

SOĞUTMA KOMPRESÖR YAĞLARININ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ ANALYSIS OF COOLING COMPRESSOR OILS AND THEIR EFFECTS ON ENERGY EFFICIENCY

Ebru ERDOĞAN, Hanife GÜLEN TOM
Belgin Madeni Yağlar, AR-GE Merkezi

ÖZET

Soğutma kompresör yağlarının en önemli amacı soğutma sistemlerinin güvenliğini sağlamak ve sistem performansını artırmaktır. Soğutma sisteminde yağın, hareket eden parçalar arasında sürtünmeyi ve aşınmayı azaltmak, sıkıştırılan gazın kompresör muhafazasına kaçışını engellemek, sürtünme sonucu ortaya çıkan ısıyı uzaklaştırmak gibi temel görevleri bulunmaktadır. Soğutma kompresör yağları, bu amaçlarının yanı sıra sistem için uygun yağ seçilmesi durumunda enerji verimliliğinin artırılmasına da katkı sağlarlar. Enerji kaynaklarının hızla azalması ve enerji maliyetlerinin artması, birçok şirketin enerji ile ilgili stratejilerini yenilemesine neden olmaktadır. Enerji tüketimi günümüzün en önemli küresel problemlerinden bir tanesidir. Soğutma sistemlerinde yer alan soğutma kompresörleri gibi çok yaygın kullanıma sahip ürünlerde enerji tüketiminin azaltılmasının global ölçekte sağlayacağı fayda oldukça büyüktür.

Soğutma sistemlerinin doğru çalışması ve istenen verimlilik değerlerine ulaşabilmesi için tüm soğutma sistemi bileşenlerinin uyum içerisinde çalışması önem arz etmektedir. Bu sebeple sistem tasarımı yapılırken soğutma kompresör yağı seçiminin de verimlilik açısından önemli bir parametre olduğu mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma kompresörü, soğutucu gaz, yağlayıcı, enerji verimliliği

ABSTRACT

The most important purpose of refrigeration compressor oils is to ensure the safety of cooling systems and increase system performance. In the cooling system, oil has basic functions such as reducing friction and wear between moving parts, preventing the escape of the compressed gas into the compressor housing, and removing the heat generated by friction. In addition to these purposes, refrigeration compressor oils also contribute to enhancing energy efficiency if the appropriate oil

is selected for the system. The rapid decrease in energy resources and the increase in energy costs lead to to renew energy-related strategies of many companies. Energy consumption is one of the most significant global problems in these days. One way to decline energy consumption of commonly used cooling compressor like refrigeration compressors is application of compressor oil in the system, therefore, benefits of oil would be considerable in global scale.

It is essential that all cooling system components work in harmony in order to work correctly and to achieve the desired efficiency values. For this reason, while designing the system, it should be taken into account that the selection of cooling compressor oil is an important parameter in terms of efficiency.

Keywords: Cooling compressor, refrigerant, lubricant, energy efficiency

1.SOĞUTMA SİSTEMLERİ VE YAĞLAMA

Kompresörler, havayı veya diğer gazları atmosfer basıncından daha yüksek basınçlara sıkıştırmak için kullanılan cihazlardır. Soğutma kompresörünün sistemdeki görevi ise; buharlaştırıcı ve soğutucudaki ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamaktır. Buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını kondanserdeki yoğunlaşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır.

Çalışma prensibi ve kullanım alanlarına göre farklı tiplerde soğutma kompresörleri bulunmaktadır:

Pistonlu Soğutma Kompresörleri: Pistonların silindir içerisindeki doğrusal hareketi ile plate üzerindeki subaplar açma kapama yaparak soğutucu akışkanı evaporatörden çekip kondansere sıkıştırılmış kızgın buhar olarak ileten kompresörlerdir. Gemilerde genellikle, tek veya çift pistonlu dik kompresörler kullanılır.

Hermetik Pistonlu Soğutma Kompresörleri: Kapalı, kaynaklı kabin içerisinde, dışarıdan bakıldığında



tüpü andıran bir görüntüye sahip kompresörlerdir. Bu tip kompresörler ev tipi soğutucularda, küçük tip ticari soğutucu ve dondurucularda kullanılır.

Yarı Hermetik Pistonlu Soğutma Kompresörleri:

Yarı hermetik pistonlu soğutma kompresörleri sızdırmaz contalar kullanılmış, yarı kapalı, elektrik motoru ve mekanik aksamı tamir için sökülebilen kompresörlerdir. Soğuk depolar ve market reyonları gibi büyük ticari tesislerde kullanılır.

Hermetik Scroll Soğutma Kompresörleri: Tam kapalı kompresörler olup, uygun güçte elektrik motorunun tahrik mili üzerinde salyangoza benzer düzenek sürekli aynı yönde dairesel hareket ile soğutucu akışkanın emme ve sıkıştırma işlemini yapan kompresörlerdir. Oldukça yeni bir kompresör tipi olup daha çok küçük tip split iklimlendirme cihazlarında kullanılır.

Türbinli Tip (Santrifüj) Kompresörler: Açık ve yarı hermetik tipleri mevcuttur ve soğuk su üretirler. Bu tip kompresör genellikle büyük klima santrallerinde kullanılır.

Rotary Kompresörler: Rotary soğutma kompresörü, tam kapalı hermetik tasarıma sahiptir. Küçük hacimli ve sessiz kompresörlerdir. Klimada kullanılır.

Vidalı Kompresörler: Elektrik motoru tahrik miline bağlı, birbirine geçmiş birden fazla sonsuz dişlinin senkronize halde dönmesi sırasında dişliler arasında soğutucu akışkan emme basma işlemi devam eder. Semi Hermetik (yarı kapalı) tasarıma sahiptir. Genellikle büyük kapasiteli sistemlerde tercih edilmektedir.

Soğutma sistemlerinde kompresörün krank, biyel ve perno gibi hareketli parçalarını yağlamak ve aşınmadan kaynaklanan ısıyı düşürerek kompresör performansını ve ömrünü artırmak amacı ile kompresör yağları kullanılmaktadır. Kompresör yağları aşınma önleme özelliklerinin yanısıra, soğutma hattındaki ve bağlantılardaki plastik parçaları koruyarak sızan soğutucu madde miktarını azaltmak işlevi de görürler.

Soğutma kompresörlerinde yağlama, çarpmalı tür ve pompalı olmak üzere birbirine göre çok farklı iki ayrı tür ve yöntem altında gerçekleştirilebilmektedir. Düşük devirli soğutma kompresörlerinde genellikle çarpmalı tür yağlama uygulanmaktadır. Bu tür kompresörlerde yağlama, biyel büyük ucuna bağlanmış özel kepçeciklerin kompresör karterinde

mevcut yağlama yağına çarpması ile, krank mili ana yatakları ile biyel büyük ucu yataklarının ve biyel küçük ucu yatak ve pernosu ile, silindir ve piston çeperlerinin yağlanması sonucu gerçekleşir. Yüksek devirli soğutma kompresörlerinde ise yağlama, pompalı tür, yağlamadır. Pompalı tür yağlamada, kompresör karterinde mevcut yağlama yağı, yağ pompası ile emilerek, krank milinde, biyel kollarında ve tüm yataklarda mevcut kanalcıklardan tüm sürtünen elemanlara pompalanır ve böylece yağlama olayı gerçekleşmiş olur.

2.SOĞUTMA KOMPRESÖRLERİNDE YAĞIN ÖNEMİ

Soğutma kompresör yağının amacı kompresörün krank, biyel ve perno gibi hareketli parçalarını yağlamak ve aşınmadan kaynaklanan ısıyı en aza indirmektir. Yağ aynı zamanda, soğutma hattındaki ve bağlantılardaki plastik parçaları koruyarak sızan soğutucu madde miktarını da azaltmaktadır.

Soğutma Kompresörlerinde yağın temel görevlerini özetlersek;

- Hareket eden kompresör parçaları arasında sürtünmeyi ve aşınmayı en aza indirmek,
- Sızdırmazlığı sağlamak,
- Sürtünme sonucu ortaya çıkan ısıyı azaltmak,
- Soğutucu olarak yardımcı olmak, karterde ısınan parçaların ısısını uzaklaştırmak,
- Kompresörde dönel elemanlarda meydana gelen sesi azaltmak,
- Yağlama yağının bir kısmı yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıya gideceği için düşük sıcaklıkta bile akışkan olmak,
- İyi bir ısı geçişi sağlamak ve kompresöre hızlı dönebilmesi için akışkanla karışma özelliğini sürdürmek,
- Soğutma sistemlerinde yer alan kılcal boru veya genişleme vanalarında tıkanmaya yol açmamak,
- Kimyasal olarak kararlı olmak,
- Kompresörün ömrü boyunca aynı performansta çalışabilmesi (uzun ömürlü olmak).

Diğer yandan bu görevleri yerine getirebilmek için kompresör yağının sahip olması gerekli özellikler;

- Düşük sıcaklıkta akışkan olmalıdır.
- Yüksek sıcaklıklarda kararlı halde kalmalıdır.
- Soğutucusuyla, metallerle, motor izolasyonu, (hermetik kompresörlerde kullanıldığında) hava ile ve diğer kirleticilerle kimyasal reaksiyona girmemelidir.
- Beklenen çalışma koşullarında karbonlaşmamalıdır.
- Karşıllanması gereken düşük çalışma sıcaklıklarına

maruz kaldığında mum tortusu bırakmamalıdır.

- Kompresörde kullanılan soğutucu gaz ile uyumlu olmalıdır.

Kimyasal içerik ve teknik özellik karşılaştırması yapıldığında pek çok farklı evsafıta Soğutma Kompresör yağı bulunmaktadır. Doğru sistem için doğru içerik ve özelliklere sahip yağ seçimi çok önemlidir. Soğutma çevriminde düzgün yağ dolaşımını sağlamak için kompresör yağının, konulacağı kompresörün bütün çalışma koşullarında basınca ve sıcaklığa dirençli olması gerekmektedir. Bu noktada hangi tür yağın ne gibi özellikleri vardır, olumlu ve olumsuz yönleri nedir bilmek gerekmekte ve doğru yağ seçimi yaparken uzman ve deneyimli kişilerden destek alınması önem arz etmektedir.

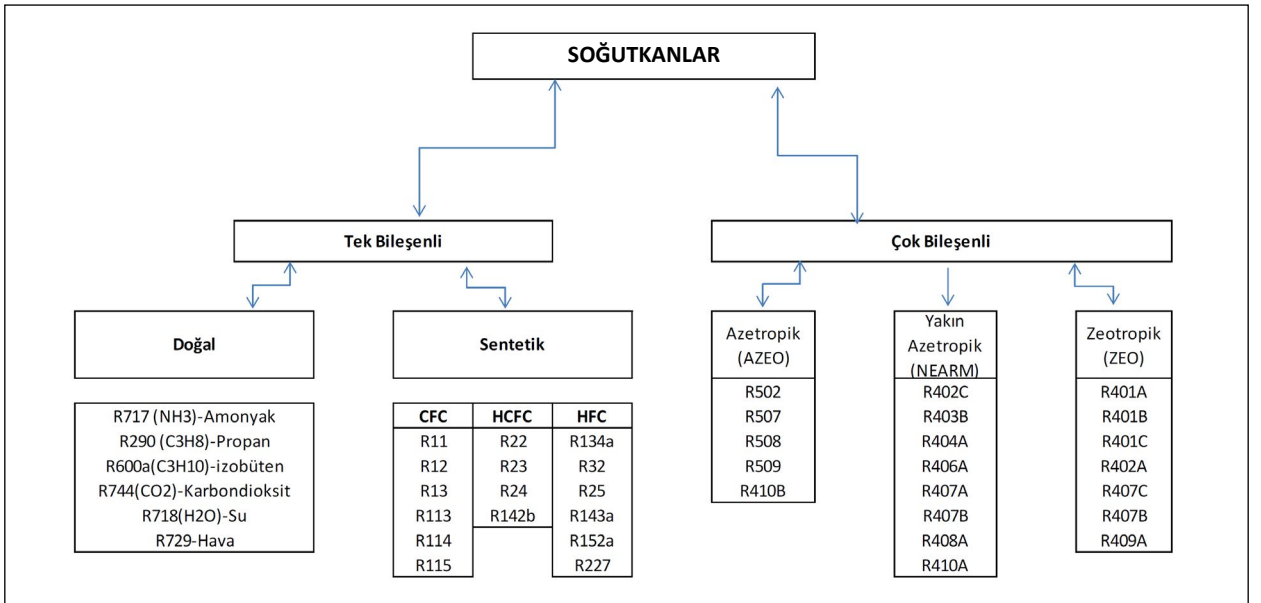
Soğutma sistemlerinde yağ, kompresör muhafazasında bulunmaktadır. Soğutma işlemi sırasında, kompresör muhafazasında bulunan yağın bir kısmı soğutucu akışkanla birlikte soğutma sistemine taşınmaktadır. Taşınan yağın bir kısmı yoğunlaştırıcı ünitesinde bir kısmı ise soğutucu akışkan içinde çözülmüş olarak bulunmaktadır. Yeterli önlemler alınmadığı durumlarda soğutma sistemi içinde farklı yerlerde biriken yağlar zamanla

kompresörün yağsız kalmasına ve soğutma sisteminin ömrünün kısılmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte kompresör çalışması esnasında yağ içinde çözünen soğutucu gaz nedeniyle kompresör yağının viskozitesi düşmekte, oluşan yağ filmi koparak yük taşıma kapasitesinin ve aşınma önleme kabiliyetinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu sebepler ile soğutma kompresöründe kullanılan yağ ile soğutma sistemindeki soğutucu akışkanın uyumu yani sisteme ve soğutucu gaza uyumlu yağlayıcı seçimi çok önemlidir.

Soğutucu akışkanlar, soğutma mekanizmalarında ısı alışverişinde yer alan maddelerdir. Bu akışkanlar düşük sıcaklıkta evaporatördeki buharlaşma işleminde ısı alır ve daha yüksek sıcaklık ve basınçta yoğunlaşma sırasında ısıyı geri aktarır. Uzun yıllar boyunca soğutucu olarak farklı türde bileşikler kullanılmıştır. Endüstrinin gelişimi, daha iyi termodinamik ve servis parametrelerine sahip soğutucu akışkanın kullanılmasına neden olmuştur.

Doğal ve sentetik soğutucu akışkanlarla ilgili sınıflandırma ve terminoloji şeması Tablo 1'de paylaşılmıştır [8].

Tablo 1. Soğutkanların Sınıflandırması



Günümüzde soğutma sistemlerindeki kompresörlerde yaygın olarak kullanılan yağ çeşitleri; mineral yağlar, alkalibenzen ve sentetik yağlayıcılarıdır. Kompresörlerde kullanılan yağlardan mineral olanları sıcaklık ve basınç toleransı açısından düşüktür.

Mineral Yağ İçeren Yağlayıcılar: Daha çok CFC ve HCFC soğutkan kullanan soğutma sistemleri için uygundur. Genelde R11, R22, R134a, R600, R717 vb. soğutucu akışkanlı kompresörlerde kullanılabilen yağlardır.



Sentetik Kompresör Yağları: Alkalibenzen, polialfaolefin (PAO), polyolester (POE), Polialkilen glikol (PAG) vb. yağları içeren yağlayıcılardır. Genelde R134a, R 404a, R407a, R407b, R407c, R 410a, R600, R 717 vb. soğutucu akışkanlı soğutma kompresörlerinde kullanıma uygundur [1] [2] [7].

HFC soğutucu akışkanlardan R134a, R125, R143a ve R32 olanlar sınırlı karışabilirlik ve mineral yağlarda düşük çözünürlüğe sahiptirler. Bu soğutucu akışkanlar sentetik yağlayıcılarda daha yüksek çözünürlüğe sahiptirler ve daha az faz ayrılması eğilimi gösterirler [7].

Mineral Bazlı Kompresör Yağları: Mineral olarak adlandırdığımız, rafinerilerde, vakum distilasyonu ile elde edilen, bilahare solvent içindeki asfaltik ürünlerle, kükürt, azot bileşikleri gibi istenmeyen ağır bileşiklerin arındığı ve son olarak da 800 atmosfer basınç altında, gene solvent yardımıyla içindeki mumlu bileşiklerin %85 oranında arındırıldığı petrol türevi yağlardır. Bu yağlar amonyaklı soğutma kompresörlerinde ve R-22 freon gazı kullanan vidalı ve pistonlu kompresörlerde kullanılmaktadır. Florin hidrokarbon soğutucuları (R12, R22, R502 gibi) ve amonyak kullanan soğutma üniteleri için de uygundur.

AB Bazlı Kompresör Yağları: Alkil benzen esaslı sentetik soğutma kompresör yağlarıdır. Özellikle soğutma gazı olarak Amonyak ve HCFC'nin kullanıldığı sistemler için tavsiye edilmektedir. Açık, yarı açık ve hermetik tipteki soğutucu kompresörlerde ticari, endüstriyel ve bireysel kullanım için uygundur. Vidalı ve pistonlu tipte kompresörlerde kullanılabilir. Özellikle amonyaklı (R717) sistemlerde yüksek sıcaklıklarda ve düşük sıcaklıklarında kullanılabilirler. PAB bazlı kompresör yağları ise Polialkilbenzen olarak adlandırılan tam sentetik yağlayıcı içeren kompresör yağlarıdır. Bunlar daha ziyade -45 ve üzeri çok yüksek soğutma derecelerinde kullanılmaktadır. Bu yağlar madeni yağlarla karşılaştırıldıklarında conta uyumluluğu ve elektriksel yalıtım özellikleri bulunmaktadır. Bu yağlayıcıların sınırlı karışabilirlikleri nedeniyle POE'ler veya PAG'ler ile etkili bir şekilde rekabet edemezler [7].

POE Bazlı Kompresör Yağları: Poliol esterler ile formüle edilmiş gelişmiş sentetik soğutucu kompresör yağlarıdır. R134A, R23, R404A, R407C, R507 ve diğer HFC karışımları ile çalışan her türlü uygulamada açık, yarı açık ve hermetik kompresörler için önerilmektedir. R134a/R1234yf soğutucu madde ve elektrikli klima kompresörlerini kullanan (hibrit, start/stop, elektrikli) araç klima sistemleri için özel

POE (polyester) klima kompresörü yağı olarak da kullanılırlar. Poliol ester (POE) yağlayıcılar, biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Ağırlıklı olarak ev içi ve ticari soğutucu sistemlerinde kullanılmaktadırlar. Mineral yağlarla karıştırılabilirler, Ayrıca, PAG'lardan daha az higroskopiktirler. Yüksek sıcaklıklarda nem adsorbe ederler. Ester, alkol ve asitler oluşturmak üzere (tersinir şekilde) parçalanarak erken sistem arızasına neden olabilirler. Otomotiv endüstrisi için tavsiye edilmezler çünkü otomotivde kullanılan elastomerlerle uyumlu değildirler. Soğutucu akışkan sisteminde bulunan birçok kirlilik, sistemden kir taşınmasına neden olur. Bu kılcal boruların tıkanmasına neden olabilmektedir [7].

PAG Bazlı Kompresör Yağları: Polialkilen glikol bazlı tam sentetik, higroskopik yağlardır. Farklı viskozitelerle, birçok araç ve kompresör üreticisi tarafından R134a soğutucu akışkanlı klima sistemlerinde kullanılmaktadır. R134a soğutucu maddeyle iyi bir şekilde karıştırılabilmektedir ve çoğu binek araç ve ticari araç klima sisteminin yağlanması için uygundur. PAG yağların dezavantajı, higroskopik olmalarıdır, yani çevre havasındaki nemi çekmeleri ve kendilerine bağlamalarıdır. Klima sistemindeki nem içeriğinin fazla olması, asitlerin ve korozyon oluşumuna katkıda bulunur. Bu tür yağlar daha zor koşullar için üretilmiş ürünlerdir. Özellikle sıkıştırma basınçları ve soğutma dereceleri yüksek kompresörlerde kullanılır. HFC'lerle birlikte kullanıldıklarında mineral yağlara göre daha avantaj sunmaktadırlar. Yüksek basınç ve sıcaklıklarda gaz halindeki soğutucu akışkan içinde düşük çözünürlüğe sahiptirler ve mükemmel yağlama sağlarlar. Otomotiv iklimlendirme sistemlerinde çoğu elastomer ile uyumlu oldukları için tercih edilirler. Bu yağlayıcılar çok higroskopik olması sebebi ile düşük dielektrik arıza voltajları oluşturmaktadırlar. Bu da sızdırmaz elektrik motorlarına sahip sistemlerde sorun oluşturabilmektedir. PAG tarafından emilen su serbest değildir ancak güçlü bir şekilde bağlı bir hidrasyon olarak bulunur; bu nedenle, serbest sudan kaynaklanan korozyon ve kristalleşme oluşumu otomotiv sistemlerinde bir sorun oluşturmaktadır [7].

PAO Bazlı Kompresör Yağları: Polialfaolefin bazlı yağlar higroskopik değildir. Yani diğer yağların aksine, çevre havasından nem çekmez. Böylece, PAO yağların kullanılması sayesinde, bileşenlerin buzlanması veya asitlerin oluşumu gibi nem problemlerinin önlenmesi mümkündür. Alternatif olarak, farklı PAG yağların yerine kullanılabilir. Vidalı kompresörler, tek ve çok kademeli tüm pistonlu ve santrifüjlü kompresörlerde kullanılmak üzere tavsiye edilirler. PAO yağlar diğer



yağlarla belirli bir dereceye kadar karışır, bununla birlikte "dinlenme durumunda" iken onlardan tekrar ayrılır ve bu nedenle kalıcı bir bağlantı oluşturmaz. Bu sayede, yağların gerekli viskozitesinin korunması ve genel viskozitede bir değişiklik olmaması sağlanır. PAO yağlar depolama kararlılığı, geleneksel

yağlara göre çok daha yüksektir. PAO yağ R134a soğutucu madde için, kısmen R1234yf soğutucu madde ve diğer soğutucu maddeler için uygundur. Alternatif olarak, R134a için sunulan farklı PAG yağların yerine kullanılabilir.

Tablo 2. Soğutma Kompresör Yağları ve Karşılaştırılması [6]

Özellikler	Parafinik Mineral Yağ	Naftenik Mineral Yağ	Polialfaolefin (PAO)	Alkil Benzen (AB)	Polialkilen Glikol (PAG)	Polyol Ester (POE)
Kimyasal Stabilite	3	3	5	4	3	3
Termal Stabilite	3	3	4	4	3	4
Uçuculuk	3	2	5	3	3	5
Düşük Sıcaklıkta Akışkanlık	1	3	4	3	3	4
Viskozite-Sıcaklık	3	2	3	2	3	4
Hidrolik Stabilite	4	4	5	3	3	2

5: Mükemmel 4: Çok İyi 3: İyi 2: Orta 1: Zayıf

Soğutma kompresör yağlarında kullanılan baz yağ ve soğuyucu/yağ uyumu dışında önem arzeden teknik özellikler ise şunlardır:

- Kinematik Viskozite
- Parlama noktası
- Akma noktası
- Korozyon Önleme
- Oksidasyon Direnci
- Köpürme Eğilimi

Kinematik Viskozite: Yerçekimi altında bir sıvının akışa gösterdiği dirençtir. Yağlayıcılık fonksiyonu düşünüldüğünde en önemli parametre kuşkusuz yağ viskozitesi olmaktadır. Yağlama yağının viskozitesi soğutucu akışkanın cinsine ve kompresörün tipine uygun olarak seçilir. Kompresör yağının viskozitesinin kompresörün performansını düşürecek düzeyde olmaması, kompresör mekanik kaybının azaltılması amacıyla; kullanılan yağların olabildiğince düşük viskoziteye sahip olması tercih edilir. Soğutma kompresörü yağlarında enerji

verimliliğini etkileyen parametrelerin başında viskozite gelmektedir. Viskozitenin düşük olması verim artışını da beraberinde getirmektedir. Viskozite ile ilişkili diğer bir parametre Viskozite İndeksi (VI) dir. Yağın kullanımı sırasında sıcak/soğuk geçişlerde viskozitenin değişiminin minimum düzeyde olabilmesi yüksek VI'a sahip yağ seçimi ile mümkündür. Ayrıca yüksek VI sahip yağlar yüksek ve düşük sıcaklıklarda daha iyi aşınma önleme ve sürtünme önleme performansı sağlarlar.

Akma Noktası: Yağın akabileceği en düşük sıcaklıktır. Düşük bir akma noktası, sistemin tasarım çalışma koşullarında, yağın sistemde erişilen en düşük sıcaklıklarda donmayacağına bir göstergesidir. Kompresör yağının akma noktasının düşük olması, çalışma sıcaklığında donmayı engeller ve akışkanlığını korur. Yağın soğutucu gaz ile karşılaşması halinde uyumlu çalışmasını sağlar.

Parlama Noktası: Bir tutuşturma kaynağı olduğunda, yağ buharının tutuşacağı en düşük



sıcaktır. Soğutma kompresörlerinde kullanılan yağın güvenlik sebebiyle parlama noktası yüksek olmalıdır. Soğutma kompresör yağları, soğutucu sistemlerinde yangın tehlikesi teşkil etmese de düşük parlama noktasına sahip yağlar tercih edilmez.

Korozyon Önleme Özelliği: Kompresör yağının kompresör içinde bulunan mangan-fosfat, alüminyum, bakır vb. metaller üzerinde korozyon etkisinin bulunmaması gerekir. Bu sebeple yağ içeriğinin kompresör metalleri ile uyumlu olması ve yağlayıcı formülasyonunun korozyon önleyici içeriğe sahip olması beklenir. Kompresör yağında kullanımla birlikte oluşabilecek yağ asitleri de kompresör içinde bulunan farklı malzemeler üzerinde korozyona sebep olabilmektedir. Bu sebeple kompresör yağı içeriğindeki korozyon inhibitörlerinin metal ve alaşımlarını, metal yüzeylerde film oluşturarak yağlardaki asit artıklarının kimyasal etkilerinden koruyabilmesi istenir.

Oksidasyon Direnci: Oksidasyon kısaca yağın çamurlaşmaya başlaması anlamına gelir. Oksidasyon reaksiyonları, ekzotermik ve çok karışık reaksiyonlar dizisidir. Yağın oksitlenmesi sonucu genellikle viskozitesi artmakta, yağın içerisinde asidik artıklar ve karbonlu maddeler oluşabilmektedir. Bu birikintiler yüzeyde bir yalıtıcılık meydana getirdiklerinden yüzeylerde sıcaklığın artmasına sebep olabilmektedir. Bu etki de kompresör parçalarının görevlerini tam olarak yerine getirmesine engel oluşturarak çeşitli arızalara yol açabileceğinden performans düşecektir. Ancak bir yağın oksidasyon direnci ne kadar artarsa, yağlama kalitesi o kadar artar [6].

Köpürme Eğilimi: Kompresörün ilk çalışması esnasında krank milinin dönmesi ile köpük oluşabilmektedir. Kompresör yağında köpük oluşması yağlama performansını azaltacağından köpük oluşumu önlenmesi gereken bir parametredir. Soğutma kompresör yağında oluşan köpük kompresör işleyişinde bazı problemlere sebep olmaktadır. Kompresör yağında oluşan köpüklenme yağda kabarcıklar oluşmasına neden olur bu durum yağın istenilen şekilde kompresör parçalarının yağlanması engel olur. Yağdaki köpürme yüzünden yaşanan bu olumsuzluklar bir soğutma kompresör performansına ve verimliliğine zarar vererek ciddi hasarına neden olabilir.

3.SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Doğal enerji kaynakları kullanımının, harcanan enerji miktarının artmasına bağlı olarak hızla artması, buna bağlı olarak çevresel etkilerin gözle görülür ve

hayatı etkiler konumda öne çıkması enerji kullanımı konusunda yeni yaklaşımların oluşturulması ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda özellikle enerji verimliliği konusu, küresel ölçekte mal ve hizmet alımlarında karar verme süreçlerinde önemli bir etken olmuş ve aynı ölçüde yasal düzenlemelerde de yer bulmaya başlamıştır.

Çok farklı tanımları olmakla birlikte enerji verimliliği;

- Enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketilerek gerçekleştirilmesi (ABD Enerji Bakanlığı tanımı) ya da

- Tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi (EIE tanımı)

şeklinde ifade edilmektedir.

Günümüzde soğutma sistemlerinin giderek artan kullanımı ile birlikte bu sistemlerde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar da önem kazanmıştır.

Bir soğutucunun ne kadar verimli olduğunu anlamak için performans katsayısı COP ve elektrik verimliliği EER (Energy Efficiency Ratio) değerleri gösterge olarak kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinin enerji verimliliğini ifade etmekte kullanılan en yaygın ölçü COP değeridir.

- COP sistemin soğutma kapasitesinin kompresörün kullandığı elektrik gücüne oranıdır. Yüksek COP değerini sağlayabilen kompresörler eşit soğutma kapasitesi için daha az elektrik tüketmektedir. Bu yüzden, diğer özellikleri ve faktörleri eşit olan soğutucular arasında, en yüksek COP'a sahip olan soğutucu seçilmektedir.

- EER, Enerji verimlilik oranı bir soğutma cihazında evaporatörde elde edilen soğutma kapasitesinin (kW), cihazın tükettiği toplam elektrik enerjisine (kW) oranıdır.

COP değerinde birim kWh/kWh iken, EER'nin birimi BTU/kWh*h olarak alınmaktadır. Değerlendirmelerde son olarak da SEER "Seasonal Energy Efficiency Ratio" yani Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı kullanılmaktadır.

EER değerleri tam yükte çalışma koşulunda ölçülürken, SEER'de sınıflandırmalar cihazların mevsimsel değişikliklerle farklı oranlarda yüklenmeleri sonucu ortaya çıkan değerlere göre yapılmaktadır



Genellikle soğutma ve klima sistemlerinin kapasite ve verimi hakkında COP ile birlikte EER değerinden bahsedilir. COP kompresörün saatte tükettiği elektrik enerjisi ile ürettiği ısı enerjisinin kıyaslanmasına bağlıdır. EER değeri evaporatörde çekilen ısı miktarı ile elektrik tüketimi arasındaki kıyaslamayı yapar ve COP ile aynı anlama geldiğini kabul edebiliriz. Ayrıca bazı klima ve soğutma sistemleri için Sezonsal elektriksel verimden bahsedilir. ASEER ve SEER değerleri cihazın yıl boyunca ya da sezon boyunca ne kadar süre çalışmaya ihtiyaç duyduğu ve çalıştığı sezon boyunca ne kadar verimli çalıştığı ile ilgili kat sayılardır [3].

Tablo 3. Mevsimsel Seasonal SEER ve SCOP Değerleri Tablosu

	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

Soğutma kompresörlerinde enerji verimliliğinin (COP değerinin) artırılmasına yönelik çalışmalar kapsamında kompresör ve soğutucu tasarımlarına yönelik çalışmalar yürütüldüğü kadar bu sistemlerde kullanılan tüm malzemelerin üretiminde enerji verimliliği kavramının değerlendirilerek çalışmalar oluşturulması yaklaşımı da giderek yaygınlaşmıştır.

Yağlayıcı açısından bakıldığında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yeni çalışmalar özellikle kompresör yağının viskozitesinin düşürülmesine yöneliktir. Düşük viskozite ile COP değerinin artırılması kapsamında yürütülen AR-GE çalışmaları literatürde geniş yer bulmaktadır.

Yağ viskozitesi yüksek temas basıncı olan yataklarda aşınma ve sürtünme özelliklerini etkileyici çok önemli bir rol oynar. Farklı yağlar farklı viskozitelere sahiptir ve bunun yanında yağ viskozitesi sıcaklığa, kayma oranına ve basınca bağlı olarak değişim göstermektedir. İlk bakışta yüksek viskoziteli yağların oluşturduğu film kalınlıklarının daha kalın olmasından dolayı performanslarının da daha iyi olacağı varsayılabilir. Ancak bu durum her zaman geçerli değildir. Yüksek viskoziteli yağ

ile yağlanmış sistemlerde kayma hareketinin sağlanması için ihtiyaç duyulan kayma gerilmeleri düşük viskoziteli yağ kullanılan sistemlere oranla daha yüksektir. Kayma gerilmesindeki yükselme beraberinde güç kaybını getirir, daha fazla ısı üretilir ve temas halindeki parçaların bozulmasına sebep olabilecek sıcaklık artışı olur. Sıcaklık viskozite değişimini tetikleyen en önemli parametredir [4].

Yağlama ile yatak yüzeylerinde oluşan sürtünme kaynaklı enerji kayıpları azaltılabildiği gibi viskozitesi uygun olmayan ya da soğutkan gaz içinde çözünürlüğü istenilen limitlerin dışında olan yağlayıcılar kullanıldığında sistem veriminde düşüş gözlenebilir. Bu gibi gerçekler göz önünde bulundurularak, kompresör performansını geliştirmek için uygun yağlayıcı seçimi yapılmalıdır [5].

SONUÇ

Soğutma kompresör yağları kompresörler için en hayati ve en kritik konuların başında gelmektedir. Kompresörlerin sorunsuz ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için yağlama çok önemlidir. Çünkü yetersiz yağlama, kompresörün parçalarının aşınmasına, kompresörün çalışmamasına hatta yanmasına sebep olabilmektedir. Kompresörler soğutma sistemlerinde durmaksızın çalışmaktadır. Bu nedenle zaman içinde içlerindeki parçalar sürtünme sonucu aşınır ve ısınır. Soğutma kompresörlerinin çalışmaya devam edebilmeleri için sürtünmenin düşmesi ve parçaların soğuması gerekmektedir. Kompresör yağları aşınma önlemeyi sağlayarak parçaların soğutulmasını ve kompresörün verimli olarak çalışmasını sağlamaktadır.

Diğer bir konu olarak; Soğutma sistemleri tasarımlarında enerji tüketiminin azaltılması için kompresör verimliliğinin artırılması (COP değerinin artırılması) hedeflenmektedir. Bu amaca ulaşılabilmesi, soğutma kompresör tasarımında gerçekleştirilecek yenilikler kadar kompresörde kullanılacak uygun malzemeler ve seçilecek uygun özelliklere sahip kompresör yağları ile mümkün olabilecektir. Bu durum göstermektedir ki uygun ve doğru yağlayıcı seçimi ile hem kompresör performansı artırılabilir hem de enerji verimliliği sağlanabilmektedir.

Bu kapsamda kompresör yağları formülasyonlarında yürütülen çalışmalar daha düşük viskoziteli kompresör yağlarının geliştirilmesi yönünde evrilmektedir.



Kompresör yağının viskozitesinin düşürülmesi ile COP değerinin arttığı bilinmektedir, fakat azalan viskozite ile yağ filmi kalınlığı da azalacağından yağdan beklenen aşınma önleme performansının sağlanması güçleşmektedir ve bu durum yağlayıcı üreticilerinin düşük viskoziteli soğutma kompresör yağı geliştirme çalışmalarında karşılaştıkları en önemli problemidir.

Soğutma kompresörlerinde kullanılacak yüksek performanslı düşük viskoziteli kompresör yağlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalarda elde edilecek başarılı sonuçlar ve kompresör tasarımlarında uygulanacak yenilikler ile daha verimli soğutma sistemlerin oluşturulabilmesi mümkün olabilecektir. ■

KAYNAKLAR

- [1] Tansel KOYUN, Arif KOYUN, Mustafa ACAR "Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri", Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 88, s. 46-53, 2005.
- [2] Nevzat Serkan YÜZER, "Buzdolabı Kompresörlerinde Yağlama Yağı-Soğutkan İlişkinin İncelenmesi", Tez (Yüksek Lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [3] BUDAK, E., CANSEVDİ, B., GÜNGÖR, A., "Su soğutma cihazlarında enerji verimliliği ve ısı geri kazanım". Tesisat Mühendisliği, 129, Page 23, 2014.
- [4] Stachowiak, G. W. and Batchelor, A. W., 2001. Engineering Tribology, Butterworth-Heinemann Woburn, MA.
- [5] Na B.C., Chun K.J., Han D.C., 1998. A tribological study of refrigeration oils under HFC-134a environment, Tribology International 30 (9) 707– 716.
- [6] Booser, E.R., 1997. Tribology Data Handbook, CRC Pres, New York.
- [7] Marsh, N. K. and Kandil, M. E., 2002. Review of thermodynamic properties of refrigerants + lubricant oils, Fluid Phase Equilibria, 199, 1-2, 319- 334.
- [7] GÖRNY, K., TYCZEWSKI, P., 2010 Specificity of The Lubricating Oil Operation In The Refrigeration Compressors, 63-73.

ÖZGEÇMİŞ

Hanife GÜLEN TOM

Lisans ve yüksek lisans eğitimini 2000 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde tamamlayarak Kimya Yüksek Mühendisi ünvanı ile mezun olmuştur. Mezuniyetinin ardından endüstriyel yağ üreticilerinin önde gelen firmalarından Belgin Madeni Yağlar Tic. Ve San A.Ş.'de AR-GE Mühendisi olarak göreve başlamıştır. Halen BELGİN Madeni Yağlar firması AR-GE Merkezi'nde AR-GE Müdürü olarak görev yapmakta, 20 yıllık endüstriyel yağ uzmanlığı ile küresel pazarlara yenilikçi, güvenilir, çevreye duyarlı çözümler sunarak sanayi için sürdürülebilir katma değer yaratmak için AR-GE projeleri yürütmektedir.

Ebru ERDOĞAN

Uzun Mehmet İlk Öğretim ve Mehmet Çelikel Lisesi'nde mezuniyetinin ardından, 1997 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde eğitimini tamamladı. 2001 yılında Tekkan Plastik Firmasında Laboratuvar Sorumlusu olarak 2 yıl çalıştı. Madeni yağ sektörüne Belgin Madeni Yağlar A.Ş. başlayarak, aynı firmanın AR-GE Merkezinde 18 yıldır çalışmakta ve TÜBİTAK AR-GE Merkezi projelerinde görev almaktadır. 2011 yılında itibaren Türkiye Akreditasyon Kurumunda Stajyer Denetçi olarak görevlendirmelere katılmaktadır.