



bu bir MMO
yayımdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Isı Pompaları

Semra ÜLKÜ

İzmir Yüksek Tek. Ens.
Müh. Fak.

ISI POMPALARI

Semra ÜLKÜ

ÖZET

Isı Pompaları enerjinin düşük sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklık kuyusuna aktarıldığı düzenekler olup; prensip olarak uzun yıllardan beri bilinmektedir. Isıl enerjinin değişik şekillerinin kullanıldığı soğurmali ısı pompalarında verim birincil enerjiden itibaren tüm enerji dönüşümlerinin dikkate alınması halinde klasik sistemlerden yüksek olmaktadır.

Ayrıca bu tip sistemlerde enerji depolama imkanı bunlara kesikli olarak kullanılabilirliği olan enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde uygulama avantajı sağlamaktadır. Çeşitli adsorbentler ile yapılmış olan teorik ve deneysel çalışmalar adsorpsiyonlu ısı pompalarının özellikle güneş enerjisi, jeotermal enerji, atık ısının ve elektrik enerjisinin az kullanıldığı saatlerde depolanarak daha sonra kullanılmasına imkan sağlaması açısından önemini göstermiştir.

GİRİŞ

Gerek sanayide ve gerekse günlük yaşamda ısıtma ve soğutmanın önemi ve bu amaç ile sarfedilen enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki payının yüksekliği, araştırmaların enerji kullanımında verimliliğin artırılmasında ve güneş enerjisinden atık ısıya kadar geniş bir yelpaze içerisinde çeşitli kaynakların değerlendirilmesinde yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Son yıllarda ülkemizde de adını özellikle konut ısıtma amaçlı olarak sıkça duymaya başladığımız ısı pompası sistemlerinde dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu,... gibi bir ortam kış şartlarında düşük sıcaklık kaynağı olarak kullanılarak alınan ısı, ısıtılması hedeflenen hacime aktarılmakta; yaz şartlarında ise serinletilmesi hedeflenen hacimden alınan ısı bu sefer yüksek sıcaklık kuyusu olarak görev yapan dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu, vb.'ne transfer edilmektedir. Sıcaklık kaynağı veya kuyu olarak kullanılacak ortamın seçilmesi ise iklim şartları, coğrafik yerleşim, ilk yatırım maliyeti gibi pek çok faktöre bağlı olmaktadır.

Carnot, **Buharlı Güç Çevriminin** ters çalıştırılması ile ısının çevreden alınıp, yüksek sıcaklık bölgesine transfer edilebileceğini farketmiş; ancak, bu prensibe dayanan ısı pompalarının pratikte uygulanabilirliği fikri ilk defa William Thompson (daha sonra Lord Kelvin) tarafından ortaya atılmış (1852); belirgin bir şekilde uygulama alanına girmesi ise II. Dünya Savaşından sonra olmuştur [1].

Isı Pompaları kullanılan enerji şekline göre **elektrik enerjisi** ile tahrik edilen ısı pompaları (mekanik ısı pompaları) ve **termal enerji** ile tahrik edilen ısı pompaları olmak üzere iki ana grupta toplanabilmektedir. **Klasik buhar sıkıştırılmali ısı pompaları** ilk grup içinde yer almakta olup, birincil enerjinin (kömür, fuel oil ... kaynaklı enerji) elektrik enerjisine dönüşüm verimindeki düşüklük elektrik enerjisine dayalı ısı pompalarının toplam veriminde düşüğe ve kısıtlı kullanılmasına neden olmaktadır. Elektrik enerjisinin ucuz olduğu ülkelerde şehirlerin ısıtma ve serinletmesine yönelik merkezi sistemlerin uygulamasına karşılık (İsviçre, İsveç, gibi...) yakıt maliyetinin nisbeten düşük olduğu ülkelerde (İngiltere gibi) binaların ısıtılmasında kullanım oldukça kısıtlıdır [2]. Birincil enerjiden itibaren tüm enerji dönüşümlerinin irdelenmesi halinde; mekanik enerjiye dönüşümde verimin düşük olması nedeni ile, doğrudan doğruya ısı enerjisinden yararlanılan ısı pompaları, özellikle son yıllarda

üzerinde geniş çapta araştırma yapılan bir konu haline gelmiştir [4-12]. (Verim elektrikli buhar sıkıştırıcı ısı pompalarında %90-100, içten yanmalı motorla çalışan buhar sıkıştırıcı ısı pompalarında %150-180; absorpsiyonlu ısı pompalarında %130-150). Termal ısı pompaları arasında yer alan **adsorpsiyon ve absorpsiyonlu ısı pompaları** bu bağlamda daha avantajlı olmakla birlikte bu tipin çalışma maddesine dayalı farklı sorunları bulunmaktadır.

Günümüz koşullarında konvansiyonel duhar sıkıştırıcı sistemlerin kömür ve diğer yakıtlar ile yeterince rekabet edememesine bağlı kullanım kısıtlılığı ,performans katsayılarının artırılması ve atık ısı enerjisinin değerlendirilmesi ile giderilerek , ısı pompaları çok cazip olabilecektir. Diğer taraftan sanayi kuruluşlarında atık ısının değerlendirilme imkanı paralelinde sanayideki işletme maliyetinin düşürülme imkanı ısı pompalarının cazibesini daha da arttırmaktadır.

ANA HATLARI İLE ISI POMPALARI

Termodinamik açıdan temelde soğutucu ve ısı pompası arasında temel bir fark bulunmamakta; sistem ilgi alanının yüksek sıcaklık bölgesi olması halinde "ısı pompası"; düşük sıcaklık bölgesi olması halinde "soğutucu" olarak isimlendirilmektedir. Isıtıcı ve serinletici işlevlerinin her ikisinin birden değerlendirilmesi ise olayın ekonomikliği açısından önem taşımaktadır. Termodinamiğin II. Yasası, ısının düşük sıcaklık seviyesinden yüksek sıcaklık seviyesine transferi için yardımcı bir enerji kaynağının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu enerji ihtiyacı mekanik veya elektrik enerjisi şeklinde karşılanabileceği gibi; ısı enerjisi şeklinde de karşılanabilmektedir (termal ısı pompaları).

Buhar Sıkıştırıcı ısı Pompaları

Klasik buhar sıkıştırıcı sistemlerinde enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Ancak elektrik motorlarında verimin oldukça yüksek olmasına karşılık (%75-95) elektrik enerjisi eldesinde verimin düşük (%30 civarında) oluşu birincil enerjinin ancak %25 kadarının ısı pompasında değerlendirilebilmesine imkan vermektedir. Performans katsayısının (COP) 3 un altında olduğu durumda ,birincil enerji kaynağı yakıtın elektrik enerjisine dönüşüm veriminin (%25-30) dikkate alınması halinde, birincil enerji oranı (PER: üretilen faydalı ısı / yakıt enerjisi) 1 in altına düşecektir. Isı pompası kompresoru çalıştırılmasında elektrik motorlarına alternatif yöntem klasik içten yanmalı motorlar olmaktadır; ancak bunlarda da shaft gücü ortalama üretim verimi %20-30 olup; bu değer elektrik motorundaki nihai verim değeri ile benzerlik göstermektedir. Atık ısı enerjisinin değerlendirilebilme imkanı diesel, LPG ve doğal gaz ile çalışabilen motorlara avantaj sağlamaktadır. Isının geri kazanıldığı ısı makinalarının kullanımı bu tip ısı pompalarının ekonomikliğini arttıracaktır.

Buhar sıkıştırıcı ısı pompası, ana hatları ile evaporatör, kompresör, kondanser, genişleme valfi veya kapılar borudan oluşmaktadır. Uygulamada bunlara ilave olarak akümülatör, toplayıcı kontrol elemanları gibi diğer elemanlar bulunmaktadır. Ayrıca kombine çevrimler dikkat çekmekte olup ,güç çevrimi ve ısı pompası çevriminin aynı kondenseri paylaştığı tek akışkanlı sistem ve iki çevrimin gücün iletildiği shaft irtibatı dışında bağlantısının olmadığı ikili akışkan sistemleri bunların iki temel tipidir.

Isı pompasının performans katsayısı (veya etkinliği) elde edilenin (ısıtma durumunda Q_y , serinletme durumunda Q_c) bunu elde etmek için ödenene (W) oranıdır, yani

$$COP_{ısıtma} = \frac{Q_y}{W} = \frac{Q_y}{Q_y - Q_c}$$

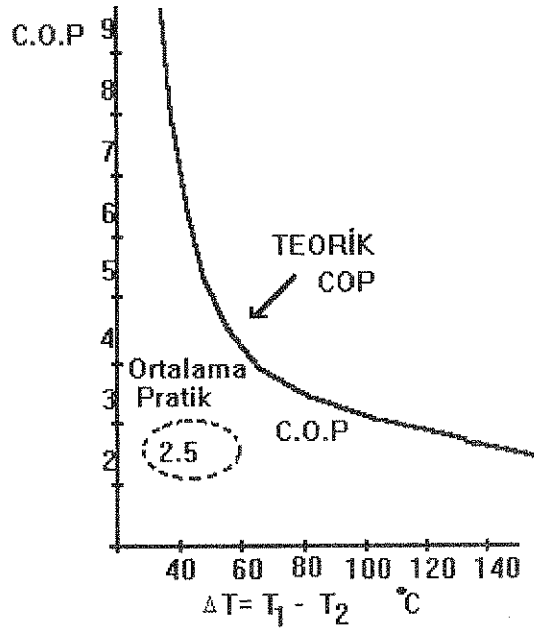
$$COP_{serinletme} = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_y - Q_c}$$

$$COP_{ısıtma} = COP_{serinletme} + 1$$

Kompresör veriminin (n_m = isentropik verim ve n_m = mekanik verim) dikkate alınması halinde verim:

$$COP_{ısıtıcı} = \frac{Q_y}{W} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_b} \cdot n_s \cdot n_m$$

olmaktadır. Şekil 1'de performans katsayısının evaporatör ve kondenser sıcaklıklarının farkı ile değişimi verilmiştir.



Şekil 1. Performans katsayısının değişimi

Soğurmalı Isı Pompaları

Bu gurubun altında konvansiyonel **absorbsiyonlu sistemler (sıvı çözeltisi-buhar)** ve **adsorpsiyonlu sistemler (katı-buhar)** yer almaktadır; absorpsiyonlu sistemler sıvı soğurmasına, adsorpsiyonlu sistemler ise katı soğurmasına dayanmaktadır. Klora flora karbonların kullanıldığı klasik buhar sıkıştırımlı ısı pompası sistemleri:

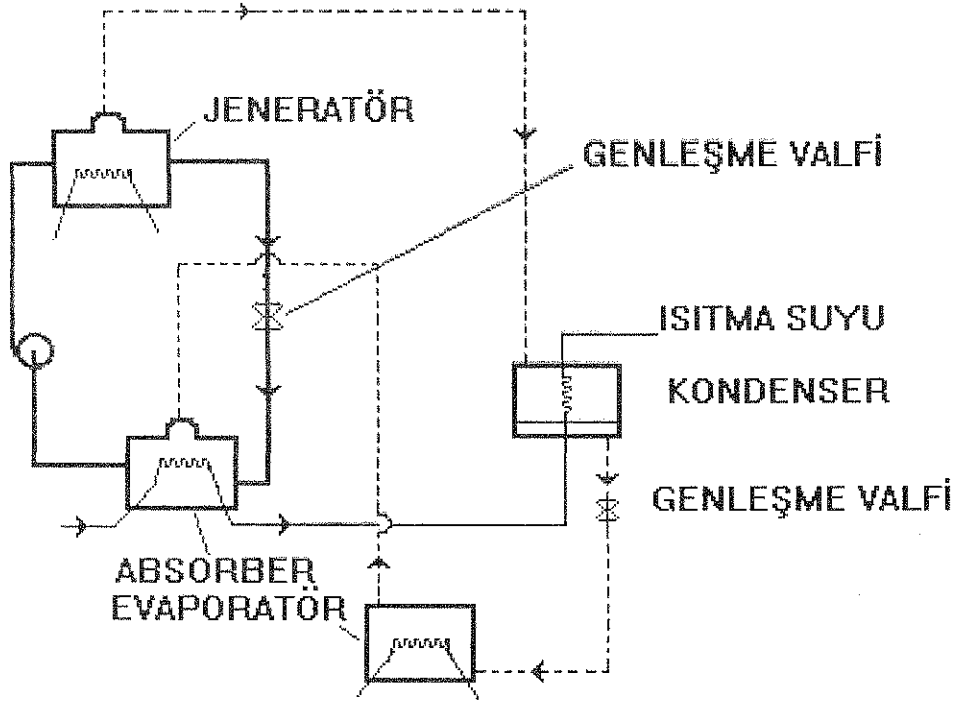
- yüksek değerli enerjiye ihtiyaç duymaları,
 - kompresör gibi hareketli cihazları yapılarında bulundurmaları
 - ozon tabakasında incelmede ve sera etkisinde etkili olmaları
- nedeni ile son yıllarda sorgulanmaya başlanmışlar ve katı -sıvı **soğurmalı sistemler** üzerinde araştırmalar yoğunlaşmıştır. **Soğurmalı ısı pompalarının** konvansiyonel buhar sıkıştırımlı ısı pompalarına göre avantajı sistemde bakım gereksinimini arttıran gürültü ve titreşim yapan kompresör, pompa gibi hareketli mekanik cihazların azlığı veya bulunmayışı ve çevre koşullarına olumsuz etkinin azlığıdır. Adsorpsiyonlu ısı pompalarında küçük bir sirkülasyon pompası hariç başka hareketli bir cihaz yer almamakta, basit adsorpsiyonlu sistemde ise bu pompaya da gerek duyulmamaktadır. Gerekli **enerjinin** atık ısı, güneş enerjisi, jeotermal enerji şeklinde veya elektrik enerjisinin az kullanıldığı zamanlarda rejenarasyon sırasında **depolanması imkanı** bu sistemlerin cazibesini büyük ölçüde arttırmaktadır.

Soğurmalı sistemlerde buharlaşan bir madde (sorbate)ve bunu soğurabilen bir maddeye gereksinim duyulmaktadır. Literatürde çeşitli sorbent sorbate çiftleri önerilmiş ve incelenmiştir. Bunlar arasında en önemlileri:

- *Kati -Buhar Adsorpsiyonlu Isı Pompası(KBADIP):Zeolit/Su.,Aktifkarbon/Metanol, Aktif Karbon/Amonyak
- *Sıvı -Buhar Absorpsiyonlu Isı Pompası (SBABIP) LiBr/Su ,Amonyak/Su
- *Kati-Buhar Kimyasal Isı Pompası(KIP) Klorurler/Amonyak ,Metal hidriler/Hidrojen

Bu sistemlerin analizinde LogP-1/T diyagramı büyük ölçüde yardımcı olmaktadır.

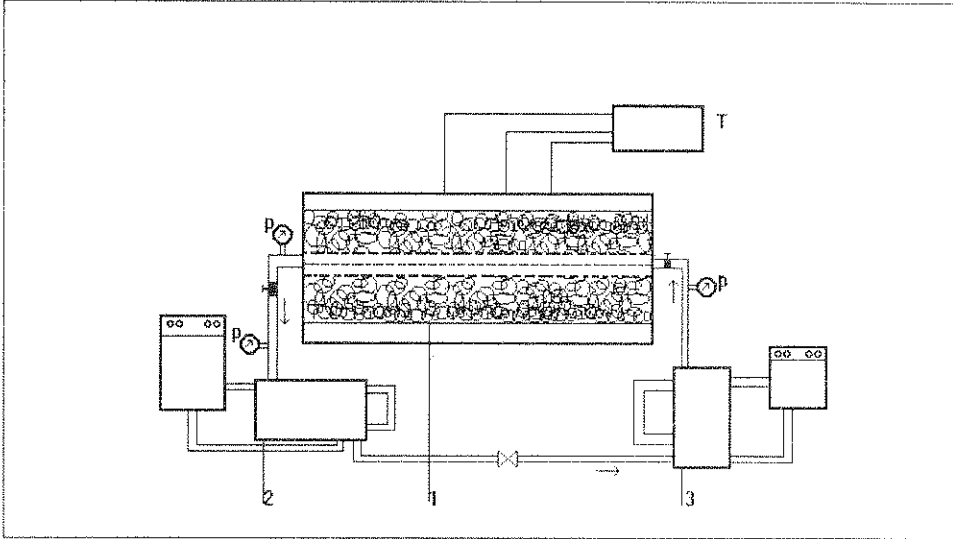
Absorpsiyon teknolojisi 200 yıldan daha uzun bir süredir bilinmektedir ;ilk defa 1777' de su- sulfuruk asit ile geliştirilmiş;90 yıl kadar sonra ise Su-Amonyak esaslı sistem yapılmıştır. Bu sistemler soğutucu olarak yaygın bir şekilde kullanılmış; ancak ısıtıcı olarak değerlendirilmesi yaygınlaşmamıştır; günümüzde avantajları nedeni ile bu sistemlere olan ilgi artmıştır. Şekil 2'de **absorpsiyonlu sistem** temel hatları ile görülmektedir. Amonyak-su gibi bir sıvı karışımı yüksek basınç ve sıcaklıkta jeneratörde ısıtılmakta, uçucu bileşence zengin olan buhar; kondanserde yoğunlaştırılmaktadır. Genleşme ventilinde genişletirilen sıvı evaporatörde düşük sıcaklık ve basınçta buharlaşmakta; absorberde jeneratörden gelen zayıf uçucu madde çözeltisi içinde absorplanmaktadır. Elde edilen kuvvetli çözelti ise jeneratöre geri pompalanmakta ve çevrim tamamlanmaktadır. Jeneratör ve absorber arasında (zayıf çözelti ile kuvvetli çözeltiyi ısıtma) ve evaporatör-kondenser arasında (sıcak kondensat ile soğuk buharı ısıtma) konulacak ısı değiştirgeçleri yardımı ile ayrıca enerji ekonomisi sağlanabilmektedir.



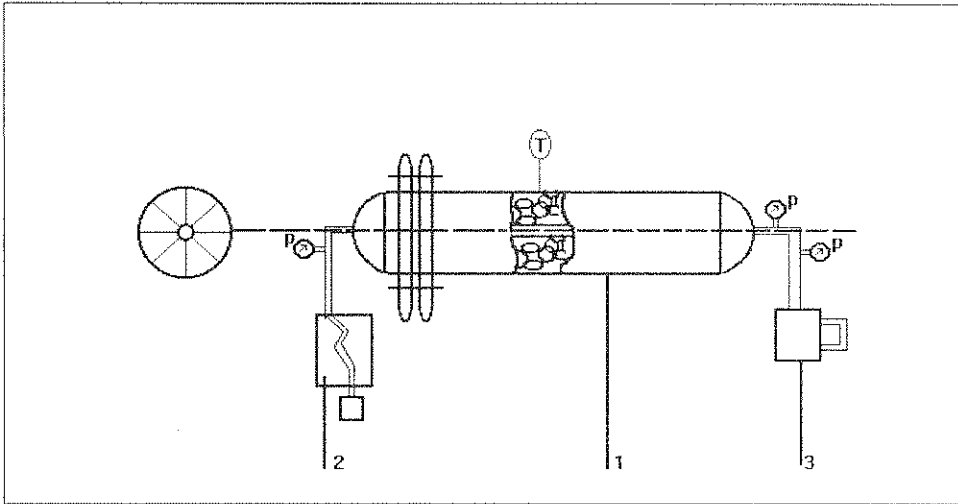
Şekil 2. Absorpsiyonlu ısı pompası

Absorpsiyonlu sistemler ise statik sistemler olup, soğurgen madde hareketsizdir.Ana hatları ile sistem; adsorbent yatak, kondenser, evaporatör ve genleşme ventilinden oluşmaktadır. Kompleks bir tasarıma gidilmedikçe kesikli çalışmakta ve pompaya ihtiyaç duyulmamaktadır.Çevrimin **adsorpsiyon döneminde** çalışma akışkanı (adsorptiv) çevresinden ısı çekerek evaporatörde buharlaşmakta daha önce rejenere edilmiş olan adsorbent tarafından tutulurken **adsorpsiyon ısını** çevreye vermektedir.**Rejenerasyon döneminde** ise yatağın ısıtılması ile çalışma akışkanı adsorbent yatağı terketmekte (desorpsiyon), kondenserde yoğunlaşırken çevreye ısı vermektedir. Çalışma akışkanı absorber/rejenarator ve evaporator/ kondenser arasında işletme dönemine göre basınç farkı itici gücüne dayalı olarak hareket etmektedir[8-12]. Adsorpsiyonlu ısı pompası çevrimleri ilk defa Faraday tarafından tanımlanmış (1848); ticari amaçlı soğutucu (veya ısı pompası) teşebbüsü 1920'de

başlamıştır. Ülkü ve grubu tarafından Silica gel /su ve doğal zeolit/su çiftlerinin kullanıldığı teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışılan sistemlerden ikisine ait şematik diagramlar ve temsili çevirimler Şekil (3) ve (4) 'te verilmiş olup ;teorik ve deneysel sonuçlar Tablo (1) da özetlenmiştir. Ln P 1/T d,iagramında verilen sistemin (Şekil 5) çalışma esasları ise literatürde detaylı olarak anlatılmıştır [8-12].



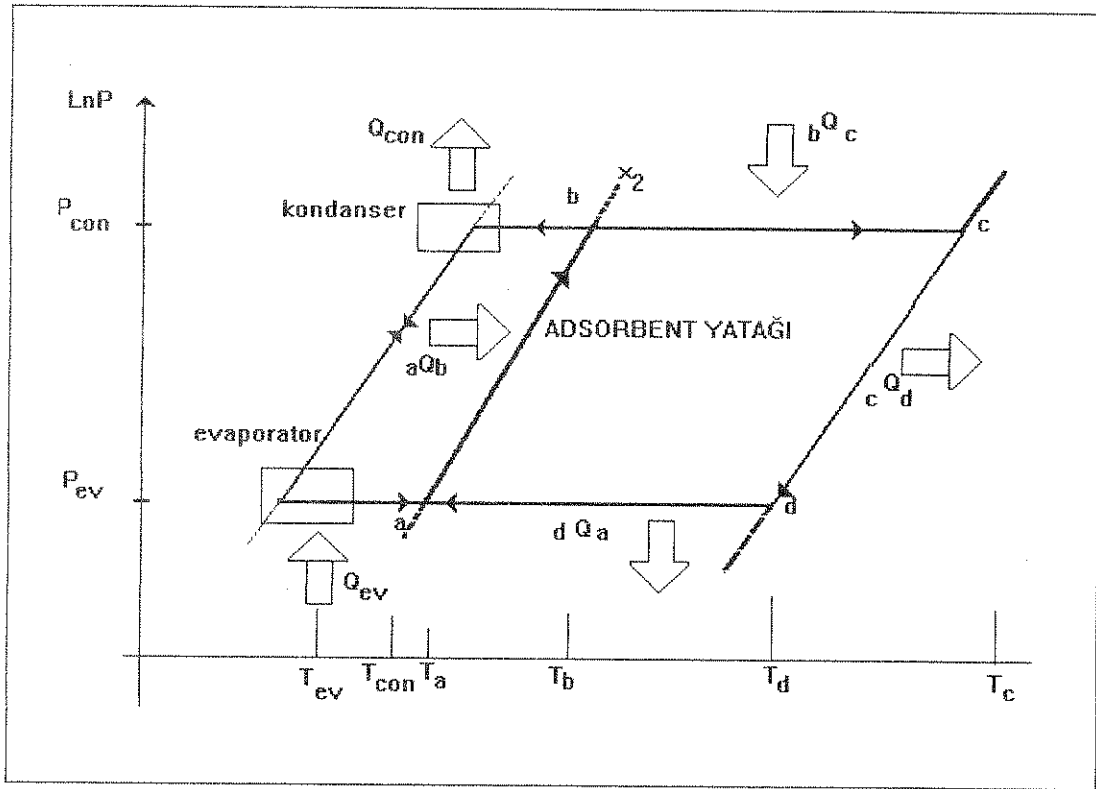
Şekil 3. A sisteminin şematik görünümü. 1-Adsorbent Yatağı, 2- Kondenser 3-Evaporatör



Şekil 4. B sisteminin şematik görünümü. 1-Adsorbent Yatağı, 2- Kondenser 3-Evaporatör

Tablo1. Şekil 4'te Verilen Sistemlere Ait Teorik ve Deneysel Bulgular

	Clinoptilolite(0.700 kg)-su		Silicagel(0.640 kg)-su	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
X(kg/kg Ads)	0.112	0.085	0.20	0.015
aQ_b (Kj)	23	19	44	51
bQ_c (Kj)	446	423	367	320
cQ_d (Kj)	23	80	31	40
dQ_a (Kj)	437	377	360	309
Q_{ev} (Kj)	196	148	284	234
Q_{con} (Kj)	191	147	291	234
COP_r	0.417	0.322	0.690	0.631
COP_h	1.389	1.361	1.657	1.573

**Şekil 5. Adsorpsiyon ısı pompası çevrimi**

Kimyasal Isı Pompaları

Sorbat ın sorbent ile kimyasal reaksiyona girdiği sistemler **kimyasal ısı pompası** olarak bilinmektedir. Katı ve gaz arasındaki tersinir kimyasal dönüşüm esasına dayanan bu sistemlerin temelini kondanser ve evaporatorle irtibatlı katı/gaz reaktoru teşkil etmektedir. Kondanser ve evaporatorde sıvılaştırılmış olarak bulunan gaz reaktördeki tuz ile reaksiyona girmekte ve reaksiyonun yönüne göre ısı almakta veya vermektedir.

Kimyasal ısı pompaları ve adsorpsiyonlu ısı pompalarının çalışma prensipleri temelde çok benzerdir. Gerek adsorpsiyonlu ısı pompasında ve gerekse kimyasal ısı pompasında basıncın düşük olduğu dönemde, katı yatak(adsorbent/tuz) evaporator ile irtibatlandırılmış olup, çevreden ısı çekerek buharlaşan akışkan yatakta tutulurken çevreye ısı verilmektedir. Basıncın yüksek olduğu

dönemde ise katı yatak kondenser ile irtibatlıdır. Buharın desorpsiyonu için ise yatağın ısıtılması gerekmektedir; desorbe olan buhar ise kondenserde yoğunlaşacaktır. Yatağın ısıtılması ve soğutulması ile yatak basıncı istenilen şekilde kontrol edilebilmektedir.

Son yıllarda buzdolabı şeklinde dış piyasada yer aldığı görülen sistemin ısıtma amacı ile imalatı çok kısıtlıdır; konu ile ilişkili çeşitli araştırmalar sürdürülmektedir [5-12].

Isı Pompalarında Çalışan Madde

Isı pompasında çalışan akışkan, evaporatorde buharlaşarak düşük sıcaklık kaynağından ısıyı almakta; kondenserde yoğunlaşması ile ise ısıyı yüksek sıcaklık kuyusuna aktarmaktadır, yani sistem içindeki hareketi ile ısının düşük sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklık kuyusuna aktarımını sağlamaktadır. Çevrim şartlarına uygun olacak ve ısı pompasının emniyetli ve ekonomik çalışmasını sağlayacak şekilde titizlikle seçilmelidir.

Buhar sıkıştırmalı ısı pompalarında kullanılacak akışkanın özellikleri genelde ideal soğutucu akışkanlar için aranan özellikler olup, bunlar:

- Kolay bulunur ve ucuz olması,
- Sistem şartlarında inert ve dayanıklı olması
- Zehirli olmaması,
- Patlayıcı, parlayıcı korozif olmaması,
- Kötü kokulu olmaması,
- Kaçak durumunda tayin edilebilmesi
- Termodinamik açıdan uygun olması
-vb.....

Şeklinde özetlenebilir.

Kondenser (T_c) ve evaporatör (T_e) sıcaklıkları arasında çalışan sistem akışkanı için termodinamik uygunluk ise:

- Kritik sıcaklığın T_c den önemli ölçüde yüksek olması,
- Normal kaynama noktasının T_c den önemli ölçüde düşük olması,
- Sistemde elde edilecek performans katsayısı, (COP) un yüksek olması; özgül ısının düşük buharlaşma gizli ısısının yüksek olması,
- Gerekecek kompresör maliyetinin düşük olması; düşük sıkıştırma oranı,....vb....

şeklinde dir. **Buhar sıkıştırmalı ısı pompalarında**; günümüzde uygulamada kullanılmakta olan akışkanları Freon grubuna ait soğutucu akışkanlar teşkil etmektedir (R_{12} , R_{11} , R_{21} , R_{22} , R_{113}). Atkinson kondenser sıcaklığının $30-70^\circ\text{C}$, evaporator sıcaklığının $-15-+10^\circ\text{C}$ aralığında akışkanların kullanım önceliğini R_{11} , R_{12} , R_{22} , R_{114} , R_{502} şeklinde sıralamıştır [13]. Ancak Ozon tabakasındaki inceltme insanlığı önlemler almaya zorlamış ve ozon tabakası probleminde en önemli etken olan Kloroflorokarbonların yerlerini alacak alternatif maddeler üzerinde araştırmalar yoğunlaşmış ve bu durum 1987 Montreal protokolu ile de zorunluk kazanmıştır.

Bir taraftan klasik buhar sıkıştırmalı sistemlere yönelik akışkanlar araştırılırken diğer taraftan adsorpsiyonlu sistemler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. R_{134a} nın R_{12} yerini dolduracağı düşünüldükten R_{502} yerine kısmen HCFC içeren R_{402B} , R_{403B} , R_{408A} kısa dönem için önerilmekte uzun dönemde de HCFC içermeyen R_{404A} , R_{407A} , R_{410A} in kullanılması beklenilmektedir [14]. Ayrıca yüksek sıcaklıkta işletme şartlarına uygun olacak ve sistem verimini olumlu yönde etkileyecek akışkanların ve akışkan karışımlarının geliştirilmesi ile ilişkili olarak çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir.

Absorpsiyonlu sistemlerde ise kullanılacak çiftte, zehirli olmama, ısı ve kimyasal kararlılık, korozif olmama, düşük viskozite, yüksek ısı iletkenlik, kolay bulunma ve düşük fiyat gibi vasıfların aranmasının beraberinde Solut (çözünenin):

- Kaynama noktasının düşük
- Buharlaştırma gizli ısısının yüksek olması
Solvent (çözünçünün) ise,
- Kaynama noktasının yüksek
- Kristalleşme noktasının düşük
olması. Solut-Solvent karışımının ise birbiri içinde iyi çözünmesine ilaveten,
- Solutun solvent içinde çözünme hızının yüksek olması
- Solutun solvent içinde birim-hacim başına çözünme ısısının yüksek olması
- Solut ve solventin kaynama noktaları arasında farkın fazla olması ve jenaratörde ayrılmaların kolay olması,

arzu edilen özellikler olarak sayılmaktadır. Adsorpsiyonlu sistemlerde uygulamada; genellikle $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$ çiftleri kullanılmaktadır. Ancak her iki çiftin de dezavantajları bulunmaktadır. $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ çifti yüksek basınçlarda çalışmakta olup, zehirli ve koroziftir. Su /lityum bromür en sık rastlanılan çalışma akışkanı olmasına karşın, suyun donma problemi nedeni ile bu çiftin 273,15 K altında kullanılmayacağı açıktır. Soğurmalı sistemlerde kullanılacak akışkan çifti ile ilişkili olarak son yıllarda yoğun araştırmalar sürdürülmektedir. İstikbal vaadeden çeşitli çiftler belirlenmiş olup, üzerlerinde yoğun bir şekilde araştırmalar sürdürülmektedir. Suyun yerini alkollerin alması yönünde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır[15].

Adsorpsiyonlu sistemlerde ise adsorbate adsorbent çiftinine ait özgül ısı, ısı iletim katsayısı, yoğunluk gibi özelliklere ilaveten çiftin adsorpsiyon özellikleri özel önem taşımaktadır.

Çiftin birbirine olan ilişkisinin yeterince kuvvetli olması gerekmektedir. İlişkinin kuvvetli olması gerekliliği makro ve mezo gözenekli katıların kullanımına kısıtlama getirirken, çok kuvvetli ilişkinin olduğu çiftler de rejenerasyon gücü nedeniyle tercih edilmemektedir. Bu sistemlerin temel problemi adsorbent maddenin ısı iletim katsayısının düşüklüğü olup, adsorbate in kütle difuzivitesini düşürmeden ısı iletim katsayısının yüksek olduğu adsorbent maddelerin geliştirilmesi üzerinde çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir ..

Ayrıca çiftlerin buhar basıncının seviyesi kullanım açısından önem taşımaktadır. Atmosfer basıncı altındaki şartlar kaçak nedeni ile performans kaybına ve faydalı ömürde düşmeğe yol açarken; aşırı basınç yüksekliği malzeme ve üretim tekniği itibarı ile maliyet artışına neden olmaktadır. Ayrıca adsorpsiyon sistemlerinde absorber ve jenaratör arasındaki basınç farkı debi ile bir arada devridaim pompası gücünü tayin ettiğinden fark fazlalığı işletme maliyetini etkileyecek bir faktör olacaktır.

SONUÇ

Isı pompalarının birincil enerji kaynaklarının kullanımında tasarruf sağlayacağı belirgin olmasına rağmen, bu sistemlerin kullanıcıya cazip hale gelmesi ısı enerjisinin eldesinde maliyetinin düşük olmasını gerektirmektedir. Bu da ilk yatırım maliyetinin mümkün mertebe düşük, sistem veriminin (COP) mümkün mertebe yüksek olmasını gerektirmektedir. Kömür, petrol, doğal gaz, odun, artık ısı, güneş, jeotermal kaynak, fazla elektrik gibi herhangi bir enerji kaynağından yararlanılabilen ısı kaynaklı soğurmalı ısı pompası sistemleri, birincil enerjiye dayalı daha yüksek verim elde edilebilmesi ve enerji depolanabilmesi imkanı nedeniyle cazip olmaktadır. Ancak bu sistemlerde en önemli dar boğazı ısı iletim katsayısının yüksek kütle difuzivitesinin yüksek olduğu adsorbent/adsorbat çiftinin geliştirilmesi teşkil etmektedir. Diğer taraftan aynı sistemin ısıtıcı ve serinletici olarak değerlendirilmesi ekonomikliğini arttıracaktır. Buhar sıkıştırılmalı ısı pompasının enerji maaliyeti ısıtıcı olarak kullanılması halinde diğer yöntemler ile literatürde kıyaslanmıştır[18]. Ülkemiz günümüz koşullarında ısı pompasının kömürle rekabet etmesi gerekmektedir; ancak enerji kaynaklarının tükenmesi, çevre faktörleri, rahatlık gibi etkenlerin de unutulmaması gerekmektedir. Serinletici olarak değerlendirme imkanı da, sistemin toplan verimini etkileyecektir. Ayrıca, kömür kazanlı sistemlerle birarada düşünülerek atık enerjiden yararlanılması halinde performans katsayısı artış gösterecek ve ısı pompaları diğer sistemlerden büyük ölçüde

avantajlı olabilecektir. Diğer taraftan elektrik enerjisi yerine direkt olarak ısı enerjisinin kullanıldığı sorpsiyonlu sistemlerden yararlanılması ise istikbalde ısı pompalarını çok cazip bir hale getirebilecektir.

REFERANSLAR

- [1] Summer A.J., Domestic Heat Pumps, Prism Press, Unwin Brothers Ltd., Surrey 1976
- [2] Ambrose E.R., Heat Pumps and Electric Heating, Jhon Wiley&Sons, New York 196.
- [3] The Large Scale Application of Heat Pumps, Proceed 2nd BHRA International Symp., York. Edited by, Watts G.A., Stanbury, J.E.A., 1984
- [4] NATO ASI Heat Pump Fundamentals, Edited by, J. Berghmans, Martinus Nijhof. Pub. London 1983
- [5] Directly Fired Heat Pumps, Proceed of the International Conf., Bristol Editors: Fitt, P.W., Mosses R.T., 1984
- [6] Meunier F., Mischler B., Guillominot J.J., Simonot M.h., On the Use of Zeolites 13X- H₂O Intermittent Cycle for the application to Solar Climatization of Buildings, In: Sun II, Proc.Ont.Cong. of the Int.Sol.Eng. Soc. (Atlanta 1979), p.619. Ed., K. Böer.
- [7] Aefeld G., Bauer H.C., Maier-Laxhuber P., and Rothmeyer M., A Zeolite Heat Pump, Heat Transformer and Heat Accumulator, In: Int.Conf. on Energy Storage Brighton, U.K., BHRA, 1981
- [8] D.I.Tcherney, Use of Zeolites Solar Cooling, In: Proc. 5th Inter. Conf. on Zeolites, Italy, 1980
- [9] Ülkü S., Adsorption Heat Pumps, J. Heat Recovery Systems, 6:4, 277-284, 1986.
- [10] Ülkü S., "Solar Adsorption Heat Pumps", Solar Energy Utilization Fundamentals and Applications, Martinus Nijhoff Pub. 129,424-434, Netherlands, 1987.
- [11] Ülkü S., Mobedi M., Inan C., Adsorpsiyonlu Isı Pompaları, 6, 989-418, Ankara 1987.
- [12] Ülkü S., Mobedi M., "Adsorption in Energy Storage", Energy Storage 167, 487-507 Kluwer Academic Pub., 1989.
- [13] Ülkü S., Mobedi M., "Zeolites in Heat Recovery", Studies in Surf-Science and Catalysis,
- [14] Vol.49, Zeolites: Facts Figures Future, 511-518, Elsevier Science Pub., 1989.
- [15] Proceeding of the symposium Solid Sorption Refrigeration, Paris, 1992
- [16] Atkinson G.S., Buik T.R., Calaghan P.W., Probert S.D., "The Choice of Working Fluid for Rankine/Rankine Cycles", Directly Fried Heat Pumps ,Proceeding ,8(Fitt P.W., Moseses R.T) Bristol 1984
- [17] Iyoki S., Tanaka K., Uemura T., Int.J.Refriger., 17, 3, 180, 1994
- [18] Cheung K., Hwang Y., Judge J.F., Kolos K., Singh A., Radermacher R., INT.J.Refriger. 19, 7, 473, 1996
- [19] Meunier F., Kaushik S.C., Neveu p. Poyellef. INT.j.Refriger. 19, 6, 414, 1996
- [20] Aprea C., Mastrullo R., Rossi F. Int. J. Refriger. 19, 4, 257, 1996
- [21] Ulku S., Gurses A.Ç., Toksoy M., 'Eneji Tasarrufu ve Isı Pompaları', Enerji Tasarrufu Semineri, 1987, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

1947 Doğumludur. ODTÜ Kimya Mühendisliğinden 1969 yılında mezun olmuş , Isı Transferi alanındaki çalışmaları ile aynı üniversitede Yüksek Mühendis (1971) ve Doktor ünvanları almıştır (1975). AZOT işletmelerinde çalışmasını takiben EGE ve Dokuz Eylül Üniversiteleri Makina Ve Kimya Mühendislikleri Bölümlerinde Doçent ve Profesör olarak çalışmıştır. Enerji Depolama, Isı Pompaları, Isı transferi alanında çeşitli çalışmaları mevcuttur. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Dekanıdır. AIChE, Adsorption Society, Zeolite Association, Energy Society, ASEE üyesidir..