

İKLİMLENDİRME ENERJİ GERİ KAZANIMINDA ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLER

Ali GÜNGÖR

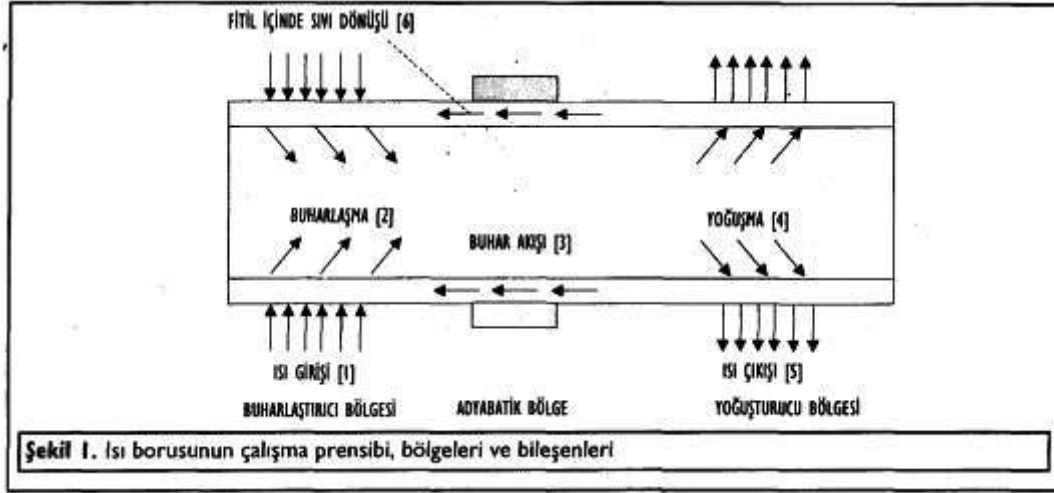
1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı Üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsünden 1985 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da, Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim dalında Doçent oldu. 1978'den beri üniversitede ve halen Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü ve Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

ÖZET

Isı boruları son yıllarda çok değişik, çok verimli ve çok üstün uygulamaları ile yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu yazıda ısı borularının temel prensipleri, kullanılan malzemeler, çalışma akışkanları üzerinde durulmuştur. Isı borularının çok değişik uygulamaları mevcuttur. Bu yazıda ısı borulu ısı değiştiricilerin enerji geri kazanım ve özellikle iklimlendirmedeki uygulamaları anlatılmıştır.

ISI BORULARI, GENEL BİLGİLER

Isı borusu, vakum prosesi uygulanmış kapalı bir hacim olup, genellikle boru şeklinde (silindirik, iç yüzeylerine fitil kaplanmış (yerleştirilmiş veya oluşturulmuş) ve tüm fitil yüzeyleri ve kapılar kanalları çalışma (çevrim) akışkanı ile doldurulmuş bir yapıdadır. Tek bir ısı borusunun çalışma prensibini açıklamak için çizilen bir şematik yapı şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ısı borusu genelde üç kısımdan oluşmuştur.



- a-) Evaporatör (Buharlaştırıcı) bölgesi,
- b-) Adyabatik (Isı kayıpsız ara) bölgesi,
- c-) Kondenser (Yoğuşturucu) bölgesi,

Tablo 1. Bazı çalışma akışkanları ve bazı malzemeler için uyumluluk verileri [7]				
Malzeme	Çalışma Akışkanı			
	Su	Aseton	Amonyak	Metanol
Bakır	ÖG	ÖG	UD	ÖG
Alüminyum	GÜB	ÖL	ÖG	UD
Paslanmaz Çelik	GÜY	UO	ÖG	GÜY
Nikel	UO	UO	ÖG	ÖL

ÖG : Geçmiş uygulamalara göre önerilebilir.
 GÜB : Bütün sıcaklıklarda gaz üretimi.
 GÜY : Yüksek sıcaklıklarda gaz üretimi (Oksitleme mevcutsa).
 UD : Uygun değil.
 UO : Uygun olabilir.
 ÖL : Literatüre göre önerilebilir.

Bir ısı borusunun buharlaştırıcı bölgesine ısı uygulandığında (1), çalışma akışkanının bir kısmı buharlaşır (2) ve hemen sonra hacmin kesiti dolduran bu buhar akışı (3) yoğunlaştırıcı bölgesinde ısı çıkışı (5) sonucunda yüzeylerde yoğunlaşma (4) oluşur ve bu yoğunlaşan sıvı fitil içinde kapılar ve varsa yerçekimi etkileriyle buharlaştırıcı bölgeye geri döner (6) ve çevrim ısı alışı verisi boyunca sürekli olarak. Böylece bu çevrimsel işlemde "Buharlaşma ısı" dediğimiz ısı buharlaştırıcı bölgedeki ısı kaynağından çekilerek, yoğunlaştırıcı bölgedeki soğuk kaynağa aktarılmış olmaktadır.

İlk patenti 1944 yıllarında alınan, uzun süre bilinmeyen bu uygulama, uzay araştırmaları ve nükleer endüstrinin yayılımı ile geniş bir uygulama alanı kazanmıştır. Daha sonra yayılan uygulamalarla örneğin, elektronik devrelerin soğutulmasında, fırınlara, döküm kalıplarının soğutulmasında, pişiricilerde, plastik ekstrüzyon kalıplarında enjeksiyon kalıp cihazlarının soğutulmasında, güneş enerjisi toplayıcılarında ve ısı değiştiricili ısı geri kazanım ünitelerinde kullanılmıştır.

Tablo 2. Düşük sıcaklık uygulamaları için bazı ısı borusu çalışma akışkanları [9,10]					
ÇALIŞMA AKIŞKANI	KAYNAMA NOKTASI (Atm. Basıncı) [°C]	DONMA NOKTASI [°C]	KRİTİK SICAKLIK Tc [°C]	ÖZELLİKLER BASINÇ Pc [bar]	KULLANIM BÖLGESİ [°C]
Su	100	0	374,15	221	30-200
Methanol	65	-97,8	240,1	79,77	10-130
Ethanol	78,6	-117,3	243,2	63,94	0-130
Pentan	28	-130	193,85	29,3	(-20)-120
Heptan	98	-90	264,55	26,2	0-150
Amonyak	-33	-78	133,65	116	(-60)-100
Aseton	57	-95	235	47,57	0-120
R11	23,82	-111	198	44,06	(-40)-120
R12	-29,79	-158	112	41,13	(-40)-100
R21	8,92	-135	178,5	51,68	(-40)-120
R113	47,57	-35	214,1	34,37	(-10)-100
R114	3,77	-94	145,7	32,59	(-40)-120
FlutecPP2	76	-50	-	-	10-160
FlutecPP9	160	-70	-	-	0-225

ISI BORULARI YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER

Isı Borusu Malzemeleri

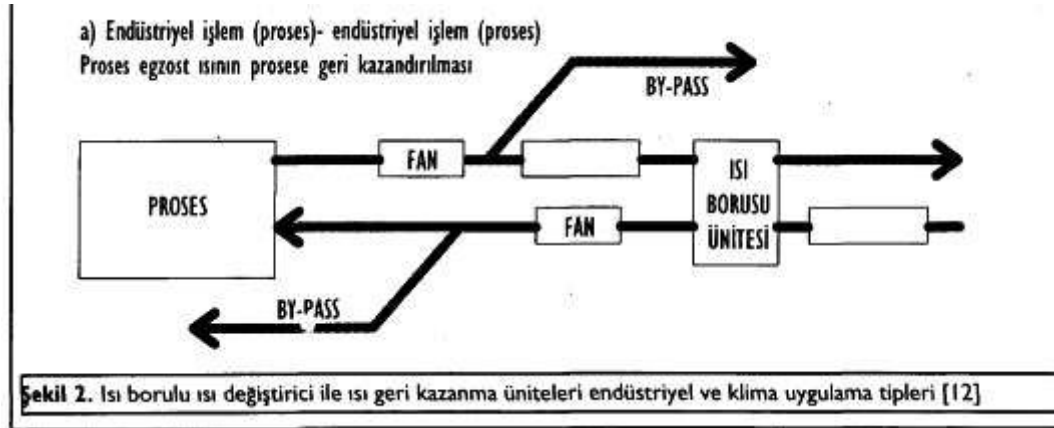
Isı borusu gövde (dış boru) malzemesi olarak Bakır, Alüminyum, Paslanmaz çelik gibi malzemeler kullanılabilir. Ancak kullanılan ısı borusu malzemelerinin çalışma akışkanıyla uyumlu olması gerekmektedir. Tablo 1'e bazı çalışma akışkanları ile bazı ısı borusu malzemelerinin uyumlulukları verilmiştir. Uygun bir ısı borusu tasarımında uyumluluk, bu korozyon veya gaz oluşması sorunları nedeniyle önem kazanmaktadır.

Tablo 3. Isı borulu değiştiricilerin endüstriyel ve iklimlendirme uygulamalarında kullanılabileceği yerler

Endüstriyel Prosesler	İklimlendirme Uygulamaları
Boya kurutma fırınları	Apartmanlar
Püskürtmeli (sprey) kurutucular	Bankalar
Kazanlar (Buhar veya sıcak su)	Resmi binalar
Tekstil fırınları	Kapalı yüzme havuzları
Nemlendiriciler	Kapalı patinaj salonları
Tuğla pişirme fırınları	Kapalı tenis kortları
Kağıt kurutucular	Hastaneler
Isıl işlem alanları	Endüstriyel fabrikalar
Vinil fırınları	Araştırmalar laboratuvarları
Döküm fabrikaları	Ofis binaları
Tütsüleme fırınları	Okullar
Demir (sıcak) işlem alanları	Spor kompleksleri
Vulkanize kauçuk üniteleri	Tiyatro ve gösteri salonları
Kaplama prosesleri	Sinamalar
Boyama yerleri	Hayvan laboratuvarları
Çamaşrhaneler	Restoranlar
Pişirme Fırınları	Ticari mutfaklar
Kereste kurutucular	Büyük mağazalar
Ağartma fırınları	Süpermarketler
Artık buhar ezgozu	Oteller
Yiyecek, hububat, kimyasal kurutucular v.b.	Bilgisayar odaları v.b.
Laboratuvarlar egzozları v.b.	

Isı borulu ısı değiştiricilerde ise Bakır boru-Alüminyum levha kanat yapısı yaygın olarak kullanılır. Kanatlar kesiksiz oluklu düz tip, kesiksiz düz tip veya spiral yapıda da olabilir. Bazı uygulamalarda boru ve kanatlar malzemelerin ayrı ısıl genleşmeleri problemlerinden sakınmak için aynı malzemelerden imal edilebilir. Egzos sıcaklığının 220°C'nin altında olması durumunda ısı borulu ısı değiştiriciler sıklıkla alüminyum boru ve kanatlardan imal edilir yakın verimlilikte bakır ısı boruları alüminyum olanlardan daha pahalıdır. Bakır üniteler genellikle yalnızca, alüminyum üniteler için korozyon ve temizleme problemlerinin bulunduğu durumlarda kullanılır. Korozyonlu atmosferler için kanatlı borular koruyucu kaplamalar ile, ısıl verime en az etki yapacak biçimde kaplanabilir.

Isı borulu ısı değiştiriciler 220° C'nin üzerinde genellikle çelik boru ve kanatlardan imal edilirler. Kanatlar genellikle paslanmayı önlemek için özel kaplanır (alüminize). Özel uygulamalar için ayrı malzeme ve/veya ayrı çalışma akışkanları kullanılan özel tasarımlar yapılabilir.



Fitil Malzemeleri

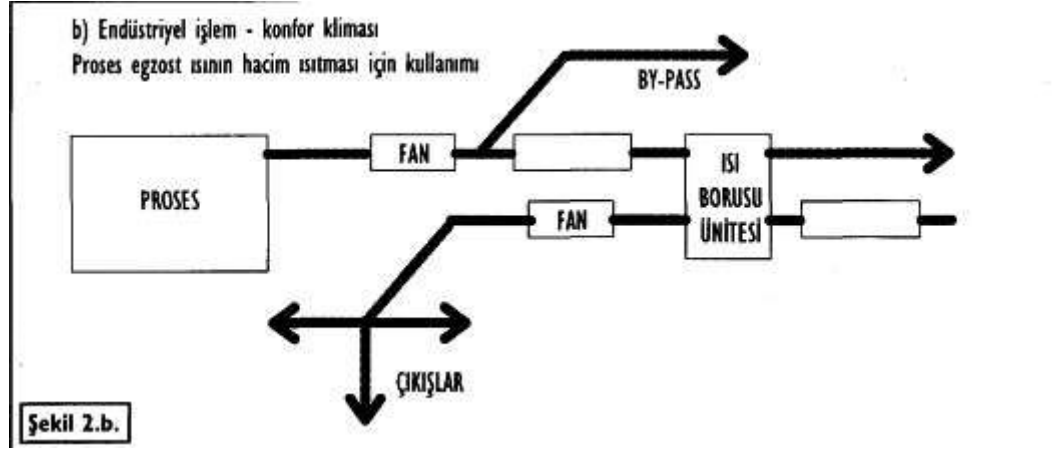
Bir ısı borusu için fitil malzemesinin seçimi birçok faktöre bağlı olabilmektedir. Başta çalışma akışkanıyla uyumluluğu yanında, çalışma akışkanının yoğunlucudan, buharlaştırıcıya iletilmesini sağlayacak kapilar basıncın oluşturulması asıl amaç olarak istenebilir. Fitil ayrıca çalışma akışkanını buharlaştırıcı yüzeyine dağıtımı sağlayabilmelidir. Fitil malzemesi olarak çok ince dokunmuş (60-200 Mesh) değişik malzemelerden (örneğin, bakır, pirinç, nikel, alüminyum, paslanmaz çelik) değişik standartlarda elekler kullanılabileceği gibi, lifli malzemeler, ince akış kanalları bu amaçla kullanılan fitil yapılarındadır. Değişik fitil yapı biçimleri ilgili kaynaklardan bulunabilir (7.8)

Düşük Sıcaklık Uygulamaları İçin Isı Borusu Çalışma Akışkanları

Isı borularında kullanılan çalışma akışkanları kritik özellikleri, kaynama noktası, buharlaşma ısısı, diğer malzemelerle uyumluluk, ısıl iletkenlik, ıslatabilirlik, buhar basıncı, ısıl kararlılık, kinematik viskozite, yüzey gerilimi katsayısı, donma noktası gibi özellikleri bakımından değerlendirilir. İklimlendirme uygulamaları gibi düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılabilecek bazı çalışma akışkanları ve kullanım çalışma sıcaklığı bölgeleri

Tablo 2'de gösterilmiştir (10,11).

Çalışma akışkanının seçimi onun uzun süreli çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Çalışma akışkanı, yüksek buharlaşma gizli ısısı, yüksek yüzey gerilimi ve çalışma bölgesinde düşük sıvı viskozitesi yanında ayrıca bu sıcaklık bölgesinde ısıl kararlı olmalıdır. Çalışma akışkanının yoğunlaşmayan gaz oluşturabilme gibi özelliği olması durumunda ise verimin azalması söz konusu olur, böyle bir özellik de nedenle istenmez.



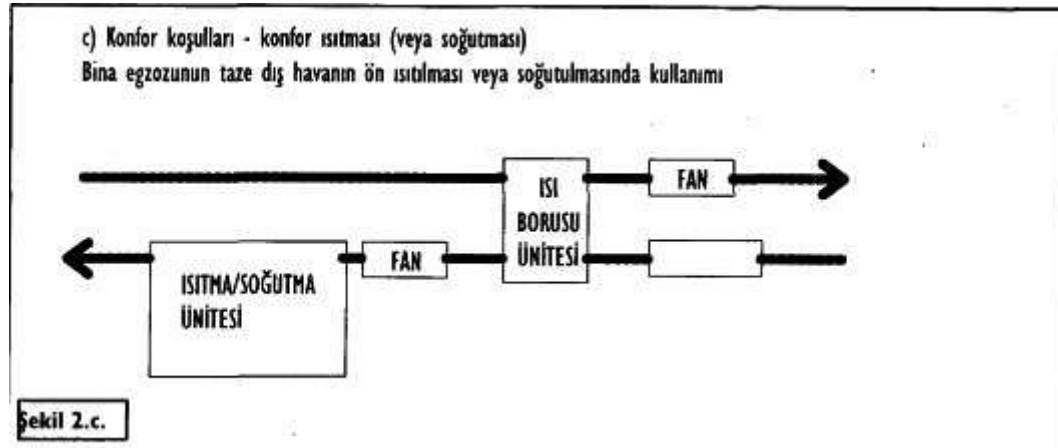
ISI BORULARI TASARIMI

Isı borularının tasarımında boru malzemesi, fitil malzemesi ve ilgili boyutların bilinmesi ve çalışma akışkanı seçimi yanında, taşınması istenen ısı kapasitesi, çalışma sıcaklıklarının (Buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı bölge yüzey sıcaklıkları) belirlenmesi gereklidir. Ayrıca çalışma koşulları ile ilgili özellikler de (ısı borusu eğimi gibi) bilinmelidir.

Isı boruları küçük sıcaklık düşümleri ile enerji transfer eder. Buna göre ısı aktarma işlemi izotermal gibi ele alınabilir. Bununla birlikte ısı borusu, dış boru et kalınlığında, fitilde, akışkan ortamında küçük sıcaklık düşüşleri vardır. Isı boruları fitil tasarımı, dış boru çapı, çalışma akışkanı özellikleri ve ısı borusunun yataya göre konumu (eğitim) gibi özellikleri ile bağlantılı sonlu bir ısı transfer kapasitesine (ısı transfer limitlerine) sahiptir.

Bu verilerin kullanımıyla taşınmak istenen ısının ısı borularının taşıyabileceği maksimum ısı transfer

limit değerlerinin taşınmak istenen ısı kapasitesi değerinden daha fazla değerlerde olması gereklidir. Bu limit değerlerin tasarımda kullanılmaları ile ilgili bilgiler ilgili kaynaklarda verilmiştir (7,8,9).



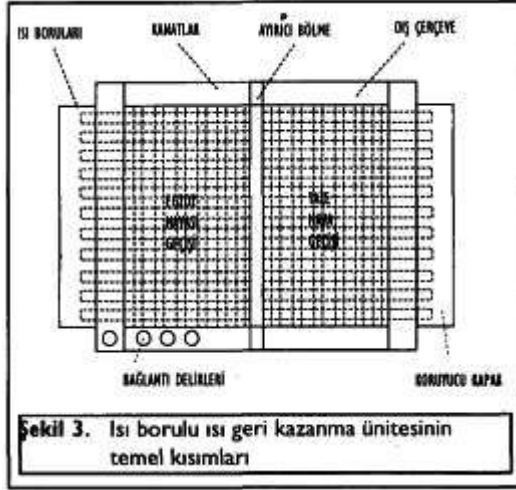
ISI BORULARININ İMALAT TEKNİĞİ

Isı borularının imalatında malzeme seçimlerinden sonra

- Boruların hazırlanması, kesimi, temizlenmesi,
- Boruların fitillerinin yerleştirilmesi,

- Uçların kapatılması (kaynak işlemleri), doldurma ağzının (subabının) bırakılması,
- Vakum işleminin her bir ısı borusuna uygulanması,
- Doldurma işlemlerinin, tasarlanan miktarda çalışma akışkanı ile gerçekleştirilmesi,
- Her işlem aşamasında temizleme ara işlemleri,
- Her bir ısı borusunun test edilmesi gibi süreçlerden geçilmesi gerekmektedir.

Bir ısı değiştirici sistemin tasarımında ise onlarca ısı borusunda bu gereken titiz imalat sırasının uygulanması gereklidir. Ayrıca ısı değiştirici imalatında ısı borularına kanatlı yüzeylerin geçirilmesi ve bu boruların şişirilmesi işlemleri gibi ara işlemlere de gerek duyulacaktır. Bu kanatlı ısı borusu sisteminin bir taşıyıcı kaset içine yerleştirilmesi ve çalışma eğimi koşullarının sağlanabildiği dış kaset tasarımı da önem kazanmaktadır. Isı borusu imalatı ile ilgili ayrıntılar Dunn (7) ve Chi (8) tarafından verilmiştir.



ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN ÖZELLİKLERİ

Isı borulu ısı değiştiriciler gaz-gaz ısı geri kazanımında kullanılan cihazlar olup, konvansiyonel havia soğutmalı ısı değiştiriciler gibi ısı borularının kanatlı paket üniteler olarak imalatı ile gerçekleştirilirler. Isı borulu ısı değiştiriciler gerek endüstriyel proseslerde ve gerekse iklimlendirme uygulamaları olarak çok farklı imalatlarda ve mahallerde kullanılmıştır. Bu bazı kullanım yerleri Tablo 3.'de gösterilmektedir.

Isı borulu ısı geri kazanma üniteleri tipik olarak

- a-) Endüstriyel işlem (proses) - endüstriyel işlem (proses)
- b-) Endüstriyel işlem - konfor iklimi
- c-) Konfor koşulları - konfor (ısıtma ve soğutma) biçiminde uygulanır. Bu uygulama tipleri Şekil 2.'de gösterilmiştir.

Gaz - gaz olarak uygulanan ısı borulu ısı değiştirici uygulamada Şekil 3' de gösterildiği gibi ısı borularının buharlaştırıcı bölgesi sıcak gaz akımı tarafında, yoğunlaştırıcı bölgesi ise soğuk gaz akımı ta-rafındadır. Isı değiştirici arasından olan gaz akımının, maksimum verimlilik için ters yönlü paralel akım biçiminde olması istenir. Normal olarak ısı boruları yataya yakın konumda (3-8°eğim) veya dik konumda (90°eğim) yer çekimi destekli olarak monte edilir ve ısı borulu ısı değiştiricinin bulunduğu yerde sıcak ve soğuk gaz kanalları komşu (bitişik olmak) zorundadır.

Bazı imalatlarda ısı borusunun eğiminin değiştirilmesiyle ısı transferinin kontrol edilebildiği sistemler geliştirilmiştir. Özellikle donma kontrolü için kullanılan bu sistemler hakkında bilgiler uygulanan kontrol sistemleri bölümünde verilmektedir.

Isı borulu ısı değiştiricilerin boyutları 418x850x (dizi sayısı x40+(50) mm) mm boyutlarından 1157x2350x (dizi sayısı x40+(50) mm) mm boyutlarına kadar değişim gösterir (12). Aynı kapasitede diğer geri kazanım ünitelerine göre daha kompakt yapıdadır ve bazı üstünlüklere sahiptir. Bu ısı değiştiricilerin diğer ısı değiştiricilerle karşılaştırılmaları Tablo 4., Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 4. Hava-Hava enerji geri kazanım cihazlarının karşılaştırılması (İklimlendirme düşük sıcaklık uygulamaları için) [15]

	Sabit Levhalı Tip Tipik Verimlilik	Döner Tekir (İsu Tekeri)	Isı Borulu	Serpantin Devreli	Termosifon Tip	İkiz kule Tipi
Hava Akışlığı Biçimleri	Aynı Yönlü Paralel Ters Yönlü Dik Akım	Aynı Yönlü Paralel Ters yönlü Paralel	Aynı Yönlü Paralel Ters yönlü Paralel	Aynı Yönlü Paralel Ters yönlü Paralel	Aynı Yönlü Paralel Ters yönlü Paralel	
Cihaz Boyutu Kapasitesi (Hava Akımı) Tipik Verimlilik	25 BL/S ve Yukarısı Duyulur (%50-%80)	25-35000 L/S Duyulur (% 50 - % 80) Gizi (%55-%65)	50 L/S ve Yukarısı Duyulur (%55-%65)	50 L/S ve Yukarısı Duyulur (%55-%65)	50 L/S ve Yukarısı Duyulur (%55-%65)	Duyulur (%40-%60 Gizi (%45-%55))
Ön Yüz Hızı (m/s) (En yoğun Tasarım Hızı)	0.5-5 (1-5)	2.5 - 5	2 - 4 (2.2 -2.7)	1.5 - 3	2 - 4 (2.2 - 2.7)	1.5 - 2.2
Basınç Düşümü (Pa) (En olabilecek basınç düşümü)	5 - 450 (25 - 370)	(100 - 170)	(100- 500)	(100- 500)	(100- 500)	170 - 300
Sıcaklık Bölgesi		(-40) - (800°C)	(-40) - (835°C)		(-40) - (+40°C)	(-40) - (+46°C)
Temin Etme Biçimi	-Yalnız Isı Değiştirici -Isı Değiştirici + Taşyıcı -Isı Değiştirici + Fan -Komple Sistem	-Yalnız Isı Değiştirici -Isı Değiştirici + Taşyıcı -Isı Değiştirici + Fan -Komple Sistem	-Yalnız Isı Değiştirici -Isı Değiştirici + Taşyıcı -Komple Sistem	-Yalnız Isı Değiştirici -Isı Değiştirici + Taşyıcı	-Yalnız Isı Değiştirici -Isı Değiştirici + Taşyıcı	
Üstünlükleri	-Hareketli Parça Yoktur -Sızıntı Yoktur -Değişik Boyutlarda -Değişik Malzemelerde -Düşük Basınç Düşümü -Yüksek Verimlilik -Kolay Temizlik	-Gizli Isı Transferi -Komoakt Büyük Boyutlar -Düşük basınç Düşümü -Yüksek Verimlilik	-Hareketli Parça Yoktur -Sızıntı Yoktur -Değişik Boyutlarda -İzlen Verilen Basınç Farkı 60 inc ısı -Fan Yeri Tehlikeli Değil	-Egzoz Hava Akımı -Taze Hava Akımından Uzakta (aynı) Akımlabilir	-Hareketli Parça Yoktur -Sızıntı Yoktur -Egzoz Hava Akımı -Taze Hava Akımından Uzakta (aynı) Akımlabilir Fan Yeri Tehlikeli Değil	-Uzak Hava Akımından Gizli Isı Transferi -Tek Bir Sistemde Çoklu Birimler -Taze Ye Egzoz Hava Akımlarında Estli Mikrobiyolojik Temizleme
Sınırlandırmalar	-Gizli Isı Otantlar Yalnızca Özel Üniteler	-Soğuk İklimlerde Servis Hizmeti Fazladır -Kargo Hava Kirlenmişliği Olanıdır	-Verimlilik Basınç Düşümü ve Fiyatla Sınırlıdır -Üretici Sınırlıdır	-Verimlilik Basınç Düşümü ve Fiyatla Sınırlanmış Olabilir -Üretici Sınırlıdır	-Verimlilik Basınç Düşümü ve Maliyetle Sınırlanmış Olabilir	-Üretici Sınırlıdır
Karşı Akıma Sızıntı	% 0 - % 5	% 1 - % 10	% 0	% 0	% 0	% 0.025

Tablo 5. Değişik tipte ısı değiştiricilerin birbirleriyle karşılaştırılması [20]

Isı Transferi Cihazı	Rejeneratör	Gövde-Borulu Isı	Plakalı Isı Değiştirici	İkinci Akışkanlı Değiştirici	Isı Borulu Değiştirici
Karşılaştırma Özellikleri					
Basınç Kaybı N	ORTA 3	YÜKSEK 2	DÜŞÜK 4	DÜŞÜK 4	DÜŞÜK 4
Isı Transfer Film Katsayısı 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	HAYIR	HAYIR	EVET	HAYIR
Akışkanların Karışarak Birbirini Kirlenmesi N	EVET 0	HAYIR 5	HAYIR 5	HAYIR 5	HAYIR 5
Birim Hacim İçin 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.

Isı borulu ısı değiştiricilerde kullanılan kanatlı boru yapısındaki kanatlar oluklu levha, düz levha veya spiral tipte olabilir. Kanat tasarım ve borular arası mesafe belirli bir alın yüzeyi hızı için basınç düşümünde farklılıklara sebep olur. Isı borusundaki aktarma mekanizması ile, örneğin bakırın iletmediği ısı transfer hızından 1000 kez daha fazla ısı transfer hızlarına ulaşılabilir (15).

Şekil 4.'de ısı borulu ısı değıştircinin yaz ve kiş çalışma koşullarında iklimlendirme sistemlerinde kullanılmasını göstermektedir.

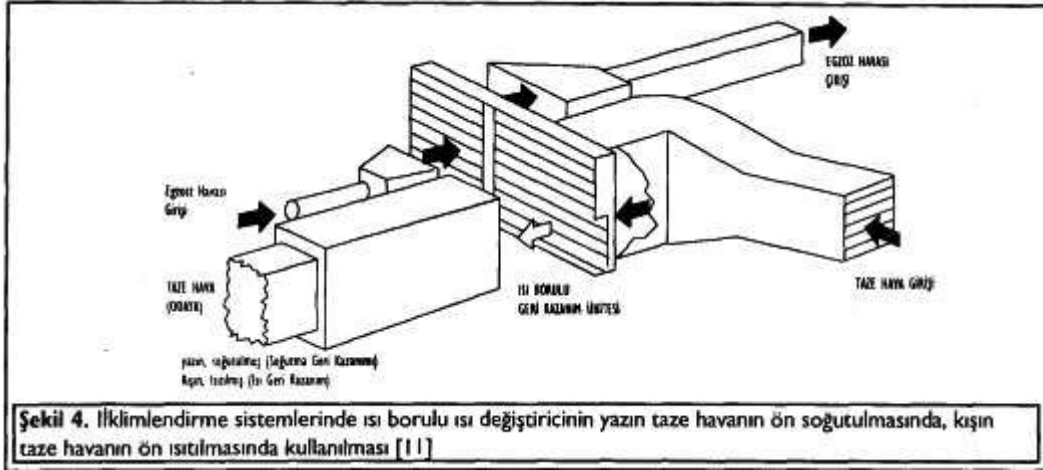
Isı borulu ısı değıştircilerin yatay ve dikey hava akımları durumunda uygulama biçimleri de Şekil 5.'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Isı değıştircilerin bazı özellikleri													
Isı Transfer 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 beherbirlik	Sökülüp takılma kolaylığı	Alışkanlıkların birbirleriyle karışması	Boyutsal uygunluk	Gaz-gaz ısı değıştirci	Gaz-sıvı ısı değıştirci	Sıvı-sıvı ısı değıştirci	Özel tasarım ile aydınlatma gazlara dayanım
Isınım Reküperatörü						1							
Taşınım Reküperatörü													
Metalik Isı Tekerı				2				3					
Nem Tutucu Isı Tekerı								?					
Seramik Isı Tekerı													
Pasif Rejeneratör													
Kanatçıklı Borulu Isı Değıştirci													4
Gövde,Boru Tipi Isı Değıştirci													
Ank Isı Kazanı													4
Isı Borusu					5								

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

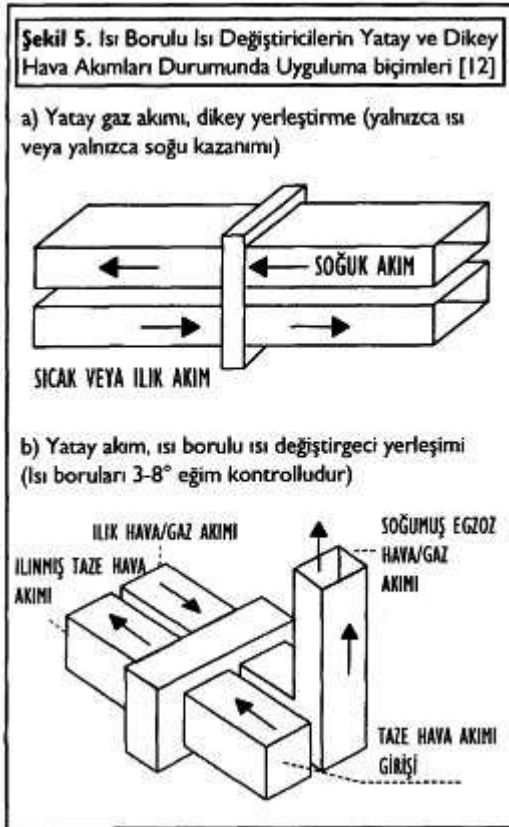
ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERDE KARŞI KİRLETİCİLİK

Isı borulu ısı değıştircilerde hava akımları arasındaki basınç farklılıklarının 12 kPa değerine kadar karşı kirlenme yoktur. Karşı kirlenmeyi önlemek için ek bir korunma iki hava akımı arasında havalandırılmalı çift kanatlı ara duvar kullanılabilir. Bu ara hacme bitişik egzost akımları için uygulanan bir durumdur. Isı borulu ısı değıştircilerde de klima sistemlerindeki kanatlı borulu serpantinlerde kullanılan filtrelemeye, aynı koşullarda çalışma durumunda, gerek duyulur. Göz önüne alınacak noktalardan bazıları kanat aralığı veya hatvesi, sıra sayısı, hava akımlarında bulunan partiküllerin büyüklüğü ve yoğuşkanların tipleridir. Özellikle kirli akımın olduğu tarafta filtreleme uygulanır, Şekil 6.



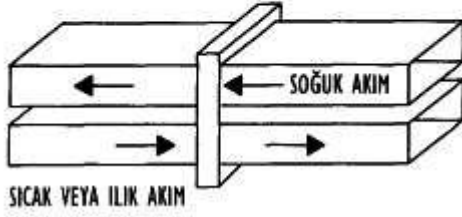
ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN TEMİZLENMESİ VE BAKIMI

Hava veya gaz akımlarının kirlenmesi durumunda ısı borularının dış yüzeylerinin temizlenmesi gerekebilir. Bu temizleme üniteden temizlenecek olan maddenin yapısına bağlıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için sistemde bakım veya servis kapılarının bırakılmış olması gerekir. Örneğin mutfak egzozlarında oluşan yağ birikimi otomatik su ile yıkama sistemi kullanılarak giderilir, Şekil 7. (14).

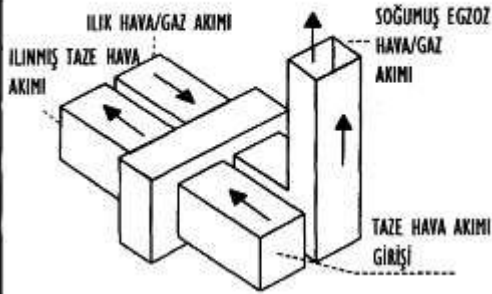


Şekil 5. Isı Borulu Isı Değiştiricilerin Yatay ve Dikey Hava Akımları Durumunda Uygulama biçimleri [12]

a) Yatay gaz akımı, dikey yerleşime (yalnızca ısı veya yalnızca soğuk kazanımı)



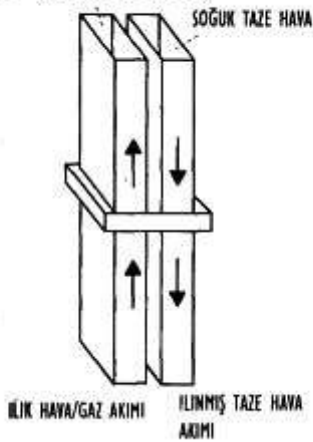
b) Yatay akım, ısı borulu ısı değiştirgeci yerleşimi (Isı boruları 3-8° eğim kontrollüdür)

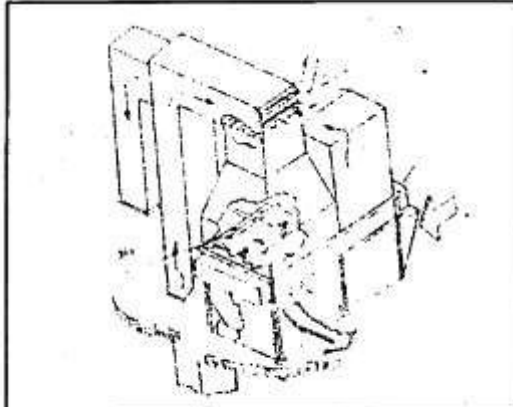
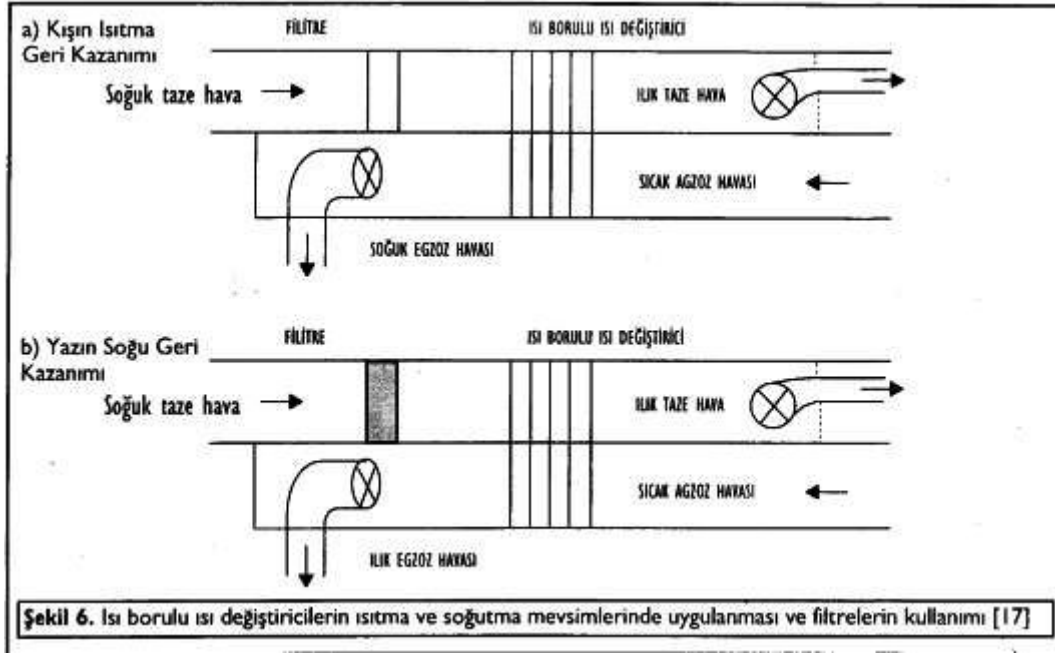


Uygulanan diğer yöntemler, ünitelerin sprey sıkılarak temizlenmesidir. Şekil 8. (14). Veya ünitelerin bir temizlenme tankına konarak yıkanması veya basınçlı hava ya da buhar püskürtülmesidir. Kullanılacak temizleme yönteminin seçimi sistem henüz tasarım aşamasındayken yapılmalıdır. Isı borulu sistemin diğer tip serpantinli sistemlere göre bir üstünlüğü de boru demetlerinin birbirleriyle bağlantısını kesecek hiçbir borulamanın olmamasıdır. Temizleme işleminin sıklığı egzoz hava akımının niteliğine bağlıdır. Klima sistemleri çok sık temizlenmeye gerek göstermezken endüstriyel sistemlerin sık sık temizlenmesi gerekmektedir.

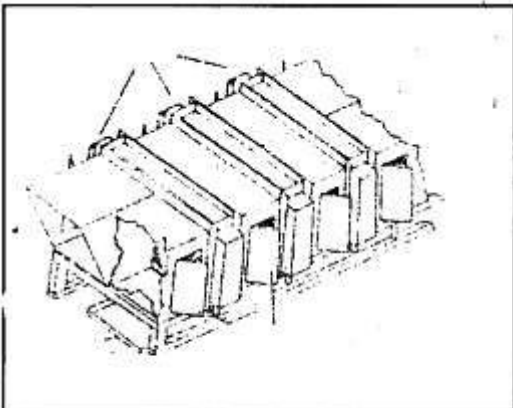
Isı borulu ısı değiştiricilerin hareketli parçaları bulunmadığından en az miktarda mekanik bakıma gereksinimi vardır. Buna karşın damper ve eğim kontrolü gibi esnek bağlantılar ve otomatik yıkama sistemi gibi yardımcı donanımlar düzenli aralıklarla bakım altına alınmalıdır.

c) Dikey hava akımı, yatay ısı borulu ısı değiştirici (Isı boruları 3-8° eğim kontrollüdür)





Şekil 7. Otomatik kanal iç spreyle temizleme sistemi [14]



Şekil 8. Kanal içi el ile kumandalı spreyle temizleme tasarımı [14]

ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN VERİMLİLİĞİ

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi tasarım ve konumuna bağlıdır. Şekil 9., değişik alın yüzeyi hızları ve boru

dizisi sıra sayısı değişiminin verimliliğe etkisini göstermektedir. Bir ısı borulu ısı değiştiricinin verimliliği birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler, boru dizisi sıra sayıları, kanatların sağladığı ısı iletimi yüzey alanı, iki hava veya gaz akımının ısı kapasitelerinin oranı, değiştiriciden geçirilen hava akımlarının hızları ve ısı borusunun tasarlanmadığı çalışma sıcaklığı aralığı gibi sıralanabilir.



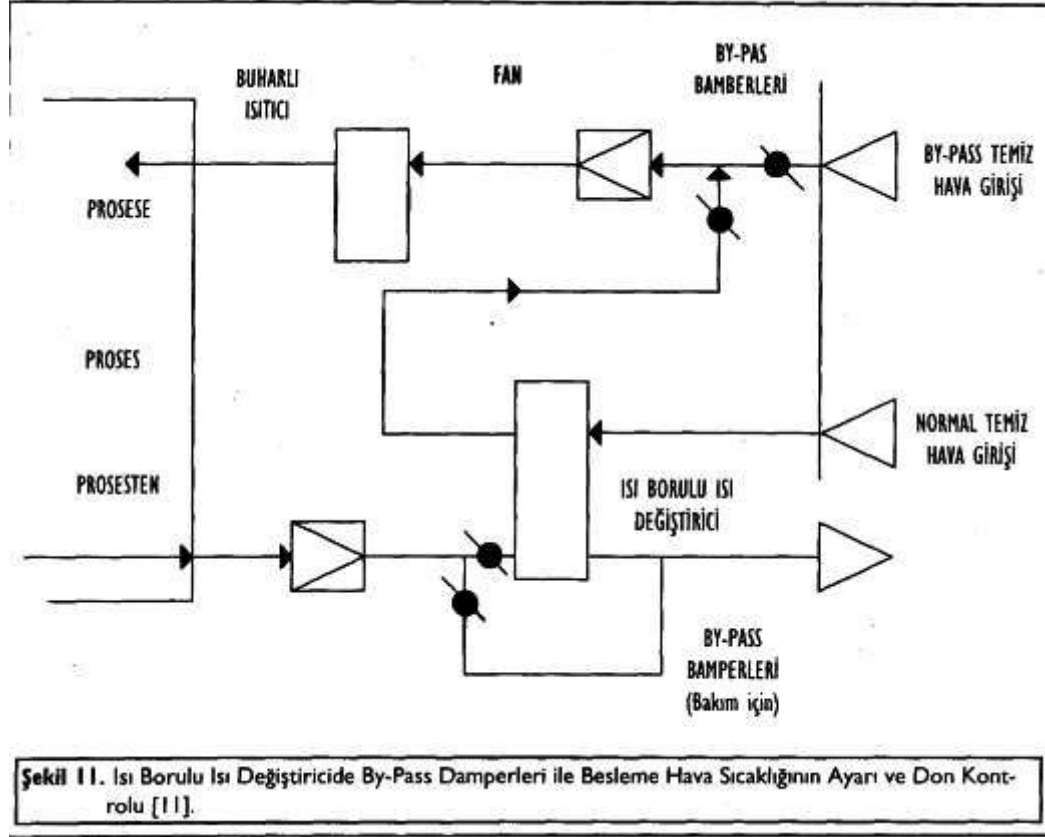
Dizi sıra sayısının artması durumunda, hız azalmasında verimlilik artmaktadır. Örneğin boru dizisi sıra sayısının iki katına çıkması durumunda %60'larda olan efektif ısı değiştirici erimi %75 değerlerine artmaktadır. Isı borusu ısı değişimi toplam dizi sıra sayısına bağlıdır. Böylece seri bağlı iki ünitenin, aynı dizi sıra sayısında tek ünitenin verimi ile eş değerde olduğu belirtilebilir. Seri bağlı üniteler taşıma, temizleme ve bakım nedenleri ile sıklıkla kullanılır.

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi, kabaca borunun iç çapının karesi ile orantılı olarak artar. Örneğin belirli eğimde 25 mm iç çaplı ısı borusu 16 mm iç çaplı ısı borusundan kabaca 2,5 kez daha fazla enerji transfer eder. Ayrıca büyük çaplı ısı boruları, büyük hava akımları için kullanılır ve yaz ve kış çalışmasını ayarlamak için seviye (eğim) düzeni gereklidir (Uygulanan Kontrol Sistemleri Bölüme bakınız).



Isı transferi kapasite limiti gerçekte ısı borusu uzunluğundan, çok kısa ısı boruları hariç, bağımsızdır. Örneğin 1,2 m uzunluğundaki ısı borusu 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu ile aynı kapasiteye sahiptir. Ancak 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu 1,2 m olandan 2 kat daha fazla ısı transfer yüzeyine sahip olduğundan kapasite limitine daha çabuk ulaşacaktır. Böylece belirli bir uygulama için daha uzun olan ısı boruları ile kapasite

gereksinimini karşılamak daha güçtür. Böylece bir gereksinim daha yüksek bir alın yüzeyi ve kısa fakat daha çok ısı borusu ve aynı hava akım yüzey alanı ile sistemin verimliliği geliştirilerek sağlanır.



Kanat tasarımı ve aralıklarının seçimi iki hava akımının kirliliğine ve gerekli temizleme ve bakımına bağlıdır. İklimlendirme uygulamaları için 1,8 mm kanat aralığı yaygındır. Daha çok kullanılan 2,3-3,2 mm kanat aralıkları ise endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Kirli egzost tarafından daha genişkanat aralıkları kirlenmeyi azaltmak, basınç düşümünü azaltmak ve verimde değişiklik (azalma) oluşturmak amaçlı kullanılır.

Maksimum verimliliği elde edebilmek için ısı borulu ısı değiştiriciler karşıt akışlı çalıştırılmalıdır. Verimliliğin (etkinliğin) az olması istendiği durumlarda ise gaz akışları paralel akışlı olabilir. Örneğin karşıt akışlı bir düzenlemede %60 verimlilikle çalışan, ısı değiştirici, paralel akışlı bir çalışmada %48 verimlilikle çalışmaktadır.

Basınç Düşümleri

Isı borulu ısı değiştiricilerin tasarım alın hızları 2 ile 4 m/s arasında değişir. En fazla 2,3 ile 2,8 m/s arasındaki hızlar kullanılır. Isı geri kazanım verimliliği artan -hızla azalır. Bu nedenle optimum boyutlandırma bu basınç düşümleri nedeniyle işletme maliyetleri ve verimlilikler de dikkate alınmalıdır. Düşük hızlı, yüksek ısı geri kazanımlı sistemlerin daha büyük boyutlu ve daha maliyetli yatırımlar olduğu ve yatırım maliyetleri yönünden de sistemin boyutlandırılması gerekir. Bu nedenle imalatçılar tarafından optimum boyutlandırma ve sistem seçimleri için değişik hızlar veya hacimsel ve kütleli debiler ve boru dizisi sıra sayısı ve çalışma sıcaklıkları için basınç düşümü ve verimlilik ve ısı kapasitesi değerlerinin okunabildiği diyagramla kullanıcılara sunulur (12).

ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERDE UYGULANAN KONTROL SİSTEMLERİ

Isı borusunun eğiminin değişmesi, onun transfer ettiği ısı miktarının kontrol edilmesini sağlar. Isı borusunun sıcak tarafının yatayın altında olması durumunda buharlaştırıcı yatayın üzerinde ise bu akış zorlaşır. Bu özellik ısı borulu ısı değiştiricinin verimliliğini ayarlama (kapasite kontrolünde) kullanılabilir.

Pratikte gerçekleştirilen uygulamalarda, eğitim kontrolü ısı değiştirici kasasının ortasında bulunan dönme eksenli boyunca sağlanır ve ısı değiştiricinin bir ucunda bulunan sıcaklık duyar elemandan alınan uyarı ile bu dönüş tahrik edilir. Kullanılan esnek kanal bağlantıları sayesinde küçük eğim değişiklikleri gerçekleştirilebilir (maksimum 6-8 derece) Bu eğim kontrol sistemi Şekil 10.' da gösterilmektedir.

Eğim kontrolünden istenen ve beklenen aşağıda belirtilen üç fonksiyonun karşılanmasıdır:

a-) Taze havanın ısıtılmasından, taze havanın soğutulmasına (ısı akışının ters yöne dönmesi) mevsimsel değişimler olduğunda geçişi sağlamasıdır.

b-) İstenen taze hava sıcaklığını sağlamak için verimliliği ayarlamak (kapasite kontrolü) Bu çeşit bir ayarlama özellikle iç zonlarda geniş binalarda aşın ısınmadan korunmak için gereklidir.

c-) Düşük dış hava sıcaklıklarında buz oluşumunu engellemek için verimliliği azaltmak. Verimliliğin azaltılması ile, egzost havası üniteyi daha ılık sıcaklıkta terk edecek ve yüzey sıcaklıkları buz oluşum koşullarının üzerine kalacaktır.

Bu anlatılan üç fonksiyon eğim kontrolü ile sağlanabilirken, bu fonksiyonları teker teker yapabilecek başka yöntemler de bulunmaktadır. Örneğin besleme havası sıcaklığının ayarı alın veya by-pass damperi kullanarak yapılabilir, Şekil 11. Benzer şekilde don oluşumu da böyle bir düzenek ile önlenir. Isı geri kazanım ünitesinde girişte besleme hava kanalının önceden ısıtılması fazla tercih edilmeyen fakat yine de bazen kullanılan bir yöntemdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Isı borulu ısı değiştiriciler belirli üstünlükleri ile ısı ve soğuk geri kazanımında geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Teknik olarak ülkemiz kuruluşlarında da kolaylıkla imal edilebilecek bu ısı değiştirici tipinin seri üretimlerinin gerçekleştirilip tesisat mühendislerinin kullanımına sunulması gereklidir.

KAYNAKÇA

1. Akyurt, M., Basmacı, Y., "Jiothermal Kuyularda Isı Borusu Uygulaması", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, Haziran 1983, sayfa 17-20.
2. Ecevit, A., Fakioğlu, T., "The Usage of Heat Pipes in Solar Energy", Proceedings of the İzmir International Symposium-II on Solar Energy Fundamentals and Application, 6-8 August 1979, Vol-II, pp. 527-540.
3. Bairamov, R., Toilev, K., "Heat Pipes in Solar Collector, Advances in Heat Pipe Technology, D.A Reay, Pergamon Press, 1981, pp. 47-54.
4. Akyurt, M., "Development of the Heat Pipes for Solar Energy Vol. 32, No. 5, pp.625-631, 1984.
5. Ataer, Ö.E., "İki Fazlı Termosifon ile Kolektör Tasarımı için İberans Tebliğleri 16-18 Mayıs 1984, Sayfa 278-292.
6. Uyarel, A.Y., "Her iklim tipi Güneşli Su Isıtıcısı", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 8, Sayı 1. Temmuz 1985, Sayfa 23-26.
7. Dunn, P.D., Reay, D.A., "Heat Pipes", Third edition, Pergamon Press, 1982.
8. Chi, S.W., "Heat Pipe Theory and Practice", A Sourcebook, Hemisphere Publishing Corp. 1976.
9. Güngör, A., "Heat Pipe Design For Solar Collector Applications", Part I and Part II, Brace Research Institute, Canada, 1987.
10. Güngör, A., Düzlemsel Enerjisi Toplayıcılarında Isı Borusu Uygulamaları ve Prototip bir Toplayıcının Geliştirilmesi Üzerine Deneysel çalışmalar. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 10, Sayı 4 Aralık 1987, Sayfa 15-21.
11. Güngör, A., Enerjinin Verimli Kullanımında ve Enerji Tasarrufunda Isı Boruları, 6. Enerji Tasarrufu Semineri Tebliğleri, 11-13 Ocak 1988, İstanbul, TÜYAP.
12. Değişik Firma Katalogları Isoterix, Torin, MSchunk.
13. Teba Sirküleri-5, Isı Borusu (Termosifon) Değiştirgeçler.
14. Teba Sirküleri-6, Isı Borusu (Termosifon) Değiştirgeçler (Devam).
15. Air to Air Energy Recovery, 1992 Systems and Equipment Handbook (SI), ASHRAE Publication.
16. Yılmaz, T., Oğutala, R.T., İklimlendirme Tesislerinde Heat Pipe Tipi Isı Esanjörleri Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, (1990), 137-149.
17. Yeşilata, B., Pıhtılı, K., Isı Borulu Isı Değiştirgeçlerinin İklimlendirme Sistemlerine Uygulanması İkinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, (1992).
18. Azad, E., Geola F., A Design Procedure for Gravity-Assisted Heat Pipe Heat Exchanger Heat Recovery Systems, Vol.4, No.2, pp.101-111, 1984.
19. Reay, D.A., Industrial Energy Conservation, A Handbook for Engineers and Managers, pp. 199-207., Pergamon Press, 1979.

20. Güngör,A., zbalta,N., Değişik Isı Değiştirmeğleri ile Kazanım Sistemleri, 6. Enerji Tasarrufu Kongresi Seminer Tebliğleri 11-13 Ocak 1988, İstanbul, Tüyap.

21. Anon., Atık Isı Geri Kazanımı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Sanayide Enerji Tasarrufu Serisi 4, 1985.