

1. GİRİŞ

Türkiye de madeni yağ kullanımının 2011 yılında TÜBİTAK tarafından yapılan bir araştırmada Avrupa ülkelerine oranla yaklaşık olarak % 40 yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya göre madeni yağ tüketimi Türkiye de yılda 437 bin 33 ton dur. Bunun başlıca sebepleri yanlış ve bilinçsiz yağ kullanımından gelmektedir. Tespit edilen bu rakam Türkiye de kullanılan yağların kullanım sonucu atık hale geldiğini ve uygun koşullar altında bertaraf edilmezlerse doğaya zarar verecekleri anlamına gelmektedir. Kullanılan madeni yağların mutlaka atık olan kısımların devletin belirlediği atık bertaraf tesislerinde yok edilmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda kullanılan 437 bin 33 ton yağın en azından %50 den fazlasının atık olarak bertaraf edilmeyi bekliyor olmasıdır ki buda yaklaşık olarak 221 bin 607 ton dur. Geri kalan kısmın ne amaçla hangi yöntemler ile bertaraf edildiği tespit edilememiş ve bu sebepten dolayı hem doğaya zarar verme riski ortaya çıkmış hem de 200 bin ton civarında atık madeni yağlar ise yasal olmayan şekillerde kullanıldığı için büyük vergi kayıplarına neden olmuştur. Bu sonuçta doğaya, insana ve ülke ekonomisine belki de telafisi mümkün olmayan sorunlar ve hasarlar yaratmaktadır.

TÜBİTAK'ın Çevre ve Orman Bakanlığı için yürüttüğü projenin sonucunda, Türkiye'de endüstride kullanılan madeni yağ oranının ve kişi başına düşen madeni yağ oranının oldukça yüksek miktarda olduğunu çıkarmıştır.

Yapılan araştırmada Türkiye'de kişi başına düşen endüstriyel yağ oranı 18 litreyken, bu oran Almanya'da 12 litreye kadar düşüyor. İtalya'da 655 bin ton madeni yağ kullanılırken, ülkede kişi başına 11 litre yağ düşmektedir; Fransa'da kişi başına düşen madeni yağ oranı 13 litre; İngiltere'de 14 litre; İspanya'da 12 litre olarak hesaplanmaktadır.

Triboloji, sanayide ve makinacılık da üretim artışına önderlik ederek verimin arttırılmasına, bakım giderlerinin azaltılmasına, daha az enerji kullanımına ve kullanılan malzemelerin daha efektif kullanılmasına destek vermektedir.

Tribolojik ortamlar incelenirken sadece malzeme türünün bilinmesi yeterli değildir. Mutlaka malzemenin bulunduğu ortam (toz, nem, buhar, sıcaklık, vb.) ve malzemeyi kullanacak kişilerin o malzemeden ne beklediğinin doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bunları yapabilmek için sistemlerin çok iyi ve verilerin de doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bunun içinde belli bir deneyim ve teknik alt yapıya sahip olabilmek çok önemlidir.

Sürtünme, İnsanoğlu ilk yaratılışından beri hayatının bir parçası olmuştur. Konuşabilmemiz, yürüyebilmemiz, ayakta durabilmemiz, nefes alabilmemiz vb. daha birçok aktiviteyi gerçekleştirebilmemiz için sürtünmenin gerçekleşmesine ihtiyacımız olduğu bir gerçektir.

Türkiye’de fosil kaynaklı enerji türlerinden biri olan petrol ve petrol ürünlerine duyulan ihtiyaç, ülkede yaşanan sanayileşme ile birlikte ekonomik şartlara ve nüfusun hızla artmasına bağlı olarak artmaktadır.

Günümüzde vaz geçilmez olan ve bir o kadar tehlikeli ürünler olarak nitelendirilen akaryakıt ve madeni yağ ürünlerinin üretimi, depolanması, taşınması ve kullanımı esnasında meydana gelebilecek kazalar; işletme, çevre, insan ve canlı hayatı için büyük risk oluştururken, bu durum sektörde yer alan şirketlerde uzmanlığa dayalı faaliyetlerin yürütülmesini de zorunlu kılmaktadır.

Madeni yağ kullanırken ortam şartlarının tespit edilmesi kadar kullanılacak olan yağın baz yapısının ve karakteristik özelliklerinin de çok iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Uygun makede uygun yağ kullanılmaması hem yağın kullanıldığı makinenin ömrünü kısaltmakta hem de daha fazla yağ kullanımına buda daha fazla atık yağ oluşmasına sebep olmaktadır. Yanlış yağ kullanımından dolayı makine hasar

görürken beraberinde amperaj tüketimi arttırarak hem firmanın, hem de ülke ekonomisinin kaynaklarına maddi ve manevi olarak zarar vermektedir.

Fosil kaynaklı enerji üretiminin hem pahalı hem de doğaya zarar veren bir işlem olduğunu düşünürsek ülkemizin doğal kaynaklarına ne kadar zarar verdiğimizi daha net görebiliriz. Doğru yağ kullanımı, doğru uygulama ve daha bilinçli tüketim ile kendimizi, doğamızı ve ülkemizi çok daha verimli ve sağlıklı bir geleceğe hazırlamış olacağız.

2. TRİBOLOJİ

Sürtünme günümüzde bir bilim dalı olarak kabul edilmekte ve Triboloji kelimesi ile ifade edilmektedir. Triboloji sözcüğü eski Yunan dilindeki Tribos (Sürtünme) sözcüğünden gelmektedir.

Dünyada çeşitli kuruluşlarca yapılan bazı araştırmalarda üretilen enerjinin yaklaşık üçte birinin sürtünme sonunda harcandığı gerçeğini ortaya koymuştur. Diğer yandan makinaların fonksiyon yüzeylerinde meydana gelen aşınmaların da çok büyük ekonomik kayıplara yol açtığı benzer araştırmalar sonucu tespit edilmiştir. Artan hızlar ve zorlanmalar, makina sistemlerinin güvenilirlik ve ömür koşullarının daha dar toleranslara sokulması, aşınmanın sınırlandırılmasını ve kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir.

Triboloji; rölatif harekette birbirine sürtünen cisimlerin, sürtünme, yağlama ve aşınma mekanizmalarını ve olaylarını inceleyen bilim dalı olarak tanımlanır ve Türkçe’ de Sürtünme bilim adıyla da anılır¹. Triboloji bilimi, sürtünme çeşitlerini araştırmanın yanında bunları nasıl en aza indirebileceğimizi (Ör: metal sürtünmeleri) yâda bazı durumlarda nasıl arttırabileceğimizi (Ör: fren sistemleri) araştırarak günlük yaşantımızın ve sanayi sektörünün daha verimli ve performanslı sürdürülmesine yardımcı olmaktadır.

Günlük yaşantımızda giysilerimizin yıpranması, otomobil lastiklerimizin incilmesi, evimizde kullandığımız bıçakların aşınması, toprağın erozyona uğraması, metallerin paslanması, ayakkabılarımızın aşınması tamamen sürtünmeni yarattığı sonuçlardan oluşmaktadır ve çözümleri Triboloji bilimi içinde incelenmektedir.

¹ “Automotive Handbook”, Robert Bosch GmbH, p329, (2002).

Triboloji bilimi kendi içinde 3 ana başlıkta toplanır.

- i. Sürtünme
- ii. Aşınma
- iii. Yağlama

Triboloji biliminde yapılan araştırmalar, sürtünme oranlarının tespit edilerek en uygun yağlayıcı (yoğunluğu ve kullanılacak yağın türünün belirlenmesi) seçimi ile aşınmayı önlemek ve malzemenin yâda makinanın daha uzun süreler daha verimli ve performanslı çalışmasına yardımcı olabilmek için yapılır.

3. TRIBOLOJİNİN TARİHÇESİ

Tekerleğin icadından önce ağır yükleri silindirik kalaslar üzerinde kaydırarak bir yerden bir yere taşıyan insanlık, bu kalasları ıslatarak sürtünmenin ve aşınmanın önüne geçme konusunda ilk adımları atmıştır. Tekerleğin MÖ 3000'li yıllarda Sümerler tarafından keşfiyle beraber insanlık dönel elemanların yataklama ve bu yataklardaki aşınma problemleriyle tanışmış ve bunlara hal çareleri aramaya koyulmuştur.²

Ortaçağda İtalyan mimar ve mühendis Leonardo da Vinci (1452-1519), Fransız fizikçiler Amontons (1663-1705) ve Coulomb (1736-1806), mekanik ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır. Coulomb sürtünme konusunda bugün de geçerliliğini koruyan sürtünme kanunu'nu ortaya koymuştur. Sıvı sürtünmesi konusunda Newton (1643-1727), Poiseuille (1799-1869), Hagen (1797-1884), Stokes (1819-1903), Reynolds (1842-1912) araştırmalar yapmışlar ve bugünkü Triboloji biliminin temelini atmışlardır.³

Alman makine mühendisi Richard Stribeck (1861-1950), kaymalı yataklar üzerinde yaptığı deneylerde sürtünmeye etki edebilecek bütün değerleri sabit tutmuş, devir sayısını ve buna bağlı olarak çevresel hızı değiştirerek bugün Stribeck eğrisi olarak bilinen eğriyi elde etmiştir.⁴

² Akkurt, Mustafa; Makina Elemanları - Cilt 3, Birsen Yayınevi

³ Akkurt, Mustafa; Makina Elemanları - Cilt 3, Birsen Yayınevi

⁴ Akkurt, Mustafa; Makina Elemanları - Cilt 3, Birsen Yayınevi

4. TRİBOLOJİ'NİN ÖNEMİ VE KAPSAMI

Yapılan araştırmalara ve tutulan istatistiklere göre makine elemanlarının ortalama %70' inin hurdaya ayrılma sebebi aşınmadır. Bunun sonucu olarak meydana gelen malzeme kayıpları, aşınan parçaların yenileriyle değiştirilmesi zorunluluğu, makinelerin bakım-onarım faaliyetleri için harcanan zaman ve emek ve bu faaliyetler için istihdam edilen teknik personel göz önüne alındığında her yıl milli sermayeye oldukça büyük yükler getirmektedir.

Sürtünme sonucu makinelerde ortaya çıkan enerji kaybı ise hesap edilemeyecek boyutlardadır. Bu sebeple makine konstrüksiyonlarında, aşınma ve enerji kaybının önlenmesi için yağlama son derece önemlidir ve üzerinde en hassasiyetle durulması gereken bir konudur.

Her ne kadar Triboloji bilimi, genelde makinelerde oluşan aşınma türleriyle, minimum sürtünmeyle çalışabilecek mühendislik malzemeleri ve konstrüksiyonlarla ve aşınma ve sürtünmeyi en aza indirecek yağlama teknolojileriyle doğrudan ilgili olsa da, özelde günlük yaşamımızda karşılaştığımız pek çok sorunla da dolaylı olarak alakalıdır. Günlük giydiğimiz elbiselerin yıpranması, bıçakların ve diğer kesici aletlerin körelmesi, toprağın erozyona uğraması, metallerin paslanması (korozyon), asfalt sokak ve yolların aşınmaya uğraması, insanların kaygan bir zeminde dengelerini kaybedip düşmeleri, karlı veya ıslak yollarda arabaların kumandalarını yitirerek kazalara neden olmaları da bu bilim dalının dolaylı olarak alanına giren gündelik sorunlardır.⁵

⁵http://www.kadimdostlar.com/Bilimsel_Gelismeler_Sosyal_ve_Fen_Bilimleri_f120/Triboloji_Nedir_Surtunme_Asinma_Ve_Yaglama_Kon_t57860.html

5. SÜRTÜNME

Sürtünme birbirine temas eden iki yüzeyden birinin, diğerinin bağlı hareketine karşı gösterdiği dirençtir. Sürtünme günlük hayatımızda olmazsa olmazlardan biridir. Sürtünme olmasaydı yaşam diye bir şey olmazdı. En basit haliyle nefes almamız, ayakta durabilmemiz, konuşabilmemiz günlük hayattan sürtünmenin yarattığı sonuçlardır. Düşünün kumsalda yürürken harcadığımız enerji ile buz üzerinde harcadığımız enerji farkı sürtünmenin günlük hayatımızda ne kadar önemli olduğunun bir kanıtıdır. ⁶

Sürtünme hayatımızın vazgeçilmezi olarak belirttik. Günlük hayatımızda ve sanayide sürtünmenin yarattığı sorunları aza indirmek için birçok yardımcı malzemelere ihtiyaç duyarız. Bir gerçeklik vardır ki bazı durumlarda sürtünmenin artırılması için uğraşılır. Örneğin otomobillerin fren sistemlerinde yüksek oranda sürtünmeye ihtiyacımız vardır. Eğer fren sistemi istenilen oranda sürtünmeyi sağlayamazsa otomobili durdurmak imkânsız olurdu ki buda asla istenmeyen durumlara sebep olabilirdi. Son yıllarda yapılan araştırmalarda uzay boşluğunda dahi sürtünmenin var olduğu ispatlanmıştır. ⁷

$$b \text{ } F_s = uN$$

U: Sürtünme katsayısı

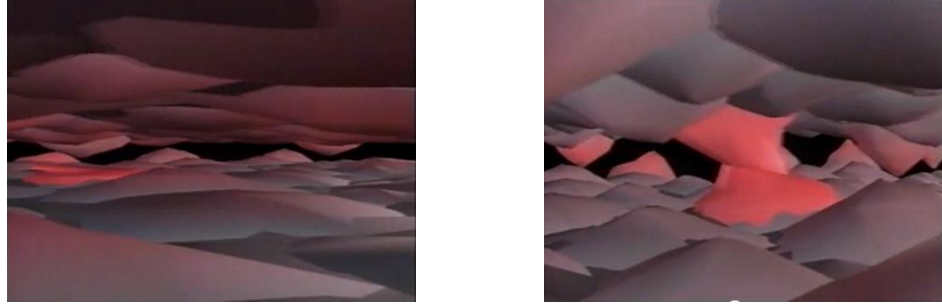
N: Tepki kuvveti

Sürtünme, kuvvet ile aynı doğrultuda ve zıt yönlerdedir. Eğer cisim duruyorsa, sürtünme ve kuvvet eşit veya kuvvet sürtünmeden daha azdır. Eğer bir

⁶ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

⁷ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

cismin üzerine tepki kuvveti ve yer çekimi kuvveti dışında kuvvet uygulanmıyorsa sürtünme yoktur.⁸



Şekil 1. Mikroskopik metal yüzey temas görüntüsü⁹

Yarıda yer alan görselde mikroskop altında birbiriyle temas eden metal iki yüzey yer almaktadır. Görüldüğü üzere birbiri ile temas eden iki yüzeyde sürtünmenin yaratmış olduğu ısınmadan dolayı yüzey ısı rengi değişmiş ve bu noktalar daha kırılgan ve hasarlanmaya hazır hale gelmiştir. Bu iki yüzeyi kuru halde birbiri ile temasını devam ettirirsek kısa zaman içinde malzeme yorulmasından dolayı yüzey aşınmaları meydana gelmeye başlayacaktır.

5.1. Sürtünme Katsayısı

Sürtünme katsayısı boyutsuz ve skaler bir değerdir. İki cisim arasındaki sürtünme kuvvetinin iki cisim birbirine bastıran kuvvete oranı olarak da belirtilebilir. Sürtünme katsayısı kullanılan materyale göre değişir. (Buz ve çelik arasındaki düşük sürtünme ya da lastik ile asfalt arasındaki yüksek sürtünme gibi) Sürtünme katsayısı genellikle 1 ile 0 arasında olur, fakat bazı durumlarda katsayı 1,7 ye kadar çıkabilir. Teflon 'un sürtünme katsayısı gibi 0.04 gibi çok düşük olabilir. Eğer sürtünme

⁸ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

⁹ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

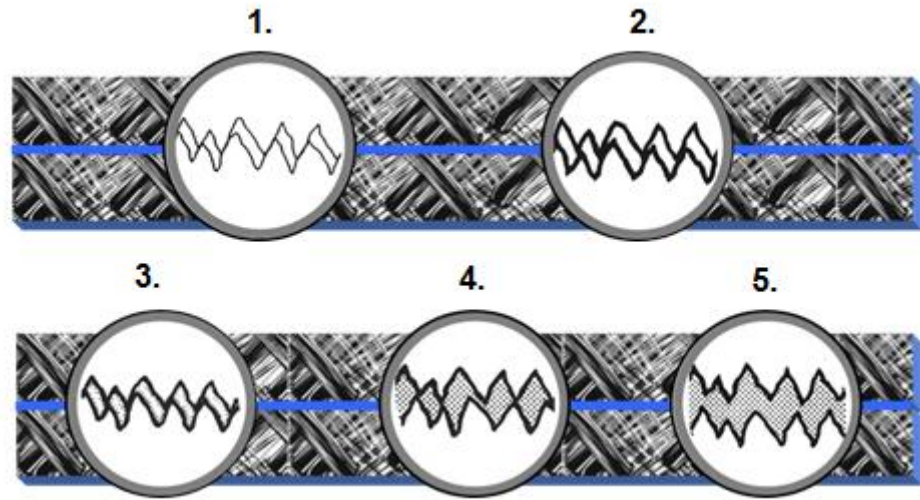
katsayısı 0 ise obje yüzeye temas etmiyor demektir, yani tepki kuvveti yoktur. Yüzey yapışkan ise sürtünme katsayısı genellikle doğru ölçülemez.¹⁰

5.2. Sürtünme Tipleri

Sanayide iki malzemenin çalışırken birbirine sürtünmesinden dolayı yağlayıcılara ihtiyaç duyulmuştur. Bağlı hareket yapan cisimlerin yüzeyler arasında yağlayıcı bir madde konulup konulmaması açısından sürtünme genel olarak 5 kısımdan oluşur. Bunlar gerek malzemenin ömrünün uzatılması gerekse verimin artırılması bakımından çok önemlidir.

1. Kuru sürtünme: Sürtünme elemanlarının yüzeyleri sıkı temas halinde, tamamen temizlenmiş ve yağlayıcı ile kaplanmamıştır.
2. Yüzey tabaka sürtünmesi: Sürtünme elemanlarının yüzeyleri sıkı temas halinde ve reaksiyon tabakaları veya katı yağlayıcılar ile kaplanmıştır
3. Limit sürtünmesi: Sürtünme elemanlarının yüzeyleri sıkı temas halinde ve ince bir yağlayıcı filmi ile kaplanmıştır. Aşınma oldukça yüksektir
4. Karışık sürtünme: Sürtünme elemanlarının yüzeyleri kısmı temas halindedir. Aşınma genellikle kabul edilebilir limitlerdedir.
5. Akışkan sürtünme: Sürtünme yüzeyleri yağ filmi ile tamamen ayrılmıştır.

¹⁰ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>



Şekil 2. Sürtünme tipleri¹¹

Sürtünme tam olarak minimize edilemezse sonucunda aşınma olarak nitelendirdiğimiz ve kendi içinde birçok çeşidi bulunan bir forma dönüşür. Aşınma zamanında tespit edilemezse zaman içinde dişli kırılmalarına, zincir kopmalarına ve bunlardan dolayı makine arızalarına varan sorunlar çıkartabilmektedir.¹²

5.3. Sürtünme Kuvvetinin Özellikleri

1- Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin cinsine bağlıdır. Cisme etkiyen sürtünme kuvveti yüzeylerin cinsine göre değişir.

2- Sürtünme kuvveti (yatay düzlemde) cismin ağırlığıyla doğru orantılı değişir.

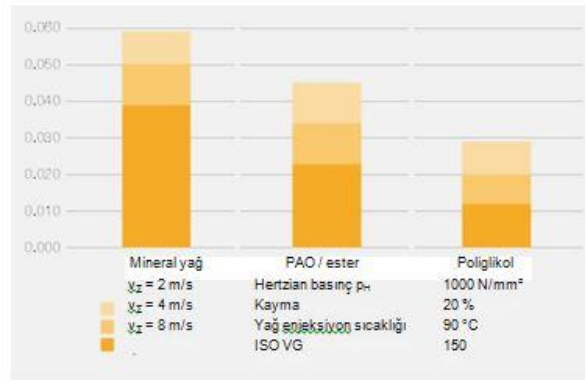
¹¹ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

¹² <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

3- Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin büyüklüğüne bağlı değildir.

4- Sürtünme kuvveti daima harekete zıt yöndedir.

5- Sürtünme kuvvetinin hareket ettirici özelliği yoktur.¹³



Grafik 1: Çift disk makinelerinde belirlenen çeşitli dişli yağlarının sürtünme katsayıları¹⁴

Şekilde görüldüğü gibi farklı baz yağlarının farklı sürtünme kat sayıları bulunmaktadır. Bundan dolayı bir baz yağı sisteme uygulamadan önce sistemde meydana gelen / gelebilecek sürtünmelerin çok iyi tespit edilmesi ve uygun baz yağı seçiminin doğru yapılması hem makine ekipmanı, hem bakım hem de verim açısından çok önemlidir.

¹³ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

¹⁴ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

5.4. Sürtünme Kuvvetinin Olumlu Ve Olumsuz Yönleri

1- Yürümeyi kolaylaştırır. Hareketi zorlaştırır.

2- Sürtünme kuvveti nedeniyle yerine koyduğumuz koltuk ve masa gibi eşyalar yerinde kalır.

3- Metaller arasında oluşan sürtünme sonucu sert metal yumuşak metali aşındırır. Enerji kaybına neden olur. Arabaların motor gücünün yaklaşık %20 si sürtünme kuvvetini yenmeye harcar.

4- Sporcular ayaklarına giydikleri çıkıntılı ayakkabılar ile daha rahat yere basarlar.

5- Sürtünme kuvveti cisimleri aşındırır.

6- Araba, uçak, gemi ve trenin hızını yavaşlatır.

7- Sürtünme kuvveti olmasaydı dağ yamaçlarındaki kaya ve topraklar kolaylıkla kayardı.

8- Kalemle yazamaz veya yazdıklarımızı silemezdik.

9- Arabalar frene basılınca duramazdı.¹⁵

¹⁵ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

5.5. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Etkenler

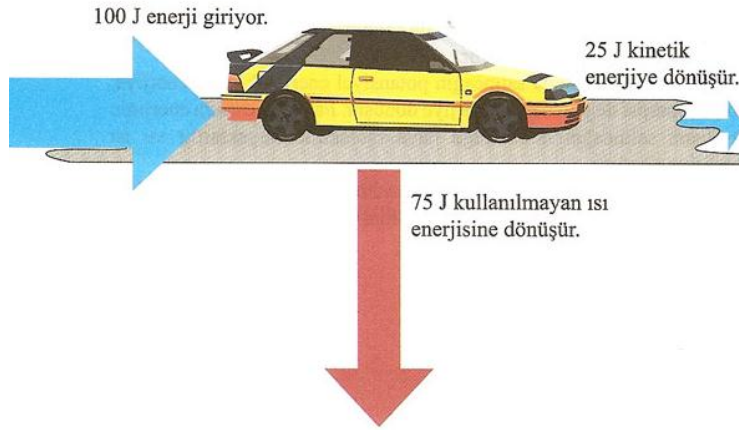
1- Yüzeyin pürüzlü olması: Cismin hareket edeceği yüzeyin pürüzlü olması cismin hareketinde önemlidir. Pürüzlü yüzeylerde cisimlerin hareket etmesi için daha büyük kuvvete ihtiyaç vardır. Bütün yüzeylerde mutlaka pürüz vardır. Cisimler birbiri üzerinde hareket ederken, yüzeylerindeki girinti ve çıkıntılar birbirinin içerisine girerek cismin hareket etmesini güçleştirirler. Cilalı yüzeylerde bu girinti-çıkıntılar daha az olduğundan sürtünme kuvveti de o oranda azdır. Bu nedenle pürüzlü yüzeylerin yağlanması ile bu girintiler azaltılarak daha az sürtünme kuvveti uygulaması sağlanabilir.

2- Cismin ağırlığı: Bir cismin ağırlığı arttığında cismin ve yüzeyin girinti-çıkıntıları daha fazla birbiri içine gireceğinden sürtünme de artar. Yani cismin hareketini engelleyen kuvvetin büyüklüğü de artar. Cismin hareket etmesini engelleyen bu kuvveti yenmek için, bu kuvvetten daha büyük bir kuvveti cisme uygulamak gerekir.¹⁶

5.6. Sürtünme Kuvvetinin Etkileri

Sürtünme kuvveti, cisimlerin yüzeyde tutunmasına yardım eden bir etkidir. Eğer sürtünme kuvveti var olmasaydı birçok yaşamsal faaliyet mümkün olmazdı. Yolda yürüyemez, bir yerde oturamaz, yemek yiyemez, yazı yazamaz, araç kullanamazdık. Örneklerde de görüldüğü gibi her türlü hayati olayın gerçekleşmesinde sürtünme kuvvetinin etkisi vardır. Araba örneğini biraz açacak olursak, yolda hareketine başlayan bir aracın durması sürtünme kuvvetinin etkisi ile oluşmaktadır. Bu kuvvet olmasaydı frenler tutmayacağı için araba sürekli hareket ederdi.

¹⁶ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>



Şekil 3. Sürtünme kuvvetinin etkileri¹⁷

Buzun sürtünme kuvvetinin toprak veya asfalta göre daha düşük bir sürtünme kuvveti olduğu bilinmektedir. Kışın buzlu yollarda araçlar daha fazla kaymakta ve frenlerin etkisi daha az olmaktadır. Bu nedenle kışın meydana gelen kazalar, diğer zamanlara göre daha fazla olmaktadır. Bu nedenle kışın buzun erimesi için tuz kullanılması (suyun donma sıcaklığını düşürür) veya toprak atılması bu sürtünme kuvvetini artırmak içindir.

Sürtünme kuvvetinin hayatımızı kolaylaştıran çok büyük etkilerinin yanında günlük yaşantıda işleri zorlaştırdığı da bilinmektedir. Çünkü sürtünme kuvvetini yenerek, cisimleri harekete geçirmek için daha büyük kuvvet kullanılması gerekir. Ve büyük yükleri, sürtünme kuvveti nedeni ile kas gücümüzle hareket ettiremeyiz. Bundan dolayı çeşitli makineler kullanarak bu yükleri hareket ettiririz. Makineler çalışırken, içerisindeki parçalar birbirine sürtünürler. Sürtünen bu parçalar zamanla aşınarak kullanılmaz hale gelirler. Makinelerin yıpranmasını engellemek için sürtünme kuvvetini düşürücü önlemler almak gerekir. Yani sürtünme kuvvetinin çok büyük yararları olmakla beraber bazı zorlukları da vardır.¹⁸

¹⁷ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

¹⁸ <http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpN8OnN>

5.7. Sürtünme Kuvvetini Artırmak Ve Azaltmanın Yolları

Sürtünme kuvvetinin, bir olayın gerçekleşmesi için yetersiz kaldığı durumlarda alınması gereken tedbirler vardır. Bunlardan bazılarını sıralayacak olursak;

- 1- Kışın araba lastiklerine zincir takılması.
- 2- Sporcuların ayakkabılarının altına dişler yapılması.
- 3- İş makinelerinin tekerlerinde dişlerin daha büyük yapılması.
- 4- Büyük kütlelerin altına tekerlek tipinde cisimlerin konulması.
- 5- Makinelerin yağlanması.
- 6- Dik yokuşlarda ulaşımı kolaylaştırmak için önlemler alınmasıdır.

6. AŞINMA

Kâinatta hiçbir şey ilk günkü gibi kalmaz, sürekli bir değişim içerisinde. Bu değişime aşınma mekanizmalarının etkisi büyüktür. Deniz kenarında dalgalar sebebiyle oluşan kıyı erozyonu, çöllerde rüzgâr nedeniyle olan rüzgar erozyonu tabiatın kendi mekanizmalarıyla oluşturduğu aşınmalara birer örnektir. Aşınmayı gündelik yaşamın her cephesinde de görmek mümkündür. Giydiğimiz giysi ve ayakkabıların zamanla yıpranmasında, kullandığımız eşya ve mobilyaların hızla eskimesinde ve bıçakların ve diğer kesici aletlerin körelmesinde aşınmayı gözlemleyebiliriz.¹⁹

Fiziksel olarak biri birine temas eden ve izafi hareketi olan iki cisim arasında doğan bir enerji transferi mekanizması olan sürtünme sonucunda aşınma doğar. İlk bakışta genel olarak bu tanım doğru olsa bile doğruların tam bir ifadesi sayılmaz. Çünkü temas eden ve harekete başlayan iki cisim arasında sürtünme ile aşınma aynı anda olmakta ve aşınma parçacıkları sürtünme hadisesine doğrudan etki etmeye başlamaktadır. Yani bu bir nevi tavuk/yumurta hadisesine dönmektedir. Bu olayı önlemek için ise bilinen en etkin yöntem müsaade edildiği yerde yağlamadır. Aşınma olayı aşınan bir malzemenin kendisine ait bir özellik değildir. Aşınma; malzeme özellikleri, çalışma şartları (yük, hız), kontak geometrisi, yüzey pürüzlülüğü ve çevre (yağlayıcı, sıcaklık) den oluşan bir sistemin kompleks etkileşimlerinden doğan bir sonuçtur²⁰.

Aşınma günümüzde tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Gerek malzeme tipleri gerekse tribolojik ortam çok iyi analiz edilmelidir. Uygun bir yağlayıcı ile sürtünme kat sayısı azaltılarak aşınmanın yarattığı hasarlar minimize

¹⁹ <http://tr.wikipedia.org/wiki/A%C5%9F%C4%B1nma>

²⁰ Makine elemanlarının tribolojik hasarları ve uygun malzeme seçimi - Yılmaz Özmen, Pamukkale Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Denizli, (Geliş Tarihi: 30 Ağustos 2003, Kabul Tarihi: 10 Ocak 2004)

edilebilir. Bunun yapılabilmesi için yağlama yağlarının özellikleri de malzeme ve tribolojik ortam özellikleri kadar iyi bilinmelidir.

Belli başlı aşınma türleri;

- i. Abrazyon
- ii. Erozyon aşınması
- iii. Adezyon
- iv. Yüzey yorulması

6.1. Abrazyon

- Katı bir yüzeye karşı veya yüzey boyunca hareket eden sert parçacıkların yapmış olduğu aşınmadır.
- Karşılaşılan aşınma türlerinin %60'ı abrazyon aşınmasıdır.
- Abrazyona neden olan parçacık ya da parçacıklar aşınmaya maruz kalan yüzeyden daha serttir.
- Aşındırıcı parçacıkların yüzeyde yapmış olduğu hasar tipleri: kayma, yuvarlanma, tıraşlama, kesme, çizme, öğütme, zımparalamadır.
- Bu aşınma türünde, parçacık boyutu ve yüklenme en önemli parametrelerdir.²¹

6.1.1. Düşük Gerilmeli Abrazyon

- Parçacık boyutu $> 3\mu\text{m}$ 'dir.
- Etkin hasar türü: kayarak çizmedir.

²¹ Makine elemanlarının tribolojik hasarları ve uygun malzeme seçimi - Yılmaz Özmen, Pamukkale Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Denizli, (Geliş Tarihi: 30 Ağustos 2003, Kabul Tarihi: 10 Ocak 2004)

- Model olarak sabanla toprağın işlenmesine benzer (ploughing). Düşük yüklemelerde gerçekleşir.
- Yüzeyde serbest hareket ederse ve aşınan yüzeyde darbe veya ezilme söz konusu olmazsa bu aşınma türü geçerlidir.^{22 23}

Örnek: Çizme testi.

6.1.2. Yüksek Gerilmeli Abrasyon

- Etkin hasar türleri: çizme ve sıkışan parçacıkların ortaya çıkardığı pitting (çukurcuk oluşturma), öğütme, ezme vs.dir.
- Hasarda yüzeye uygulanan bası yükleri etkindir. Genellikle yüksek yüklemelerde gerçekleşir.^{24 25}

Örnek: Sert toprak üzerinde çalışan tarım makinelerinde, merdaneleme, öğütme yapan elemanlarda vs.

6.1.3. Eşme, Yongalama, Oyma Ya Da Yontma (Goughing)

- Düşük gerilmeli abrazyon + yüksek gerilmeli abrazyon karışımıdır.
- Parçacık boyutu > 50mm'dir.
- Etkin hasar türleri: eşme, yongalama, oyma, kazma, yontmadır.
- Tekrarlı bası etkisi etkilidir.²⁶

²² Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

²³ <http://www.extremecoating.com/weardata.html>

²⁴ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

²⁵ http://www.wagesterlease.com/aboutus/Aggregate_f2003.pdf

²⁶ http://www.wagesterlease.com/aboutus/Aggregate_f2003.pdf

Örnek: Öğütme işlevi gören çekiçler, küre öğüten parçalar, mingeneler, toprak işlemede kullanılan zirai makinelerde vs.

6.1.4. Parlatma (Polishing)

- Parçacık boyutu $< 3\mu\text{m}$ 'dir.
- Etkin hasar türü: Tekrarlı sürünme/sürtünmedir.
- Malzeme yüzeyinin görülebilir seviyede çizilmeye, kırılmaya ya da plastik deformasyona uğramadan, diğer katı malzemelerle sürünmesi/sürtünmesi sonucunda malzeme yüzeyinde istem dışı sürekli olan malzeme kaybıdır.
- Polishing aşınmasına uğrayan yüzeyler, genelde düzgünleşir ya da parlar, fakat bu düzleşme ve parlama malzeme kaybını gerektirir ve bazı parçaları işlenmez hale getirebilir.²⁷

Polishing aşınmasının mekanizması tam olarak anlaşılmamasına rağmen, abrazyon aşınması sınıfına alınmıştır. Bazı araştırmacılar, “şayet bir yüzey yaklaşık 3 μm 'den daha büyük sert parçacıklar tarafından aşındırılıyorsa, polishing (parlatma), düşük gerilmeli mikroparçacık (mikrochip) ayrılmasına, yani abrazyona neden olur” demişlerdir. Buna göre yüzeyler, daha küçük parçacıklar tarafından polishinge tabii tutulduğunda çizme ve mikroparçacıklar artık gözlenmez. “Parçacık ayrılması yoksa malzeme nasıl kaybolmaktadır?” sorusuna karşılık, Rabinowicz, bir moleküler kayıp mekanizması ortaya atmıştır. Buna göre, sürtünen iki yüzey ile yüzeylerden bilfiil atom ve moleküler seviyede ayrılmalar olur. Bu kuramı destekleyecek doğrudan bir kanıt olmamasına rağmen, polishingin uygulama açısından bir şeylerin tekrarlı sürünmesinden kaynaklandığı ya da meydana geldiği açıktır. Örneğin sürekli kullanımda olan merdiven basamakları, insanların ayak basmaları sonucunda parlamıştır. Şöyle ki, insanın ayaklarında hiçbir abrazyon parçacık yoktur, fakat yine de malzeme kaybı olmuştur. Tam olarak mekanizması anlaşılmayan polishing, çok önemli bir aşınma mekanizmasıdır. Fakat yine de, sert malzemelerin aşınma

²⁷ http://www.wagesterlease.com/aboutus/Aggregate_f2003.pdf

sisteminin birer parçası olduğu hallerde düşük gerilmeli abrazyon kanunları geçerlidir.²⁸

6.2. Erozyon Aşınması

➤ Etkin hasar türü: Katı parçacık ve/veya akışkan parçacıkların yüzeye çarpması sonucu aşındırma yapması söz konusudur.²⁹

6.2.1. Katı Parçacık Çarpması

➤ Etkin hasar türü: Yaklaşık 205000 mesh boyutundaki katı parçacıkların yüzeye tekrarlı çarpması söz konusudur.

➤ Bu hasar tek bir noktaya odaklanırsa, buna “abrasive blasting nozzle” denmektedir.

➤ Hasar sonucu çukurcuk (krater) ya da mikroparçacıklar oluşmaktadır.³⁰

6.2.2. Akışkan Çarpması (İmpengement) Erozyonu

➤ Etkin hasar türü: Akışkan parçacıklarının yüzeye çarpması sonucu aşındırma söz konusudur.

➤ Hasar sonucu çukurcuk/krater ya da mikroparçacıklar oluşmaktadır.

➤ Hasar sonucu, kaplama kaybı, çözünme, korozyon vs. oluşabilmektedir.

²⁸ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

²⁹ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

³⁰ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

6.2.3. Kavitasyon

- Etkin hasar türü: Akışkan içerisindeki “bubble” yani kabarcıkların patlamasıdır. ³¹ (Bu kabarcıklar sıvı içerisinde patladıkları zaman, kabarcığı çevreleyen sıvı kabarcık içerisindeki boşluğu doldurmak ister (yüzeyde şok dalgaları oluştururlar).
- Yüzeylerden malzeme kaybı ve/veya plastik deformasyona neden olacak derecede mekanik bir etki doğurabilen çok küçük akışkan jetleri oluşturur)

6.2.4. Çamur (Slurry) Erozyonu

- Etkin hasar türü: Katı parçacıklar + sıvı (sıvı+gaz) oluşturdukları fiziksel karışımın yüzeye çarpması sonucu aşındırma söz konusudur. ^{32 33 34}
- Katı parçacık boyutu, birkaç mm10 mm arasındadır.
- Hasar sonucu aşınma ve/veya korozyon oluşabilmektedir.
- Oluşan hasarın derecesi, bu parçacıkların sertliğine, boyutuna, çarpma hızı ve açısına bağlıdır.

³¹ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

³² Bhushan, B., and Gupta, K.B., 1991. Handbook of Tribology: materials, coatings and surface treatments, USA, 1140

³³ Arnell, R.D., Davies, P.B., Halling, J., Whomes, T.L., Tribology Principles and Design Applications, 1991, Pages 68-70

³⁴ Hutchings, I.M., Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials, 1992

6.3. ADEZYON

- İki katı yüzeyin aralarında yerel bir temas bağı oluşturarak yapışması söz konusudur. ³⁵
- Yapışan yüzeylerin yük, hareket ve titreşim gibi sebeplerle birbirinden ayrılmakta ve beraberinde yüzeyden kütsel olarak parçalar kopmaktadır.

6.3.1. Fretting (Yeme) Aşınması

- Fretting, iki katı yüzey arasında düşük genlikteki titreşim hareketidir
- Yapı olarak yüzeye dik olarak gerçekleşmekte ve genelde istem dışı olarak kabul edilmektedir.
- Çoğu kez izafi hareketin olmadığı farz edilen parçalar arasında gerçekleşmektedir. (50500 im tolerans).
- Fretting aşınması, yüzeyler arasında yerel adezyonla başlar ve bu adezyon mikroseviyede bir birleşmedir.
- Bu birleşmede oluşan kontak bağı zamanla büyür ve düşük genlikteki titreşimler neticesinde malzeme aşınır.
- Malzeme aşınma hızı oldukça düşüktür, bu nedenle birçok sistem için fretting aşınması ihmal edilir. ³⁶

³⁵ Hutchings, I.M., Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials, 1992

³⁶ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

6.3.2. Yapışık Kaldırma (Adezif) Aşınması

➤ Temas eden iki katı yüzeyin öncelikle yerel temas bağı oluşturması, daha sonra da izafi hareket sonucunda oluşan bu bağı kopması ile meydana gelen aşınmadır.³⁷

6.3.3. Kaynama (Seizure)

➤ Kuru sürtünme neticesinde izafi hareketin durması, yani eş çalışan yüzeylerin kuru sürtünme sonucunda birbirine yapışık çalışmaz hale gelmesidir.

➤ Oluşan yerel katı kaynak, seizure mekanizmasının bir parçasıdır.

➤ Bu aşınma durumunda sürekli malzeme kaybı olmayıp herhangi bir yüzeye hasar verme söz konusu olmayabilir.³⁸

Örneğin, soğutma sistemi bozulmuş bir motorun, silindiri içerisindeki pistonların ısı etkisiyle genişlemesi sonucunda seizure'a uğrayıp aşırı derecede ısındığı görülmüştür.

6.3.4. Sıyırma Ya Da Kaldırma (Galling)

➤ Galling terimi, tartışmalı bir terimdir. Avrupa'da aşınma üzerine çalışan sektör, galling yerine “scuffing (sürüyerek aşındırma)” terimini kullanmaktadır.

➤ OECD ise scuffingi, yerel ergime olamadan kayan yüzeyler arasında katı-faz kaynağın meydana gelmesiyle oluşan hasar olarak tanımlamaktadır.

³⁷ Arnell, R.D., Davies, P.B., Halling, J., Whomes, T.L., Tribology Principles and Design Applications, 1991, Pages 68-70

³⁸ Arnell, R.D., Davies, P.B., Halling, J., Whomes, T.L., Tribology Principles and Design Applications, 1991, Pages 68-70

➤ Gallingte hasar mekanizması oluşan bu fazlalıklara göre değerlendirilmektedir.

➤ Aşınan yüzeyler birbirlerine sıvanırlar. Galling, yüzeyler arasındaki yapışma ya da taşınım, bir çıkıntı (tümsek) ya da fazlalık oluşumuna sebep olduğunda meydana gelmekte, bu yüzey tümsekleri seizure'a, yani kaynak oluşumuna neden olabilmektedir.³⁹

6.3.5. Oksidatif Aşınma

➤ Oksidatif aşınma, kayan yüzeylerin oksitli ortamda reaksiyona girecek bir ortamda olduğu bir aşınma şeklidir.

➤ Oluşan oksit filmler, sistemde yağlayıcı vazifesi görerek aşınma oranının daha düşük tutulmasını sağlar, fakat izafi hareket neticesinde mekanik etkilerle yüzeye tutunan bu oksit filmler yüzeylerden ayrılır ve ayrılırken de beraberinde yüzeyden malzeme kaybı olur.⁴⁰

6.4. Yüzey Yorulması

➤ Oluşum mekanizması, herhangi bir yüzey üzerinde tekrarlı yuvarlanma ya da kayma sonucunda üretilen bası-çeki gerilmeleriyle katı yüzeyden malzemenin kopması ya da ayrılması şeklinde gerçekleşir.^{41 42 43}

➤ Ortaya çıkan aşınma ve ürünlerinin farklı olmasında, yorulmaya sebep olan hasar vericinin geometrisi çok önemlidir.

³⁹ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

⁴⁰ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

⁴¹ Kurt, M., Makina Elemanları 1, 1990, Çağaloğlu, İstanbul

⁴² Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

⁴³ Arnell, R.D., Davies, P.B., Halling, J., Whomes, T.L., Tribology Principles and Design Applications, 1991, Pages 68-70

6.4.1. Yorulma İle Çukurlaşma (Pitting)

- Pitting, (kavitasyon ve fretting gibi) birçok aşınma şekliyle birlikte gerçekleşebilmektedir
- Yorulma olayı ile yüzeyde çukurcuklar oluşturulmasıyla malzeme yüzeyden ayrılır ya da yer değiştirir. Yüzey yorulmasının bir parçası olan pitting, genelde yuvarlanma yapan elemanlarda, dişlilerde, tekerleklerde ve kamlarda görülür.
- Kayma ve yuvarlanmadan dolayı oluşan tekrarlı bası-çeki gerilmeleri, yüzeyin belli bir bölgesinde kırılmaya yol açabilecek yüzey altı çatlaklar meydana getirir. Kırılan parçacığın ayrılmasıyla yüzeyde çukurcuk (pit) oluşur.
 - Pitting aşınmasını azaltmak için,
 - Yük azaltılabilir,
 - Yüksek kayma ve basma mukavemetine sahip malzemeler kullanılabilir.
- Yüzeye gelen bası-çeki gerilmelerini dağıtabilen homojen malzemeler kullanılabilir.
- Yuvarlanma elemanı olarak kullanılan yatak malzemeleri, genellikle yüksek sertliğe, yüksek basma mukavemetine ve karbitler gibi kütlelesel mikrounsurlardan yoksun bir yapıya sahiptir. Şu an Amerika'da yuvarlanma elemanı olarak kullanılan yataklar, AISI 52100 çeliğidir.⁴⁴

6.4.2. Spalling

- Parçacıkların tabakalar şeklinde yüzeyden kopmasıdır.⁴⁵
- Aşınma yüzey yorulması sonucunda meydana geldiği için, mekanizması pitting mekanizmasına benzer. Fakat spallingte herhangi bir işleme kaplanmış yüzeylerin aşınması söz konusudur.

⁴⁴ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

⁴⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Spall>

➤ Hertizan yüklemesiyle, kaplama ile taban malzeme arasında kayma gerilmeleri oluşur. Özellikle yumuşak taban malzemeler üzerine yapılan ince sert kaplamalar spalling aşınmasına meyillidirler.

6.4.3. Çarpma Ya Da Darbe (Impact) Aşınması

➤ İki katı yüzeyden tekrarlı darbeler neticesinde oluşan hasar ve malzeme kaybıdır.

➤ Impacta uğrayan yüzeydeki hasar, impact edilen yüzeylerin şekline ve emilen enerjiyi sönmüleme ya da dağıtabilme gücüne ve impact enerjisine bağlıdır. Bu parametreler de malzemelerin sertliği ve tokluğuyla ilişkilidir.

Örnek: hızla sert bir cisme vurulan çekicinin yıpranması

6.4.4. Brinelling

➤ Brinelling terimi, “Brinell Sertlik Ölçme” yönteminden gelmektedir. Kullanılan Brinell küre ile katı yüzeyin tekrarlı yerel impact (dinamik) ya da statik yüklemeye hasara uğratılmasıdır.^{46 47}

➤ Brinelling, enjeksiyonla kalıplamada yüzeylerde çukur oluşturma mekanizmasına benzer. Yuvarlanan elemanlara statik bir yüklemeye uygulamayla da Brinelling oluşturulabilmektedir.

➤ Brinelling, yüzeyde yerel plastik çentik oluşturma ya da kalıcı şekil değişimi ile ifade edilen hasar oluşturma mekanizmalarından biridir. Burada malzemenin ortadan kalkması zorunlu değil, sadece yer değiştirme de olabilir.

⁴⁶ Budinski, K.G., 1988. Surface Engineering for Wear Resistance, New Jersey.

⁴⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/False_brinelling

7. YAĞ

Sanayi devriminin gelişmesi ile sürekli üretim (continuous production) ön plana çıkmaya başlamıştır. Üretimin hızlanması birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Bu sorunlardan en önemlileri artan hızlardan dolayı artan sürtünme katsayıları ve beraberinde aşınmaların yarattığı makine hasarları, enerji tüketim artışları ve verimliliklerin azalmasıdır.

Bilim adamları yıllar süren araştırmalarda iki malzemenin arasına üçüncü bir malzeme koyarak malzeme temas yüzeylerini azaltmayı hedeflemişlerdir. Malzeme temas yüzeyini azaltarak sürekli üretimin daha verimi hale getirebilmek için birçok bilimsel çalışmalar yürütmüşlerdir. Ve bu yapılan çalışmalarda ortak kanı olarak yağın önemi ve doğru yağ kullanıldığı zaman başarının sağlanabileceğini ispatlamışlardır.

7.1. Triboloji Ve Yağ Bilimi

Tribolojik sistemlerde akışkan sürtünmesinin elde edilebilmesi için doğru yağlayıcının ve uygun yağlayıcı viskozitesinin seçilmesi çok önemlidir. Yanlış yağ seçimi yâda viskozite seçimi üretimi büyük oranda etkileyecek sıkıntılar yaratabilir. Özellikle sürekli üretim yapan bir fabrikada bir redüktörün bozulması yâda rulmanın devre dışı kalması bazı durumlarda bütün fabrikanın üretimini durdurmaya kadar varan sorunlar yaratabilmektedir. Buda hem fabrika için hem de ülke ekonomisi için istenmeyen bir durumdur.

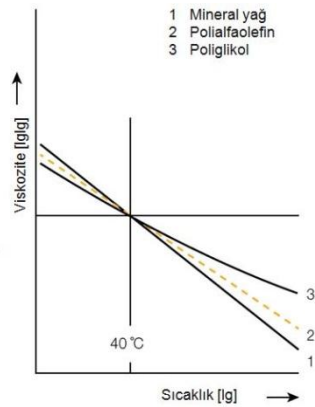
2011 yılında TÜBİTAK tarafından yapılan bir araştırmada Türkiye de madeni yağ kullanımının Avrupa ülkelerine oranla yaklaşık olarak % 40 yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada Türkiye de madeni yağ tüketimi yıllık bazda 437 bin 33 ton dur. Bunun başlıca sebepleri yanlış ve bilinçsiz yağ kullanımından gelmektedir. Unutulmaması gereken bir hususta kullanılan yağların doğaya zarar

verdiği ve mutlaka atık olan kısımların devletin belirlediği atık bertaraf tesislerinde yok edilmesi gerekmektedir. Yine aynı araştırmanın yapmış olduğu diğer bir gerçeklikte kullanılan bu yağın 221 bin 607 ton luk kısmının atık olarak bertaraf edilmeyi bekliyor olmasıdır.

Bu rakamları azaltmak aslında hiç de zor değildir. Gelişen teknoloji sayesinde daha az miktarlarda yağlar ile daha uzun süre yağlama yapılabilen ve buda hem doğaya hem de ekonomiye fayda sağlamaktadır.

7.2. Viskozite

Viskozite yağ tabakası oluşumunu büyük ölçüde etkilediği için dişli yağı seçiminde birincil önem taşır. Yağ viskozitesindeki artış daha kalın tabaka oluşturur ve sıkıştırma yük kapasitesi ile birlikte aşınmaya karşı ve emme özelliklerini artırır.



Grafik 2: Yağların viskozite sıcaklık özelliği⁴⁸

Viskozite artan sıcaklık ile düşer ve artan yüklerle artar. Viskozite çok yüksek olursa, sıkıştırma kayıpları özellikle artan çevresel hızlarda aşırı ısıya yol açabilir. Viskozite çok düşük olursa, karışık sürtünme ortaya çıkar ve aşırı aşınma olur.

⁴⁸ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

Viskozite sıcaklıktan oldukça etkilenir Sıcaklığa dayalı viskozite değişimi viskozite endeksi (VI) ile belirlenir. Dişli yağı VI' si ne kadar yüksekse, sıcaklığa dayalı viskozite değişiminde VT (Viskozite-sıcaklık) eğrisi o kadar düz olur.

Viskozitenin değiştiği sıcaklık yağda bulunan VI katkıları ile birlikte mineral, polialfaolefin, ester, poligliserol gibi baz yağ tipine bağlıdır.⁴⁹

7.2.1. Viskozite Endekslerinin Karşılaştırması

Mineral yağ VI	yaklaşık 85 - 100
PolialfaolefinVI	yaklaşık 130 - 160
Poligliserol VI	yaklaşık 150 – 260

Görüldüğü gibi her baz yağın kendine has viskozite değeri mevcuttur. Bu kodlar aynı kimlikte olduğu gibi kullanılan baz yağın mineral baz yağ mı olduğunu yoksa sentetik bir baz yağ olduğunu mu gösterir. Aynı zamanda sentetik baz yağ ise hangi tip sentetik baz yağ olduğunu da bu değerlerden anlayabiliriz. Bu sayede makine üretimi yapan firmalar makinelerinde kullanılacak yağı markalama yerine bu kodlar ile baz yağı hakkında son kullanıcıyı bilgilendirmiş olur.

7.2.2. Eskime Özelliği

Yağın kimyasal yapısı yüksek sıcaklığa maruz kaldığında, hava ile karıştığında veya eskimesine yol açan bakır, demir veya diğer metal katalizörlerle temas ettiğinde devamlı olarak değişir. Eskime sürecinin hızı temel olarak yağ yapısına ve yağın maruz kaldığı ısı miktarı ve süresine bağlıdır. Ayrıca su, pas veya toz da yağ eskimesine katkıda bulunur. Özel katkılarla üretici eskime sürecini önemli ölçüde uzatabilir.

⁴⁹ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

Viskozite değişimi, korozyonu ve kalıntıları artıran asit birikimi yağ eskimesini gösterir. Eskime kaynaklı kalıntılar lake, çamur veya yapışkan biçimdedir ve yağ borularını, enjektörleri ve filtreleri tıkayabilir.

Eskime yağın demülsife kapasitesi, köpüklenme özelliği, korozyona karşı ve aşınmaya karşı koruma özelliklerini ve belli bir ölçüde hava dökme kapasitesini negatif olarak etkiler.

Yağların eskime özellikleri ASTM D 2893'e göre belirlenir.

7.2.3. Düşük Sıcaklık Özelliği

Baz yağ türüne bağlı olarak, yağlar sıcaklıkları yükseldikçe veya içindeki parafinlerin kristalleşmesi ile düşük sıcaklıklarda da katılaşıır.

Yağın dökülme noktası ISO 3016 ile belirlenen soğuk akış özelliğini gösterir. Dökülme noktası yağın belirlenen test koşullarında soğutulduktan sonra aktığı en düşük sıcaklıktır. Soğuk çalıştırmada hızlı ve yeterli yağ beslemesi sağlamak için dişlilerde gerçekleşen en düşük sıcaklık (çalıştırma sıcaklığı) dökülme noktasından birkaç derece yüksek olmalıdır.

Sentetik dişli yağları mineral yağlara göre daha iyi soğuk akış özelliği gösterir. Yüksek viskozite endeksleri nedeniyle, sentetik yağlar aynı viskoziteye sahip mineral yağlara göre daha az yoğundur. Dökülme noktaları bazen -50 derece olmak üzere oldukça düşüktür.

7.2.4. Köpüklenme Özelliği

Dişli yağları dağılmış havayı hızlıca ayırmalı ve sabit yüzey köpüğü oluşumunu önlemelidir. Köpük yüzeye çıkan hava kabarcıkları ile oluşur.

Kabarcıklar köpüğün minimumda tutulması için mümkün olduğunca çabuk patlamalıdır.

Özellikle yıkama usulü yağlanan orta veya yüksek çevresel hızda çalışan dişlilerde yağ devamlı giren hava nedeniyle köpüklenme eğilimi gösterir. Su, toz, korozyon parçaları gibi kirler ve eskime kalıntıları köpüklenme eğilimini artırabilir. Köpüklenme oksitlenme, stabilite, ısı dağılımı, vs. gibi yağ özelliklerine olumsuz etki eder. Aşırı köpüklenme köpüğün hava deliğinden çıkmasına neden olabilir. Besleme türü yağlama durumunda, köpüğün yağ pompasına girerek arıza veya hasara yol açma riski vardır.

Yağ üreticisi anti köpük katkıları ekleyerek köpüklenme eğilimini düşürebilir. Ancak çok yüksek bir bileşim de hava dağıtma kapasitesini etkileyebilir. Yağın köpüklenme eğilimi ISO 6247 veya ASTM D 892 uyarınca belirlenir.

Daha pratik yaklaşım ise gittikçe önem kazanan ISO 12152 uyumlu Flender köpük testidir. Bu testte dişli çifti yağ içinde dönerek yağa hava girişi yapar. Daha sonra yağ hava emişi, yağ-hava dağılımı oluşumu, yüzey köpüğü ve bu durumun tersine döndürülebileceği derece için kontrol edilir.

7.2.5. Elastomer Uyumu

Radyal şaft contası (RSS) veya O-rink conta gibi statik contalarda kullanılan malzeme conta kapasiteleri etkileneceği için dişli yağına maruz kaldığında hassas veya yumuşak olmamalıdır. Contalar erken aşınarak sızıntıya neden olur.

Özellikle yüksek tork yüksek sıcaklığa sebep olduğunda veya şanzıman mineralden sentetik yağa geçtiğinde conta uyumu dikkate alınmalıdır. Temizlik veya pahalı dişli tamiri gerekebilir.

Dişli yağlarının conta malzemeleri ile uyumuna genel bakış						
	Kısaltmalar	NBR	ACM	VQM	FKM	PTFE
	Tip	Akrilonitril butadiyen lastik	Akrilat lastik	Silikon lastik	Florlanmış lastik, örn: Viton	Politetrafloro etilen
	Termal direnç	100 °C'ye kadar	125 °C'ye kadar	125 °C'ye kadar	150 °C'ye kadar	150 °C'ye kadar
Klüberoil GEM 1 N	Mineral yağ	•	•	□	■	■
Klübersynth GEM 4 N	Polialfaolefin	•	•	□	•	•
Klübersynth GH 6 Klübersynth UH1 6	Poliglikol	•	X	□	■	•

• uyumlu ■ belli koşullarda uyumlu ■ Mineral yağlar sadece 125 °C'ye kadar olan contalarla uyumludur.
 □ Tüm dişli yağları ile uyumlu ancak hava dağılımı bozulabilir X uyumlu değil

Tablo 1: Dişli yağlarının conta malzemeleri ile uyumu ⁵⁰

Yağ seçiminde malzeme kadar uygulanacağı alanın çalışma sıcaklığı, yük, hız ve kullanılan malzemede çok önemlidir. Bundan dolayı doğru elastomer seçimi yapılması için uzmanlardan yardım alınması gerekmektedir. Elastomerlerle dişli yağlarının statik ve dinamik uyumunun doğrulanması için kullanılan testler sırası ile ISO 1817 ve DIN 3761'e dayanır.

7.2.6. Aşınma Koruması

Bugünün dişli üretimindeki zorlu koşullar sıkışma ve mikro aşınmaya karşı koruma, yüksek kayar yüklerdeki aşınmanın azaltılması ve aşınma ve eskimeye karşı döner yatakların korumasını içermektedir.

Aşınma sonucu makine elemanlarının şekillerinde, yüzey kalitelerinde ve boyutlarında değişiklikler meydana gelir. bu değişiklikler sonucu makine parçaları fonksiyonlarını icra edemez hale gelirler. Malzemelerin aşınma sebeplerini ve mekanizmalarını doğru bir şekilde anlayabilmek için aşınma olayına etkiyen ana faktörleri, yani aşınan malzemeyi, aşındırıcı malzemeyi, yağlama durumunu, izafi

⁵⁰ Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

hareketi ve yük durumunu bilmek gerekir. Bu faktörler bilindiği takdirde aşınmaya çözüm bulunabilir.⁵¹

7.2.7. Dişli Dişlerinin Koruması

Yüksek yük altındaki dişliler aşınmaya eğilimlidir. Çünkü bu yükler yüksek basınç ve sıcaklık oluşturarak diş hasarına ve erken dişli arızasına yol açar. Risk özellikle mükemmelin altındaki diş köşeleri ve yüzeyleri, çarpma yükleri, titreşim, yüksek sürtünme ve yüksek yüzey basıncı ile daha yükselir.

Sürtme: ISO 14635-1 uyumlu FZG testi genellikle dişli yağlarının sürtme hasarına karşı korumasını test etmek için yapılır. FZG sürtme testi yük aşaması KS 12 DIN 51517-3 uyarınca CLP yağları için ve AGMA 9005/E02 uyarınca EP yağları için minimum şarttır.⁵²

7.2.8. Rulman Koruması

Dişli dişlerinin yanında rulmanları da şanzıman hatalarının genel sorunlarından yüksek aşınma ve erken eskime korumasına ihtiyaç duyar. Yüksek performans dişli yağlarının rulmanların aşınma davranışına etkisi DIN 51819-3 uyarınca FAG FE8 aşınma testi ile incelenir.

7.3. Viskozite Seçimi

Gereken dişli yağı viskozitesi dişli geometrisi ve yüküne dayanır. Her dişli aşaması için kuvvet hız faktörü ks/v hesaplanarak DIN 51509-1 bazında belirlenebilir. Dişli boyutlarına ek olarak bu faktör ayrıca dişli hızı ve yükü gibi

⁵¹ <http://tr.wikipedia.org/wiki/A%C5%9F%C4%B1nma>

⁵² Klüber Lubrication dişli yağları broşürü (2011)

viskoziteyi etkileyen diğer parametreleri de dikkate alır. Kuvvet hız faktörü hesaplaması için aşağıdaki dişli tipleri arasında ayırım yapılmalıdır:

Düz, ayna dişliler			Salyangoz dişliler		
$\frac{k_s}{v} = \left[\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2 \cdot K_A \right] / v$			$\frac{k_s}{v} = \frac{T_2}{a^3 \cdot n_n} \cdot K_A$		
v	Çevresel hız	[m/s]	T	Çıkış torku	[Nm]
F_t	Çevresel kuvvet	[N]	a	Şaft merkez mesafesi	[m]
b	Diş genişliği	[mm]	n_s	Salyangoz hızı	[min ⁻¹]
d_1	Referans çap	[mm]	K_A	Uygulama faktör	[-]
u	Dişli oranı (= z_2/z_1 ; $z_2 > z_1$)	[-]			
K_A	Uygulama faktör	[-]			
Z_H	Dağılım faktörü	[-]			
Z_ϵ	Temas oranı	[-]			

Tablo 2: Düz, ayna dişliler & Salyangoz dişliler⁵³

K _A uygulama faktörünün belirlenmesi				
Tahrik makinesi çalışma özellikleri	Çalıştırılan makine çalışma özellikleri			
	dengeli	ortalama etki	orta etki	ağır etki
dengeli	1	1,25	1,5	1,75
hafif etki	1,1	1,35	1,6	1,85
ortalama etki	1,25	1,5	1,75	2
ağır etki	1,5	1,75	2	2.25 veya daha yüksek

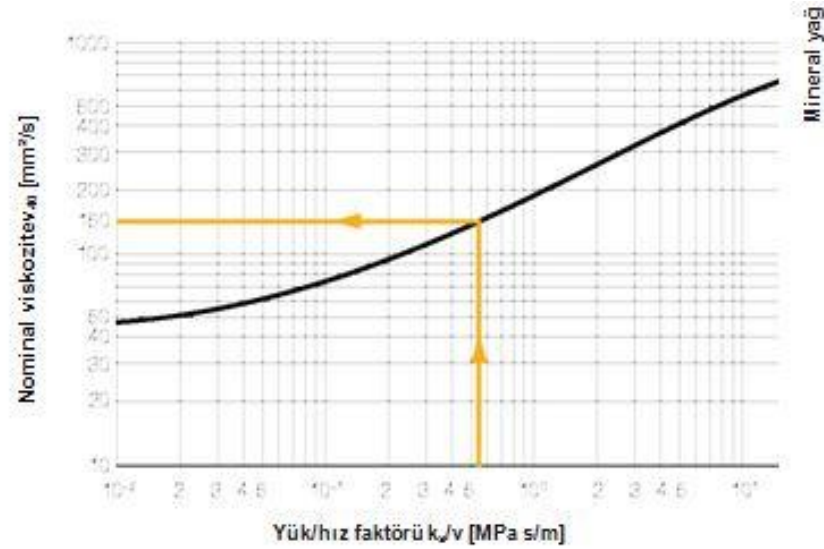
Tablo 3: K_A uygulama faktörünün belirlenmesi⁵⁴

Değerler tork gereksinimine karşılık gelirse tahrik makinesindeki yerine çalıştırılan makinenin nominal torkuna uygulanır. Belirtilen değerler sadece rezonans aralığında çalışmayan makineler için ve dengeli güç gereksinimine sahipse geçerlidir. Kabul edilen yüklerle, yüksek başlama torkuna, aralıklı çalışma, ekstrem

⁵³ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 18.

⁵⁴ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 19.

veya tekrar eden çarpma yüklerine sahip motorlarla uygulamalarda dişliler statik ve yorgunluk kuvvetine karşı test edilmelidir.⁵⁵



Grafik 3: Düz ve ayna dişlileri için viskozite seçimi⁵⁶

Kritik kuvvet-hız faktörü k_s/v belirlendikten sonra, mineral yağlar için gereken nominal viskozite DIN 51509-1 uyarınca belirlenebilir. Ayrım farklı dişli türleri arasında yapılır.

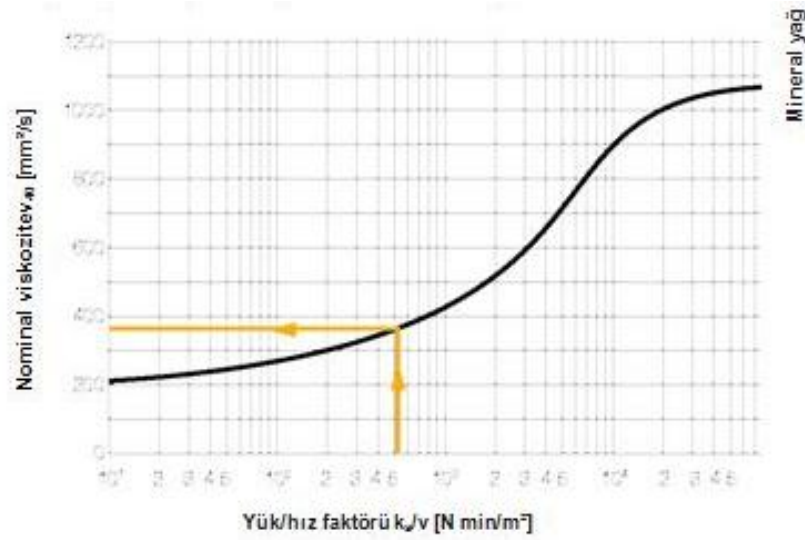
Gösterilen mineral yağ viskozite eğrisi 20°C ortam sıcaklığı ve 70°C çalışma sıcaklığı için geçerlidir.

Ortam sıcaklığı 25°C üzerindeyse, viskozite 20°C ortam sıcaklığı karşısında her 10°C'de bir %10 artırılmalıdır.

⁵⁵ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 19.

⁵⁶ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 20

Ortam sıcaklığı 10°C altındaysa, viskozite 20°C ortam sıcaklığı karşısında her 3°C'de bir %10 düşürülmelidir.



Grafik 4: Salyangoz dişlileri için viskozite seçimi⁵⁷

İki aşamalı dişli yükleri için, daha yüksek kuvvet/hız faktörü ks/v dikkate alınmalıdır. Üç aşamalı dişliler için en önemli iki dişli aşaması arasında ara değerlendirme yapılmalıdır.

7.4. Baz Yağ Çeşitleri

Tek başına bir bilim dalı olan yağ bilimi sanayi devrimi ile önemini arttırmış ve gerek otomotiv yağları gerekse sanayide üretim yağları olarak hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde yağlayıcılar tribolojikal olarak mineral bazlı yağlar ve sentetik bazlı yağlar olarak iki ana başlık altında toplanmıştır.

⁵⁷ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 20

7.4.1. Mineral Yağlar

1860'lı yıllarda popüler olan mineral yağlar petrol atığı olarak kabul edilen kısmın rafine edilip içine kullanılacağı sisteme uygun katkıları eklenerek elde edilir. En çok bilinen mineral yağlar naftanik ve parafinik yapıya sahip olanlardır. Mineral yağlar yağlama özelliği olarak yüksek bir performansa sahip olmasına rağmen ekstrem şartlarda (yüksek-düşük sıcaklık, bazik ortam, su, basınç vb.) beklenen yağlayıcılığı gösteremezler. Sanayi devrimi ile üretim şeklinin değişmesiyle özel yağlayıcılara ihtiyaç duyulmaya başlandı.

Yapılan birçok bilimsel çalışmada özellikle ortam şartının uygun olduğu sistemlerde mineral yağların yağlama özellikleri çok yüksektir. Ancak moleküler yapılarından ve kullanılan katkı paketlerinden dolayı şartlar ağırlaştığında beklenen yağlama özellikleri azalır ve yağ tüketimleri ve enerji kullanımları hızla artar.

7.4.1.1. Mineral Yağların Avantajları

Mineral yağlar yağlayıcılık özelliği çok yüksek yağlardır. En büyük avantajları kolay katkılandırılmalarıdır. Kolay işleniyor olabilmeleri daha kısa sürede ve az ekipmanla üretilmelerini sağlar ki buda piyasada satış fiyatlarının düşük olmasını sağlar. Hemen hemen bütün sızdırmazlık elemanlarıyla ve boyalar ile uyumludurlar. Kullanıldıkları sistemlerde malzeme uyumuna dikkat edilmesine çok gerek yoktur. Sadece uygun viskozite (yoğunluk) tespit edilmesi gerekir ki bu zaten makine ve yağ üreticilerin ortak çalışmaları ile tespit edilmektedir.

Sanayide birçok makinada yağlayıcı yağı olarak mineral yağlar tercih edilmektedir. Özellikle hidrolik sistemlerde ve yuvarlak örgü makinelerinin yağlama yağlarında mineral yağlar kullanılmaktadır.

7.4.1.2. Mineral Yağların Dezavantajları

Mineral yağlar her ne kadar iyi birer yağlayıcı olsalar da onlarında dezavantajları vardır. Bilinen en büyük dezavantajları ise kullanım ömürlerinin çok kısa olmasından dolayı uzun vadeli süreçlerde yüksek miktarda tüketilmektedirler. Bu yüksek tüketim hem doğal kaynakların kullanılmasında sorunlar doğurmakta hem de bertaraf edilmelerini zorlaştırmaktadır. Yağların bertaraf edilebilmesi için özel prosedürler uygulanması gerekmektedir. Bertaraf eden firmalar bu işlemleri gerçekleştirebilmek için özel düzeneklere ihtiyaç duyarlar ve firmaların yağlarını yâda atıklarını belli bir ücret karşılığında bertaraf ederler. Bu işlemde üretim yapan firmalara ek bir külfet getirmektedir. Hem yağı alırken belli bir bedel öderler hem de yağdan kurtulmak için belli bir bedel öderler.

Bertaraf işlemlerinin dışında mineral yağlarının bir diğer dezavantajı da dar çalışma sıcaklıklarıdır. Mineral yağlar 100 C derecenin üzerinde çok hızlı buharlaştığından dolayı yağ tüketimlerini artırır ve yağlama özelliği azaldığından dolayı makinelerin yüzeylerinde istenilen yağlama özelliklerine sahip olamaz. Buda makinelerin özellikle yüksek sıcaklıklarda çok hızlı aşınmaya başlamasına sebep olur. Yağ tüketimi artar, makinenin ömrü kısalmaya başlar ve bakım periyotları darlaşır. Tüm bunlar üretimin kalitesini etkileyen sonuçlar doğurur.

Aynı şekilde mineral yağları sıfırın altındaki eksi derecelerde de kullanamayız. Donma noktalarının çok düşük olması yağın çabuk donmasına ve yine beklenen yağlayıcılık özelliklerini koruyamamasına sebep olabilir. Bu sebepten dolayı birçok makine üreticisi sentetik yağ tüketilmesini tavsiye ederler.

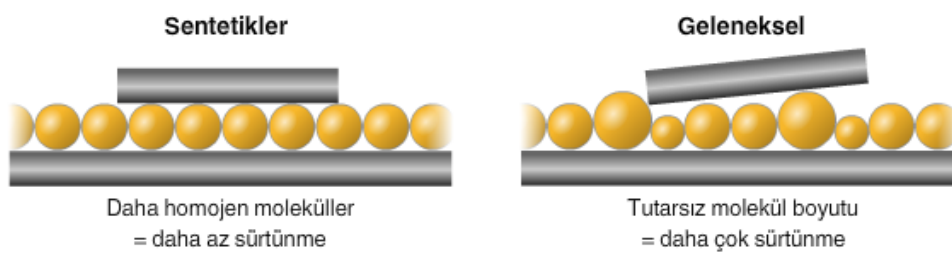
7.4.2. Sentetik Yağlar

Sanayi devrimi ile artan talepleri karşılayabilmek için sürekli üretim dönemi başladı. Sürekli üretim döneminin başlaması beraberinde üretim hatlarının daha hızlı

çalışmasını, kısa sürede daha çok üretim yapılmasını ve işçi maliyetlerinin artmasını getirdi. Mevcut mineral yağların bu yeni gelişmelere ayak uyduramaması bilim adamlarını harekete geçirmiş ve yenilikçi, daha performanslı yağlayıcı maddelere ihtiyacın doğmasına sebep olmuştur.

1930'ların sonlarına gelindiğinde Alman Dr. Hermann Zorn⁵⁸ ester bazlı yağların keşfini yaptı ve sanayide yeni bir dönemin başlamasına yol açtı. Günümüzde 5 ana başlık altında toplanan sentetik baz yağlar gerek geniş çalışma sıcaklıklarında, gerekse ekstrem şartlarda gösterdikleri performansla hem makine üreticilerine hem de son kullanıcılara daha verimli çalışma imkanı sağlamaktadır.

Sentetik yağlarının mineral yağlardan daha gelişmiş bir arıtma işleminden geçmesi ve geleneksel madeni yağlara göre daha yüksek bir saflık ve kalite derecesine sahip olmasıdır. Bu özellikler, ham petroldeki safsızlıkları gidermekle kalmaz, aynı zamanda petrolün içindeki bağımsız moleküllerin modern motorların gereksinimlerine göre ayarlanmasını da mümkün kılar. Bu özelleştirilmiş moleküller, daha yüksek koruma ve performans seviyeleri sağlar⁵⁹.



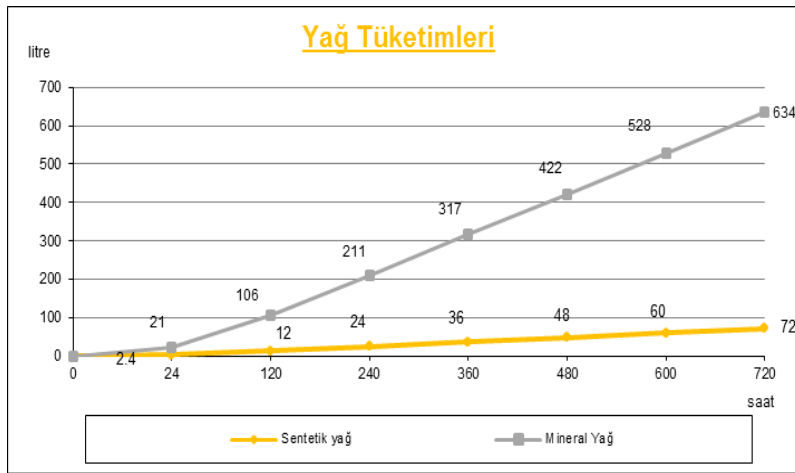
Şekil 4: Yağların molekül yapıları⁶⁰

⁵⁸ Eilhard Jantzen: The Origins of Synthetic Lubricants: The Work of Hermann Zorn in Germany, Part 1, Basic Studies of Lubricants and the Polymerisation of Olefins, Journal of Synthetic Lubrication, 12. 1996, Nr. 4, S. 283-301.

⁵⁹ <http://www.mobil1.com.tr/> 25.03.2013

⁶⁰ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821, dişli yağları broşürü, (2013)

Özel yağlayıcılar olmadan, dünyamızın büyükçe bir bölümü durma noktasına gelirdi: araba, tren veya gemi hareket edemez, makineler üretmez, musluklardan hiç su akmaz ve hatta saatler dururdu. Aynı zamanda elektrik tesisatı, ısıtma sistemleri ve enerji kaynakları da yağlara ihtiyaç duyduğundan dünyamız karanlık ve soğuk olurdu .



Tablo 4: Mineral ve sentetik yağın kullanım miktarları⁶¹

Herkesin kabul ettiği bir gerçekte sentetik yağların fiyatlarının mineral yağlardan daha pahalı olmasıdır. Sentetik yağlar petrol atığının laboratuvarlarda işleme alınarak içlerindeki zararlı maddelerden istenilen temizlenmesi ve yağlama performansını artırıcı özel katkıları eklenmesi ile üretilirler. Bu ekstra işlemler yağın maliyetini arttırmaktadır. Yapılan araştırmalarda sentetik ve mineral yağların kullanım miktarları tablodaki şekilde hesaplanmıştır. Sizin de gördüğünüz gibi sadece sentetik yağ seçimi ile bir yıllık yağ tüketimi yaklaşık 9 kat azaltılmış buda hem atık miktarının azalmasından dolayı çevrenin korunmasına destek vermiş hem de daha az miktarda petrol atığının kullanımı sağlanmıştır.

⁶¹ Klüber Lubrication, BPA, eğitim notları, (2012) Münih - Almanya

7.4.2.1. Sentetik Yağların Avantajları

Baz yağlarına göre sentetik yağların avantajları ekte gibidir.

i. **Sentetik Hidrokarbon (SHC) yağlar:** Mineral yağlara en yakın yağlar olarak bilinirler. Genellikle kapalı dişli sistemlerinde ve sirkülasyon sistemlerinde en çok tercih edilen sentetik yağ çeşididir.

Bu yağların avantajları incelendiğinde genellikle 140 C'ye kadar çok düşük buharlaşma oranına sahip olan, iyi düşük sıcaklık dayanımına sahip, Mineral ve ester yağlarla karışabilen ve bir çok tipi gıda sanayisinde kullanılan yağların üretimine uygun baz yağlardır.

ii. **Ester yağlar:** Moleküler yapılarından dolayı sıcaklık dayanımları çok yüksek olduğundan dolayı özellikle yüksek sıcaklıkta çalışan zincir, konveyör ve dişli sistemlerinde tercih edilen baz yağlardır. Genellikle 160 / 180OC ye kadar kullanılabilir, mükemmel düşük sıcaklık dayanımına sahiptirler, pek çok tipi doğada hızlıca yok olur özellikle Biodegradable yağlar ester bazlı yağlardan üretilirler, iyi derecede Viskozite-Sıcaklık davranışına sahiptirler ve sentetik hidrokarbon ve Poliglikol yağlarla karışabilirler.

iii. **Poliglikol yağlar:** özellikle sanayide kapalı dişli kutularında farklı malzeme seçimlerinde ve sonsuz vida düzeneği olan sistemlerde tercih edilen baz yağlardır. Kullanım ömrü çok uzun olmasının yanında kullanılırken çok dikkat edilmesi gereken baz yağlardır. Bilinen avantajları arasında 160C dereceye kadar kapalı ve sirkülasyon sistemlerinde tercih edilmeleridir, yüksek yük taşıma kabiliyetine sahiptirler, bazı tipleri gıda sanayisinin istediği normları karşılayabilir.

iv. **Silikon yağlar:** Çok değişken ve geniş çalışma sıcaklığı aralığı olan sistemlerde tercih edilen baz yağlardır. Suda çözünmezler. 200 C dereceye kadar çok rahat kullanılırlar ve mükemmel düşük sıcaklık dayanımları vardır. Genellikle

yüksek sıcaklıkta çalışan yağlayıcılarda ek özellik katması amacıyla üretim aşamasında mevcut yağa eklenerek yağın performansını artırıcı özellik katarlar. Kimyasal ortama yüksek dayanımları ve plastik, metal ve sızdırmazlık elemanlar ile uyumludurlar.

v. **Perfluoropolyether (PFPE) yağlar:** Bilinen en iyi özelliğe sahip olan yağlayıcılardır. Çok geniş servis sıcaklığı aralığına (-50 C... 260 C) sahiptirler. Sızdırmazlık elemanları, plastikler ve boyalar ile uyumludurlar. Yüksek sıcaklığa ve radyasyona dayanımları olduğundan ve çok uzun kullanım ömürlerinden dolayı NASA tarafından tercih edilen yağlayıcılardır.

7.4.2.2. Sentetik Yağların Dezavantajları

Sentetik yağların dezavantajları ekteki gibidir. Göz ardı edilemeyen bir gerçek vardır ki her ne kadar sentetik yağların dezavantajlarından bahsetsek de gerek makinalarımız için gerekse dünyamız için mutlaka sentetik yağ kullanılması gerekmektedir.

- i. **Sentetik HidroKarbon (SHC) yağlar:** Düşük viskozitelerinin sızdırmazlık elemanları ile uyumu kontrol edilmelidir, iyi katkı paket eklenmediğinde aşınma dirençleri diğer baz yağlar kadar iyi değildir ve doğada kolayca yok olmazlar.
- ii. **Ester yağlar:** Dezavantajı en az olan baz yağdır. Kullanılmadan önce sızdırmazlık ve boya ile uyumu kontrol edilmelidir. Uygulanacağı yüzeylerin temiz olması gerekir.
- iii. **Poliglikol yağlar:** Kullanılırken dikkat edilmesi gereken bir baz yapıya sahiptir. Sadece ester bazlı yağlar ile karışabilir ki bu çok da tercih edilen bir karışım

değildir. Özellikle mineral yağlar ile karıştığı zaman yağlama özelliğini yitirerek yağ sakızımsı bir yapıya bürünür. Buda çalışma esnasında sistemin kitlenmesine kadar giden sorunlar yaratarak sistemin komple temizlenme gereksimini doğurur. Sızdırmazlık elemanlarıyla ve boyalar ile uyumu kontrol edilmelidir ve alüminyum alaşımlı malzemelerde kullanımında dikkatli olmalıdır. Çok düşük hızlarda çalışan redüktörlerde yapışma etkisi yaratacağından dolayı bu noktalarda sentetik hidrokarbon yağlar tercih edilmelidir.

iv.Silikon yağlar: Dezavantajları olarak karışık sürtünmenin olduğu noktalarda düşük yağlama kabiliyeti gösterirler bundan dolayı değişken sürtünmelerde tercih edilmezler. Yük taşıma kabiliyetleri düşüktür ve sadece belli özellikteki ester bazlı yağlar ile karışabilirler. Doğada zor buldukları ve işlenmesinin zor olmasından dolayı fiyatları pahalıdır.

v.Perfluoropolyether (PFPE) yağlar: Dezavantajlarının başında hiçbir yağ ile karışamayacakları gelir. Sistemi direk kitleyerek istenmeyen birçok soruna sebep olabilirler. Standart katkı paketleri ile bu yağlar katkılanılamazlar, mutlaka kendi bünyeleri ile uyumlu katkı paketleri kullanılmalıdır. Dünyada sadece birkaç firma tarafından üretilmeleri, işlenmelerinin zor olması ve kullanım sürelerinin çok uzun olması bunları bilinen en pahalı yağlar haline getirir.

Unutulmaması gereken bir gerçekte Dünyamızın doğal kaynakları her geçen gün azalıyor. Sadece dünyada otomobillerde kullanılan motor yağlarını düşünürsek her 3000 km yağ değişimiyle 15000 km yağ değişimi arasındaki fark daha net gözlemlenebilir.

Sentetik yağ kullanımı ile atık miktarlarını 5 bazı durumlarda 7 kata kadar azaltabilir ve üretimimiz sorumsuz yaparak hem ülke ekonomisine katkıda bulunabiliriz hem de doğaya daha az zarar vermiş oluruz.

7.5. EKİPMANA GÖRE YAĞ SEÇİMİ

Günümüzde yağlar baz yağlarına ve kendi aralarında çeşitlendikleri gibi makine ekipmanlarına ve kullanım alanlarına da göre de değişken özellikler göstermektedir.

7.5.1. Dişli Yağları

Bir şanzımanın servis ömrü boyunca maksimum çalışma güvenilirliği, ancak yağlar sadece gerekli çalışma malzemeleri olarak değil, tüm tasarım aşamalarında entegre yapı unsurları olarak ele alınırsa sağlanabilir. İdeal olarak yağ, dişlinin tasarım aşamasında seçilmelidir.

Dişlileriniz için doğru yağı seçerken performans, devir, çevresel etkenler ve özel çalışma koşulları gibi parametreler dikkate alınmalıdır. Bu bilgiye dayanarak şunlar seçilebilir:

- ✓ Yağ tipi
- ✓ Aşınma koruma
- ✓ Viskozite

Bunlar dişli yağının en iyi şekilde görevini yerine getirmesini sağlar:

- ✓ Kuvveti emer
- ✓ Sürtünmeyi azaltır
- ✓ Aşınmayı en aza indirir
- ✓ Isıyı dağıtır
- ✓ Aşınma ve kirlenmeyi emer

7.5.1.1. Dişli Yağlarının Özellikleri

Dişli yağı özellikleri baz yağ ve katkıları ile belirlenir. Dişli yağlarının temel şartları önde gelen dişli üreticileri tarafından uluslararası standartlarca açıklanmıştır. Bunlara aşağıdakiler dahildir:

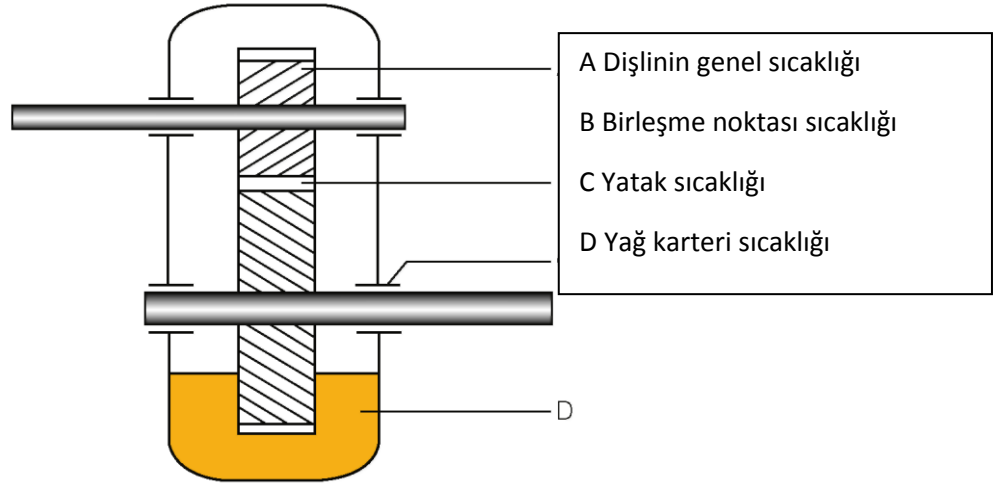
- ✓ Çalışma sıcaklığı aralığı
- ✓ Viskozite
- ✓ Eskime özelliği
- ✓ Düşük sıcaklık özelliği
- ✓ Çelik / demir esaslı olmayan metalde korozyon koruması
- ✓ Köpüklenme özelliği
- ✓ Elastomer uyumu
- ✓ İç kaplama ile uyum
- ✓ Aşınma koruma - sürtünme, zamanla aşınma

7.5.1.2. Çalışma Sıcaklığı

Endüstriyel dişlilerde yağ sıcaklığı dişli türü ve uygulamaya bağlı olarak 20 ila 150 derece arasında değişir. Özellikle dişli çarkı, yatak ve yağ bazında dişli sisteminin ısısı dişli performansı değerlendirilirken dikkate alınması gereken en önemli kriterdir. Mevcut sıcaklıklar güç kaybını gösterir.⁶²

Ortalama üstü çalışma sıcaklığı veya sıcaklık üst seviyeleri genellikle arızayı veya olası hasarı gösterir.

⁶² Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 4.



Şekil 5 : Dişlilerde genellikle görülen sıcaklıklar⁶³

Tasarımla ilgili etkenlerin dışında, yağ sıcaklıkları temel olarak çalışma koşullarına dayanır. Yağ sıcaklıkları artan ortam sıcaklığı ile ve yağ termal ışımaya maruz kaldığında artar. Dişliler kısmi yükte veya aralıklarla kullanıldığında o kadar yükselmez. İzin verilen sıcaklık limitlerinin dişli parçalarında, yağda veya donanımda (filtre, pompa, vs.) aşılması önemlidir. Viskozite seçimi için, yağ sıcaklığı veya enjekte edilen yağ sıcaklığı önemli faktörlerdir.⁶⁴

⁶³ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 4.

⁶⁴ Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 4.

7.6. Yağların Temizlenmesi

7.6.1. Dişli Yağlarının Seçimi

Mevcut dişlilere dişli yağı nasıl tavsiye edilir? Bu her seviyede yağ kullanıcılarının ve makine üreticilerin kafasında oluşan bir sorudur. Bu soruya doğru cevap vermek makinenin ömrünü uzatacağı gibi üretiminde daha verimli yapılmasında fayda sağlayacaktır.

Dişli yağı seçerken baz yağların uyumu ve birbirleri ile olan karışa bilirlüklerinin bilinmesi çok önemlidir. Bu konuda uzmanlaşmış firmaların çalıştıkları firmalara uygun tavsiyelerde bulunmaları gerekir.

7.6.2. Bakım

Yağ seçimi yaparken, tekrar doldurmada yâda yağ değişiminde, seçilen yağın kalitesi ve viskozite gereksinimleri açısından dişli veya fabrika üreticinin özelliklerine uygun olması önemlidir.

Farklı üreticilerin yağlama yağları sadece kendi baz yağlarında ki farklılık değil, aynı zamanda katkı ve özelliklerinin de farklı olmasından kaynaklanır. Bu yüzden, bu tür yağların karışması sadece kalite kaybı değil aynı zamanda viskozite-sıcaklık ilişkisinden dolayı aşınmaya karşı da kaybı olur.

Bu nedenle, yağ dolumu için her zaman aynı tip kullanılmalıdır. Bu mümkün değilse, aşağıdaki paragraflarda talimatlara kesinlikle uyulmalıdır.

7.6.3. Farklı Dişli Yağı Türlerinin Karışabilirliği

Mineral dişli yağları - CLP serisi vb. öngörülen standart gereksinimleri yanı sıra viskozite taleplerini her durumda karşılar. Mineral yağlar Polialfaolefin (PAO) ve ester dayalı sentetik yağlama yağları ile karışabilir. Onlar Poliglikol (PG) ile karışabilir değildir.

Polialfaolefin dayalı dişli yağları – yağlar normal yağ tarafından temizlenemez, yağ tankı ve filtre dâhil olmak üzere yaklaşık % 5 oranında mineral yağ artıkları ile karışabilir.

Sentetik bazlı dişli yağlarının diğer yağlar ile karışımına izin verilmez. Farklı üreticilerin Polialfaolefin dişli yağları, örneğin yağ doldurma sırasında karışabilir olabilir. Ancak, farklı bir yağ türü sadece az miktarlarda orijinal dişli yağa ekleyerek kullanılabilir.

Poliglikol bazlı dişli yağları – yağları ne mineral yağlar ile ne de diğer sentetik bazlı dişli yağları ile karıştırılabilir. Farklı üreticilerin yanı sıra Poliglikol dişli yağları diğer Poliglikol dişli yağları ile birbirine karıştırılabilir. Ancak, orijinal dişli yağı özelliklerini değiştirmek için büyük karışım oranlarından ki karışımlardan kaçınılmalıdır

Gıdaya uygun yağlar - gıda ve ilaç endüstrisi için özel dişli yağlarıdır. Onlar sanayinin özellikle yüksek hijyenik gereksinimleri karşılamaktadır. Bu yağlar dişlilerde ürün ve yağlama yağı arasında kazayla temas riski olan yerlerde kullanılmaktadır.

Gıdaya uygun yağlar USDA veya NSF H1 ve / veya NSF 51 göre bir sertifika olmalıdır. Hiçbir koşul altında sertifikalı olmayan yağlar ile karıştırılmamalıdır, aksi halde sertifika geçersiz olur! Farklı gıda sınıfı yağların

karışımı aynı temel yağ türü ile yalnızca mümkündür. Ancak, büyük karışım oranlarında karışımlar her durumda kaçınılmalıdır.

Hızla geri dönüşümlü dişli yağları – yağ sızıntısı yâda damlama sistemlerinde çevreye tehlike oluşturabilecek kaçınılmaz kaçaklarsa kullanılan özel dişli yağlarıdır. Toprağa yâda su kütlesine az miktarda biyolojik dişli yağı karışırsa, bakterileri kısa sürede doğada zararsız bileşenlerini dönüştürmek olacaktır.

Biyolojik dişli yağları normal yağlama yağları ile karıştırılmamalıdır. Normalde diğer üreticilerin hızla geri dönüşümlü yağlama yağları ile karışımları tavsiye edilmez, onların hangi baz yağını kullandıkları bilinmeyebilir.

7.6.3.1. Mineral Yağdan Sentetik Yağa Geçiş

Mineral yağlar ile karşılaştırıldığında, sentetik dişli yağları sadece ekonomik ve ekolojik açıdan değil, aynı zamanda teknik açıdan da avantaj sağladığı görülmektedir. Temel faydaları şunlardır:

- i. Sürtünmenin azalmasından dolayı güç kaybında azalma
- ii. Artan dişli verimliliği
- iii. Daha düşük çalışma sıcaklığı
- iv. Baz yağa bağlı olarak 3 yâda 5 kat daha uzun çalışma ömrü
- v. Enerji tasarrufu
- vi. Bakım maliyetlerini azalmasıyla tasarruf sağlanması
- vii. Yüksek çalışma sıcaklıklarda ya yağın yüksek güce ulaşabilmesi

Yağ değişimi için en uygun sentetik yağın seçiminin son kullanıcı tarafından yapılması uygun değildir. Prensipte olarak, bu her zaman dişli ve / veya ekipman üreticisi ile birlikte karar verilmelidir.

7.6.3.2. Polialfaolefin (Pao) Yağlarının Değişimi

PAO yağlar - sentetik hidrokarbon yağ bazlı yağlama yağları –mineral yağlara benzer bir kimyasal yapıya sahiptir. Bir kural olarak, keçe malzemeleri ve vernikler ile uyumluluğu mineral yağlar ile aynıdır. Onlarda mineral yağ artıkları ile karışabilirler yada bertarafları ve geri dönüşümleri aynı şekildedir. Seçilmiş baz yağları ve katkı maddeleri ile gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılan yağlar için uygundur. Ancak, bu tür yağlar gıda yasası sertifikasyonunun bir iptalini önlemek için, gıdaya uygun yağlar sertifikalı olmayan mineral yağlar ile karıştırılarak verilmemelidir.

7.6.3.3. Poliglikol (Pg) Yağlarının Değişimi

PG yağlar da – Poliglikol bazlı yağlarda - değişim sırasında keçelerle, boyalarla ve gözetleme cam malzemelerin yağlama yağı ile arasında herhangi bir etkileşim olup olmadığı bilinmesi gerekir.

PG bazlı yağlarının yüksek performansından yararlanarak dişli hasar ve sonuçları önlemek için uyumlu olduğuna dikkatli edilmeli, PG yağlama yağı serisi için ürün bilgilerini okunmalı ve ilgili yönergeleri izlenmelidir.

PG yağlar baz yağ seçiminde katkı ile uyuşan, aynı zamanda gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılan yağların üretimi için uygundur. Ancak, bu tür yağlar da gıda yasası sertifikasyon iptalini önlemek için, gıdaya uygun yağlar sertifikalı olmayan yağlar ile karıştırılmamalıdır.

7.6.3.4. Ester Yağlarının Değişimi

Ester bazlı yağlarının değişimi sırasında keçelerle, boyalarla ve gözetleme cam malzemelerin yağlama yağı ile arasında herhangi bir etkileşim olup olmadığı bilinmesi gerekir.

Bioçözünür yağlarının özel karakteristiğinden yararlanarak dişli hasar ve sonuçları önlemek için uyumlu olduğuna dikkatli edilmeli, PG yağlama yağı serisi için ürün bilgilerini okunmalı ve ilgili yönergeleri izlenmelidir.

7.6.4. Yağ Değişimi Nasıl Devam Ettirilmeli

Yağla yağlanan dişliler için yağın özellikleri eskime, aşınma ve kirlenme gibi çevresel koşullar ve çalışma nedeniyle özelliklerini limitlerin üzerine çıktığı için zaman zaman değişmesi gerekir. Yağ değişiminin amacı sürekli güvenilir yağlama sağlamaktır. Bu ayrıca hala kullanılabilen ancak en uygun çalışma koşullarında olmayan yağ değişimi için de geçerlidir.

Bu tür yağ değişimi yapıldığında, dişli kutusunda her zaman bir miktar yağ kalıntısı kalır. Çoğu durumda bu kalıntılar temizlenmelidir. En uygun yöntem dişlileri yıkamaktır. Mümkünse eski dişli yağı dişliler hemen durduktan sonra hala sıcakken boşaltılır. Boşaltmadan sonra kalıntılar temizlenir. Yağ karteri ve dişli kutusunun içi de bezle ve/veya lastik spatula ile temizlenebilir - temizlik bezi kullanmayın-.

Daha büyük sorun ise çok eskiyen yağlardan kaynaklı kalıntı biçiminde kirlenmedir. Bu durumda dişlilerin temizlik yağı ile ve ulaşılabildiği kadar manüel temizlik ile temizlenmesi gerekir. Kalan kalıntılar mekanik olarak temizlenebilir.

7.6.4.1. Mineralden Sentetik Dişli Yağna Geçiş

Hangi sentetik dişli yağının değişim için uygun olduğuna sadece son kullanıcı karar vermemelidir. Dişli veya ekipman üreticisi ile ortak karar alınmalıdır.

Mineralden sentetik yağa tüm geçişler çok dikkatli yapılmalıdır. Sadece mineral yağı boşaltıp sentetik yağ koymak yeterli olmayabilir. Özellikle daha eski dişlilerde sentetik yağlarla çözülebilecek şekilde muhafazada, yağ borularında, vs. kalıntı barındırabileceği dikkate alınmalıdır. Bu kalıntılar temizlenmezse, çalışma sırasında sorun yaratabilir. Yağ boruları ve filtreler tıkanabilir ve pompalar ve dişler zarar görebilir. Mevcut yağın %10'unu Varnaslov ile değiştirerek yağ kalıntılarını çözünür ve değişim kolaylaşır. Hasarı önlemek için, dişli veya yağ sirkülasyon sistemi boşaltma sonrasında mümkünse çalışma sıcaklığında yeni sentetik yağ ile temizlenmelidir.

Tüm mineral yağ kalıntılarının temizlenmesi ve gıda güvenliği veya hızlı biyoçözünme özelliklerinin bozulmaması için H1 sınıfı veya bio yağlayıcılara geçildiğinde bir veya iki kez temizlenmelidir.

Temizlik için kullanılan sentetik dişli yağı sonrasında yağlama için kullanılmamalı, temizlik amacı ile saklanmalıdır. Yeni sentetik yağ konmadan önce yağ filtreleri veya filtre elemanları değiştirilmelidir.

7.6.4.2. Mineral Yağdan Polialfaolefine Geçiş

Polyalphaolefns mineral yağlara benzer bir kimyasal yapıya sahiptir.. Bu nedenle normal yağ boşaltma ile çözülmeyen kalıntı minerale karıştırılabilir. Ancak, yağın tam performansını korumak için, dişli kutusundaki, sirkülasyon sistemindeki ve yağ karterindeki kalıntı mineral yağ içeriği %5'i aşmamalıdır.

PAO dışında baz yağlı sentetik yağlar karıştırılmamalıdır. Ancak farklı üreticilerden PAO bazlı dişli yağları karışabilir ama orijinal dişli yağı özelliklerini etkilememesi için mümkün olduğunca düşük olmalıdır.

80°C üzerindeki çalışma yağ sıcaklıklarında, sadece florlanmış lastik veya politetrafluoro etilen contaların kullanılması önerilir. 80°C sıcaklıkların altında NBR contalar da PAO yağlara dirençlidir.

Dişli kutularının iç kaplaması için epoksi ve poliürea boya boya kullanımı önerilir.

7.6.4.3. Mineral Yağdan Poliglikole Geçiş

Poliglikoller mineral veya sentetik yağlarla karıştırılmaz. Farklı üreticilerden gelen poliglikoller karıştırılabilir, ancak içerikleri orijinal yağ özelliklerini korumak adına mümkün olduğunca az olmalıdır.

Poliglikol yağ kullanırken yağ ile teması önlemek için conta, boya ve kontrol gözlüklerinin uygun olduğunu kontrol edin. 80°C üzerindeki çalışma yağ sıcaklıklarında, sadece florlanmış lastik veya politetrafluoro etilen contaların kullanılması önerilir. 80°C sıcaklıkların altında NBR contalar da PG yağlara dirençlidir.

Epoksi ve poliürea boyalar iç kaplama için önerilir. Poliglikoller demirli ve demirli olmayan metallere karşı nötrdür. Bir veya iki sürtünme tarafı da alüminyum alaşımli olduğunda ancak örneğin rulman kafesleri veya alüminyum içeren salyangoz çarkları durumunda, dinamik yük, yüksek kayma hızı ve yüksek yük kombinasyonu bazı durumlarda artan aşınmaya yol açabilir. Bu nedenle uyumluluk testleri bu durumdaki uygulamalar için önerilir.

7.6.4.4. Mineral Yağdan Estere Geçiş

Ester yağ kullanırken yağ ile teması önlemek için conta, boya ve kontrol gözlüklerinin uygun olduğunu kontrol edin.

Esterler mineral yağlar ve polialfaolefinlerle karıştırılabilir. Poliglikollerle belli bir sınıra kadar karıştırılabilir. Aynı türden olduğu sürece farklı üreticilerden esterlerle karıştırılabilir. Farklı üreticilerden gelen esterler karıştırılabilir, ancak içerikleri orijinal yağ özelliklerini korumak adına mümkün olduğunca az olmalıdır.

7.7. Atık Yağlar

Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği çevre ve insan sağlığı için tehlike oluşturan atık motor yağlarının doğru koşullarda kayıt altına alınarak toplanmasını ve Avrupa Birliği ilkelerine uygun koşullarda bertaraf edilmesini amaçlamaktadır. Yönetmelik zararlı bir atık olan atık motor yağlarının geçmişte ülkemizde yaygın olarak yapıldığı gibi kontrolsüz ortamlarda ısınma amaçlı yakılmasını, akaryakıtta karıştırılmasını veya lisanssız işletmelerce düşük kaliteli yağ üretiminde tekrar hammadde olarak kullanılmasını yasaklamaktadır. Ayrıca, atık motor yağlarının motor yağı üreticileri veya yetkilendirilmiş kuruluşlar dışındaki gerçek ve tüzel kişiler tarafından toplanması yasaklanmıştır.⁶⁵

⁶⁵ <http://www.opetfuchs.com.tr/teknik-hizmetler/teknik-bilgiler>

7.7.1. Yağların Depolanma Koşulları

- i. Yağların depolanmasıyla ilgili dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda belirtilmiştir.
- ii. Ambalajlı ürünlerin kapalı alanlarda depolanması öncelikli tercih olmalıdır.
- iii. Depolama alanının sıcaklığı 45 °C'yi geçmemeli ve -20 °C'nin altına düşmemelidir. İdeal depolama sıcaklığı 0 °C - 25 °C arasındadır.
- iv. Depolama alanı kuru ve temiz olmalı, nemden ve tozdan korunmalıdır.
- v. Varillerin, kapakları üste gelecek şekilde depolanmaması önerilir. Varillerin yatay olarak (varil kapakları eksenine, yere paralel olacak şekilde; saat 9:15 pozisyonunda) depolanması en idealidir.
- vi. Direkt güneş ışığı altında uzun süreli depolama yapılmamalıdır. Depolama alanının üzeri tente, sundurma, vb. ile kapatılmalıdır.
- vii. Gresler, direkt güneş ışığı altında kesinlikle depolanmamalıdır.⁶⁶

⁶⁶ Klüber Lubrication, BPA, eğitim notları, (2012) Münih - Almanya

7.8. Yağların Sınıflandırma Kodlamaları

Yağlayıcının Tanım Harfi	Yağlayıcının Bağlı Olduğu Standartlar	Yağlayıcının Özellikleri	Uygulama Noktaları
CL	DIN 51 517, Pt 2	Korozyona ve yaşlanmaya karşı dayanımı arttırıcı katkıları içeren mineral yağ.	Maksimum 100 °C yağ sıcaklığında, 30 m/s' den daha küçük çevre hızında ve düşük yükte çalışan dişli sistemlerinde.
CLP	DIN 51 517, Pt 3	Korozyona ve yaşlanmaya karşı dayanımı arttırıcı katkıların yanında, karma sürtünmeler durumunda aşınmayı azaltıcı katkıları içeren mineral yağ.	Maksimum 100 °C yağ sıcaklığında, dişlinin aşırı yüke ve/veya yüksek kaydırma oranına maruz kalan dişli sistemlerinde.
CLPF	DIN 51 517	Korozyona ve yaşlanmaya karşı dayanımı arttırıcı karma sürtünmeleri azaltıcı katkıları ve MoS ₂ içeren mineral yağ.	Maksimum 100 °C yağ sıcaklığında, dişlinin aşırı yüke ve/veya yüksek kaydırma oranına maruz kalan ve emniyet yağlaması gerekli olan dişli sistemlerinde.

SHC	DIN 51 502	Mineral yağlarla karışabilen sentetik hidrokarbonlu yağ.	Çok düşük sıcaklıkta çalışmasının yanında gıda maddeleri üretimi ve ilaç sanayisinde kullanılan dişli sistemlerinde.
PG	DIN 51 502	Mineral yağlarla karışmayan poliglikollü sentetik yağ.	160 °C' ye kadar çalışma sıcaklıklarında ve/veya aşırı yüke maruz kalan dişli sistemlerinde.
E	DIN 51 502	Ester bazlı sentetik yağ.	Çevreye karışmasının tehlikeli olabileceği yerlerde çalışan dişli sistemlerinde.
G	DIN 51 526	Mineral ve/veya sentetik baz yağlı, metal sabunlu ve/veya sabunsuz, NLGI sınıfı 000 ile 1 arasında olan akıcı ve yumuşak gresler.	Daldırma sistem yağlama yapılan her tip kapalı sistem dişlilerinde.

Tablo 5: Yağların sınıflandırma kodlamaları⁶⁷

⁶⁷ Klüber Lubrication, B02_Gear_systems_dişli yağları broşürü, (2010) s. 14.

Dişli yağlayıcıların taşınması gereken minimum şartlar DIN normlarıyla belirlenmiştir. Bu kodlar sayesinde makine üreticisi yağlama noktalarına o noktada kullanılacak makine yağının özelliklerini belirtmiş olur. Bu sayede son kullanıcı ne tarz bir yağ kullanması gerektiğini bu kodlar sayesinde anlar ve uygun bir yağ seçimini gerçekleştirir. Bu sayede sıvı yağ mı katı yağlayıcı (gres) mi kullanması gerekiyor, mineral yağ mı sentetik yağ mı kullanması gerekiyor, sisteminde bronz dişli var mı gibi bilgilendirmeleri de elde etmiş olur.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Triboloji ve yağ bilimini bir bütün olarak düşündüğümüzde birbirlerinin bir parçası olduğunun ve mutlaka beraber analiz edilmeleri gerektiğini net bir şekilde görebilmekteyiz.

Günümüz Türkiye'sinde daha yeni yeni bilinçlenmeye başladığımız bu iki bilim dalında gerek çevre mevzuatlarıyla gerekse sanayi bakanlıklarının yaptığı denetimler ile daha verimli, performanslı, çevreye ve insan sağlığına dikkat eden üretimler yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'mizin ve bizlerin daha bilinçli olması ve sanayide sentetik yağların kullanılması gelecek nesillere daha temiz bir çevre ve gelişmiş bir sanayi bırakmamıza destek olacaktır.

Atık madeni yağlar toksik özelliğe sahiptir. Doğaya bilinçsizce ve özensizce atıldığında kalıcı ekolojik zararlara neden olurlar. Su, toprak ve hava kirliliğine yol açarak doğaya ve insan sağlığına zarar verirler. Toprağa dökülen atık yağlar yeraltı sularına karışarak doğal kaynakların zarar görmesine sebep olurlar.

Yapılan araştırmalarda 1 litre atık motor yağının 800 bin litre içme suyunu kullanılamaz hale getirdiği tespit edilmiştir. Ve yapılan araştırmalarda yaklaşık olarak 221 bin 607 ton yağın atık olarak bilinmeyen yöntemler kullanılarak yok edildiği düşünüldüğünde facianın büyüklüğü göz önüne serilmektedir. Bunu engellemek için bilinçli kullanıcılar yetiştirilmesi şarttır.

Atık yağlar; deterjanlar, fosfat gibi kirleticilerin yanı sıra kullanıldığı yere bağlı olarak değişen miktarlarda kurşun, çinko, baryum, kadmiyum, cıva, krom, arsenik ve vanadyum gibi ağır metaller içermektedir. Atık madeni yağların, içerdikleri ağır metaller ve bozunmuş kimyasal yapıları nedeniyle biyolojik arıtma tekniği ile faaliyet gösteren evsel atık su arıtma tesislerinde arıtmak zordur. Bu tip atıklar için kimyasal arıtmanın yanı sıra biyolojik arıtma teknikleri de kullanılmalıdır. Bu hizmeti veren devletin izin verdiği özel kuruluşlar vardır ve yağ

bertaraf ederken doğaya zarar vermeyecek yada geri dönüşümde kullanılabilir yöntemler kullanarak işlemleri gerçekleştirmektedirler.

Atık yağların suya olan etkilerini düşünürsek; Su kanallarına dökülen atık yağlar, suyun üzerinde güneş ışığını engelleyen bir tabaka oluşturarak, fotosentezi azaltır ve oksijen döngüsünü bozan ve yağı besin kaynağı olarak kullanan mikroorganizmaların üremesini ve büyümesini sağlayan oksijen geri beslemesini önler. Buna bağlı olarak su ortamındaki besin zincirinde yer alan balıkların, kabukluların ve diğer mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijen tüketilir. Aynı zamanda suda yaşayan bitkilerin fotosentez yapmasına engel olur ve ekolojik dengenin büyük oranda zarar görmesine sebep olur.

Atık yağların toprağa olan etkilerini düşünürsek; Toprağa dökülen atık yağlar, bitkileri ve köklerini tahrip eder, topraktan elde edilen ürünlerinin zarar görmesine ve azalmasına neden olur. Kullanılmış yağ yüksek miktarda kurşun, arsenik, kadmiyum, krom gibi ağır metaller içermektedir ve bu metaller zaman içinde toprakta birikebilir. Bitkiler, yüksek konsantrasyondaki ağır metalleri absorbe ederler. Bitkiler atık yağda kirlenmiş toprakta gelişimlerini tamamlayamaz ve verim veremezler. Topraktaki besin zincirinde birikerek insanların ve hayvanların zehirlenmesine hatta belki de ölümlerine sebep olabilirler.

Atık yağların toprağa olan etkilerini düşünürsek; Atık yağların, kontrolsüz bir şekilde ve uygun olmayan ortam şartlarında yakılması hem insan sağlığı hem de doğa açısından ciddi zararlara neden olan kükürt, klorür ve ağır metaller vb. kirleticilerin oluşmasına sebep olur. Aldığımız kirli hava direk ciğerlerimize zarar verir ve kanser türü hastalıkların hızla artmasına sebep olur.

Çöpe dökülen atık yağların etkilerini düşünürsek; çöp depolama alanında oluşan sızıntı suyunda yoğun bir kirlilik yükü oluşturur, sızıntı suyunun arıtımını daha da güçleştirir. Kanalizasyon borusunda dökülürse kanalizasyon borularını ve

fosseptik çukurları tahrip eder. Bundan dolayı da zaman içinde kanalizasyonlarda istenilmeyen ve ileride büyük sorunlar yaratabilecek tıkanmalara yol açar.

Sonuç olarak bir yağ kullanmadan önce kullanım alanını, kullanım sebebini ve kullanılacak yeri çok iyi analiz etmek gerekmektedir. Bu konuda alanında uzman kişilerden destek alarak uygun kullanımın koşullarının belirlenmesi hem kişi hem de ülke ekonomisi için önemli yer tutmaktadır. Bunun ile beraber kullanılan yağların atık kısımlarını bertaraf ederken mutlaka devlet tarafından belirtilmiş ve yetkilendirilmiş firmalar ile çalışarak doğaya ve en önemlisi kendimize fayda sağlamalıyız.

Doğru yağ kullanımı ve bertarafı kendimizin ve sevdiğimizlerin sağlığı açısından çok önemlidir ve günlük hayatımızın vaz geçilmez bir rutini olmak zorundadır.

9. KAYNAKÇA

1. <http://galaksimadeniyag.tr.gg/Haberler.htm>,
<http://www.radikal.com.tr/radikal.aspx?atype=haberyazdir&articleid=1041639>
2. <http://galaksimadeniyag.tr.gg/Haberler.htm>,
3. Yrd. Doç. Dr. Seyfi TOP, Akın ÖNER (2011) “akaryakıt ve madeni yağ dağıtım şirketlerinin sosyal sorumluluklarının incelenmesi”, Beykent Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Sosyal bilimler dergisi, İstanbul / Türkiye s. 3.
4. La tribologie de l’antiquite a nos jours jean frêne/ national tribology conference 24-26 september 2003
5. <http://www.muhendisiz.net/18.03.2013>
6. Http://web.itu.edu.tr/vedat_temiz/19.03.2013
7. “automotive handbook”, robert bosch gmbh, p329, (2002).
8. Akkurt, mustafa; makina elemanları - cilt 3, birsen yayınevi
9. Http://www.kadimdostlar.com/bilimsel_gelismeler_sosyal_ve_fen_bilimleri_f120/triboloji_nedir_surtunme_asinma_ve_yaglama_kon_t57860.html
10. <Http://surtunmekuvveti.nedir.com/#ixzz2jwpm8onn>
11. <Http://tr.wikipedia.org/wiki/a%c5%9f%c4%b1nma>
12. Makine elemanlarının tribolojik hasarları ve uygun malzeme seçimi - Yılmaz Özmen, Pamukkale Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Denizli, (Geliş tarihi: 30 Ağustos 2003, kabul tarihi: 10 Ocak 2004)
13. Budinski, k.g., 1988. Surface engineering for wear resistance, New Jersey.
14. <Http://www.extremecoating.com/weardata.html>
15. http://www.wagesterlease.com/aboutus/aggregate_f2003.pdf
16. Bhushan, b., and gupta, k.b., 1991. Handbook of tribology: materials, coatings and surface treatments, USA, 1140
17. Arnell, r.d., davies, p.b., halling, j., whomes, t.l., tribology principles and design applications, 1991, pages 68-70
18. Hutchings, i.m., tribology, friction and wear of engineering materials, 1992

19. Kurt, m., makina elemanları 1, 1990, çağaloğlu, istanbul
20. Budinski, k.g., 1988. Surface engineering for wear resistance, new jersey.
21. [Http://en.wikipedia.org/wiki/spall](http://en.wikipedia.org/wiki/spall)
22. http://en.wikipedia.org/wiki/false_brinelling
23. Eilhard jantzen: the origins of synthetic lubricants: the work of hermann zorn in germany, part 1, basic studies of lubricants and the polymerisation of olefins, journal of synthetic lubrication, 12. 1996, nr. 4, s. 283-301.
24. [Http://www.mobil1.com.tr/](http://www.mobil1.com.tr/) 25.03.2013
25. <http://www.opetfuchs.com.tr/teknik-hizmetler/teknik-bilgiler>
26. <http://tr.wikipedia.org/wiki/A%C5%9F%C4%B1nma>
27. Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 4.
28. Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 18.
29. Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 19.
30. Klüber Lubrication, B02_Geared_up_130821,dişli yağları broşürü, (2013) s. 20.
31. Klüber Lubrication, BPA, eğitim notları, (2012) Münih – Almanya
32. Klüber Lubrication, B02_Gear_systems_dişli yağları broşürü, (2010) s. 14.
33. <http://www.petder.org.tr/atik-yaglarin-cevre-ve-insan-sagligi-acisindan-tehlikeleri-nelerdir>