

KILCAL BORU BOYUTUNUN BELİRLENMESİ İÇİN TAVSİYELER

Çevirenler: Hüseyin BULGURCU, Şaban SAVAŞ

GİRİŞ

Kılcal boru buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde en yaygın kullanılan genişleme cihazlarından biridir. Kılcal boru tüm evsel uygulamalarda ve ayrıca bir çok ticari tasarımlarda kullanılır. Onun montajı kolay, ekonomik ve arızasızdır.

Seçimi “deneme-yanılma “ pratik yöntemine dayanmaktadır, örnek olarak en iyi performansı için farklı kılcal borular denenir. Gerçi basitleştirilmiş hesaplama modelleri de mevcuttur, ancak verilen bir uygulamada son ayarlama için pratik laboratuvar deneyleri yapılmalıdır. Bu basittir çünkü soğutma sistemi sabit şartlar altında çalışmaz ve böylelikle kılcal boru doğrudan etkilenir.

Bu dokümanın sonunda en uygun kılcal boru için tablolar hazırlanmıştır. Bunlar başlangıçta laboratuvar deneylerine yardımcı olmak ve deney sayısını en aza indirmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu tablolar R12, R22, R134a, ve R404A’yı kapsamaktadır.

KILCAL BORUNUN SEÇİMİ

Kılcal borunun içindeki akışı daha çok giriş ve çıkış basınçları etkilemekte olup bunlar genellikle yoğunlaşma ve buharlaşma basınçlarına uygundur. Pratik bir gözlem olarak yoğunlaşma sıcaklığındaki 10 K’lık bir değişme, buharlaşma sıcaklığında 5 K’lık bir değişimi sonuç vermektedir.

Kütleli debide, çap farkları ve yüzey pürüzlülük toleransı kılcal borudan gerçek gaz akışını etkilemektedir.

Yukarıda sayılamayan benzeri değişkenlerin açıklaması genel bir durum için verilen bir tavsiyeleri oldukça fazla kısıtlayacaktır. Bu bilgiler 45 °C yoğunlaşma sıcaklığı ve bir ısı değiştiricinin varlığına bağlı olarak verilmiştir.

Tabloların kullanımı oldukça basittir. Prensip olarak başlangıç noktası soğutucu akışkan akışı olmalıdır. Fakat tanımlanan bir soğutma çevrimi gibi, akış soğutma kapasitesi ile orantılı olup kompresör kataloğundan uygun soğutma kapasitesi kullanılarak girilebilir, akış verisi kullanılmaz.

ÖRNEK OLARAK GEREKLİ VERİLER

Buharlaşma sıcaklığı (Örnek -30 °C)

Kompresör modeli (Örnek: GL 80 AH)

Her kompresörün soğutma kapasitesi ilgili veri sayfasından okunabilir. Örnek olarak GL 80 AH kompresörü -30/45 °C buharlaşma/yoğunlaşma sıcaklıklarında çevrimde 32 °C aşırı soğutma da (ASHRE) 129 kcal/h soğutma kapasitesi üretmektedir.

İlgili soğutucu akışkan tablosuna dönülür, bu durumda R134a ve yaklaşık 129 kcal/h soğutma kapasitesi için bakılır. İlk kolonda en yakın değer 123 kcal/h okunur ve sırasıyla ikinci ve üçüncü kolon kılcal borunun iç çapını ve uzunluğunu verir.

ÇAPTAKİ DEĞİŞME

Tabloda gösterilenlerden daha farklı kılcal boru çaplarıyla çalışılması muhtemeldir. Aşağıdaki formül tabloda verilenlerden farklı bir çaptaki bir kılcal boru için yaklaşık uzunluğu vermektedir.

$$z = \left(\frac{D}{D_0} \right)^{4,7} \cdot z_0$$

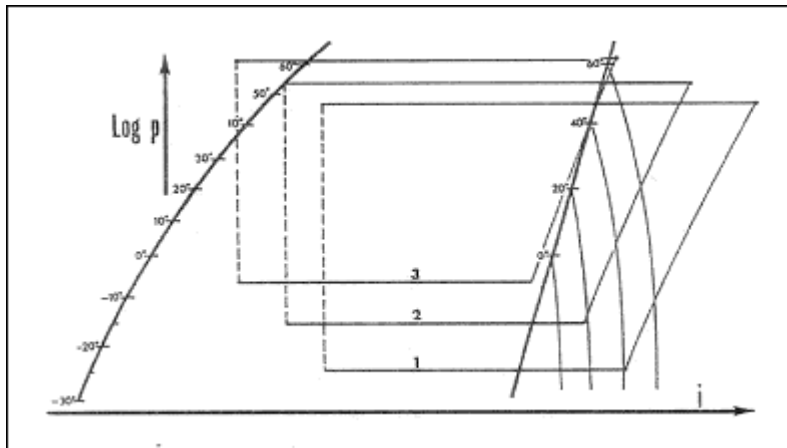
Not: (0) indisi tabloda verilen değerleri göstermektedir.

SOĞUTMA SİSTEMİNİN DENGESİ

Her sistem elamanı (kompresör, kondenser, kılcal boru, evaporatör) kendi davranışsal karakteristiğine sahiptir. Bir kez tasarlandığında ve kurulduğunda, verilen bazı çalışma şartları için denge –termal yük, ortam sıcaklığı-soğutucu akışkan şarjıyla kurulur. Bu uyumun olması veya olmaması sistem verimini oldukça fazla etkileyecektir.

Çok küçük şarj buharlaşma sıcaklığının düşmesi sonucu verir, eksik soğutucu akışkan etkisi ve zayıf kullanımı oluşur (düşük akış).

Aşırı soğutucu şarjı yüksek basma basınçlarına neden olacaktır. Kompresör verimi düşer ve emme hattında aşırı sıvı görünür.



Şekil-1 Aşırı, normal ve eksik şarj miktarının p-h diyagramındaki etkisi

Şekil-1 entalpik bir diyagram üzerinde farklı soğutucu şarjlarının etkisini göstermektedir. 1 eğrisi eksik soğutucu şarjına uygundur. Düşük emme basıncı, kompresörden gelen akışı

düşürür ki bu durumda kılcalın yeterli sıvı ile dolması mümkün olmaz. Sonuç olarak kılcaldan önemli miktarda buhar geçer.

2 nolu eğride şarj miktarındaki bir artış basınçları yükseltir ve kılcal sıvı almaya başlar. 3 nolu eğride aşırı soğutma derecesi fazla ise kondenser çıkışında bir sıvı toplanması mevcut olup verimini basma hattı basıncında bir artışla gösterir. Uygun bir şarj, kondenser çıkışında az bir miktar aşırı soğutma sağlar.

Aşırı bir şarj ile kompresör emişine sıvı yürümesi riski artar. Bu akışkan yağ ile karışır, zayıf yağlamaya neden olur, silindirleri aşındırır ve sübaplarda kırıklara neden olarak kompresörü kullanılmaz hale getirir.

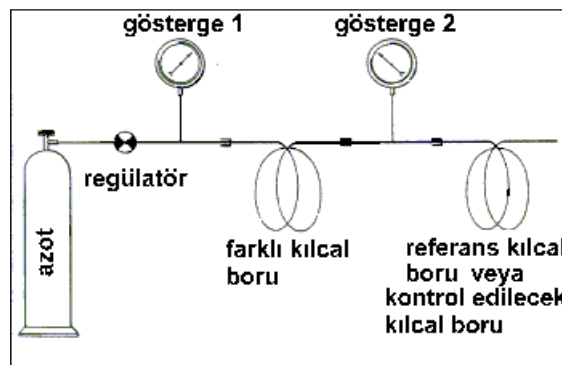
KILCAL BORU GİRİŞİNDE SIVI SIZDIRMAZLIĞI

Soğutucu akışkan kılcal boruya “yukarıdan aşağıya” doğru yönde girmelidir. Örnek olarak kurutucu-filtre kılcal boruya eğimli olarak (min 15°) endüşük seviyede girmelidir. Bu yolla soğutucu akışkan ağırlık yardımıyla kılcal boru girişinde toplanacak, buhar girişini engelleyen bir “sıvı sızdırmazlığı” oluşturacaktır. Şayet akış yönü “alttan üste” doğru ise sıvı kılcal boru boyunca hız yardımıyla gaz olarak taşınır, gerçi doğal eğilim olarak çıkışta kabarcık oluşumu geriye doğru kabarcıkların sıvılaşma eğilimini artırır. Bu basma hattı basıncını artırır ve sistem verimini düşürür.

BİR KILCAL BORUNU DENENMESİ

Seçimden sonra tablolar ve ayarlama deneyine yardımcı olmak üzere belli bir sistem için uygun kılcal borunun geniş bir ağız boyunca karakteristiklerini ortaya koymak gereklidir (eş değer sistemlerde, benzer bir kompresör, kullanılan benzer basınçlar).

Burada bir azot tüpü sabit basınç ve değişken debi üretmek üzere basınç regülatörü ile teçhiz edilmiştir. Örnek olarak 14 bar kullanılmaktadır.



Şekil-2 Bir kılcal borunun denemesi

Bir kılcal boru, önceden belirlenen benzer boyutlarda kılcal boru 1 ve 2 nolu manometreler arasına bağlanır ve sabit kılcal boru olarak kullanılır.

Önceden bir sistem için uygunluğu bilinen bir kılcal boru 2 nolu manometre çıkışına bağlanır. Bu referans kılcal borusudur.

Basınç regülatörü ayarlandıktan sonra manometrelerden örnek olarak aşağıdaki değerler okunmuştur:

Örnek : Manometre 1 = 14 bar
Manometre 2 = 7,8 bar

Bu değerler referans değer olarak kabul edilir. Ardından referans kılcal boru denenecek bir kılcal boru ile değiştirilir ve basınç regülatörü 14 bara ayarlanır, manometre 2 okuması 7,8 bar dır. Böylece kılcal boru davranışının referans kılcalı uygunluğu kanıtlanmış olur.

Şayet 2 nolu manometre okuması 7,8 bardan yüksekse referans kılcalında daha fazla kısıtlayıcı olduğundan boyunun küçültülmesi gerekir. Tersine olarak daha küçük basınç kılcal borunun daha az kısıtlayıcı olduğuna görev yapamayacağını gösterir. Onun geri dönmesi mümkün değildir ve daha uzun olanı takılmalıdır.

NOT: 14 bar ve 7,8 bar değerleri bu örnek için rastgele seçilmiştir. Yüksek akış debileri ve çok yüksek hassasiyetteki manometreler olması dışında regülatörün ayar basıncının daima 5 bardan yüksekte olması tavsiye edilir.

TABLO-1 R-22 için kılcal boru seçimi

Soğutma Kapasitesi		Kılcal Boru	
ASHRAE Conditions	CECOMAF Conditions	İç Çap	Uzunluk
(kcal/h)	(W)	(mm)	(m)
2700	2862	2,0	1,5
2450	2597	2,0	2,0
2250	2385	2,0	2,5
2150	2279	1,8	1,5
1950	2067	1,8	2,0
1800	1908	1,8	2,5
1700	1802	1,8	3,0
1575	1670	1,5	1,5
1400	1484	1,5	2,0
1275	1352	1,5	2,5
1175	1246	1,5	3,0
1125	1193	1,5	3,5
975	1034	1,2	1,5
925	981	1,2	2,0
850	901	1,2	2,5
775	822	1,2	3,0
550	583	1,0	1,5
490	519	1,0	2,0
440	466	1,0	2,5
400	424	1,0	3,0
375	398	1,0	3,5
	ASHRAE	CECOMAF	
Yoğunlaşma sıcaklığı (°C):	45	45	
Aşırı soğutma sıcaklığı (°C):	32	45	
Emme sıcaklığı (°C):	32	32	

TABLO-2 R-12 için kılcal boru seçimi

Soğutma Kapasitesi		Kılcal boru	
ASHRAE Şartları	CECOMAF Şartları	İç çap	Uzunluk
(kcal/h)	(W)	(mm)	(m)
3800	4028	2,8	2,0
3450	3657	2,8	2,5
3250	3445	2,5	1,5
2900	3074	2,5	2,0
2700	2862	2,5	2,5
2500	2650	2,2	1,5
2250	2385	2,2	2,0
1850	1961	2,0	1,5
1700	1802	2,0	2,0
1550	1643	2,0	2,5
1400	1484	2,0	3,5
1320	1399	1,8	2,0
1230	1304	1,8	2,5
1130	1198	1,8	3,0
1065	1129	1,8	3,5
975	1034	1,5	1,5
850	901	1,5	2,0
770	816	1,5	2,5
700	742	1,5	3,0
610	647	1,5	4,0
575	610	1,2	1,5
500	530	1,2	2,0
450	477	1,2	2,5
415	440	1,2	3,0
390	413	1,0	1,5
330	350	1,0	2,0
300	318	1,0	2,5
275	292	1,0	3,0
250	265	1,0	4,0
225	239	0,8	1,5
195	207	0,8	2,0
180	191	0,8	2,5
165	175	0,8	3,0
147	156	0,7	2,0
130	138	0,7	2,5
120	127	0,7	3,0
110	117	0,6	1,5
98	104	0,6	2,0
93	99	0,6	2,5
85	90	0,6	3,0
74	78	0,6	4,0
65	69	0,6	5,0
	<u>ASHRAE</u>	<u>CECOMAF</u>	
Yoğunlaşma sıcaklığı (°C):	45	45	
Subcooling temp(°C):	32	45	
Emme sıcaklığı (°C):	32	32	

TABLO-3 R-134a için kılcal boru seçimi

Soğutma Kapasitesi		Kılcal Boru	
ASHRAE Şartları	CECOMAF Şartları	İç Çap	Uzunluk
(kcal/h)	(W)	(mm)	(m)
2210	2298	2,0	2,0
1987	2066	2,0	2,5
1818	1891	2,0	3,0
1679	1746	2,0	3,5
1500	1560	1,8	2,5
1258	1308	1,8	3,5
1179	1226	1,5	1,5
1022	1063	1,5	2,0
908	944	1,5	2,5
824	857	1,5	3,0
756	786	1,5	3,5
701	729	1,5	4,0
645	671	1,2	1,5
554	576	1,2	2,0
490	510	1,2	2,5
442	460	1,2	3,0
391	407	1,0	1,5
333	346	1,0	2,0
294	306	1,0	2,5
264	275	1,0	3,0
241	251	1,0	3,5
210	218	0,8	1,5
179	186	0,8	2,0
157	163	0,8	2,5
145	151	0,7	1,5
123	128	0,7	2,0
108	112	0,7	2,5
97	101	0,7	3,0
94	98	0,6	1,5
79	82	0,6	2,0
70	73	0,6	2,5
62	64	0,6	3,0
56	58	0,5	1,5
48	50	0,5	2,0
42	44	0,5	2,5
	ASHRAE	CECOMAF	
Yoğunlaşma sıcaklığı (°C):	45	45	
Aşırı soğutma sıcaklığı (°C):	32	45	
Emme sıcaklığı (°C):	32	32	

TABLO-4 R-404A için kılcal boru seçimi

Soğutma Kapasitesi		Kılcal Boru	
ASHRAE Şartları	CECOMAF Şartları	İç Çap	Uzunluk
(kcal/h)	(W)	(mm)	(m)
3086	3024	2,0	1,5
2637	2584	2,0	2,0
2390	2342	1,8	1,5
2021	1981	1,8	2,0
1877	1839	1,8	2,5
1697	1663	1,8	3,0
1526	1495	1,5	1,5
1312	1286	1,5	2,0
1160	1137	1,5	2,5
1070	1049	1,5	3,0
982	962	1,5	3,5
863	846	1,2	1,5
736	721	1,2	2,0
650	637	1,2	2,5
595	583	1,2	3,0
536	525	1,0	1,5
456	447	1,0	2,0
403	395	1,0	2,5
364	357	1,0	3,0
335	328	1,0	3,5
295	289	0,8	1,5
261	256	0,8	2,0
230	225	0,8	2,5
216	212	0,7	1,5
184	180	0,7	2,0
164	161	0,7	2,5
148	145	0,7	3,0
144	141	0,6	1,5
123	121	0,6	2,0
109	107	0,6	2,5
99	97	0,6	3,0
89	87	0,5	1,5
75	74	0,5	2,0
67	66	0,5	2,5
	ASHRAE	CECOMAF	
Yoğunlaşma sıcaklığı (°C):	45	45	
Aşırı soğutma sıcaklığı (°C):	32	45	
Emme sıcaklığı (°C):	32	32	

KAYNAK: www.cubigel.com/english/frprod.htm