

Yerçekimi Destekli Bakır-Su Isı Borusu İçin Deneysel Bir Çalışma

Ahmet ÖZSOY*
Mustafa ACAR**

Özet

Isı borulu ısı geri kazanım sistemleri, iş akışkanı olarak uygun soğutucu akışkanların kullanılmasıyla iklimlendirme uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Bu çalışmada, ısı geri kazanımı amacıyla imal edilmiş olan bir ısı borusu deneysel olarak çalışılmıştır. Isı borusunda malzeme olarak bakır boru ve iş akışkanı olarak da saf su kullanılmıştır. Isı borusunun buharlaştırıcı kısmına elektrikle ısı enerjisi verilip, yoğunlaştırıcı tarafından su ile çekilmiştir. Isı borusu üzerindeki çeşitli noktaların sıcaklıkları ile iç ortam sıcaklığı ısı çiftleriyle bilgisayar yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca su debisi ve giriş sıcaklığı ile iç ortam basıncı da ölçülmüştür. Deneyler 0–90o aralığındaki çeşitli eğim açılarında yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarla ısı borusunun çeşitli çalışma koşullarındaki davranışı incelenerek, kondenserden transfer edilen ısı miktarı ve toplam ısı transferi katsayısı deneysel verilere dayanarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeleri borusu, termosifon.

1. GİRİŞ

Isı borusu; iki fazlı, kapalı, yüksek ısı iletibilme özelliğine sahip bir ısı transfer cihazıdır. Klasik olarak dairesel şekilde (boru tipi) yapılabileceği gibi, düzlemsel veya çok daha değişik şekillerde yapılabilir. Isı borusu esas olarak içerisinde bir miktar çalışma sıvısı bulunan, havasıya alınmış kapalı bir haznedir. Hazne cidarına, çalışma sıvısının akışını düzenlemek amacıyla uygun bir fitil yerleştirilir. Çalışma sırasında buharlaştırıcı (evaporatör) bölgesinde ki ısı, çalışma sıvısının bir kısmını buharlaştırır ve kısa zamanda haznenin içi saf buharla doymuş hale gelir. Sistemden ısı çekilmesi nede

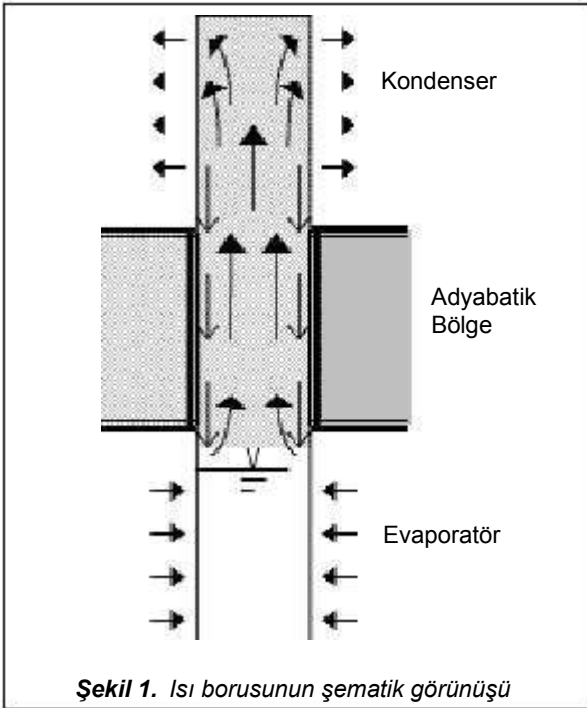
niyle yoğunlaştırıcı (kondenser) bölgesinde hazne cidarı nispeten soğuk olacağı için bu bölgede yoğunlaşma başlar. Yoğuşan sıvı zerrecikleri tekrar evaporatöre döner ve çevrim tamamlanır. Yoğuşmuş akışkanı tekrar evaporatöre geri getirmek için yerçekimi kuvveti ve kılcal, merkezkaç, osmotik, manyetik vs. kuvvetler kullanılır. En çok kullanılan yöntem kılcal kuvvetlerden yararlanmaktır (Dunn ve Reay 1994, Faghri 1994, Peterson 1994). Aşağıdaki tabloda (Tablo 1) yoğunlaşan sıvının evaporatöre dönüşünde uygulanan kuvvete göre cihazın adlandırılması verilmiştir.

* SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı.

** Öğr. Üy., SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü.

Uygulanan Kuvvet	Cihazın Adı
Yerçekimi kuvveti	Termosifon
Kapiler kuvvet	Standart ısı borusu
Merkezcil kuvvet	Dönel ısı borusu
Elektrostatik kuvveti	Elektrohidrodinamik ısı borusu
Magnetik kuvveti	Magnetohidrodinamik ısı borusu
Osmotik kuvvetler	Osmotik ısı borusu

Şekil 1'de ısı borusunun şematik gösterimi verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi ısı borusu üç temel bölümden oluşur. Bunlar sıcak ortamdan ısının çekildiği evaporatör bölgesi, çekilen ısıyı düşük sıcaklıktaki ortama aktaran kondenser bölgesi ve ısı alışverişinin olmadığı adyabatik bölgedir. Evaporatörde gizli ısıyı vererek gaz fazından sıvı fazına dönüşen akışkan, ısı borularında gözenekli bir yapıya sahip olan fitil yardımıyla kondensere döndürülür. Bu gözenekli yapı ayrı bir malzemeden örülmüş, dokunmuş malzemeler olabileceği gibi ısı borusu iç yüzeyine mekanik olarak oluşturulmuş yiv şeklinde veya toz metalurjisi ile üretilmiş gö



Şekil 1. Isı borusunun şematik görünüşü

zenekli bir yapı da olabilmektedir. Isı borusu içerisinde faz dönüşümü ile ısı taşıyıcı akışkan olarak çalışma şartlarına bağlı

mektedir. Orta sıcaklıklarda en çok kullanılan akışkanlar su, metanol, amonyak ve diğer soğutucu akışkanlardır. Isı borusu malzemesi olarak çalışma şartlarına bağlı olarak kullanılan iş akışkanı ile uyumlu çalışabilecek alüminyum, bakır, çelik, seramik veya diğer malzemelerde kullanılabilir. Malzeme seçiminde en önemli konu akışkan ile uyumlu olması, yani çalışma esnasında gaz üretiminin olmamasıdır (Faghri 1994).

Isı boruları çok geniş sıcaklık aralığında, değişik ebatlarda, sabit veya esnek şekillerde, silindirik, düzlemsel, dönel veya kullanma yeri ve amacına uygun olarak imal edilebilirler. Günümüzde ısı borularının kullanım alanı çok geniştir. Bu yelpaze içerisinde bilgisayar CPU'larının soğutulmasından nükleer santrallere, uzay araçlarındaki kullanımdan elektronik sanayisine, çeşitli proseslerin kontrolünden güneş enerjisi uygulamalarına, iklimlendirme tesislerinden otoyollara ya da petrol boru hatlarına ve daha birçok uygulama alanında yer bulabilmektedir. Özellikle iklimlendirme sistemlerinde ve büyük sistemlerde de havanın ön ısıtılması amacıyla ısı geri kazanım uygulamalarında kullanılmaktadır (Habebullah vd.1997, Güngör 1995, Dube 1996, Wu vd. 1997, Lin vd. 2005, Noie ve Majideian, 2000).

2. MATERYAL VE METOT

DeneySEL çalışma 22 mm çapındaki ve 1,2 mm et kalınlığında bakır boru kullanılmıştır. Isı borusunun evaporatör ve kondenser kısımları 35 cm, adyabatik kısım ise 10 cm ve toplam boy ise 80 cm uzunluğundadır. Isı borusunda iş akışkanı olarak saf su kullanılmıştır. Öncelikle ısı borusu içi yabancı maddelerden uygun şekilde temizlendikten sonra vakum pompası ile 160 mmHg (torr) basınca kadar vakum edilmiştir. Vakum işleminin amacı ısı borusu içindeki yoğunlaşmayan gazlardan kurtulmaktır. Vakumlama işleminden sonra ısı borusu içine literatüre uygun şekilde (Faghri 1994) yaklaşık evapo

ratör bölümünün %50'si oranında saf su şarj yapılmıştır. Evaporatör kısmına elektrikli dirençle ısı enerjisi verilmiş, verilen ısının miktarı ayarlı bir trafo (varyak trafo) ile ayarlanmıştır. Kondenser kısmı 35 mm çapındaki bir boru ile oluşturulmuş ve ısıyı çekmek için sebeke su

len elektrik enerjisini ölçmek amacıyla uygun şekilde bir Voltmetre ve birde Ampermetre bağlanmıştır. Isı borusu üzerindeki sıcaklıklar K tipi termokupıllardan gelen sinyalleri alan bir elektronik kart yardımıyla bilgisayardan sıcaklık olarak okunmuştur. Elektronik karttan alınan

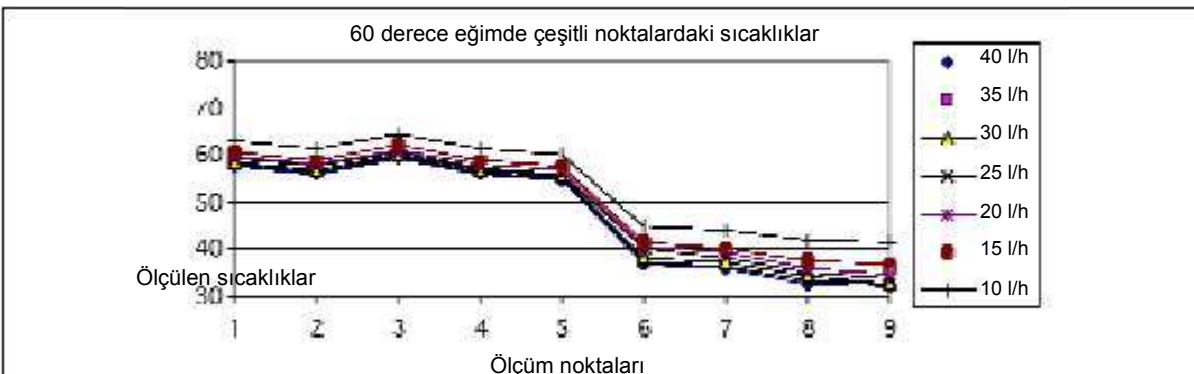
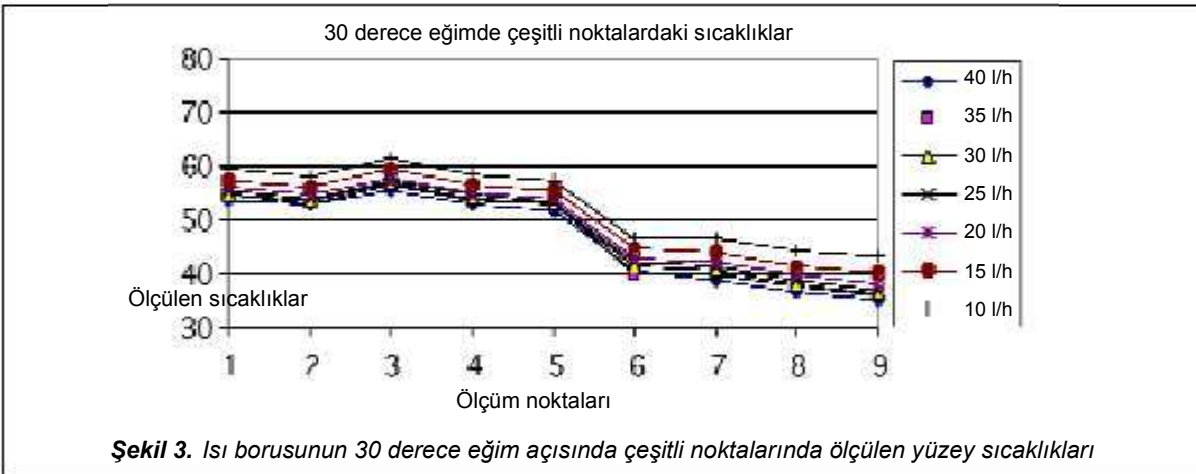
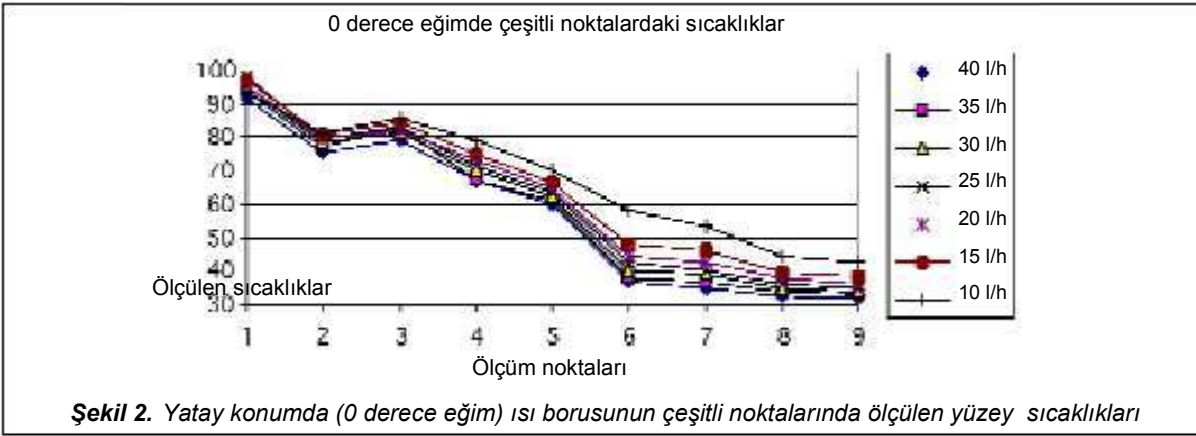
soğutulan ve ısıyı çözünen için çözüneceği suyu kullanılmıştır.

Isı borusu yüzeyindeki sıcaklık dağılımını görmek için evaporatör bölgesine 4 adet, kondenser bölgesine 4 adet ve adyabatik bölgeye ise 1 adet K tipi ısı çift yerleştirilmiştir. Ayrıca ısı borusu içindeki buhar sıcaklığını ölçmek amacıyla 1 adet ve kondenser bölgesine giren ve buradan ısı alıp çıkan soğutma suyu sıcaklığını ölçmek için birer adet ısı çift kullanılmıştır. Kondensere geçen soğutma suyu debisini ölçmek için debimetre kullanılmıştır. Isı borusu içindeki basıncı ölçmek için basınç manometresi kullanılmıştır. Sisteme varyak trafo ile veri-

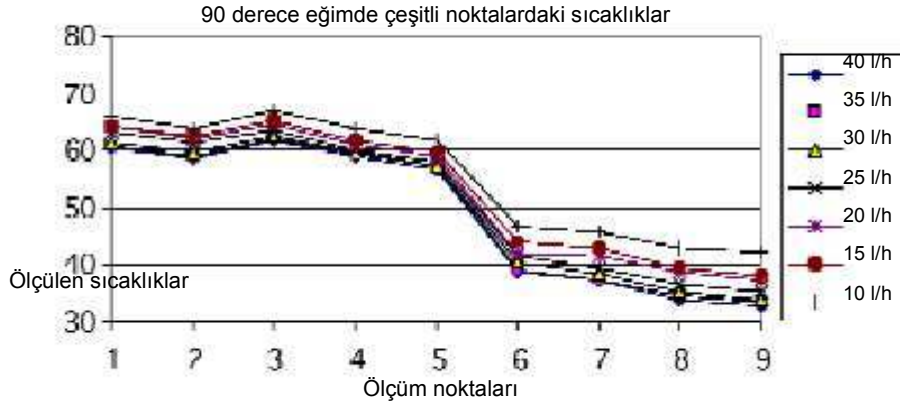
ler alınmıştır. Elektronik kartları olan sinyalleri sıcaklığa dönüştürmek için bir yazılım programı kullanılmıştır. Isı borusu dış yüzeyinden ortama olan ısı kayıplarını önlemek amacıyla evaporatör kısmı taşyünü ile kondenser kısmı ise camyünü ile yalıtılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI

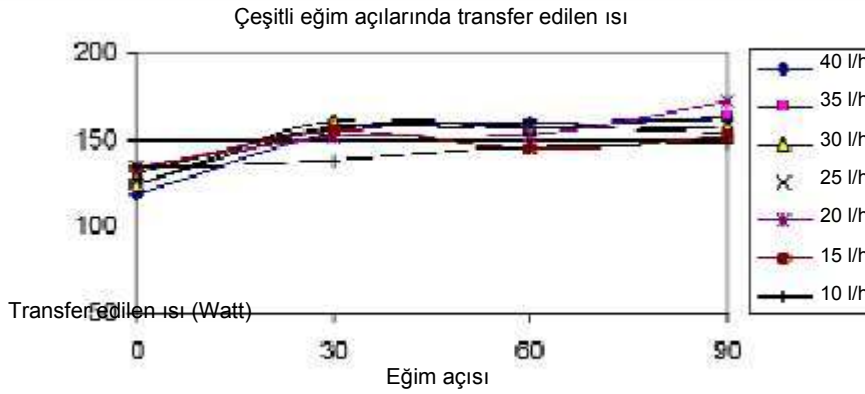
Deneysel çalışmada ısı borusunun evaporatör kısmına 200 W'lık ısı verilmiştir. Isı borusu 0-90 derece arasındaki eğimlerde aynı güçte çalıştırılmıştır. Kondenser kısmında sistemden ısıyı çeken suyun debisi 10-40 l/h'lik aralıkta ayarlanarak sıcaklık dağılımı gözlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 2-5'de çeşitli eğimlerde çe-



Şekil 4. Isı borusunun 60 derece eğim açısında çeşitli noktalarındaki ölçülen yüzey sıcaklıkları



Şekil 5. Isı borusunun 30 derece eğim açısında çeşitli noktalarındaki ölçülen yüzey sıcaklıkları

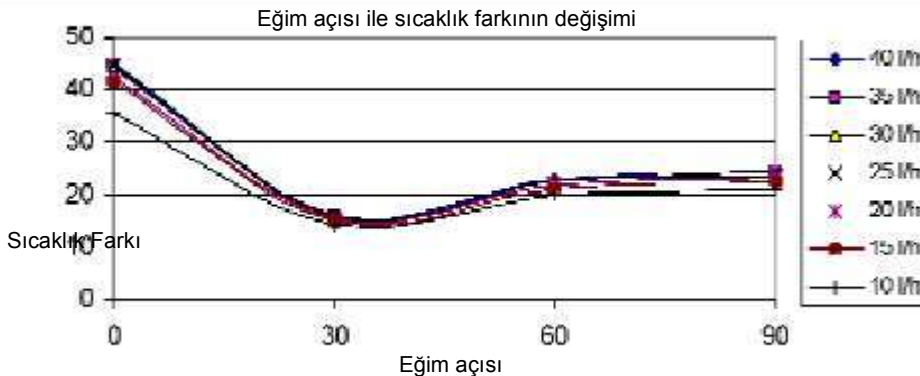


Şekil 6. Isı borusunun çeşitli eğimlerinde kondenserden çekilen ısı

İştirtilen ısı borusunun yüzey sıcaklıkları diyagramlar halinde verilmiştir. Diyagramlardan da görüleceği gibi evaporatör bölgesindeki sıcaklık dağılımı 0° eğim açısı hariç olmak üzere yaklaşık birbirine yakın değerler ölçülmüştür. 0 derece eğim açısındaki çalışmada evaporatör bölgesi yüzey sıcaklığı özellikle 1 noktasında

diğer ölçüm noktalarına kıyasla çok daha fazla ölçülmüştür. Soğutma suyunun debisinin azalmasıyla doğal olarak kondenseri terkeden su sıcaklığı da arttığı için kondenser bölgesi yüzey sıcaklığı da göreceli olarak artmıştır.

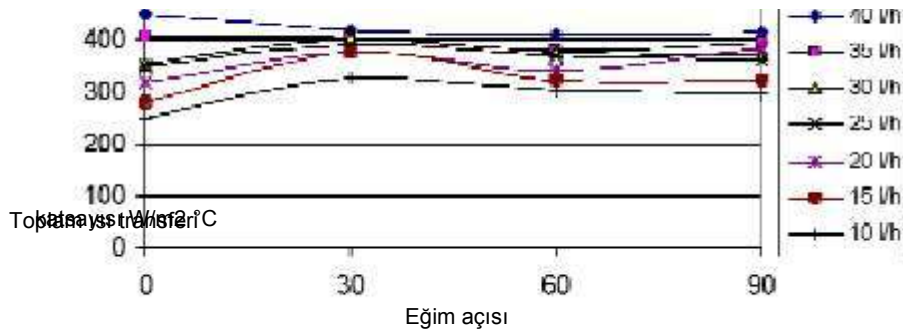
Şekil 6'da çeşitli eğim açılarında 10-40 l/h



Şekil 7. Isı borusunun çeşitli eğimlerinde evaporatör ve kondenser yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının değişimi

Toplam ısı transferi katsayısının çeşitli eğimlerdeki değişimi

500



Şekil 8. Isı borusunun kondenser bölgesi için toplam ısı transferi katsayıları

debi aralığında ısı borusunun kondenser kısmından çekilen ısı miktarı görülmektedir. Şekil 6'dan görüldüğü gibi ısı borusunun sadece yatay konumunda (0 derece eğim açısında) sistemden çekilen ısı azalmakta, diğer eğim açıları (30-90 derece) fazla bir değişiklik olmadıği görülmektedir.

Isı borusu yüzeyinden ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamasının eğim açısı ile değişimi Şekil 6'da görülmektedir. 30-90 derece eğim açılarındaki sıcaklık dağılımının bütün debilerde ve eğim açılarındaki yaklaşık aynı olduğu, ancak ısı borusunun yatay konumunda ise ısı transferinin az olması nedeniyle sıcaklık farkının arttığı gözlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada bakır-su ısı borusunun sabit bir güçte çalıştırılması esnasında ısı borusu yüze-

yindeki sıcaklık dağılımı ve kondensere transfer edilen ısı miktarı çeşitli eğim açıları ve değişik soğutma suyu debilerinde deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda eğim açısının 0 derece olduğu durumda transfer edilen ısının diğer eğim açılarına kıyasla daha az olduğu görülmüştür. 30-90 derece eğim açılarındaki transfer edilen ısı miktarlarında ise fazlaca bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. Isı borusundan yatay konumunda transfer edilen ısı miktarının az olması nedeniyle evaporatör ve kondenser yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının da arttığı gözlenmiştir. Kondenser bölgesi için hesaplanan toplam ısı transferi katsayısının da 0 derecedeki eğim hariç olmak üzere yaklaşık olarak 300-400 W/m²°C aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Sonuç olarak ısı borulu sistemlerin çok küçük eğim açıları ile ısı geri kazanım amaçlı olarak çalıştırılabilecekleri görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Dube V., Sauciu I., Akbarzadeh A., 1996, "Design Construction and Testing of a Thermosiphon Heat Exchanger for Medium Temperature Heat Recovery", Proceedings of the 5th. International Heat Pipe Symposium, pp 273-279, Melbourne, Australia.
- Dunn, P.D., Reay, D.A., 1994, "Heat Pipes" 348 p., Fourth Edition, Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- Faghri A., 1995, "Heat Pipe Science And Technology" 874 p., Taylor and Francis, London, Great Britain.
- Güngör A., 1995, "İklimlendirme Enerji Geri Kazanımında Isı Borulu Isı Değiştiriciler" Makine Mühendisleri Odası, II.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı s.639-655, İzmir.
- Lin S., Broadbent J., McGlen R., 2005, "Numerical Study of Heat Pipe Application in Heat Recovery Systems", Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.25, pp.127-133, Great Britain.
- Noie-Baghban, S.H., and Majideian, G.R., 2000, "Waste Heat Recovery Using Heat Pipe Heat Exchanger (HPHE) for Surgery Rooms in Hospital", Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.20, pp.1271-1282, Great Britain.
- Peterson G.P., 1994, "An Introduction to Heat Pipes Modeling, Testing, and Applications", John Wiley and Sons Inc., 356p., New York,.
- Wu X.P., Johnson P., Akbarzadeh A., 1997, "Application of Heat Pipe Heat Exchangers to Humidity Control in Air Conditioning Systems" Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.17, No.6, pp.561-568, Great Britain.

- Habebullah M.H., Akyurt M., Najjar Y.S.H.,
1997. "A Heat Pipe Assisted Waste Heat Reco
very and Utilization System", Transaction of
Mechanical Engineering, v.ME22 No.2 pp.55-