

Sayın Okurumuz,

Bu bültenle, Alarko Carrier ve iş ortaklarının teknik ve geliştirme çalışmalarını açıkladıkları makaleleri sizlerle paylaşmak istiyoruz.

Amacımız bir süre sonra okurlarımızın bilgisayarlarında her zaman baş vurabilecekleri bir Alarko Carrier kütüphanesi oluşturmaktır.

Bülten konusundaki düşünceleriniz bizler için yol gösterici olacaktır. Haberleşme adresimiz aşağıda verilmiştir.

Yararlı görürseniz bültenimizi çevrenizde duyurmanızdan memnun oluruz.

Bültenle ilgilenmiyorsanız, zamanınızı gereksiz yere almak istemiyoruz, adresinizin silinmesi için bu sütunun altındaki e-posta adresine tıklamanız yeterlidir. Saygılarımızla.



AQUASNAP PURON: Yeni Seri
Kyoto Sözleşmesine Uygun Büyük
Kapasiteli Su Soğutma Grubu
www.alarko-carrier.com.tr

ALARKO CARRIER BÜLTENLERİ

- Teknik Bülten
- Yeni Ürün
- Gerçek Konfor

Bu bültenler www.alarko-carrier.com.tr adresinden abone olabilir, eski sayılarına "Bültenler" başlığı altında erişebilirsiniz.

Haberleşme Adresi:
info@alarko-carrier.com.tr

SPİRAL (SCROLL) KOMPRESÖRLER Ticari ve Endüstriyel Uygulamalar İçin Yüksek Verimli Sıkıştırma

GİRİŞ

Spiral (Scroll) Kompresör Nedir?

ASHRAE HVAC Sistem ve Ekipman Elkitabı'na göre (ASHRAE 2004, Bölüm 34) spiral kompresörler, spiral şeklinde iç içe geçmiş iki eleman ile sıkıştırma yapan, yörüngesel hareketli, pozitif yer değiştirme makineleridir.

Spiral kompresör kavramı ve çalışma prensibi açıklandığı zaman, ASHRAE'nin bu kısa ve oldukça karmaşık tanımının anlaşılmasının ne denli kolay olduğu görülecektir. Gerçekten spiral kompresörün nasıl çalıştığı açıklandığında, her zaman, "Bu kadar kolay bir şeyi ben neden düşünemedim" sorusu akla gelir.

Bu makalenin amacı spiral kompresörün çalışma prensibini ve uygulama alanlarını açıklamak, aynı zamanda performans, verim ve güvenilirliğini tartışmaktır.

ASHRAE, yukarıda belirtildiği gibi, spiral kompresörleri yörüngesel hareket yapan pozitif yer değiştirme kompresörleri olarak sınıflandırır. Pratikte, spiral kompresörler genellikle, ikiz vidalı, tek vidalı, dönel ve yuvarlanmalı pistonlu kompresörler gibi "döner (rotary) makina" olarak kabul edilirler. ASHRAE'nin yaptığı sınıflandırma teknik olarak tam doğru olmakla birlikte hava koşullandırma pazarında çok belirleyici değildir.

Hava soğutmalı su soğutucular gibi ticari uygulamalarda, yörüngesel hareketli spiral kompresörler ve döner ikiz-vidalı kompresörlerin ikisi de geçerli pozitif yer değiştirme teknolojileridir. Bu kompresörler, sıkıştırıcı elemanlarının döner hareketi ile, pistonlu kompresörlerde pistonların doğrusal, santrifuj kompresörlerin spin hareketinden ayrılırlar.

Spiral (Scroll) Kompresörün Tarihi ve Gelişimi

Spiral kompresör düşüncesi yeni değildir, ancak teknolojisi oldukça yenidir. İlk spiral kompresörün patent tarihi 1905'lere kadar uzanır. İlk spiral kompresör tasarımı, zamanının çok ilerisinde olan Leon Creux isimli bir Fransız mühendis tarafından gerçekleştirildi. 1970'li yıllara kadar hassas işleme teknolojilerindeki gelişmeler, çalışabilir spiral kompresör prototiplerinin yapılmasını olanaklı kıldı. Özellikle Japonya ve Amerika'da gelişmeler devam etti ve 1980'lerin ortalarında HVAC ve soğutma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Günümüzde birçok ticari işyeri ve konut uygulamasında spiral kompresörlerin kullanıldığı görülüyor.

Öte yandan, spiral kompresörlerden daha eski tarihte tasarlanmalarına karşın vidalı kompresörlerin hava koşullandırma alanında uygulanması oldukça yenidir. Vidalı kompresörlerle ilgili ilk patent 1878 yılında alınmıştır. Ancak modern ikiz-vidalı kompresör 1935 yılında üretilip endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya başlandı. Hava koşullandırma alanında kullanımı ise 20. yüzyıl sonlarında gerçekleşebildi.

ÇALIŞMA PRENSİBİ

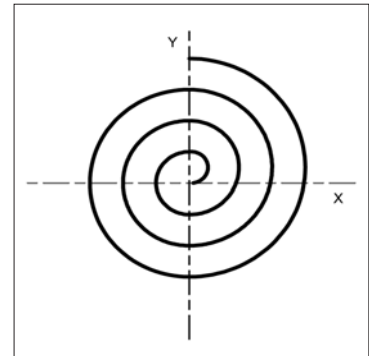
Spiral Geometrisi

Tanım olarak *kıvrılma*, bir merkez etrafında dönme ya da bükülmüdür. Her *kıvrım* bir spiraldir. *Spiral*, sabit bir merkez etrafında gittikçe büyüyen yarıçap üzerinde hareket eden bir noktanın konumu ile tanımlanan dairesel bir eğridir ve bir ya da daha fazla kıvrıma sahip olabilir (Şekil 1).

Temel bir matematiksel eşitliğin varyasyonları ile tanımlanan birçok değişik spiral türü vardır. Temel spiral formu " $r=a\theta$ " basit eşitliği ile gösterilen *Arşimet Spiral*'dir. Bu eşitlikte " r " sabit bir merkeze göre yarıçap, " a " sabit bir sayı ve " θ " ise açıdır (kutupsal koordinatlarda).

Bazı spiral tipleri; "hiperbolik, parabolik, logaritmik ve involut"tür.

Basit bir spirale üçüncü boyut eklenirse sonuç, rulo yapılmış bir kağıt şeridi görüntüsüne benzeyen halka şeklinde sarmış bir yüzey olur.



Şekil 1. Basit Spiral

Spiral kompresörler için kullanılan "scroll" tanımlaması "parşömen tomanı" anlamına gelen, antik katiplerin yazılı parşömenleri saklama ve koruma amacı ile tahta makara üzerine sarmalarından esinlenerek türetilmiştir.

Spiral kompresör tasarımında önemli bir yeri olan *involut spiral*, sabit bir eksen üzerindeki temel dairenin çevresine göre sürekli değişen bir yarıçap ile tanımlanan bir spiraldir (Şekil 2). Eğrinin görünümü bir silindirden boşalan gergin bir telin ucuna benzer.

Involut'un şekli birbirini karşılayan makina parçalarının iç içe geçmesini sağlar. Böylelikle yatak yüzeyleri birbiri üzerinde kaymak yerine yuvarlanırlar (örnek, dişli çarkın dişleri). Bu durum sürtünme ve aşınmayı azaltır ve parçaların birbirine geçmesi sırasında sabit bir açısal hız oranı oluşmasını sağlar. İç içe geçen spiral kanatlarının involut geometrisi tanjant noktalarda yuvarlanma etkisi yaparak kaymayı minimuma düşürür.

Spiral Çark Seti

Bir spiral kompresörde temel sıkıştırma elemanı *'spiral'*dir. Kavram olarak, serbest olarak duran, involut spiral şeklinde işlenmiş bir metal şerittir. Spiral bir ucundan sabit ve düz bir kaideye bağlanmıştır. *Spiral seti*, birbiri ile aynı geometriye sahip iki spiralden oluşur. Bunlardan biri 180 derece döndürülerek tersyüz edilir, ikincisinin boşlukları içine sokulur (Şekil 3).

Spiral kompresörlerin bir çoğunda, cihazın çerçevesi üst spirali sabit tutar. Bir eksantrik motor mili alttaki spirali yörüngesel bir şekilde hareket ettirir.

"Oldham" olarak adlandırılan ve özel olarak tasarlanmış bir kavrama alttaki spirali sabit bir açısal pozisyonda tutar, dönmesini engeller ve yörüngesel bir güzergahta radyal olarak hareket etmesini sağlar.

Sıkıştırma İşlemi

Alt ve üst spiraller monte edilince kanatlarının yan yüzleri yarım ay şeklinde cepler oluşturur.

Alt spiral kendi eksenini etrafında döndükçe kanatların yan yüzleri üzerindeki teğet noktaları içeri doğru ilerler ve yarım ay şeklindeki cepleri "involut"ün merkezine doğru iter.

Cepler hareket ettikçe hacimleri azalır ve bu şekilde aradaki gazı sıkıştırır. Şekil 4'te yörünge hareketlerinin sırası, gaz ceplerinin hareket ve değişimi gösterilmiştir.

Birinci yörünge her iki spiralin uçları düşük basınçtaki soğutucu gazın aradaki boşluğu doldurmasına izin verecek şekilde tamamen açıkken başlar (Şekil 4- A konumu). Alt spiralin yörüngesi en sonunda soğutucu gazın birinci cebini kapatır (C pozisyonu).

Birinci yörünge tamamlandığında, yarım ay şeklindeki ceplerin birinci çifti daha içeride bir pozisyona gelir ve spirallerin dış uçları düşük basınçtaki daha fazla soğutucu gazın içeri girmesine izin verecek şekilde açılmaya başlar (D pozisyonu).

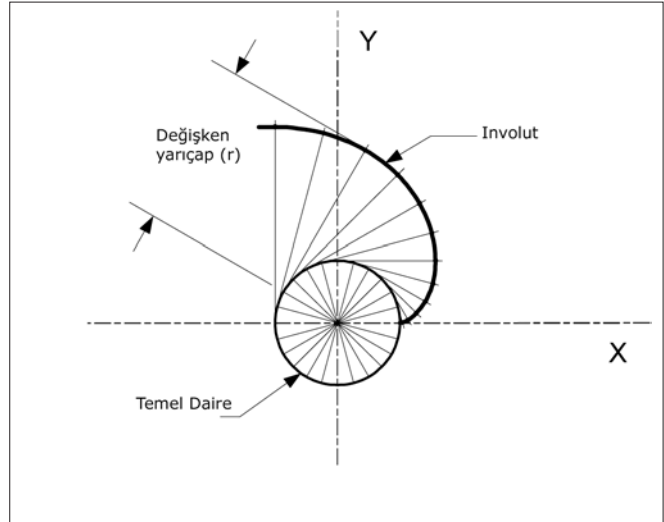
İkinci yörünge birinci gaz cebini sürekli olarak hacmi düşürüp, basıncı arttıracak şekilde spiral setinin merkezine doğru iter. Üçüncü yörünge spiral setinin hemen dışındaki yarım ay şeklindeki ceple başlar.

Üçüncü yörünge devam ettikçe en içteki kanatların teması, sıkıştırılmış gazın merkezdeki çıkış kapısına geçişine izin verecek şekilde kesilir (J pozisyonu). Üçüncü yörünge yüksek basınçlı soğutucu gazı dışarı atarak sıkıştırma çevrimine devam eder (L pozisyonu).

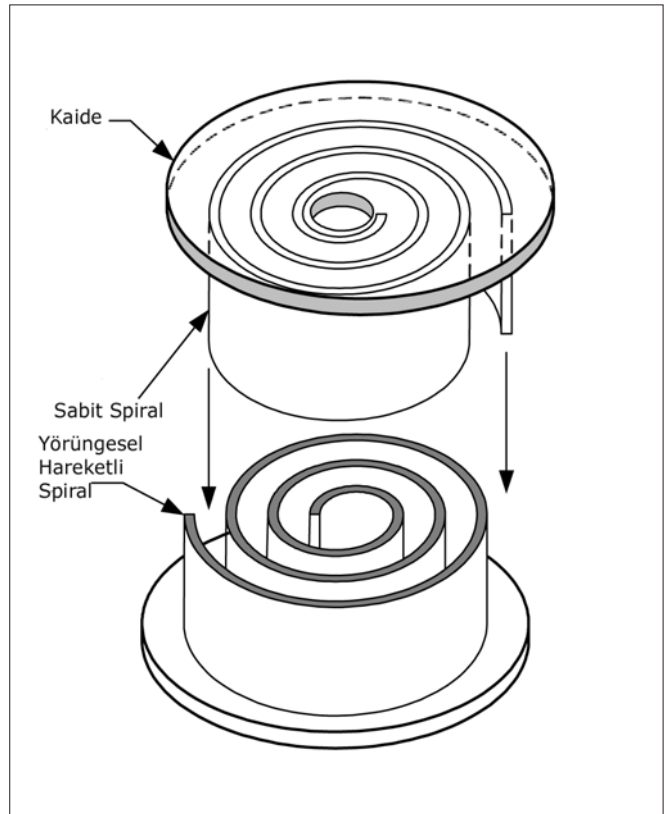
Spiral setin ve yarım ay şeklindeki ceplerin simetrisine dikkat edilmelidir. Yukarıdaki paragrafta anlatılan her iki cebin şekli ve konumu sıkıştırma işlemi boyunca simetrik ve çapa göre zittir (3. yörünge). Spiral setin doğal simetrisi kanatlara uygulanan radyal gaz kuvvetini dengeleyerek düzgün bir sıkıştırma çevrimi sağlar.

Ayrıca, her yörünge sıkıştırma çevrimini yeniden başlattığından, her hangi bir zaman diliminde Şekil 5'de görüldüğü gibi, düşük, orta ve yüksek basınç koşullarında simetrik üç çift yarım ay şeklinde cep vardır.

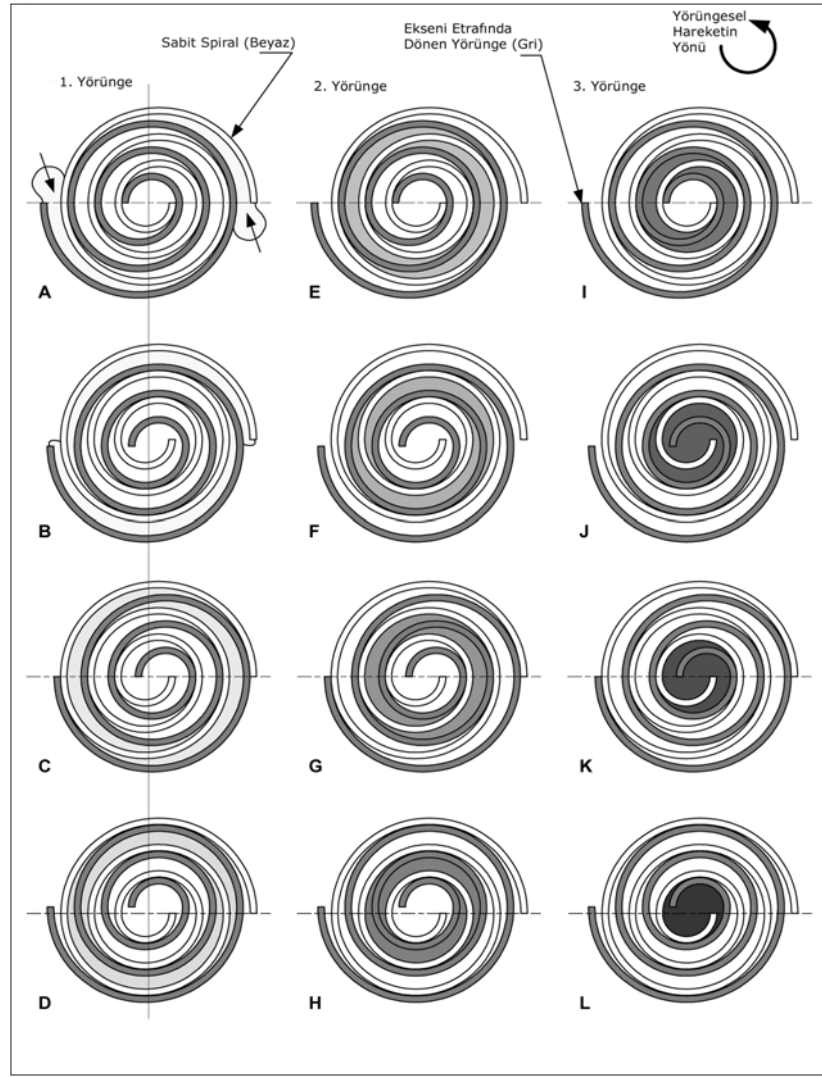
Şekil 4'deki A ve L pozisyonları arasında sıkıştırma, ileri-geri çalışan kompresörlerde olduğu gibi, titreşim veya güçlü vuruntuların olmadığı, düzgün ve devamlı bir işlemdir.



Şekil 2. Bir involut spiralın yarı çapı temel bir dairenin çevresinden itibaren ölçülür.



Şekil 3. Spiral çark seti birbirinin aynı iki spiralden oluşur, bunlardan biri ters yüz edilir ve 180° döndürülerek diğerinin içine geçirilir.



Şekil 4. Tam bir sıkıştırma çevrimi soğutucu gazı düşük basınçlı emme koşullarından (A pozisyonu) yüksek basınçlı basma koşullarına (L pozisyonu) taşımak için birçok yörüngeye ihtiyaç duyar.

Uyumluluk

Bazı spiral kompresör üreticileri bir kompresördeki alt ve üst spiraller arasındaki yörüngesel yolu tanımlamak için 'uyumluluk' terimini benimsemişlerdir.

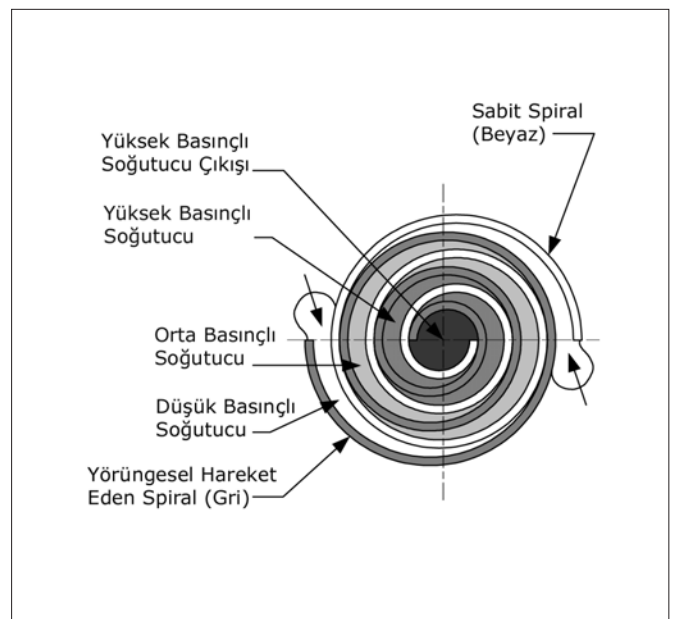
"Radyal uyumlu" kompresör, eksenel dönen ve sabit spiralin teması ile belirlenen esnek bir yol izlemesine olanak verir (kam ve izleyicisi gibi). Kendi eksenel dönen spiral ile motor mili arasına monte edilen "yüksüz" burç yörünge yarıçapındaki, işleme ve montaj hatalarından kaynaklanan değişimleri absorbe eder.

"Eksenel uyum", yörüngesel hareket eden ve sabit spirali aksel olarak ayırabilme yeteneğini ifade eder.

"Uyumsuz kompresör"de yörüngesel hareket eden spiral, yörüngesel hareket eden ve sabit spiralin hiç bir şekilde bir birine değmeyeceği sabit bir yol izler. Carrier ve Danfoss bunu, "kontrollü yörünge" tasarımı olarak adlandırır.

Kontrollü yörünge kompresörlerinde spiraller arasındaki geometrik ilişki bütün çalışma koşullarında aynıdır.

Kompresör üretilirken spirallerin bir birine temas etmesi ya da temassız-kontrollü yörüngeye sahip olması, spirallerin sızdırmazlığının ne şekilde sağlanacağına bağlıdır.



Şekil 5. Sıkıştırma işlemi sürekli olduğu için, herhangi bir zaman diliminde spiral kanatları düşük, orta ve yüksek basınçta soğutucu gaz cepleri tutar.

Sızdırmazlık Teknikleri

Kompresör performansı, iç sızıntı ve mekanik kayıplarla doğrudan ilişkilidir. Spiral kanatları arasına hapsedilen yarım ay şeklindeki soğutucu gaz cepleri doğal olarak dengeye ulaşacak bir yer arar. Kanadın bir tarafındaki gazın basıncı diğer tarafındakinden fazla ise, basıncın yüksek olduğu taraftaki gaz basıncın az olduğu tarafa doğru bir yol bulmaya çalışır.

Bir spiral kompresörde 'radyal' ve 'eksenel' olmak üzere yalnızca iki sızıntı yolu vardır. (1)

Yüksek basınçlı yarım ay şeklindeki cepteki gazın bir sonraki düşük basınçlı cepe geri sızmaya çalışması ile spiral kanatlarının yan yüzlerinde "radyal sızıntı" meydana gelir (Şekil 6).

"Eksenel sızıntı" spiral kanat uçları (serbest involüt spiral köşesi) ile karşılık gelen spiralin kaidesi arasında meydana gelir. Eksenel sızıntı, radyal sızıntıya oranla daha kritiktir. (ASHRAE 2004).

Sızıntı güç kullanımını artırır, kompresör kapasitesini azaltır ve verimi düşürür.

Radyal Sızdırmazlık

Uyumlu kompresörlerde, yörüngesel hareket eden ve sabit spiral arasındaki temas sızdırmazlık mekanizması olarak kullanılır.

Ancak, radyal uyumlu kompresörler, yeniyken, bütün temas noktalarında eşit derecede etkili bir sızdırmazlığa sahip olamazlar.

Bu tasarımda, bütün yüzeylerdeki temasın eşitlenmesi için bir aşınma süresine ihtiyaç vardır. Temas uyumu kaçınılmazdır.

Kontrollü yörünge kompresörlerinde ise, bunun tersine, spiral kanatlarının sıklığını sağlamak amacıyla spiral profilinin çok hassas olması gerekir.

Bilgisayar kontrollü işleme aletleri mikron mertebesinde toleransla hassas yüzey geometrisi sağlar (bir mikron 1×10^{-6} metre ya da 0.000039 inç'dir).

Kanat yan yüzeyleri asla bir birine değmez. Toleranslar öyle hassastır ki, ince bir yağ tabakası boşlukları doldurarak, eksenel hareket eden spiralin sürtünmesiz ve aşınmasız olarak hareketini sağlayan kaygan bir yüzey oluşturur.

Kontrollü yörünge kavramı kanatlar arasında mekanik temasa izin vermediğinden uyum gerekli değildir ve kompresör spiral seti ömrü boyunca sabit bir geometriyi korur.

Eksenel Sızdırmazlık

Uyumlu tasarımlar kanat uçları ile karşısındaki taban plakası arasındaki temasa dayanır. Isıl artışa ve aşınmaya karşı tolerans sağlamak için eksenel esneklik gerekir.

Bazı üreticiler sabit spirali yörüngesel spirale karşı yüklemek için gaz basıncını kullanırlar.

Kontrollü yörünge kompresörleri yörüngesel kanat uçları ile sabit taban plakası arasındaki dinamik teması yüzer bir conta ile sağlarlar.

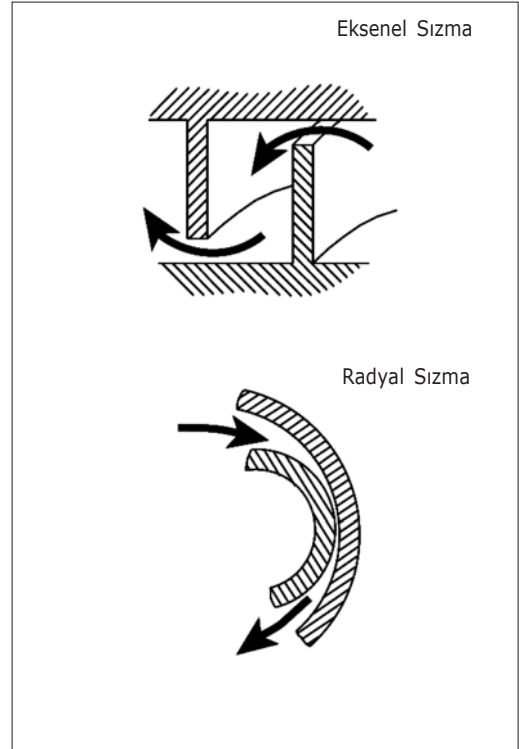
Kanat ve ona karşılık gelen taban plakası arasında yüzen sızdırmazlık elemanlarını kanat uçlarına açılmış yivler taşır (Şekil 7).

Soğutucu gazın basıncı, contaları, operasyon sırasındaki ideal dinamik teması sağlayacak şekilde taban plakasına karşı yükler.

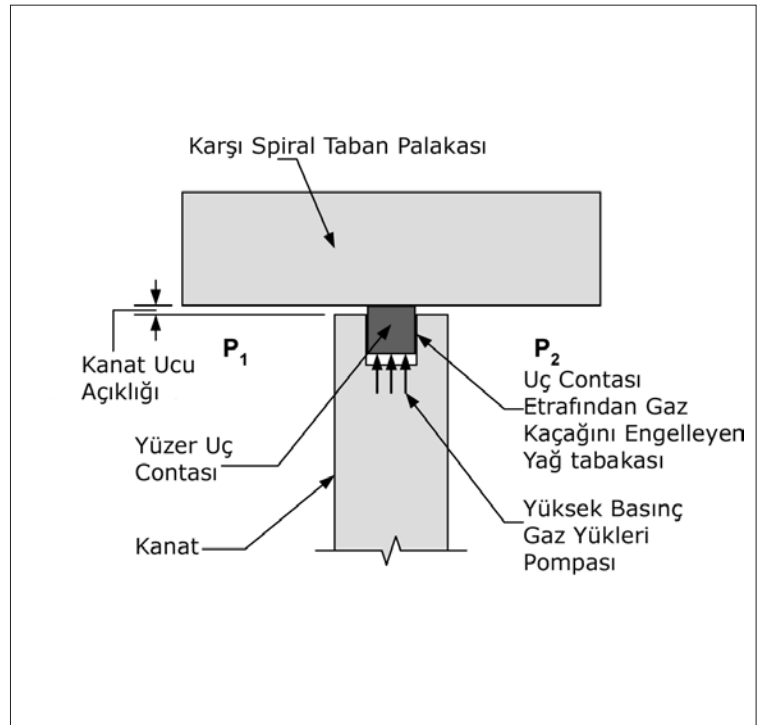
Temas gücü azdır ve bu durum azaltılmış temas yüzey alanı ile birlikte sürtünme kayıplarını önemli ölçüde azaltırken verimliliği artırır.

(1) Döner ikiz-vidalı bir kompresörde sıkıştırma sırasında 3 kaçak yolu vardır:

- Dişi ve erkek lobların birbirine geçtiği noktadan eksenel,
- Lob kenar ve yuvalarının arasından radyal,
- Rotor ucu ile yuvasının arasından.



Şekil 6. Radyal sızıntı spiral kanatlarının bitişik yan yüzeyleri arasında, eksenel sızıntı ise kanat uçları ile karşılık gelen spiralin tabanı arasında olur.



Şekil 7. Kontrollü yörünge tasarımı spiral kompresörlerde, kanat uçları üzerine açılmış yivler içine yerleştirilmiş yüzer contalar kullanılır.

YAPI VE OPERASYON

Spiral kompresörler tam hermetiktir. Spiral seti, kavrama, karşı ağırlık, motor ve yatakları, silindir şeklinde kaynaklı çelik bir gövde içine yerleştirilmiştir.

Hava koşullandırma ve soğutmada kullanılan spiral kompresörlerin çoğu dikey konumlandırılmış, spiral çark setleri motor milinin üst ucuna monte edilmiştir (Şekil 8).

Değişik üreticilerin spiral kompresörleri arasında yapısal farklılıklar olmasına karşın temel özellikler aynıdır.

Aşağıdaki tanımlar, Carrier AquaSnap hava soğutmalı soğutucularında kullanılan "Performer®" kontrollü yörünge spiral kompresörlerin özelliklerini açıklamaktadır.

Gövde

Performer spiral kompresör gövdesi, dikey konumlandırılmış, silindirik bir kaptır. Düşük ve yüksek basınçlı olmak üzere iki uca ayrılmıştır. Gövdenin hacimce büyük bir kısmı soğutucunun emme basıncında çalışır ve içinde motor, yağ pompası ve spiral çark setinin hareketli parçaları bulunur.

Kompresörün sabit spiral çarkının üzerinde bulunan, göreceli olarak daha yüksek basınçlı küçük bölüm, gaz titreşim sesini ve titreşimi azaltarak deşarj susturucu işlevini yerine getirir.

Soğuk soğutucu emme gazı, alt bağlantı üzerinden geniş emme bölümüne girer. Gövde içinde gazın hızı önemli ölçüde düşer ve böylece taşıdığı yağlama maddesi ve az miktardaki sıvı soğutucu gazdan ayrılır.

Performer spiral kompresörlerde, emme gazının tümü motor üzerinden yukarı, spiral çark setine doğru hareket eder. Soğutucu gaza karışmış olarak kompresöre ulaşan çok küçük miktardaki yağ, spiral çark kanatlarının sızdırmazlığını sağlamaya yeterli olacak yağlanmayı sağlar. Sıkıştırılmış gaz, çekvalf üzerinden yüksek basınçlı bölüme geçer ve bir basma bağlantısı üzerinden kompresör gövdesini terk eder. Gövdenin alt kısmı bir yağ ve sıvı deposu işlevini görür.

Performer kompresörlerinin yüksek biriktirme kapasitesi, uzun borulu ve yüksek soğutucu yükleri gerektiren sistemlerde kullanılmasını sağlar.

Performer spiral kompresörlerde, motor mili üzerine açılan diyagonal kanal üzerinden tahrik edilen ve yataklara yağlama maddesi dağıtan santrifuj yağ pompası kullanılır (Şekil 9).



Şekil 8. Tam Hermetik Spiral Kompresör

Motor ve Krank Mili

Kompresörü, tam hermetik, %100 emme gaz soğutmalı, kafesli induksiyon motoru tahrik eder. Emme gaz soğutması motoru sabit düşük sıcaklıkta tutarak ömrünü uzatır.

Motor aynı zamanda, kompresör kapatıldığı zaman sıvı soğutucunun, emme hattı üzerinden, kompresöre geçişine engel olur. Sıvı soğutucu kompresörün gövdesinde kalır.

Kompresör çalıştırıldığı zaman, sıvı soğutucu spiral çark setinin sıkıştırma bölgesine ulaşmadan önce motor üzerinden geçmek zorundadır. Sıvının varlığı, motor boyunca soğutucu gaz basınç kaybını artırır. Bu, motordan gelen ısı ile birleştiğinde sıvı soğutucunun spiral çarka ulaşmadan önce buharlaşmasına neden olur.

Emme gazı ile soğutma, aynı zamanda, harici soğutma ihtiyacını ortadan kaldırır.

Krank mili olarak da adlandırılan motor mili, motorun dönme hareketini, alt spiral çarkın yörüngesel hareketine iletir. Krank mili, kompresör mekanizmasını dengelemek için gerekli olan karşı güçleri de taşır.

Motorun üst ve alt kısımlarında yer alan yağ-yağlamalı yatak burçları krank milinin eksenini hizalar. Alt yatak daha az yüklenirken, sıkıştırma yükünün büyük bir kısmını üst yatak taşır.

Spiral Çark (Scroll)

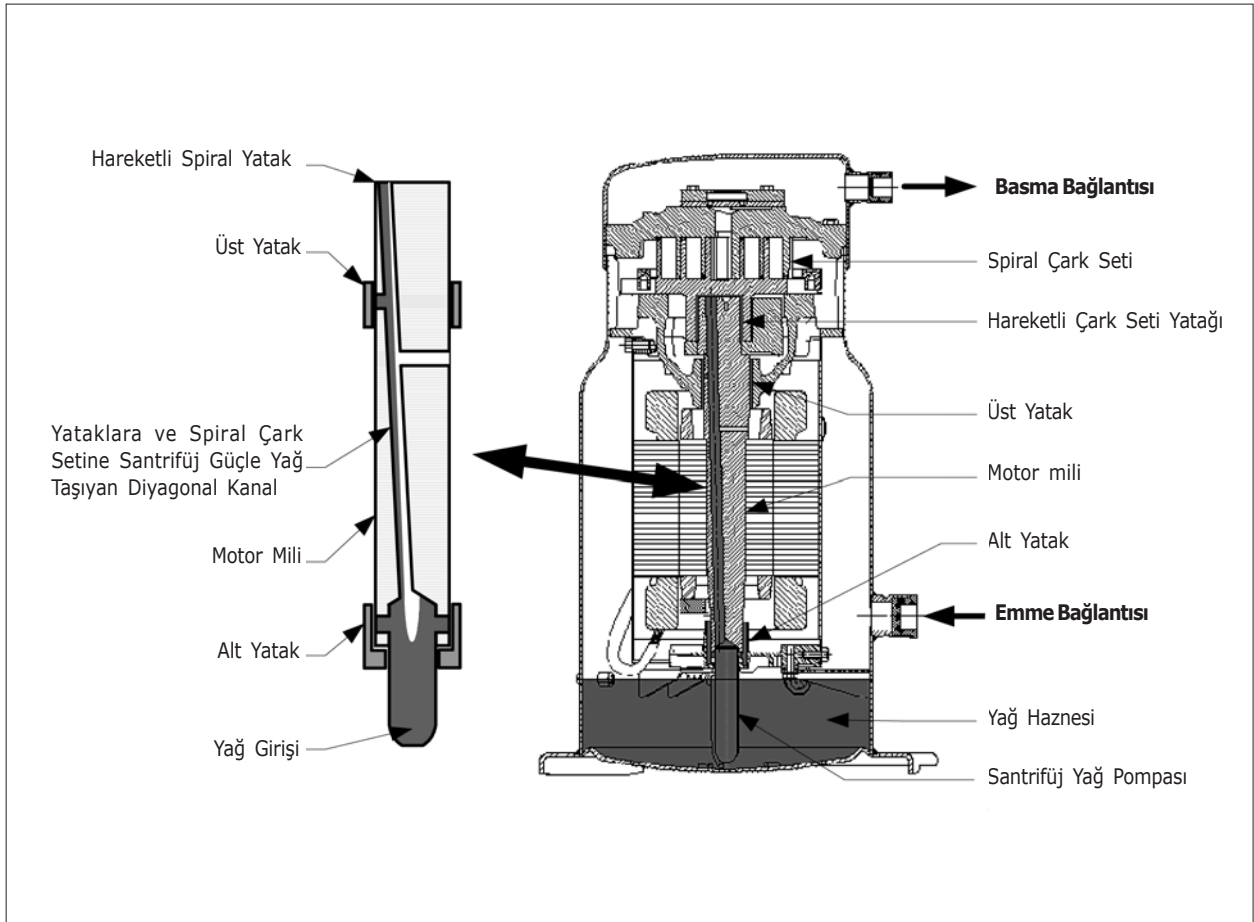
Spiral çarklar temel spiral biçiminde dökülmüş karbon çelik parçalarının tek tek işlenmesiyle üretilir. Birbirine eş spiral çarklar elde edebilmek için gerekli olan hassas yüzey geometrisi yüksek hızlı-bilgisayar kontrollü freze makinaları tarafından sağlanır. Gecikmesiz dijital kontrollü modern metal işleme ekipmanları, gereken kontur hassasiyetini yüksek kalite yüzey perdelama ile (artık pürüz $Ra < 0.7 \mu m$) birlikte sağlar.

Hidrodinamik itme yatağı yörüngesel spiral çarkı destekler ve çarklar arasındaki sıkıştırılmış gaz tarafından uygulanan aksel kuvvetlere karşı koyar.

Doğru yatak tasarımı ve yağlama maddesi seçimi mümkün olan en iyi kompresör veriminin elde edilmesinde önemli faktörlerdir.

İnvolüt yüksekliği ve çap oranlarını da içeren spiral çark tasarımı her soğutucu için optimize edilmiştir. Spiral çark setinin geometrik oranları daha büyük kapasitelerdeki kompresörler için sabit (yeknesak) bir biçimde giderek artar.

Üreticilerin daha büyük üniteler için araştırmalarını devam ettiriyor olmalarına karşın günümüzde tek spiral çarklı kompresörler için pratikteki kapasite limiti 25 ton'dur.



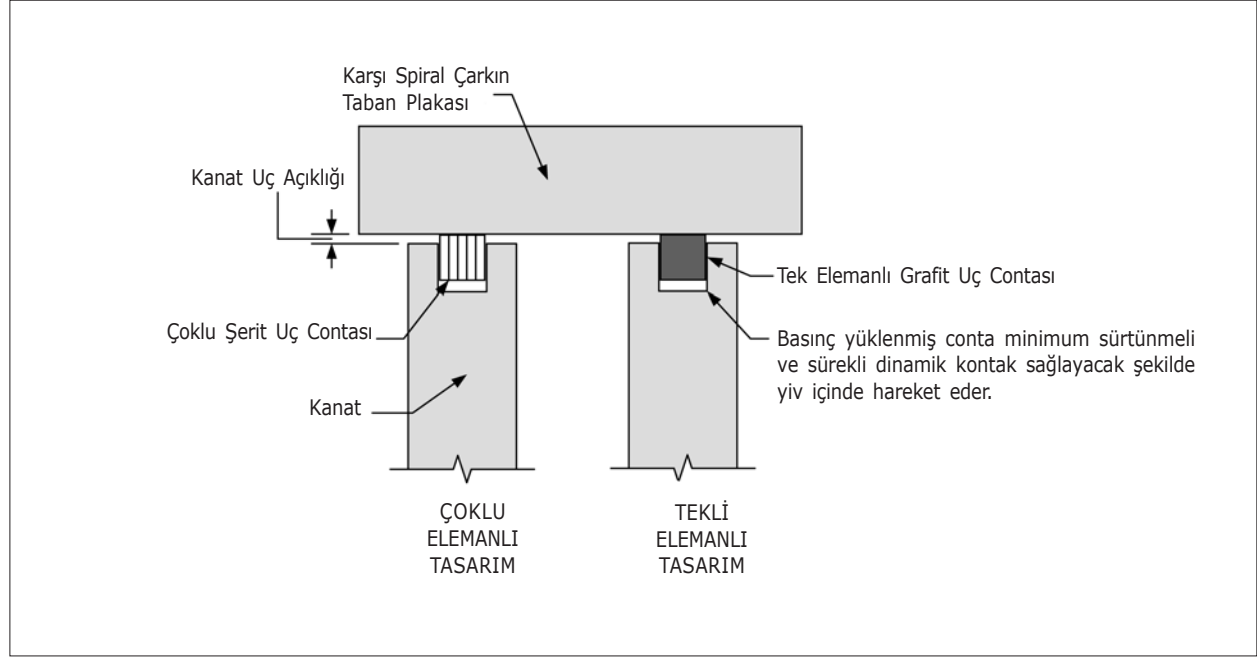
Şekil 9. Dikey konumlaması sayesinde geniş bir yağ haznesi işlevini yerine getiren gövde, Performer spiral kompresöre mükemmel bir sıvı iletme yeteneği kazandırır

Conta

Kontrollü yörünge spiral kompresörlerinin contaları kanat uçlarında yer alır. Genel olarak kullanılan iki tür conta vardır. Birinci tasarımda, bir uçtan diğer uca uzanan çoklu, dar, lamine gibi yanyana dizilmiş ince metalik şeritler kullanır (Şekil 10).

İkinci tasarımda, kanat üzerindeki yiv içine yerleştirilmiş tek bir grafit eleman kullanır.

Her iki durumda da, sızdırmazlık elemanı kanat üzerindeki yiv içerisinde yüzerek sürekli değişen basınç ve sıcaklık altında sızdırmazlığın aynı etkinlikte olmasını sağlar (Şekil 10).



Şekil 10. Kontrollü yörünge spiral kompresörlerinde kullanılan kanat uç contaları, kanat ucunun karşı spiral çarkın tabanı ile temas ettiği noktalarda, uyumlu kompresörlere göre daha az temas yüzeyi ve daha az sürtünmeye sahiptir.

Kompresörün Korunması

Spiral kompresör koruması kavramsal olarak çok basittir ve öteki kompresör tiplerindeki korumadan farklı değildir. Esas olarak, spiral kompresör, aşırı basınç, aşırı ısı artışı, ters dönme ve kompresöre sıvı dolmasına karşı korunmalıdır.

Carrier, spiral kompresör koruma özelliklerinin tümünü kompresör gövdesinin yan kısmındaki bir yuva içine yerleştirilmiş olan Koruma Modülü'nde toplamıştır.

Yüksek Basınç Anahtarı

Yüksek basınç anahtarı UL standartlarına uygun kompresörlerin standart ekipmanıdır. Hava soğutmalı soğutucuda olduğu gibi çoklu soğutma devreli bir sistemde, yüksek basınca karşı her devrenin ayrı bir yüksek basınç anahtarı olmalı, bütün sistemin durdurulması için anahtarlar seri bağlanmalıdır.

Yüksek Sıcaklık Limit Anahtarı

Kompresörü kendisine zarar verebilecek yüksek sıcaklıktan içeriye yerleştirilen ısı sensörü korur.

Performer spiral kompresörlerde kompresörün içine yerleştirilmiş olan sensör hem motor sıcaklığı hem de basma gaz sıcaklığından etkilenir. Sıcaklık 104°C'a yükselirse yüksek sıcaklık limit anahtarının kompresörü durdurur.

Basma Çekvalfi

Kompresörün dışatım bağlantısı üzerine (kompresör gövdesinin üst kısmına yakın) monte edilen çekvalf durma sırasında kompresörün ters dönüşüne engel olur. Dıştan bağlı çekvalf içten bağlı çekvalfe oranla daha az basınç düşmesine sahiptir ve geri akışa karşı daha gelişmiş bir koruma sağlar.

Kompresör durduğunda, spiral çarklar arasında oluşan yarım ay şeklindeki cepler arasında kalan yüksek basınçlı gaz emme tarafına doğru geri kaçar. Bu kompresörün yüksüz olarak çalışmaya başlamasına neden olur ve kalkış akımını, torku ve mekanik gerilmeleri azaltır.

Karter Isıtıcı

Soğutucu sıvı hermetik spiral kompresörlerin yağ haznesinde birikebilir. Kalkış sırasında sıvı soğutucunun kompresöre girmesine engel olmak için üreticiler, geleneksel olarak, kompresör durduğunda devreye giren bir elektrikli ısıtıcı kullanırlar.

Isıtıcı yağ haznesini sıvı soğutucuyu (yağı değil) kaynatmaya yetecek kadar ısıtır ve böylece kalkış sırasında yalnızca soğutucu gaz bulunur.

Performer spiral kompresörlerde ısıtıcı gövdenin alt kısmında ve dışarıya monte edilir.

Diğer Kompresör Koruma Yöntemleri

Kompresör koruma her zaman kompresörün içinden sağlanamayabilir. Carrier, güvenli ve güvenilir operasyonu sağlamak için iç koruyuculara ek olarak harici koruyucular kullanır. Örneğin, AquaSnap hava soğutmalı soğutucularda Spiral Koruma Modülü'nün (SPM) içinde çalışma bilgilerini sürekli olarak soğutucunun ana kontrol paneline ileten bir "iletişim" devre kartı bulunur. Yazılım elemanları aşağıdaki koruma özelliklerini sağlar.

Tek - Faz Koruma. Soğutucu ana kontrol paneli cihaza giren üç faz güç kaynağını sürekli olarak kontrol eder. Fazlardan birinin kesilmesi halinde soğutucu kontrol sistemi güç kaynağını devre dışı bırakır. Üç fazlı bir sistemde fazlardan birinin kesilmesi kompresörün ters dönmesine neden olur.

Kalkış Koruma. Soğutucu kontrol sistemi SPM'den gelen bilgileri kullanarak kalkışın ilk bir kaç saniyesinde kompresörün emme ve basma basıncını kontrol eder. Kompresörün basınç farkını sağlayamaması (dışatım basınç artışının 10 Psig'den az olması) ya da basma basıncının düşmesi halinde kompresör durur.

Aşırı Kalkış. Soğutucu, tanımlanmış soğutulmuş su sıcaklığı ayar değerini sağlayıncaya kadar kompresörü açıp-kapatır. AquaSnap soğutucu kontrol yazılımı, ölü bantı ayar değeri civarında otomatik olarak arttırmak ya da azaltmak için uyarıların ölübantı kullanır. Bu, kompresörün bir saat içinde 12 kereden fazla devreye girmesine engel olur. Fazla kalkış motorun aşırı ısınmasına neden olur.

Kompresör Çalışma Parametreleri. Her kompresörün sürekli ve güvenilir bir şekilde çalışması için tanımlanmış, emme ve basma basınçlarının (emme ve basma sıcaklıkları) kabul edilebilir bir kombinasyonundan oluşan çalışma parametreleri vardır. Kompresörün kabul edilebilir parametrelerin dışında çalışması hasara neden olur. AquaSnap soğutucu kontrol sistemi, cihazın yazılımı içinde programlanmış ve operasyon haritası olarak adlandırılan parametrelere sahiptir. Soğutucu kontrol sistemi operasyon haritası vasıtası ile kompresörü kabul edilebilir parametreler çerçevesinde açıp-kapatır ve soğutucu devrenin genel performansını sürekli olarak kontrol altında tutar.

VERİM VE PERFORMANS

Kompresör verimi iki şekilde ifade edilir:

- Kompresörün tek başına termodinamik verimi,
- Kompresörün bir sistem içinde çalışması durumundaki verimi.

Bunlardan birincisi kompresör tasarımcıları, ikincisi ise bina sahipleri ve hava koşullandırma tasarımcıları için iyi birer ölçüttür. Kompresör tasarımcıları, spiral kompresörleri değişik soğutucular için tek başlarına verimlerini dikkate alarak isteğe göre hazırlayabilirler. Spiral geometrisindeki değişimler, gövde tasarımı, yağ seçimi ve diğer özellikler kompresör-soğutucu kombinasyonunu en uygun hale getirir.

Su soğutma grubu tasarımcıları tüm sistemin verimine odaklanırlar. Carrier'ın AquaSnap 30RB hava soğutmalı su soğutma grupları R-410A ile çalışır ve 9,6 - 9,9 Btu/hr.W (1,25 - 1,21 kW/ton) arasında değişen tam yük EER değeri ve 13,5 - 14,0 Btu/hr.W (0,89 - 0,86 kW/ton) arasında değişen IPLV (Integrated Part Load Value- ARI 1998) değerine sahiptir.

Kıyaslanacak olursa, vidalı kompresörlü su soğutma grupları spiral kompresörlü olanlara göre daha iyi tam yük verimine sahiptir. Ancak spiral kompresörlü su soğutma grupları ile elde edilen kısmi yük verimine erişemezler.

Tablo A'da aynı koşullarda çalışan ve değişik tipte kompresörleri olan, birbirine yakın kapasitelerdeki su soğutma gruplarının verimleri karşılaştırılmıştır.

Tablo A. Su Soğutma Gruplarının Verimlerinin Karşılaştırılması

Kompresör Tipi	Tam Yük, EER, Btu/saat.W	Kısmi Yük, IPLV, Btu/saat.W
Spiral	9.6 - 9.9	13.5 - 14.0
Standart Dönel İkiz Vidalı	9.6 - 9.8	12.5 - 13.3
Yüksek Verim Dönel İkiz Vidalı	10.0 - 10.5	12.7 - 13.8

Not. Tablodaki verimler Ekim 2004 itibari ile mevcut olan su soğutma gruplarına aittir.

Belirtilmiş olan verim farklarının bir kısmı, çoklu ve daha küçük kompresörlere karşılık tek ve büyük bir sürgülü ya da kalkar (lift) vanalı vidalı kompresör ile kısmi yük kontrolünün doğasından kaynaklanır.

Vidalı kompresörün kapasitesi kompresörün etkili rotor uzunluğuna, emme giriş ve basma çıkış ağızlarının göreceli konumuna bağlıdır. Eğer ağızlar vidaların birbirine tam zıt uçlarında ise (ara ağızlar olmayacak şekilde), kompresör tam rotor uzunluğu kapasitesi ile çalışır. Kompresör rotor uzunluğunun ayarlanması en yaygın olarak uygulanan kapasite kontrol yöntemidir.

Kalkar vanaları etkili rotor uzunluğunu sınırlı sayıda çoğalan basamaklar halinde ayarlar ve bir ya da her iki rotor yivleri boyunca belirli yerlerdeki açıkları kapatır. Bütün vanalar kapandığında, soğutucu gaz sabit emme ağızı ile sabit basma ağızı arasındaki normal sıkıştırma hattı boyunca hareket eder ve kompresör tam kapasite çalışır.

Birinci kalkar vananın açılması (emme ağızı en yakın olan) etkili kanat uzunluğunu kısaltır ve açık vananın aşağı akış noktasına kadar kompresörün çalışmasını geciktirir.

Soğutucu gaz kompresör gövdesi ile gözenekli kanatlar arasında hapis olana kadar sıkıştırma başlamaz. Kompresör kapasitesi hangi ve kaç kalkar vananın açık olduğuna bağlıdır.

Vidalı kompresör kapasite kontrolünde kullanılan iki tip sürgülü vana vardır. Küçük kompresörlerde kullanılan birinci tip sürgülü vana, sabit ağızları, kalkar vanalarla hemen hemen aynı verimle açar ve kapatır.

Büyük makinalarda daha sık olarak kullanılan ikinci tip sürgülü vanalar ise hem etkili rotor uzunluğu hem de basma ağızı ölçüsü ve konumunu teorik olarak sonsuz değişken aralıkta ayarlar.

Her iki durumda da, sürgülü vana ayarlama yaparken, kompresör rotor uzunluğunu azaltan radyal açıklıklar oluşturur.

Sürgülü vanalar kalker vanalardan biraz daha verimlidir. Ancak, her iki tip kapasite kontrolü bazı bakımdan verimsizdir. Öte yandan, bir sistem içinde çalışan çok kademeli spiral kompresörlerin kapasite kontrolüne ilişkin verimsizlikten söz edilemez.

Bir spiral kompresör çalışırken sistem kapasitesi kademeli olarak artar. Kompresör durduğunda, sistem kapasitesi kademeli olarak düşer ve bu kompresörle ilgili enerji akışı durur.

Tablo B'de üç değişik tipte kompresöre sahip birbirine benzer sistemlerin yüzde olarak yük ve enerji kullanımları karşılaştırılmıştır. Birinci sistemde, kademeli kapasite kontrollü üç spiral kompresör, ikinci ve üçüncü sistemlerde ise tek, ikiz vidalı kompresörler vardır. Bunlardan biri kapasite kontrolü için kalker vana, diğeri ise sürgülü vana ile donatılmıştır. Spiral kompresörün üstünlüğü açıktır. Üçte iki yükte, vidalı kompresör spiral kompresörden % 9 - 27 arasında, üçte bir yükte vidalı kompresör spiral kompresörden % 61 - 97 arasında daha fazla enerji kullanır.

Tablo B. Kompresör Performanslarının Karşılaştırılması

Nominal Kontrol Kademeleri	Üç Spiralli Kompresörler		Tek, İkiz Vidalı, Kalker Vanalı Kompresör		Tek, İkiz Vidalı, Sürgülü Vanalı Kompresör	
	% Yük	% Enerji	% Yük	% Enerji	% Yük	% Enerji
Tam	100	100	100	100	100	100
2/3	67	67	70	85	67	73
1/3	33	33	45	65	33	53

Not. Performans bilgileri Ekim 2004'te mevcut olan kompresörler için ve aynı çalışma koşullarında sağlanmıştır.

UYGULAMALAR

25 ton'a kadar değişen kapasitelerde üretilen spiral kompresörler birçok soğutma ve hava koşullandırma uygulamasında yer alır.

Spiral kompresörler "soğutma" kategorisinde büyük hacimli süt soğutma, araç nakliyesi, deniz konteynerleri ve bakkal teşhir tezgahlarında başarı ile kullanılıyor.

Konut ve hafif ticari hava koşullandırma, spiral kompresörlerin büyük bir başarı ile kullanıldığı ilk uygulamalardan biridir.

Bunu, ticari hava koşullandırma alanındaki gelişmeler hızlı bir şekilde izledi ve paket (üniter) tip çatı klima sistemleri, ısı pompaları, işlem ve bina soğutması için su soğutucuları ve büyük ayrıntı (split) sistem yoğunlaştırma ünitelerinde, taşıma ve otomotiv hava koşullandırmasında spiral kompresörler verimli ve güvenilir bir şekilde kullanılmaya başlandı.

Spiral kompresörler ayrıca sıkıştırılmış hava ve az yağlı sıkıştırılmış hava servislerinde de yaygın olarak kullanılıyor.

Spiral kompresör kullanan su soğutucuları, önceleri 90 kW'tan az kapasitelerde küçük üniteler olarak üretiliyordu.

Carrier 2002 yılında Şekil 11'de görülen AquaSnap 30RA hava soğutmalı spiral su soğutma ünitelerini tasarladı ve 190 kW kapasiteye kadar olan modelleri üretti.

Carrier Şekil 12'de gösterilen AquaSnap 30RB su soğutma grubunun üretimi ile birlikte hava soğutmalı spiral kompresörlerin kapasite aralığını 200 - 1000 kW'a taşıdı. En küçük cihaz iki soğutma devresi (biri 70 diğeri 140 kW devre) üzerinde nominal 70 kW kapasiteli üç kompresöre sahiptir.

Kapasite aralığının diğer ucunda bulunan 1000 kW kapasiteli su soğutma grubu ise, üç eşit kapasitedeki soğutma devresi üzerinde 12 nominal 90 kW kapasiteli kompresöre sahiptir.

Model 30RB'nin bütün tipleri en az iki bağımsız soğutma devresine sahiptir ve her devredeki maksimum kompresör sayısı dördür.

Verilen bir devredeki kompresörlerin büyüklükleri Şekil 13'de gösterildiği gibi gruplandırılabilir (Örnek 35 kW kompresörün 45 kW kompresör ile eşleştirilmesi).

GÜVENİRLİK

Spiral kompresörlerin hava koşullandırma uygulamalarında başarılı bir tarihçesi vardır. Bu kompresörler çok hızlı bir kabul gördü ve geçtiğimiz 20 yıl içerisinde milyonlara varan bir talep oluşturdu.

Bu süre içerisinde, spiral kompresörler güvenilirliklerini kanıtladı ve diğer teknolojiler kadar ya da daha iyi olduklarını gösterdi.

Piyasaya sürülmelerinden bu yana dünya genelinde milyonlarca spiral kompresör gıda ve market soğutma, araç nakliyesi, deniz yolu konteynerleri, konut ve hafif ticari hava koşullandırma alanlarında başarı ile hizmet veriyor.



Şekil 11. Carrier AquaSnap30RA hava soğutmalı su soğutma ünitesi, 9-55 ton



Şekil 12. Carrier AquaSnap30RB hava soğutmalı su soğutma grubu, 200-1000 kW



Şekil 13. Ortak soğutucu devre üzerine birlikte borulanmış spiral kompresörler

ÖZET VE SONUÇ

Carrier, spiral kompresörleri kendi tarihi içinde belirgin bir yere taşıdı. Sürekli araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucu 90 kW'a ulaşan kapasitede paket (üniter) cihazlar üretildi. İki, üç ve dört kompresörden oluşan kompresör setleri, spiral kompresörlerin 1050 kW'a varan kapasitedeki su soğutma gruplarında kullanılmasını olanaklı hale getirdi.

Spiral kompresörler birçok belirgin ve cazip özelliklere sahiptir. Spiral kompresörler verimli, sessiz ve güvenilirdir. Ancak, diğer teknolojilerle karşılaştırılmadığı sürece sahip oldukları özellikler avantaj ya da dezavantaj olarak söz edilemez.

Bu nedenle, Tablo C'de spiral kompresörlerin avantaj ve dezavantajları dönel ikiz vidalı kompresörler ile karşılaştırılarak özetlenmiştir.

Tablo C. Avantaj ve Dezavantajların Karşılaştırılması

	SPIRAL KOMPRESÖRLER	DÖNER, İKİZ - VİDALI KOMPRESÖRLER
AVANTAJLAR	<p>Mükemmel bireysel tam yük ve kısmi yük verimi</p> <p>Ortak bir soğutucu devre üzerindeki çoklu kompresörlerle çalışan su soğutma grupları kapasite kontrollü tek büyük vidalı kompresörlü su soğutma gruplarına oranla daha iyi kısmi yük verimi (IPLV) sağlar.</p> <p>Çok az sayıda hareketli parça (üç)</p> <p>Kanıtlanmış güvenilirlik</p> <p>Çoklu soğutma devrelerinden oluşan su soğutma gruplarında bir kompresörün arıza yapması halinde kapasitede düşme olur ancak grubun çalışması sürer.</p> <p>Çok sessiz çalışma</p> <p>Çok az titreşim</p> <p>Hemen hemen hiç titreşimsiz kesintisiz sıkıştırma çalışması</p> <p>Hassas işleme sayesinde kanatlarda ince bir yağ tabakası ile sızdırmazlığın sağlanması</p> <p>Uyumlu olmayan (spiral çarklar arasında temas olmaması) tasarım sayesinde çok az sürtünme ve buna bağlı verim artışı</p>	<p>Mükemmel bireysel tam yük ve kısmi yük verimi</p> <p>Çok az sayıda hareketli parça (Kapasite kontrol yöntemine bağlı olarak ya da daha fazla)</p> <p>Kanıtlanmış güvenilirlik</p> <p>Çok az titreşim</p> <p>Minimum ve maksimum yükler arasında değişken kapasite kontrolü</p> <p>Kesintisiz çalışma</p>
DEZAVANTAJLAR	<p>Kompresör onarım amacı ile çalışma sahasında demonte edilemez.</p> <p>Çoklu kompresörlü sistemlerde artan kapasite kontrolü</p>	<p>Spiral kompresörlere oranla yüksek gürültü seviyesi</p> <p>Kompresör bölümlerinin sızdırmazlığının sağlanması için yağ taşmasına ihtiyaç duyulması</p> <p>Yağ ayırıştırıcı ve egzost susturucu gerekliliği</p> <p>Tek bir kompresörü olan su soğutma grubunda kompresörün arıza yapması halinde soğutmanın yapılamaması</p>

REFERANSLAR

ARI. 1998. *Standard 550/590, Buhar Sıkıştırma Çevrimi Kullanan Paket Tip Su Soğutma Üniteleri. Hava Koşullandırma ve Soğutma Enstitüsü, Arlington, VA.*

ASHRAE. 2004. *2004 ASHRAE Elkitabı- Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullandırma Sistem ve Ekipmanları. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Hava koşullandırma Mühendisleri Odası., Atlanta, GA.*