

BAZI ISI DEĞİŞTİRİCİLERLE GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

ALİ GÜNGÖR

1955 Elaziğ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsünden 1986 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferleri Bilim dalında Doçent oldu. 1978'den beri üniversitede ve halen Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünden öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

NECDET ÖZBALTA

1953 yılında İzmir'de doğdu. Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünden 1976 yılında Mühendis, 1979 yılında Yüksek Mühendis ve aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1986 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1989 yılında Yenilenebilir Enerji Sistemleri dalında Doçent oldu. Halen Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde çalışmaktadır.

Özet

Günümüzde özellikle 1973 enerji krizi sonucu, yeni teknolojilerin enerji fakir prosesler biçiminde geliştirilmesi yanında, enerjinin tasarruflu kullanımı, atık ısılardan yararlanma yöntemleri, işletmelerde enerji departmanlarının kurulma gereksiniminin oluştuğunu gözlemleyebiliyoruz.

Mevcut eski tesislerde de bu konuda yenileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Burada, atık ısı geri kazanımında kullanılan değişik ısı değiştiriler (gaz-gaz, gaz-sıvı, sıvı-sıvı), özellik, kullanılma alanları ve üstünlükleriyle incelenip tartışılmıştır.

1. Giriş

Ülkelerin gelişme ve büyümeleri sonucu, her ülkenin enerji tüketimi artan bir karakter göstermektedir. Türkiye, kişi başına enerji tüketimi açısından dünya sıralamasında 93. olmasına karşılık (1), enerjinin büyük bir bölümünü ithal petrol ile karşılama durumundadır.

"En ucuz enerjinin tasarruf edilen enerji " olduğu bilinciyle, enerjinin tasarruflu kullanımı gerek kişisel olarak gerekse işletmeler olarak, sonuç açısından, enerji giderlerini azaltıcı etkidir. Bu bilinçle, yerinde incelemelerle, atık ısıların en aza veya başka bir deyişle enerjinin kullanılmayan bölümünü belirten ekserjinin sifıra yaklaştırılması yapılacak uygulamalarla gerçekleştirilebilir.

Atık ısıların geri kazanımında genelde, direkt kazanım (örneğin kurutucularda, kurutma havasının dolaşımı v.b) söz konusu değilse değişik tipte ısı değiştiriciler gerçekleştirilmektedir.

2. ATIK ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARI

Endüstriyel ısı değiştiriciler birçok takma ada sahiptir. Örneğin, Reküperatör, Rejenaratör, Atık ısı buhar generatörleri, Kondenser (Yoğuşturucu), Isı tekerleği. Sıcaklık ve nem değiştiriciler gibi. Adı ne olursa olsun, bu cihazların temel fonksiyonu ısı transfer etmeleridir.

Isı değiştiriciler tek veya çok geçişli, gaz-gaz, sıvı-sıvı, sıvı-gaz, buharlaştırıcı (evaporatör),yoğuşturucu (kondenser), paralel akımlı, karşıt akımlı, çapraz akımlı gibi sınıflanabilmektedir. Tek veya çok geçişli terimi ısıtma veya soğutma akışkanının (sıvı veya gaz) ısıtma yüzeyi üzerinden bir veya çok geçişini belirtmektedir. Çok geçişli akış şaşırtıcıların (baffle) kullanımı ile sağlanır. Gaz-gaz, sıvı-gaz, sıvı-sıvı ısı değiştiriler, akışkanlarda faz değişimi olmayan durumlarda kullanılan terimlerdir.

Isı değiştirici akışkanın, kaynaması(buharlaşması) söz konusu ise bu ısı değiştirici evaporatör veya buharlaştırıcı olarak adlandırılırken, ısı değiştiricide yoğuşan buhardan ısı çekimi söz konusu ise bu ısı değiştirici kondenser veya yoğuşturucu olarak adlandırılmaktadır.

Paralel akımlı ısı değiştiricide her iki akışkan yaklaşık aynı yönde akmaktadır, oysa karşıt akımlıda ise her iki akışkan ters yönde akmaktadır. Eğer ısı değiştiricide iki akışkan biri diğerine dik olacak biçimde akıyorsa, ısı değiştirici çapraz olarak isimlendirilir.

Endüstriyel fabrikalarda atık ısının geri kazanımının temel yöntemi, ısı değiştiricilerin kullanımınıdır. Isı değiştiricilerin kullanımında atık ısı ortamı ile ısıyı alan ortam sınırlar ile ayrılmış (ısıtma yüzeyleri ve dış kısımlar) hacimlerde akarlar. Fakat bu sınırlarda bulunan ısıtma yüzeyleriyle ısının geçmesini, geri kazanılmasını sağlarlar. İki akımın ayrılmasının nedenleri aşağıdakilerden biri olabilir.

- 1) İki akım arasında basınç farklılıkları olabilir. Isı değiştiricinin sınırları bu basınç farklılığına göre tasarlanmalıdır.
- 2) Birçok durumda bir akışkan diğerinde kirletici etki oluşturabilir ve bu nedenle karışmaları istenmez. Isı değiştirici bu karışıma engel olur.
- 3) Atık ısının uzun mesafelere taşınması gerektiğinde bir ara taşıyıcı akışkanın atık ısı akışkanı yerine kullanımı daha uygundur.
- 4) Belirli tip ısı değiştiricilerde özellikle ısı tekeri, teker içinde soğumuş gazlardaki buharlar yoğuşur ve sonra ısıtılmaya başlandığında buharlaşır, bu sonuç olarak, nemliliği ve/veya proses kontrolünü, atmosferik hava kirliliğinin azaltımını ve bazı kaynakların korunmasını sağlar.

Değişik ad ve tanımlar ısı değiştiriciler için kullanılmakta olup bunlar kısmen onların görmüş olduğu fonksiyonu tamınlar niteliktedir ve kısmen de belirli endüstriler içinde gelenekselleşmiş adlandırmaların bir sonucudur. Örneğin, "Reküperatör" adı, bir fırının egzost gazlarından atık ısının geri kazanılarak gelen yakma havasının ısıtılmasında kullanılan ısı değiştirici için kullanılır. Bu ad elik ve cam endüstrilerindeki cihazlar için geçerlidir.

Aynı fonksiyonu gören ısı değiştiricinin elektrik gc santralinde (termik santral) buhar retedindeki adlandırılışı "hava ısıtıcısı" veya "hava n ısıtıcısı" biçimindedir ve gaz türbini tesisinde adlandırılışı ise "rejeneratör" biçimindedir.

Bununla beraber cam ve elik endüstrisinde "rejeneratör" kontrolü çalışan ateş tuğlalı iki odalı değiştirici sistemini belirtmektedir. Bu ısı değiştiricide bir oda egzost gazlarından ısıyı absorblarken, ikinci oda daha önce aldığı ve depoladığı ısıyı gelen havaya vererek ısınmasını sağlar.

Bu işlem vana v.b. elemanlar ile kontrollü olarak sürdürülür. Rejeneratörler genellikle maliyet ve montaj yönünden rekperatrlere göre daha pahalıdır ve en yaygın uygulamaları cam ergitme tankları ve Siemens-Martin (pen hearth) fırınlarında görülür.

Bu ısı değiştiricilerin işlevleri benzer olmasına karşılık, ısı transfer biçimlerindeki farklılık gibi, yapısal olarak da hayli farklılıklar gösterirler.

Endüstriyel bir ısı değiştiricinin belirlenmesinde ısı transfer kapasitesi, akışkanların sıcaklıkları, her bit akışkan devresinde izin verilebilecek basınç düşümleri ve ısı değiştiriciye giren akışkanların özellikleri ve hacimsel debilerinin bilinmesi gerekir. Bu değerler ısı değiştiricinin tasarım parametreleridir ve dolayısıyla maliyeti belirleyicidir.

Son tasarım, basınç düşümü-ısı değiştirici verimliliği-maliyet üçlüsünün uzlaşımıyla gerçekleştirilecektir. Son tasarımda kararlara yol gösterici sabit maliyetlere karşı bütün sistemin bakım ve işletme giderlerinin karşılaştırılmasıdır, böylelikle toplam maliyetler minimize edilebilecektir.

Bir optimum atık ısı cihazı seçiminde temel parametreler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Atık ısı akışkanının sıcaklığı,
- Atık ısı akışkanının debisi,
- Atık ısı akışkanı için izin verilebilen en düşük sıcaklığı,
- Isıtılan akışkanın kimyasal bileşimi,
- Isıtılan akışkanın izin verilen en çok sıcaklığı,
- Eğer kontrol gerekiyse kontrol sıcaklığı,

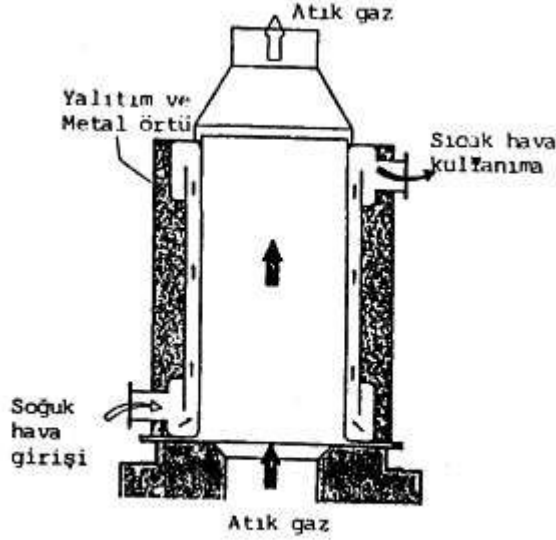
Bundan sonraki kısımlarda endüstriyel atık ısı geri kazanımında kullanılan gaz-gaz ısı değiştiriciler ve gaz-sıvı veya sıvı-sıvı ısı değiştiriciler üzerinde durulacaktır.

3. GAZ-GAZ ISI DEğİŞTİRİCİLER

Isı geri kazanımında kullanılan gaz-gaz ısı değiştiriciler geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu özellikteki ısı değiştiriciler reküperatörler, ısı tekerlekleri, hava (n) ısıtıcılar, ısı borulu ısı değiştiricilerdir.

3.1. Reküperatörler

Bu tip ısı değiştiricilerin en basit biçimi Şekil 1'de gösterildiği gibi metalik ışınımla ısı transferli rekperatrdr. (Işınım reküperatörü). Bu ısı değiştirici Şekil 1'de görüldüğü gibi i içe aynı merkezli ve aynı uzunlukta metal silindirlerden veya borulardan oluşmuştur.



Şekil 1. Metalik ışınlı ısı transferli reküperatör

İçteki boru sıcak egzost gazlarını taşıırken, dıştaki borudan çevreden alınan havası akmakla ve ısıtarak yakıcıya gönderilmektedir. Burada sıcak gazlar gelen taze hava ile soğutulurken yanma hacmine ilave enerji taşınmış olmaktadır.

Bu enerji ek yakıtla sağlanmamış olup, böylelikle bu ısı geri kazanımıyla belirli bir fırın yükü için daha 32 yakıt yakılmaktadır.

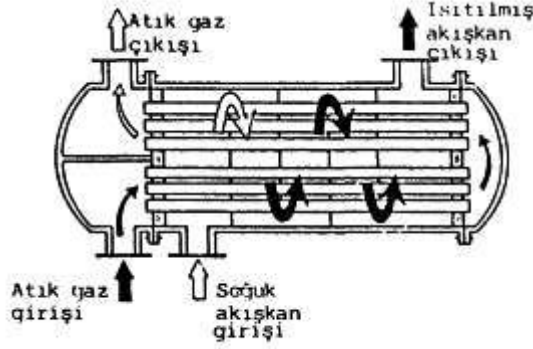
Yakıttaki tali bir fırın yükü için daha az yakıt yakılmaktadır. Yakıttaki tasarrufun anlamı, aynı zamanda yakma havasının azalması ve bu nedenle baca kayıpları, yalnızca baca gazı sıcaklığının düşmesinden değil aynı zamanda daha az egzost geri atıldığından azalacaktır.

Bu özel tip reküperatör isminde ışınlı ısı transferli olarak belirtilmesine karşılık, sıcak gazlardan oluşan ısı transferinin belirli bir kısmını bu biçimde gelen taze soğuk havaya aktarır. Bu iki boru arasından akan hava, infrared ışınlı geçirgen niteliği ile ısıyı daha çok taşımaya almaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi iki gaz akışı genelde paraleldir ve akışların karşıt biçimde gerçekleştirilmesi ısı geçişini daha verimli duruma getirir. Reküperatörlerde paralel akımın kullanımı, egzost gazları kanallarının soğutulması ve bu yolla ömürlerinin arttırılması gibi ikinci bir işlevi de görmektedir.

İçteki boru genelde yüksek oranda nikel içeren paslanmaz çelik gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler ile yapılmış fabrika ürünüdür. Girişteki büyük sıcaklık farklılığı, farklı genleşmelere neden olur, çünkü dıştaki boru genelde farklı ve daha az pahalı malzemedendir.

Mekanik tasarım bu etkiyi dikkate almalıdır. Daha özenli tasarlanmış ışınlı reküperatörleri iki bölümün birleşimidir ve bunlarda alt kısım paralel akışlı çalışırken, üst bölüm daha verimli biçimde karşıt akımlı çalışmaktadır. Karşılaşılan aksel genleşmenin büyüklüğü yüzünden ve reküperatörün altındaki gerilim koşullarından, ünite üstten serbest destekleme çerçeveleri ile bağlanır ve fırın ile reküperatör arasında genleşmeli bağlantı bulunur.

Reküperatörler için ikinci en genel yapı boru tipi (gövde-boru) veya taşınım reküperatörüdür. Şematik olarak Şekil 2'de görüldüğü gibi, sıcak paralel küçük çaplı boru demetinin içinden geçerken, gelen taze hava dış gövde içinden ve boruların dış yüzeylerinden geçer ve ara bölmelerle akışın boru demetine dik olması sağlanır. Şekildeki gibi boru tarafındaki ayna ikiye bölündüğünde ısı değiştirici "iki geçişli" olarak adlandırılır.

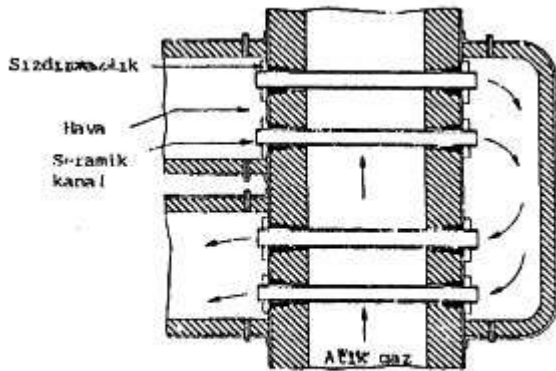


Şekil 2. Taşınım reküperatörü

Bölüm sayısı artırılarak geçiş sayısı da artırılabilir. Her ne kadar ara bölmelerin (şaşırtıcı) kullanımı yakma havası kısmında basınç düşümünü ve ısı değiştirici maliyetini artırırsa da, ısı değişim verimliliği artar. Gövde-boru tip reküperatörler genelde boyutsal olarak daha küçük (kompakt) ve ışınlı ısı transferli reküperatörlerden daha yüksek verime sahiptir, çünkü daha çok ısı transfer alanına (ısıtma yüzeyine) sahiptir ve akışkanların çok sayıda geçişi sağlanabilmektedir.

Metal reküperatörlerle ısı geri kazanımında temel sınırlamayı sıcaklık oluşturur. Giriş sıcaklığının $110(1\text{ }^{\circ}\text{C})$ 'yi geçmesi durumunda reküperatörün ömrü azalmaktadır. Bu sıcaklıkta egzost gazları ve soğutucu akışkanın paralel akımlı tipinin daha az verimli biçimleri kullanılabilir ve bu yolla iç gövde yüzeyinde yeterli soğutma sağlanabilir. Buna ek olarak fırının yakma havası gereksinimi azalan yük nedeni ile düşecek olursa, sıcak atık gazlardan ısı transferi hızı, yakma havası için fazla gelir ve bunun sonucu hızlı yüzey bozulması oluşur. Bu yüzden, genellikle egzost gazlarının soğutulması için ara dış havası (by-pass) ile soğutulması gereklidir.

Metal reküperatörlerin sıcaklık sınırlandırmalarını yenmek için seramik borulu reküperatörler geliştirilmiştir. Bunların malzemeleri gaz tarafında $1540\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ve ön ısıtma havası için $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa kadar deneysel olarak dayanıklı bulunmuştur ve uygulamada ise $815\text{ }^{\circ}\text{C}$ düzeyinde sıcaklıklarda kullanılmaktadır. Önceki tasarımlarda seramik reküperatörler ateş tuğlasından, şamotla övülerek yapılırdı. Hala uygulanabilen bu tip reküperatörlerde ısı çalışmaları sonucu eklenti yerlerinden oluşan çatlaklar ve borularda bu nedenle çabuk bozulmalar oluşabilmektedir. Daha sonraki gelişmeler sonucu reküperatörlerde kısa silikon karpit borular kullanılmıştır. Bu borular aynalara esnek sızdırmadık elemanları ile bağlanabilmektedir. Bu yolla bakımları ve değiştirilmeleri de kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu tip bir tasarım Şekil 3,'te gösterilmektedir. Bu uygulamada çok düşük mertebede sızdırma olabilmektedir.

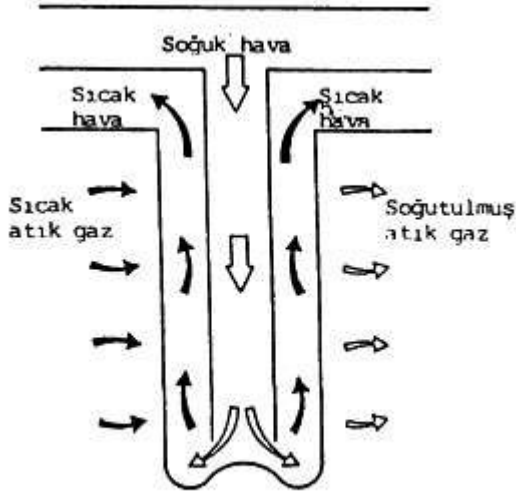


Şekil 3. Seramik reküperatörler

Önceki tasarımlarda yüzde 8 ile 60 mertebesinde sızdırmalar deneysel olarak gözlenmiştir. Yeni tasarımlarda, hava ön ısıtma sıcaklığı $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve daha yüksek değerlerde ve daha az sızdırma gözlenmiştir.

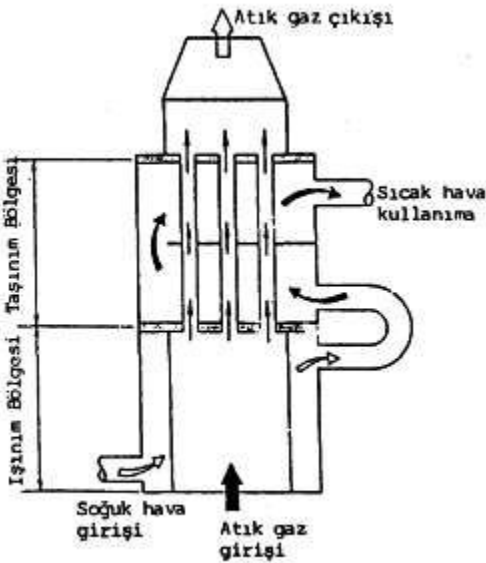
Taşınım reküperatörü için değişik bir tasarım Şekil 4.'te gösterilmiştir. Burada soğuk yakma havası, paralel dikey boru demeti içinden aşağı ve sonra yukarıya doğru akarak, dıştan akan egzost gazlarıyla ısıtılmaktadır. Bu

tasarımın üstünlüğü boruların değişiminin, fırın tanı kapasitede çalışırken bile kolayca yapılabilmesidir. Bu, reküperatör arızası nedeniyle sistemin devre dışı olması yüzünden olabilecek fırın zararlarını, uygunsuzluk ve maliyetleri en aza indirir.



Şekil 4. Dikey çift borulu reküperatörler

Isı transferi verimliliğini arttırmak için ışıınım ve taşınım tip reküperatörlerin birleşimi kullanılmıştır. Bunlarda taşınım bölümü her zaman yüksek sıcaklıklı ışıınım bölümünden sonra olacak biçimde tasarlanmıştır. Bu tip bir tasarım Şekil 5'te şematik olarak gösterilmektedir.



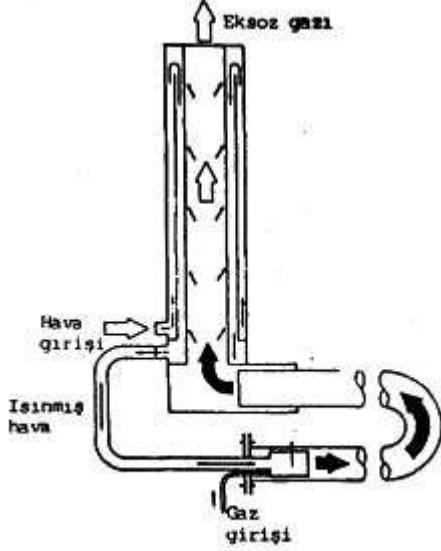
Şekil 5. Işıınım ve taşınım reküperatörü

Reküperatörlerin kullanımı endüstriyel fırınlarda yakıt tasarrufu oluşturmasına ve maliyetleri çok yüksek olmamasına rağmen, bu ünitenin satın alınması daha geniş maliyet oluşumlarını, birlikte kullanılacağı yardımcı ekipmanlar nedeniyle, birlikte getirir. Bir reküperatörün kullanımı ile gelen yakma havasının sıcaklığı yükselir ve bu yüksek sıcaklıklı yakıcıların satın alınmasını gerektirebilir. Kullanılan geniş hava kanalı hatları için, genişlemeye izin verecek esnek bağlantılar gerekir.

Yakıcıların soğutulması için soğuk hava hattı, değişken reküperatör ısıtması durumunda gerekli hava/yakıt oranını oluşturabilmede yanma kontrolünün yeniden düzenlenmesi, fanların bozulması durumunda veya güç kesintilerinde reküperatörü korumak için kontroller, baca, baca damperleri kullanımı, ilave basınç düşümlerinin yenilmesi için daha büyük fanlar reküperatör ve sistem için gereklidir. Reküperatörün aşırı sıcaklık yüzünden zarar görmesini engellemek birinci dereceden önem taşımaktadır, çünkü zarar görmüş bir reküperatörün onarım

maliyeti başlangıç maliyetinin yüzde 90'ı düzeyine ulaşabilmektedir. Ayrıca bu tür arızalı reküperatörlerin kullanılması durumunda yakıt giderleri de hemen yüzde 10-15 düzeyinde, verimin düşmesi nedeniyle, artacaktır.

Şekil 6. bir radyant borulu yakıcı ve ışınım reküperatörlü ısı geri kazanımlı sistemi göstermektedir. Böyle kısa bir baca ile içi içe boruların aralarından akan taze yakma havasının ısıtılması için yeterli ısı transfer verimleri elde edilir.



Şekil 6. Radyant borulu yakıcı ve ışınım reküperatörlü ısı geri kazanım sistemi

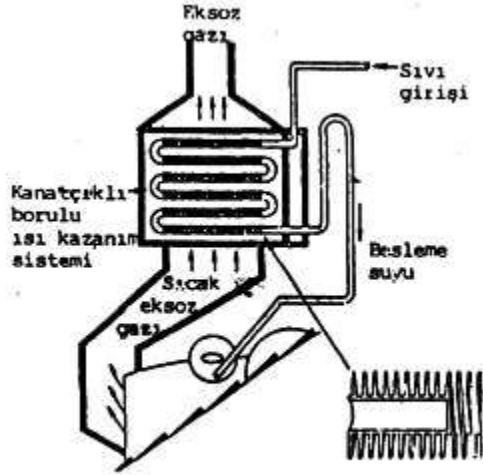
Reküperatörler orta ve yüksek sıcaklık bölgesinde eksoz gazlarından geri kazanımla diğer gazların (genelde yakma havası) ısıtılmasını sağlamada kullanılmaktadır. Bazı tipik uygulama alanları, ergitme fırınları, ışınım borulu yakıcılar, tekrar ısıtma fırınları, tavlama fırınları vb. dir.

4. GAZ-SIVI VE SIVI-SIVI ISI KAZANIM SİSTEMLERİ

Bazı ısı kazanım sistemlerinde atık ısı sıvının ısıtılmasında kullanılır. Bu sistemlerde gaz-sıvı ve sıvı-sıvı ısı değiştirgeci tipleri kullanılır.

4.1. Kanatçıklı borulu ısı değiştirgeçleri

Buhar kazanımlarının besleme suyunun ön ısıtılması, proseslerde gerekli sıvıların ısıtılması, hacim ısıtılmasında gerekli sıcak su, günlük tüketimde gereken sıcak suyun hazırlanmasında egzost gazlarındaki atık ısıdan yararlanmak mümkündür ve bu amaçla genellikle kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler kullanılır. Bu sistemde ısıtılan sıvı dairesel kesitli borulardan geçirilir. Isı transfer yüzeyini arttırmak için borulara kanatçıklar ilave edilmiştir.



Şekil 7. Kanatçıklı borulu gaz-sıvı rejenatörü (ekonomayzer)

Şekil 7'de egzost gazlarındaki atık ısıdan yararlanmak amacıyla tasarlanan kanatçıklı borulu ısı değiştirici görülmektedir. Uygulanan bu özel model ekonomayzer olarak da isimlendirilmektedir. Borular genellikle seri olarak bağlanırlar, ancak sıvı tarafındaki basınç kayıpları ise boru dizilerininin sayısı ve borular arası mesafeler ayarlanarak düzenlenir. Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler modüler boyutlarda hazır olarak bulunabileceği gibi standart elemanlardan kolaylıkla imal edilebilir. Isıtılan sıvının sıcaklık kontrolü kanala gaz tarafı için by-pass düzenlenmesi eklenerek sağlanır. Bu düzenleme ile ısı değiştirici üzerinden geçen sıcak gazların akış hızı değiştirilebilir. Kanatçık ve boru malzemesi sıcak egzost gazları ile sıvının aşındırıcı etkilerine dayanıklı olmalıdır. Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler orta ve düşük sıcaklıklarda egzost gazlarındaki atık ısıdan yararlanmaya uygun cihazlardır.

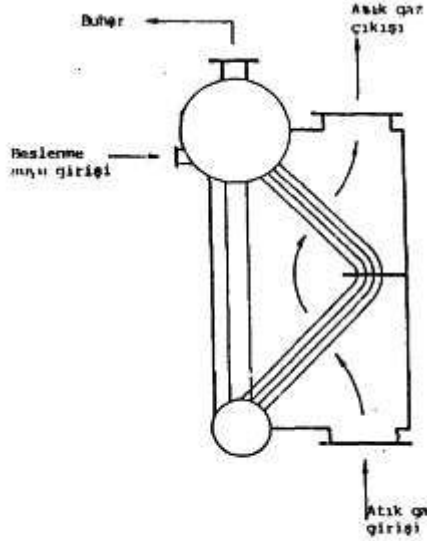
4.2. Gövde-boru tipi ısı değiştiriciler

Sıvı veya buhar ortamın taşıdığı atık ısıyı diğer bir sıvıya aktarmak için genellikle gövde-borulu ısı değiştiriciler kullanılır. Bu tip ısı değiştiricilerde gövde içinde boru demetleri yer alır. Kabuk tarafındaki akışkan geçiş alanını küçüktmek ve akışkanın borulara paralel akmasından çok borulara dik akmasını sağlamak amacıyla engeller yerleştirilir. Gövde tarafı borulara göre daha zayıf olduğundan yüksek basınçlı akışkan ise gövde tarafından geçirilir. Atık ısıyı taşıyan ortam buhar ise yoğunlaştırılarak taşıdığı ısı sıvıya aktarılır. Bu uygulamada buhar gövde tarafından geçirilir. Eğer bu uygulamanın tersine buharın yoğunlaşması küçük çaplı borular içinde gerçekleştirilirse akımda kararsızlıklara neden olunur. Gövde-boru ısı değiştirgeçleri standart malzemeler kullanılarak ihtiyaca göre değişik kapasitelerde (farklı geçiş sayılarında) tasarlanabilir.

Destilasyon proseslerinin kondensatı, çeşitli cihazların soğutkanlarının, proses buharının, hava iklimlendirme ve soğutma sistemleri kondensatlarının taşıdığı ısı ile sıvıların ısıtılması gövde-boru tipi ısı değiştiricilerin tipik uygulamalarıdır.

4.3. Atık ısı kazanları

Atık ısı kazanlarında mevcut borular içinde su bulunmakta ve gaz türbinlerinden gelen sıcak egzost gazları borular etrafından geçerken taşıdığı ısının bir kısmını borulardaki akışkana aktarmaktadır. Borulardaki su buharlaşarak buhar domunda toplanır. Buradan ısıtma veya proses buharı olarak çekilir. Şekil 8'de bu amaçla tasarlanmış bir sistemin şeması görülmektedir. Sıcak egzost gazları içi su dolu borular etrafından geçer ve dışarı atılır. Egzost gazları genellikle orta sıcaklık derecelerinde olduğundan ve sistemin daha az yer kaplaması gibi nedenlerle gaz tarafında borulara kanatçıklar eklenir. Bu yapı ile gaz tarafında etkin ısı transfer alanı ve ısı transfer hızı artırılmış olur. Şekil 8'de görülen sistemde sıcak gazlar borular üzerinden çift geçiş yapmakta ve üretilen buhar, domda toplanmaktadır. Buharın üretildiği basınç ve buhar üretim hızı, kazana giren sıcak gazların sıcaklığına, sıcak gazların akış hızına, kazanın verimine bağlıdır. Sıvının saf buhar basıncı, buharlaşmanın meydana geldiği sıcaklığın fonksiyonudur.

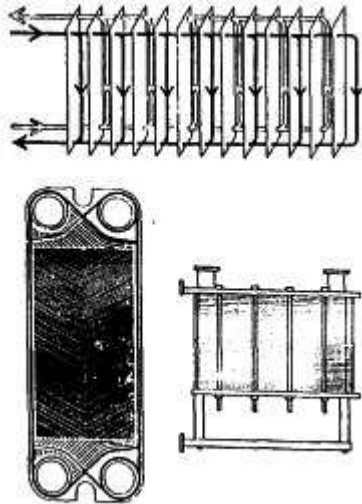


Şekil 8. Gaz türbinlerinden ısı kazanımı için atık ısı kazanının şematik görünüşü

Egzost gazındaki atık ısı, işlenilen miktarda proses buharının üretimi için yetersiz kalırsa sisteme ek bir enerji ünitesi eklenmelidir. Fırınlr, gaz türbinleri gibi cihazların egzost gazlarından enerji kazanımı atık ısı kazanlarının tipik uygulamalarıdır.

4.4. Plakalı ısı değiştirciler

Plakalı ısı değiştirciler, ısı transfer yüzeylerini kirlenme eğilimi olan akışkanların kullanılması durumunda tercih edilirler. Plakalı ısı değiştircilerin sökölüp tekrar montajı kolay olduğundan diğer borulu sistemlere göre temizlenmesi daha az zaman alıcı bir işlemdir.



Şekil 9. Plakalı ısı değiştirci

Plakalı ısı değiştirciler yapı olarak filtre presine benzeyen sabit ısı transfer cihazlarıdır. Birbirlerine civata veya benzeri bir sıkıştırma aracı ile birleştirilmiş plakalardan yapılmıştır. Plakalar arasında akışkanın geçmesi için bir boşluk vardır. Plaka yüzeyinde oluklar veya çukurlar oluşturularak plakalar arasındaki mesafeler eşit tutulur. Akışkanlardan biri plakanın bir ucundaki delikten boşluğa girer ve plaka yüzeyi ile temas ederek diğer uçtaki deliğe doğru akar. İkinci akışkan da plakadaki diğer iki delikten plakanın arka yüzündeki boşluğa akar. Bu şekilde ısı plaka yüzeyi boyunca sıcak akışkandan soğuk akışkana aktarılır.

Plakalar çalışma sırasında oluşacak basınçlara dayanacak mukavemette imal edilmelidir. Plaka yüzeyleri ısı transfer hızını arttırmak için oluklu veya çukur olarak imal edilir. Oluklu plakalar arasında türbölansı arttırmak

amacıyla delikli levhalar yerleştirilebilir. Plaka malzemesi paslanmaz elik, titanyum, hastelloy B ve C alaşımlarıdır. Titanyum deniz suyunun uygulandığı sistemler için uygun iken sülfürik asit içeren akışkanların kullanıldığı sistemlerde ise hastelloy alaşımları kullanılmalıdır. Plakalar arasında sızdırmazlığı sağlamak amacıyla kullanılan contalar nitril, etil propan, viton, silisyum gibi malzemelerden imal edilir. Nitrik contalar su ve sulu çözeltiler için uygun olup 140  C sıcaklığa kadar dayanırlar. 140  C'ın üzerindeki sıcaklıklarda buhar ve sulu çözeltiler kullanılması durumunda etil propan contalar tercih edilir. Plakalı ısı değiştiricilerin diğer klasik borulu ısı değiştiricilere göre avantaj ve dezavantajlarını řu şekilde sıralayabiliriz:

Avantajlar:

Temizleme ve kontrol için kolaylıkla sökülebilir.

Isı kayıpları azdır.

Kapladıkları hacim küçüktür.

Isı transfer katsayıları daha büyüktür.

Isı transferi uniform olarak gerçekleşir.

Mevcut sistemde ısı transfer yüzeyleri ihtiyaca göre plakaları yeniden düzenleyerek arttırılır veya azaltılabilir

Dezavantajları:

Bağlantılarda sızdırmazlık olarak kullanılan contalar nedeniyle 20 bar basınca kadar dayanıklıdır.

170  C zerindeki sıcaklıklarda sistemin kullanımı önerilmez.

Maliyet diğer sistemlere göre daha yüksektir.

Sistemin etkin hizmet süresi conta kullanılması nedeniyle diğer geleneksel ısı değiştirgelerine göre daha kısadır.

Tablo 1. Isı değiştiricilerin bazı özellikleri

Özellikler	Isı Tranfer Cihazı	Düşük sıcaklık Mutlak sıfır -120 °C	Orta sıcaklık 120°C -650°C	Yüksek sıcaklık 650°C-1100°C	Nem kazanımı	İzin verilebilir en çok sıcaklık farkı	Paket tip bulunabilirlik	Sökülüp takılma kolaylığı	Akışkanlıkların birbirleriyle karışması	Boyutsal uygunluk	Gaz -gazısı değiştirici	Gaz -sıvı ısı değiştirici	Sıvı-sıvı ısı değiştirici	Özel tasarımı ile aşındırıcı gazlara dayanım
İşinim Reküperatörü							1							
Taşınım Reküperatörü														
Metalik Isı Tekerı					2				3					
Nem Tutucu Isı Tek.									3					
Seramik Isı Tekereri														
Pasif Rejeneratör														
Kanatçıklı Borulu Isı Değiştirici														4
Gövde-Boru Tipi Isı Değiştirici														
Atık Isı kazanı														4

1. Sadece küçük kapasitelerde,
2. Tartışmalı konu, bazı uzmanlar nem geri kazanımını iddia etmektedir, ona bağlı olarak önerilmez.
3. Temizleme bölümünün eklenmesi ile karşılıklı karışma ile kirlenme kütlece yüzde 1'den az olacak şekilde sınırlanmıştır.
4. Aşınmaya dirençli malzemeden imal adilebilir, cihaza zarar verebilecek sızıntılara dikkat edilmelidir.
5. İzin verilecek sıcaklık farkı, içindeki akışkanın faz dengesi özelliklerine bağlıdır.

Tablo 2. Değişik tipte ısı değiştiricilerin birbiriyle karşılaştırılması

Isı Transferi Cihazı	Rejeneratör	Gövde-Boru Isı Değişimi	Plakalı Isı Değiştirici	İkinci Akışkanlı Isı Değiştirici	Isı Borusu
Karşılaştırma Özellikleri					
Basınç Kaybı N	Orta 3	Yüksek 2	Düşük 4	Düşük 4	Düşük 4
Isı Transfer Film kat. N	Yüksek 4	Yüksek 4	Orta 3	Düşük 2	Yüksek 4
Bakım güçlüğü N	Yüksek 2	Orta 3	Orta 3	Yüksek 2	Çok Düşük 5
Maliyet N	Yüksek 2	Orta 3	Yüksek 2	Yüksek 2	Orta 3
Yardımcı Güç gereksinimi	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
Akışkanların Karışarak Birbirini Kirlenmesi N	Evet 0	Hayır 5	Hayır 5	Hayır 5	Hayır 5
Birim hacim için transfer alanı N	Yüksek 4	Düşük 2	Çok yüksek 5	Orta 3	Yüksek 4

N: Karşılaştırma numaraları 0 ile 5 arasında verilmiştir. 5 en uygun niteliği, 0 ise uygun olmayan niteliği göstermektedir.

5. Isı pompaları

Daha önce tartışılan ısı transfer cihazlarında atık ısı sıcak akışkandan daha düşük sıcaklıktaki diğer akışkana aktarılmaktadır. Isı doğal olarak yüksek sıcaklıktaki bir sistemden düşük sıcaklıktaki diğer bir sisteme doğru hareket eder. Bu olay bilimsel olarak her biri termodinamiğin ikinci yasasının değişik yorumu olan birkaç şekilde açıklanabilir. Bu yorumların uygulamalı açıklaması enerjinin tekrar tekrar dönüştürülebilmesi ve sistemden sisteme transfer edilebilmesidir. Bu işlemler sonucu aktarılan enerji gitgide azalır. Nihayet transfer edilen enerjinin yoğunluğu yararlanabilecek düzeyin altına düşer. Endüstriyel işlemlerde genel olarak 120°C'ın altındaki sıcaklıklardaki akışkanların atık ısı kullanım için yetersiz düzeydedir. Yanma gazları da 120 °C (daha iyisi, güvenlik için 150°C) altına soğutulmamalıdır. Soğuma durumunda aşındırıcı sıvı buharların yoğunlaşma problemi ortaya çıkar. Ancak yakıt fiyatlarının yükselme eğilimi bu tür atık ısıların hacim ısıtılması ve diğer düşük sıcaklık uygulamaları için kullanımını ekonomik hale getirecektir. Isı pompası olarak bilinen termodinamik sistemleri kullanarak enerji akışının doğal yönünü tersine çevirmek mümkündür. Bu tür sistemler genleşme ünitesi, kompresör ve iki ısı değiştirgecinden oluşur.

5. SONUÇ

Genel çalışma prensipleri ayrı ayrı incelenen endüstriyel ısı değiştiricilerin önemli özelliklerinin karşılaştırılması Tablo 1. ve Tablo 2'de görülmektedir. Tablo 1.'de kabul edilebilir sıcaklık aralıkları, nem kazanım yeteneği, izin verilebilir en çok sıcaklık farkı, paket üniteler olarak bulunma özelliği uygun ısı transfer akışkanları, akışkanların birbirleriyle karışması, boyutsal uygunluk, sökülüp takılma kolaylıkları incelenmektedir.

Tablo 2.'de ise bazı hava-hava ısı kazanım sistemlerinin işletme karakteristikleri karşılaştırılmaktadır. Çizelgede farklı cihazların işletme karakteristikleri liste edilerek karşılaştırma numaraları verilmiştir. Karşılaştırma numaraları 0 ile 5 arasında değişmekte olup, büyük numaralar istenilen nitelikleri göstermektedir. Her türlü atık ısı gerisi kazanımına uygun bir sistemin seçimi veya tasarımı olanaklıdır. Mühendislik tasarımları bu geri kazanım ünitesini de içermelidir.

KAYNAKLAR

1. TÜRKİYE 5. Enerji Kongresi İstatistikleri, Ankara. 1990
2. Lawrence K., Mc Rae A., Alley S., Energy Conservation Sourcebook Aspen System Corporation, Rockville, Maryland, 1980.
3. Diamant R., Industrial Energy Efficiency, Part 4. Plate and Spiral Flow Heat Exchangers, The Heating and Air Conditioning Journal, November, 1982.
4. Diamant R., Industrial Energy Efficiency, Part 6, Thermal Wheels, The Heating and Air Conditioning Journal, January, 1983.

5. Gngr A., zbalta N., Değişik Isı Değiştirmeğleri ile Geri Kazanım Sistemleri, 6. Enerji Tasarrufu Semineri Tebliğleri, 1988.

6. Reay D.A., Industrial Energy Conservation, Pergamon Press, 1979.

7. 1992 Systems and Equipment Handbook (SI). ASHRAE Publication.