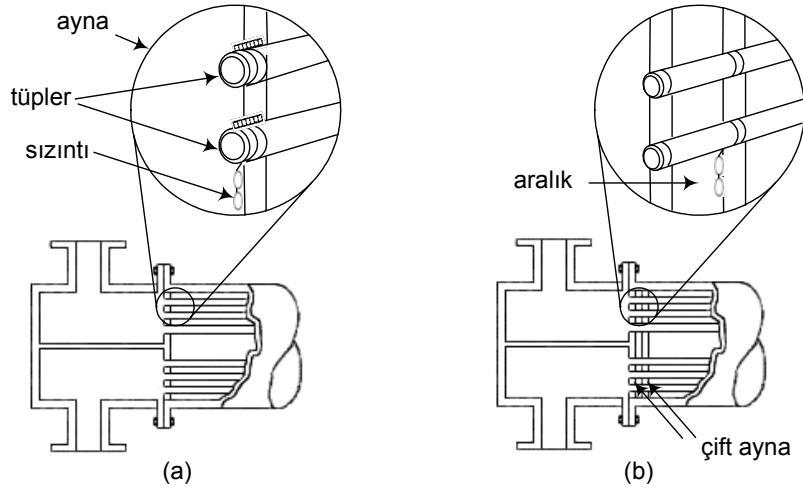
Bazı eşanjörlerde ayna gövdeye kaynakla bağlanmıştır. Bu durumlarda sıcaklık değışimi ile tüplerin boylarında meydana gelecek uzama ve kısalmaların etkileri, doğrudan tüplerin ayna ile birleşme noktalarına iletilir. Hesaplamaların üzerinde mey-

dana gelen zorlamalarda tüp ile ayna birbirinden kopabilir ve bir sızıntı veya kaçak meydana gelebilir; bu durumda iki akışkan birbirine karışır.

Şekil-28'de tek ve çift aynalı eşanjörlerin şematik diyagramları verilmiştir. Çift aynalı bir eşanjör örneği Şekil-28b de görülmektedir. İki ayna arasında bir miktar aralık vardır; bu aralığa sızan sıvı boşaltma deliklerinden eşanjör dışına alınabilir.



Şekil-27: Tüp aynasının gövdeye bağlanması;
(a) kaynaklı, (b) makinetolu bağlantılar



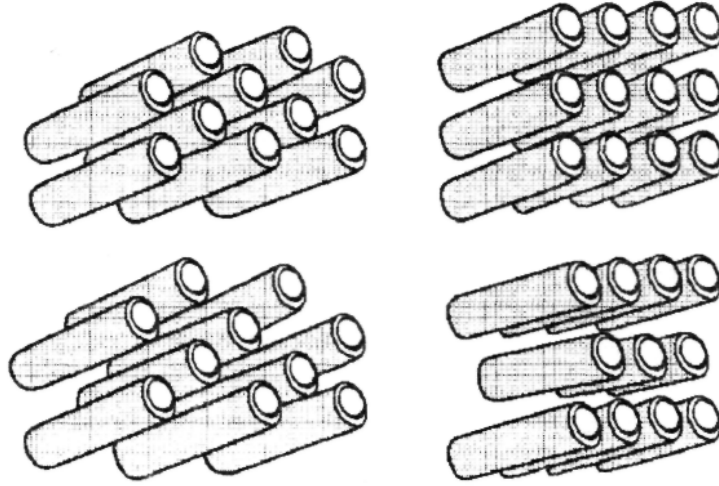
Şekil-28: Tüp aynalarının şematik görünüşleri; (a) tek aynalı, (b) çift aynalı eşanjörler

Ayna Deliklerinin Sıralama Şekilleri

Eşanjör tüpleri aynaya çeşitli sıralama şekilleri ile bağlanabilir.

Tüpler düşey ve yatay konumda paralel sıralar halinde dizilmiş ise buna düz sıra denir. Düz sıralı dizilmiş deliklerin akışa karşı gösterdiği direnç daha az olduğundan bu tip eşanjörlerde basınç azalması daha az olur. Buna karşılık şaşırtmacalı olarak dizilmiş tüpler belli bir alana daha çok sayıda dizilebilir.

Mesela 42 inç çapında düz bir aynada 2 geçişli eşanjör için kullanılacak tüp sayısı 1176 iken, şaşırtmacalı dizilmiş aynada yine 2 geçişli eşanjör için tüp sayısı 1350 dir. Deliklerin üçgen dizilmiş olması basınç kaybını arttırmakta, buna karşılık ısı transfer miktarı aynı ayna çapında daha fazla olmaktadır. Tasarım yapılırken bu iki husus göz önüne alınır (Şekil-29).



Şekil-29: Eşanjör tüplerinin aynaya diziliş şekilleri

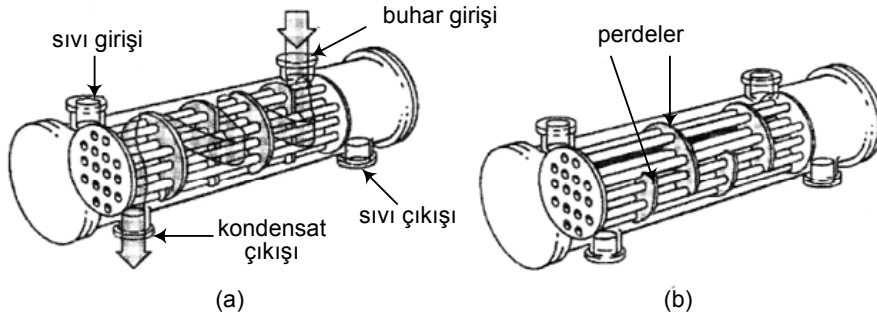
Kovan ve Bafıllar

Kovan çapları standarttır. 23 in (58.4 cm) ve daha küçük kovanların çapları ATSM boru standartlarına uygundur. 25 in (63.5 cm) ve daha büyük çaptakiler, en yakın değerdeki kovanlar için verilen özelliklere göre tanımlanır.

Batıllar arasındaki mesafeye (merkezden-merkeze) "batıl dizimi" veya "bafıl boşluğu" denir; bu değer kovan çapının 1/5 inden daha az veya kovan iç çapından daha fazla olamaz.

Bafıllar (perdeler), gövde içerisine yerleştirilirler. Bunlar, öncelikle tüplerin eğrilerek birbirlerinin üzerine oturmasını (bel vermelerini) önler; böylece tüpler arasındaki açıklıklar tüp demeti boyunca korunmuş olur. Açıklıkların değişmemesi ise uygun ve beklenen ısı transferlerinin gerçekleşmesine yardımcı olur. Ayrıca, gövde tarafından geçen akışkanın gövde içerisinde daha uzun kalmasını sağlar.

Şekil-30'da görüldüğü gibi gövde tarafına giren akım, perdeler etrafından dolaşarak geçmek zorundadır. Böylece gövde akımı ısı değiştirici boyunca hareket ederken, aynı zamanda tüplere dik olarak hareket eder. Temas süresinin uzaması ısı transfer hızının artmasına neden olan etkenlerden bir tanesidir.



Şekil-30: Bir eşanjörde perdelerin yerleştirilme şekilleri; (a) dikey kesilmiş, (b) yatay kesilmiş perdeler

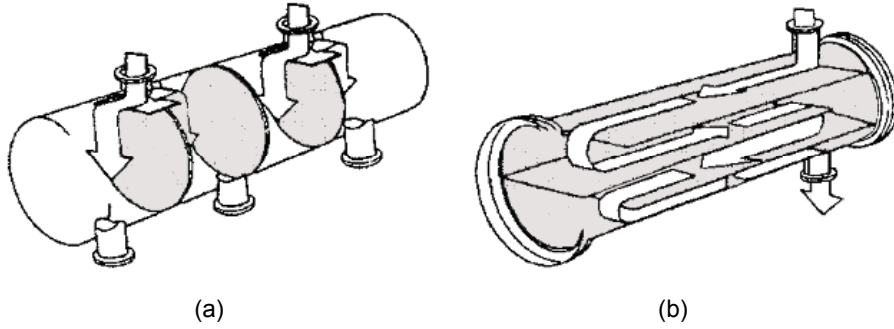
Ayrıca yüzeylerde düşük akım hızından dolayı oluşan laminer akımlarda, ısı iletim faktörü düşer. Gövde içine konulmuş bulunan perdeler gövde içindeki akımın laminer karakterden, uygun seviyede türbülent karaktere dönmesine de yardım ederler.

Akım için yeterli ve istenilen türbülensi yaratacak açıklık bırakılarak perdeler yatay veya dikey kesilebilir. Perdeler üst ve yandan kesildiği gibi genellikle alt kısımdan birer parça çıkarılarak, eşanjörün dip bölümünde de devamlı akış sağlanabilir.

Çarpma Plakaları: Gövde tarafına giren akışkan hızla tüplere çarptığında önemli erozyona yol açar. Özellikle içlerinde katı tanecikler bulunan gaz ve sıvılar veya içlerin-

de sıvı tanecikler bulunan gaz akımlarının tüpler üzerindeki erozyon etkisi oldukça fazladır. Bu nedenle gövde giriş nozullarının karşısına, tüpler üzerine gelmek üzere çarpma plakaları konur. Akışkan gövdeye girerken tüplere değil, bu plakalara çarpar ve gövdenin her tarafına dağılır (Şekil-31a).

Boyuna Perdeler: Daha önce konu edildiği gibi ısı değiştirici gövdesine boyuna olarak yerleştirilmiş perdeler iki veya daha çok geçiş sağlar. Boyuna perdenin uzunluğu eşanjör gövdesinin uzunluğundan daha azdır. Böylece akışın eşanjörü boydan boya iki veya daha çok sayıda kat etmesi temin edilmiş olur. Eşanjör içine konulmuş 3 adet boyuna perde sıvının gövde içinde 4 defa gidip-gelmesini, yani 4 geçiş yapmasını sağlar (Şekil-31b).

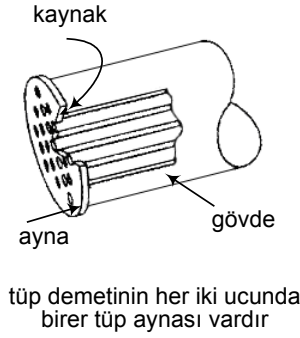


Şekil-31: Isı değiştirici gövdesinde, (a) boyuna, (b) enine perdelerin görünüşleri

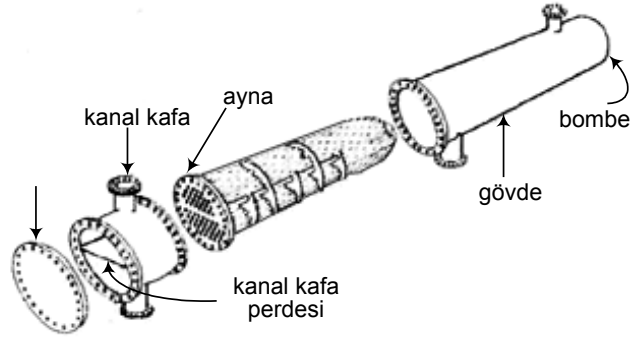
Gövde ve Tüp Bağlantı Tipleri

Sabit Aynalı Isı Değiştiriciler: Bu tiplerde tüplerin bağlı olduğu ayna gövdeye kaynak edilmiştir. Bu nedenle tüp demetinin gövdeden sökülerek çıkartılması mümkün değildir (Şekil-32); sıcaklık değişmesinden dolayı meydana gelen uzama ve kısaltmalar tüp demetlerinde zorlamalara ve gerilmelere sebep olur; bu bakımdan sıcaklık değişimlerinin fazla olmadığı durumlarda uygundur. Kaynaklı eşanjörlerin tek tercih nedeni, diğer türlere göre çok daha ucuz olmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu yerlerde kullanabilmek için gövdeye, körük şeklinde çalışan genişleme parçaları konulur.

Bu tip eşanjörlerde tüp demeti sökülemediğinden, gövdenin içinin ve tüplerin dış yüzeylerinin temizlenmesi, tüplerin kontrol edilip durumlarının izlenmesi mümkün olmaz; bu nedenle kirlilik olmayan akımlar için daha uygundurlar.



Şekil-32: Sabit aynalı bir ısı değiştirici



Şekil-33: U demetli bir ısı değiştiricinin kısımları

U Tüp Demetli Isı Değiştiriciler:

U tüp demetli ısı değiştiricilerde ayna bir tanedir (Şekil-33); ısı uzun eşanjör boruları birbirinin içine yerleştirilecek gibi U şeklinde bükülerek tüp demetini oluşturur; bu nedenle bir ayna vardır.

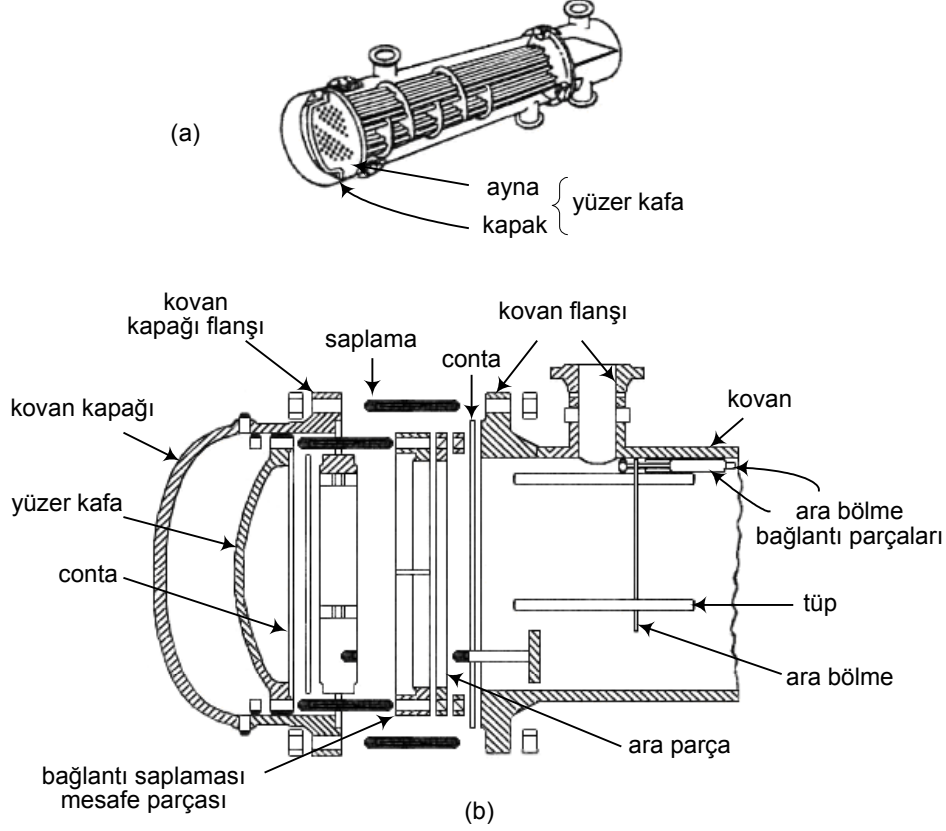
Ayna ile kapak arasında civatalarla bağlı ve perdeli bir kafa bulunur. Bu kafaya kanal (channel) adı verilir. Kanal kafanın gövdeden sökülüp çıkarılması ile ayna ve tüp demeti serbest kalmakta ve bunları da gövdeden dışarı almak mümkün olmaktadır.

U tüp demetlerinde tüplerin iç temizliğinin yapılması ve teknik kontrolü güç olduğu gibi herhangi bir nedenle arızalanan tüpün değiştirilmesi de, iç sıralarda ise, mümkün değildir.

Tek bir aynaya bağlı olduklarından sıcaklık değişikliğinin etkisi ile demetin uzaması bir sakınca meydana getirmez. Bu nedenle tüp tarafı ile gövde tarafı arasında büyük sıcaklık farklarına müsaade edilir.

Yüzer Kafalı Isı Değiştiriciler: Bu eşanjörlerde bir taraftaki ayna, kanal ile gövde arasına sabit bir şekilde civatalanmıştır. Bunun karşısındaki ayna ise, kapağı ile birlikte gövde içinde serbest hareket edebilmektedir. Kanal kafa ve sabit ayna

civatalarının sökülmesi ile tüp demeti yüzer kafa ile birlikte gövdeden çıkartılabilir; böylece tüplerin dış teknik kontrolleri ve temizlikleri yapılır (Şekil-34).



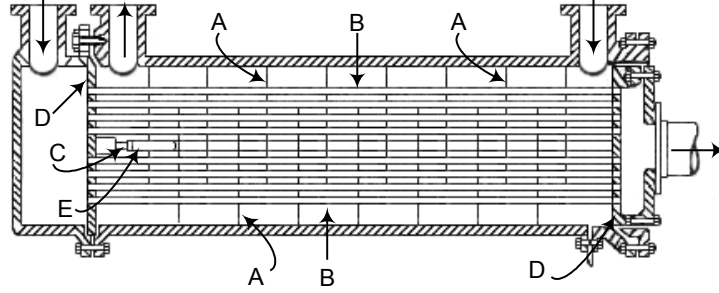
Şekil-34: (a) yüzer kafalı bir ısı değiştirici, (b) yüzer kafanın kısımları

Tek-Geçişli 1-1 Isı Değiştirici

Basit çift borulu ısı değiştiricilerde tüp sayısı az olduğundan istenilen akış hızlarına ulaşılamaz. Kovan-tüp konstrüksiyon için bir kaç tane çift-borulu değiştirici kullanıldığında ise, dış tüpler için gerekli metalin ağırlığı çok fazla olur. Şekil-35 de, bir kovanın çok sayıda tüpe servis verdiği bir ısı değiştirici görülmektedir; burada 1 kovan-tarafı geçişi ve 1 tüp-tarafı geçişi bulunduğundan, bunlara 1-1 değiştiriciler denir.

Bir ısı değiştiricide kovan-tarafı ve tp-tarafı ısı transfer katsayıları aynı olmalıdır; keza kovan-tarafı sıvısının hızı ve trblensi, tp-tarafı sıvınıniki kadar önem taşır. Tp aynalarının sağlam olması için, tüpler arasındaki mesafenin en az olması gerekir. Tüpleri, dışında kalan alan toplam tp alanına yakın olacak Şekilde yerleştirmek de pratik bir çözüm değildir. İki akımın büyüklükleri birbirine yakınsa, kovan taraftaki akımın hızı, tp taraftakinden daha düşüktür. Hızı arttırmak için kovana, buradaki sıvının kesit alanını düşürmek amacıyla batıllar monte edilir; bu durumda sıvı, tüplere paralel değil de, tp banklarına dik geçer. Böylece yaratılan türbülent karakterdeki akım, kovan tarafın ısı transfer katsayısını yükseltir.

Şekil-35'de görülen A batılları, bir tarafı kesik dairesel metal disklerdir. Kesik kısım, kovan çapının drte biri kadarlık bir ölçüdedir; bunlara %25 lik batıllar denir. Batıllar, içlerinden tüpler geçecek Şekilde delinmiştir (sızıntı olmaması için delikler çok hassas yapılır), ayrıca, bir veya daha fazla kılavuz çubukla (C) desteklenir; bunlar vidalarla D ve D' aynaları arasına tutturulmuştur. Böyle bir ısı değiştiriciyi monte ederken, önce tp aynaları, kılavuz çubuklar, ayırıcı tüpler ve baffıllar yerleştirilir, sonra tüpler takılır.



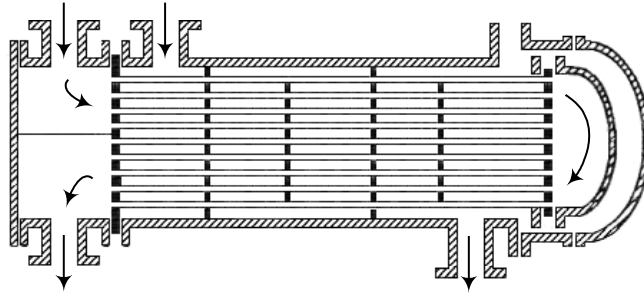
Şekil-35: Tek geçişli 1-1 karşı akımlı ısı değiştirici; A: baffıllar (perdeler), B: tüpler, C: kılavuz ubukları, D: tp tutucular (aynalar), E: ayırıcı tüpler

1-2 Paralel-Karşı Akımlı ısı Değiştirici

1-1 ısı değiştiricilerde bazı sınırlamalar vardır. Yüksek hızlar, kısa tüpler ve genleşme sorunlarıyla ilgili konularda yeterli çözümlere, çok geçişli konstrüksiyonlarda ulaşılır. Çok geçişli yapı, akışkan yolunun kesitini düşürür ve hızını yükseltir; böylece ısı-transfer katsayısı artar. Dezavantajları, (1) ısı değiştirici biraz karmaşık yapıdadır, (2) hızların yüksek olması, çıkış ve giriş kayıplarının tekrarlanması nedeniyle cihaz boyunca sürtünme katsayısı yükselir. Örneğin, dört-geçişli bir ısı değiştirici tüplerindeki

ortalama hız, aynı sayıda ve büyüklükte tüp içeren ve aynı sıvı akış hızında çalışan bir tek-geçişli değiştiricinin dört katıdır. Dört-geçişli değiştiricinin tüp-arafı katsayısı, tek-geçişlideki hız laminar akım verecek kadar düşük olduğunda, yaklaşık $4^{0.8}=3.03$ (veya daha fazla) kat, sürtünme kaybı $4^{2.8} = 48.5$ kat daha yüksek olur. En ekonomik dizayn, akışkanı yüksek hızlara pompalama gücünün getireceği maliyet ile, cihaz parasını dengeleyecek bir hız seçimiyle yapılır. Çok düşük bir hız, az bir pompalama gücü ister, fakat gerekli cihaz çok büyüktür. Çok yüksek bir hız ise, cihaz malzeme parasını azaltırken, gerekli gücü sağlayacak pompa fiyatını artırır.

Çok geçişli ısı değiştiricilerde tüp-arafı geçişleri çift sayılıdır. Kovan tarafı tek-geçişli veya çok-geçişli olabilir. En çok kullanılan tipi 1-2-paralel akımlı değiştiricilerdir; bunlarda kovan-arafı sıvı akışı bir-geçişli, tüp-arafı iki veya daha çok geçişlidir (Şekil-36). Çok-geçişli değiştiricilerde, çoğu zaman yüzer kafalar kullanılır. Tüp-arafı sıvısı aynı taraftan girer ve çıkar; birbirlerinden sadece bir bafilla ayrılırlar.

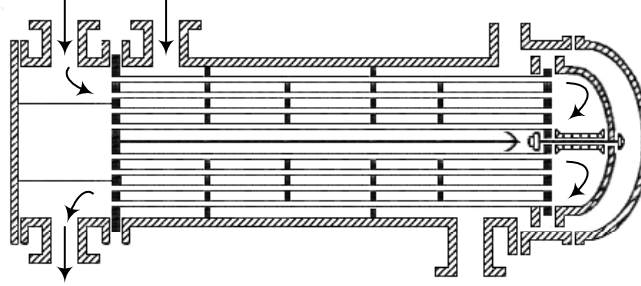


Şekil-36: Paralel-karşı akımlı ısı değiştirici

2 – 4 Isı Değiştiriciler

1-2 Isı değiştiricide, paralel akış olduğundan, bir akışkanın çıkış sıcaklığı, diğer akışkanın giriş sıcaklığına fazla yaklaşamaz; yani, 1-2 tipindeki değiştiricilerde, geri-kazanılan ısı düşüktür

Daha iyi bir ısı geri-kazanma, 2-4 tipindeki ısı değiştiricilerle sağlanır. Bunlarda iki kovan-arafı, dört tüp-arafı geçiş vardır. Bu tip bir değiştirici de, iki tüp-arafı geçişi olan ve aynı akış hızlarında çalışan 1-2 tip ısı değiştiriciye göre, daha yüksek hızlar ve daha büyük toplam ısı transfer katsayısı verir. Şekil-37'de, bu tip bir ısı değiştirici görülmektedir.



Şekil-37: 2-4 tip bir ısıtıcı

b. Türbin Kondenserleri (Yoğunlaştırıcılar)

Buharları, iç ısılarını uzaklaştırarak yoğunlaştırmada kullanılan ısı transfer cihazlarına kondenser denilmektedir. Elektrik üretim türbinlerinde veya proses türbinlerinde buhar enerjisinden azami seviyede yararlanmak için buhar türbin çıkışında yoğunlaştırılır. Yoğunlaşan suyun sıcaklığı düşeceğinden kondenser içinde vakum oluşur. Bir kondenser, işlem sırasında soğutucusunun sıcaklığı yükseldiğinden, aynı zamanda bir ısıtıcı gibi de davranır. Fakat yoğunlaştırıcı etkisi önemli olduğundan, kondenser adı uygun bulunmuştur. Kondenserler iki gruba ayrılır:

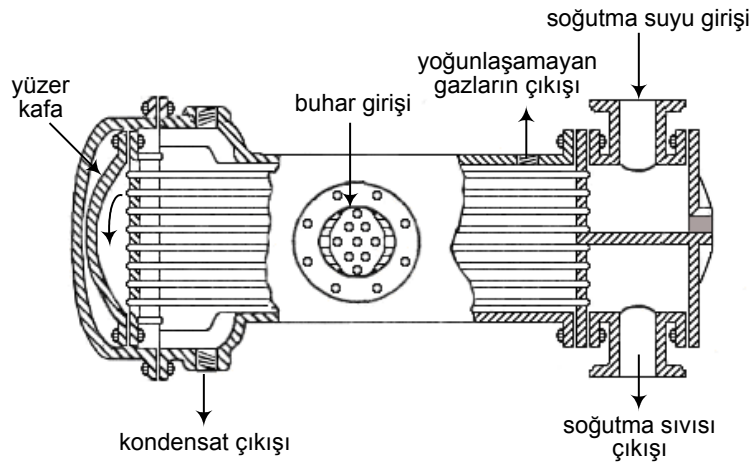
1. kovan-ve-tüp kondenserler; yoğunlaşan buhar ve soğutucu, düz bir ısı transfer yüzeyi ile ayrılır,
2. kontaklı (ilişkili)-kondenserler; soğutucu ve buhar (ikisi de sudur), fiziksel olarak karışık haldedir, fakat kondenseri tek bir akım olarak terk ederler.

Kovan - ve - Tüp Kondenserler

Şekil-38'de görülen kondenser, tüm soğutucu sıvı akımı tüplerden paralel olarak geçtiğinden, tek-geçişli bir kondenser birimidir. Bu tip bir akış, büyük kondenselere önemli sınırlamalar getirir. Tek-geçişli akışta yeterli ısı transfer katsayısı, tüpler boyunca hızın düşük olmasıyla sağlanır; bu durum çok sayıda tüpe, dolayısıyla ekonomik olmayan büyüklükte bir cihaza yol açar. Transfer hızının düşüklüğü, soğutucu akışkanının geniş bir sıcaklık aralığına soğutulmasını gerektirir, yani uzun tüplere gereksinim vardır, oysa uzun tüpler pratik değildir.

Yüksek hızlar, yüksek ısı transfer katsayıları ve kısa tüpler içeren bir kondenser elde etmek için, ısı değıştircilerde kullanılan çok-geçişli ilkeler uygulanır. Şekil-38 da iki-geçişli bir kondenser görülmektedir.

Kondenselerde sıcaklık farklılıklarıyla ortaya çıkan genleşme gerilimlerinin dikkate alınması gerekir. Genleşmeden dolayı olabilecek tahribattan kaçınmanın en iyi yolu, yüzer kafa kullanılmasıdır; bunda, tüp aynalarından biri (tabii tüplerin birer ucu), kovanına bağlı değildir. Buhar girişi üzerine delikli bir levha konularak, buharla taşınan sıvının damlayıp tüpleri delmesi önlenir.



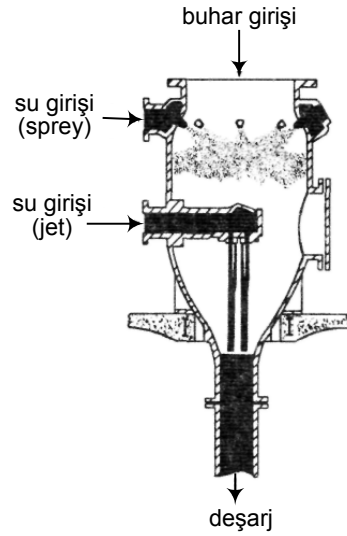
Şekil-38: İki geçişli yüzer kafalı kondenser

Kontaklı (Temaslı) Kondenseler

Bir kontaklı kondenser örneği Şekil-39'da verilmiştir; yüzey kondenselerden daha küçük ve daha ucuzdur. Şekildeki dizaynda soğutucu suyun bir kısmı, buhar girişi yanından buhar akımına püskürtülür; kalanı kondensasyonu tamamlamak ve yoğunlaşamayan gazı atmak için, bir venturi tüpü yoluyla, deşarj borusuna gönderilir. Bir kovan-ve-tüp kondenser vakum altında çalıştırıldığında, kondensat çoğu kez. pompayla dışarı atılır Bunu önlemek için barometrik bir bacak kullanılır; bu, 1036.3 cm (34 ft) uzunluğunda, alt kısmı kondensat toplatıcı tanka bağlanmış dikey bir tüptür. Çalışma sırasında, bacak içindeki sıvı seviyesi otomatik olarak kendini ayarlar, bacak ve tank seviyeleri arasındaki fark, atmosfer ve kondenserdeki buhar bölgesi arasın-

daki basınç farkına eşit olur; böylece, sıvı yoğunlaşır yoğunlaşmaz, vakumu kesmeye gerek olmadan, bacağın içine akar.

Doğrudan-kontaklı bir kondenserde, venturinin alt konisinde akımın kazandığı basınç, bir barometrik bacak gereksinimini ortadan kaldırır.



Şekil-39: Kontaklı kondenser

c. Büyütülmüş Yüzeyle Cihazlar

İki akışkandan birinin ısı transfer katsayısı diğerinkinden daha düşük olduğunda, önemli ısı-değişme sorunları doğar. Buharın yoğunlaşmasıyla, hava gibi sabit bir gazın ısıtılması tipik bir örnektir. Hava akımının ısı transfer katsayısı büyüklük derecesi 10 iken, yoğunlaşan buharınki 1000-2000 arasındadır. Toplam-katsayı, hemen hemen havanın katsayısına eşittir; birim ısıtma yüzey alanının kapasitesi düşük olacağından, istenilen kapasiteye erişmek için çok sayıda tüp gerekir. Viskoz sıvıların ısıtılması veya soğutulmasında veya akış hızı düşük bir akışkanla çalışılması halinde de (laminar akışta ısı transfer hızı düşüktür), aynı sorunlarla karşılaşılır. Bu gibi durumlarda cihaz maliyetini düşürmek için, "genişletilmiş yüzeyler" adı verilen ısı değiştiriciler geliştirilmiştir. Bunlarda tüpün dış alanı kanatlar, mandallar ve disklerle genişletilerek, akışkanla temas yüzeyi iç alanına göre daha büyük yapılır. Isı transfer

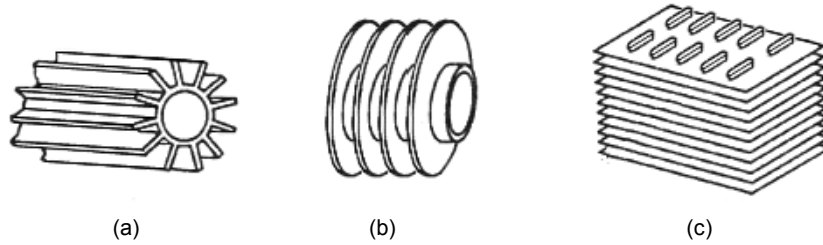
katsayısı düşük olan akışkan, genişletilmiş yüzeyle temas etmesi için tüplerin dışından, diğer akışkan içlerinden geçirilir. Dış yüzeyin genişletilmesi ile elde edilen kantitatif etki, aşağıdaki toplam katsayı eşitliğinde görülmektedir (burada tüp duvarının direnci ihmal edilmiştir).

$$U_i = \frac{1}{1 / h_i + A_i / A_0 h_0} \quad (24)$$

Denklem(24)e göre h_0 küçük, h_i büyükse U_i küçük olur; fakat A_0 , A_i den çok büyük yapıldığında $A_i/A_0 h_0$ direnci küçülür ve U_i yükselir. Aynı etki, tüpün uzunluğunun her bir santimetresi veya iç alanın her bir santimetre karesindeki uygun bir artış ile h_0 ın yükselmesinde de görülür.

Genişletilmiş Yüzey Tipleri

Şekil-40'da görüldüğü gibi, üç tip genişletilmiş yüzey yapılabilir. Akışkanın akış yönü tüp eksenine paralel olduğunda boyuna kanatlar kullanılır. Enine kanatlar, akış yönü tüplere dik olduğunda uygundur. Boynuz, iğne, çivi veya kılçıklar ve diğer eklentiler, yüzeylerin genişletilmesinde kullanılır; bu tip yüzeyler tüp eksenine paralel ve dik yönde akan akışkanlar için uygundur. Hepsinde de kanatların tüpe sıkıca bağlanmış olması çok önemlidir.



Şekil-40: Genişletilmiş yüzey tipleri; /a) boyuna kanatlar, (b) enine kanatlar, (c) yassıltılmış tüpler, sürekli kanatlar

d. Kazıma - Yüzeyli Isı Değiştiriciler

Viskoz sıvılar ve sıvı-katı süspansiyonların ısıtılması veya soğutulmasında kazıma-yüzeyli ısı değiştiriciler kullanılır. Bu tip değiştiriciler, merkez tüpü 10.2 -30.5 cm (4-12 inç) çapında olan, ceketli çift-borulu ısı değiştiricilerdir; ceketten ısıtma buharı veya

soğutma sıvısı geçer. Merkez tüpün iç yüzeyi, dönen bir shaft üzerine yerleştirilmiş, boydan boya uzanan bir veya daha çok bıçakla süpürülür.

Viskoz sıvı merkez tüpten düşük hızla geçer. Sıvının, ısı transfer yüzeyine temas eden kısmı durgundur, fakat kazıyıcı bıçaklarla sıyrıldığında hareketli hale gelir. Viskoz sıvılara ısı transferi kararsız-hal iletimi ile sağlanır. Durgun halin bozulma periyodu kısa ise, ısının bu fazla teması da kısa süreli olur; böyle bir işlem, bir katıya (kararsız-hal) ısı transferi işlemine benzer.

e. İşletme ve Bakım

Devreye Alma ve Devreden Çıkarma

Hava ile hidrokarbonların karışması yanıcı ve patlayıcı bileşimlerin meydana gelmesine neden olabileceğinden oldukça tehlikelidir. Bir eşanjöre sıvı veya gaz hidrokarbon vermeden önce içerideki havanın veya sıvının inert bir gaz veya buharla boşaltılması gerekir. Eşanjörün gövde ve tüp demeti sıcaklığa karşı reaksiyonları farklı malzemelerden imal edilmişse, ısındığında iki malzemenin genişleme veya uzama hızları farklı olur. Bu bakımdan ani sıcaklık değişimi bağlantılarda büyük zorlamalara ve kopmalara yol açabilir. Sıcak bir eşanjöre soğuk bir akışkan asla aniden verilmez; keza soğuk bir eşanjöre sıcak akışkan yavaş yavaş verilmelidir. Devreden çıkarma ve devreye alınma sırasında sıcaklık değişikliklerinin çok yavaş olması gerekir.

Devreye alma sırasında önce soğutma suyu açılır. Daha sonra sıcak akışkan devresi yavaş yavaş açılarak çalışma sıcaklığına ulaşılır. Devreden çıkarma sırasında ise önce sıcak akışkan kesilir; eşanjör zamanla soğur. Daha sonra soğutma suyu devresi kapatılır. Eşanjör sıvı ile dolu iken vanalar kesinlikle kapatılmamalıdır. Isınan sıvıda meydana gelecek genişleme, eşanjörün patlayıp hasarlanmasına neden olabilir. Vanalar kapatılmadan önce eşanjör boşaltılmalıdır. Dış sıcaklık çok düşükse, eşanjörün tüplerinde kalan su donar ve tüpleri patlatabilir. Bu bakımdan hava sıcaklığı sıfırın altında olduğunda çalışmayan eşanjördeki suyun boşaltılması gerekir. Tüplerdeki su gövde tarafındaki hidrokarbonun hızlı buharlaşması sonucunda da donabilir. Gövde tarafındaki hafif hidrokarbonların basıncı aniden düşürülmez; böyle durumlarda hızla buharlaşan hidrokarbon dışardan büyük miktarda ısı alarak önemli sıcaklık düşmelerine ve don olayına sebep olabilir. Bazı eşanjörlerde devreden çıkarma işleminden sonra kalan hidrokarbonların, buhar

veya bir inert gaz püskürtülerek temizlenmesi gerekir çünkü eşanjör içindeki patlayıcı karışım bir tehlike kaynağıdır

İşletme Basıncı ve Sıcaklığı

Her eşanjör etiket plakasında yazılı olan basınç ve sıcaklıkta çalışmak üzere dizayn edilmiştir İşletme basıncı bu değerın üzerine çıkarsa gövde ve tüplerde hasar meydana gelebilir Örneğin, basınç etkisi ile bir tüpün çatlaması veya aynadan ayrılması halinde sıvının biri diğerine bulaşır

Tipik bir soğutma suyu çevriminde suya korozyon inhibitörü ve taş tutmayı önleyecek asit ilave edilir Yüksek sıcaklık taş tutmayı artırır Tüp çeperlerinde meydana gelen kirlenmeler (fouling) akışa karşı bir direnç oluşturur. Bazı akışkanlarda sıcaklığın düşük olması da kirlenme ve tortu miktarını artırır. Bu bakımdan sıcaklıkta önceden tespit edilmiş alt ve üst limitlere uymaya dikkat edilmelidir Isının suyu hidrokarbonlardan ayırmak için kullanıldığı proseslerde düşük sıcaklık verimi azaltır

Eşanjördeki sıcaklığı kontrol etmenin bir yolu, soğutma suyu debisini kontrol etmektir. Soğutma suyu akış hızını çok düşürerek eşanjör içindeki sıcaklığın aşırı yükseltilmesi sakıncalıdır. Çünkü yüksek sıcaklıkta tortuların artması ve kirlenmelerin, eşanjörde tıkanmalar meydana getirme olasılığı yüksektir

Bazı eşanjörlerde ürünlerin bir kısmı eşanjöre girmeden baypas edilir. Bu şekilde eşanjör çıkışı ile baypas devresinin birleştiği yerde daha yüksek sıcaklık meydana gelir. Eşanjör, bir sistemin bir parçasıdır. Bu nedenle sistem içindeki diğer donatılarda meydana gelen fiziksel değişiklikler eşanjörü de etkiler. Aynı şekilde, eşanjörde yapılacak bir değişikliğin sistemin diğer donatılarına yapacağı etkinin dikkate alınması gerekir. Bir değişiklik yapmadan önce ve sonra basınç ve sıcaklıkları tespit etmek iyi bir uygulamadır. Bu şekilde hangi şartların gerçekten değiştiği daha doğru olarak bilinecek ve işletmedeki güçlüklerin yeri kesin olarak tespit edilecektir. Nerde ve hangi değişikliklerin yapıldığının bir kaydının tutulmasında önemli yararlar vardır. Değişiklik iyi netice vermezse eski çalışma şartlarına dönmek gerekir.

Eşanjörlerde Kirlenme

Eşanjör aksamı üzerinde çeşitli cinslerde tortu tabakalarının meydana gelmesi olayına, genel olarak kirlenme (fouling) adı verilir.

Kir tabakaları eşanjör yüzeylerine yapıştığından buralarda kalınlığın artmasına sebep olur; ısı transferinin yavaşlaması ve akışa karşı bir direnç doğması debiyi düşürür. Böylece kirlenme olayı genel bir verim düşüklüğüne sebep olur Eşanjörde kirlenme basınç ve sıcaklığın değişmesinden anlaşılabilir. Kirlenme varsa eşanjördeki basınç düşümü artar, debi azalır. Sıcaklık kıyaslaması, ısı transferinin verimli olup olmadığını belirten bir göstergedir.

Kirlenmenin bir cinsi tortudur. İsminden de anlaşıldığı gibi kir, çamur ve tozun çökelmesinden meydana gelir. Korozyon ürünleri diğer bir tortu kirlenmesi kaynağıdır. Eşanjör malzemesi sıvıdan etkilendiği zaman korozyon meydana çıkar. Soğutma suyunda, yosun dahil organik maddeler bulunabilir. Yosun tüp içinde bir izolasyon tabakası gibi etki yapar. Diğer kirlenmeler olarak koklaşma, tuz tortusu ve kimyasal reaksiyonlar sayılabilir.

Eşanjörde kullanılan malzeme kirlenmelerin cinsini ve büyüklüğünü etkiler Örneğin, yüzey pürüzlülüğü tortuların oluşmasına yol açabilir. Bazı malzemeler diğerlerinden daha hızlı paslanır ve ısı transferini azaltan bir tabaka meydana getirirler; bu şekilde kirlenme hızlanır. Akışkanın hızı da kirlenme miktarını etkiler. Hız azsa, tortu çökmesi daha fazladır. Bu bakımdan yüksek akış hızı kirlenme miktarını azaltıcı bir etki yapar. Eşanjörlerde kirlenmeyi önlemek için tortu oluşmasını önleyici (antifoulant) ve tortuya sebep olan kimyasal reaksiyonları önleyici inhibitörler kullanılır.

Bakım

Akışkan içinde asılı konumda bulunan erimeyen maddelerin pıhtılaşmasını önlemek için dispersanlar kullanılır. Tortuları gidermek için uygulanan metotlar, tortu cinslerine bağlıdır. Tortunun şiddeti de temizleme ve giderme metotlarını belirler. Bir süre için kirlenme problemi ihmal edilmiş ise mekanik olarak kesme ve kazıma gerekli olabilir ve temizlik için eşanjörün bazı parçaları sökülür. Bununla birlikte tortuların çoğu eşanjörü devreden çıkarmadan temizlenebilir. Eşanjör işletmede iken yapılan temizliğe, devrede iken bakım denir. Bunun için tüp tarafı veya gövde tarafından akan sıvıya bazı kimyasal maddeler katılır.

Hidrokarbon içine su enjekte edilir. Tüplerden akan karışımdaki su, tuzu eritir. Toplayıcıda ürün ve tuzlu su ayrılır. Genellikle kimyasal ve mekanik temizlik için eşanjörün devreden çıkarılması gerekir.

Kimyasal temizlik için eşanjörün demontajı gerekli değildir. Tüp veya gövde tarafından temizleyici bir karışım devridaim ettirilir. Mekanik temizlik için eşanjörün bazı parçalarını sökmek gerekir.

Yüksek basınçlı su, tüplerin içine ve dışına püskürtülerek suyun kuvvetiyle tortular yıkanarak uzaklaştırılır. Ağır hidrokarbon tortularının temizlenmesi için buhar jeti de geniş çapta kullanılmaktadır. Buharın sıcaklık etkisi ile yumuşayan tortular, buhar jetinin kuvveti ile yıkanarak uzaklaştırılır. Hidrolik yıkamanın her çeşidine eşanjörün bir miktar demontajı gereklidir. Uç plakaları ve kapaklar, tüpleri açığa çıkarmak için yerlerinden sökülür. Kimyasal hidrolik temizliğe fazla direnç gösteren tortular için mekanik yöntemler kullanılır. Bunun için eşanjör tamamen sökülür ve parçalar üzerindeki taş ve kirlenmeler, matkap gibi mekanik teçhizatlarla temizlenir.

Kaçak Testi: Bir sızıntıdan şüphelenildiği zaman evvela bir ön test yapılır. Ön test için eşanjörün demonte edilmesine gerek yoktur. Önce daha düşük basınçlı olan akışkandan numune alınır. Düşük basınç gövde tarafında veya tüp tarafında olabilir. Eşanjörden geçen akışkanlar yağ ve soğutma suyu ise, gözle kontrolle kaçağın olup olmadığı anlaşılır. Akışkanlar birbirinden çok farklı maddeler değilse kimyasal analiz gerekli olabilir. Kaçağın olduğu kanaatine varılırsa genellikle basınçlı su kullanılarak hidrostatik test yapılır. Tüp tarafının testi için gövde taraf* boşaltılır. Tüp tarafına su doldurulup basınç uygulanır Tüplerde ve tüp uçlarında bir sızıntı varsa basınçlı su gövdeye akar Gövde dibine toplanan su dipte açılı bir vanadan veya nozuldan boşalır Sızıntı çok az ise bu tespit uzun zaman alabilir. Gövde tarafına da benzeri test uygulanabilir. Bu durumda tüp tarafı boşaltılır ve gövde tarafında, su doldurularak basınç uygulanır. Sızıntı varsa akan su tüp tarafı alçak noktalarında bulunan (drain)lerden görülebilir.

Bu ön testler sonucunda bir kaçak olduğu kesinleşirse, eşanjörün bazı parçaları sökülerek kaçağın yeri tespit edilmeye çalışılır. Sabit aynalı eşanjörlerde uç plakaları ve kapaklar sökülerek çıkarılır. Bu şekilde aynaların ve tüp uçlarının gözle kontrolü mümkün olur. Gövdeye basınçlı su uygulanırsa delik veya çatlaklar, tüplere giren su, tüpün ucundan akarken görülebilir. Arızalı tüp, ya iki ucundan tıpalanır ve körlenir, yada aynaya bağlı olan bağlantısı kesilerek çıkarılır ve yenilenir.

Gövde kapağı sökülüp tüp demetinin basınçlı suyla doldurulması halinde yüzer kafanın contasında ve tüp uçlarındaki sızıntılar görülebilir. Tüplerin gövde içinde kalan bölümlerinde sızıntı varsa veya sabit kafada herhangi bir kaçak olduğunda, gövde içindeki su gözlenerek bu durum anlaşılmaya çalışılır. Fakat kaçağın yerini tespit etmek

mümkün olmaz, çünkü tüp demeti ve sabit kafa görülemez. Ancak bu bölgelerden bir kaçak olduğuna dair kesin kanaat uyanırsa başka testler gerekli olur.

Kanal kafa kapağı sökülür, tüp tarafındaki sıvı boşaltılır. Gövdeye basınçlı su uygulanır., çatlak veya deliklerden tüplere giren su tüp ucundan dışarı akar veya damlar. Ayna gözle muayene edilerek sızıntı noktaları tespit edilebilir.

Normal olarak bütün testler sırasında test basıncı olarak işletme basıncının 1,5 katı bir basınç uygulanır; bu basınç sınırı asla geçilmemelidir. Test yapanlar test suyunun veya sıvısının sıcaklıkla genişleyip basıncının yükselebileceğini daima göz önüne almalıdırlar; aksi halde eşanjörde hasar meydana gelebilir.