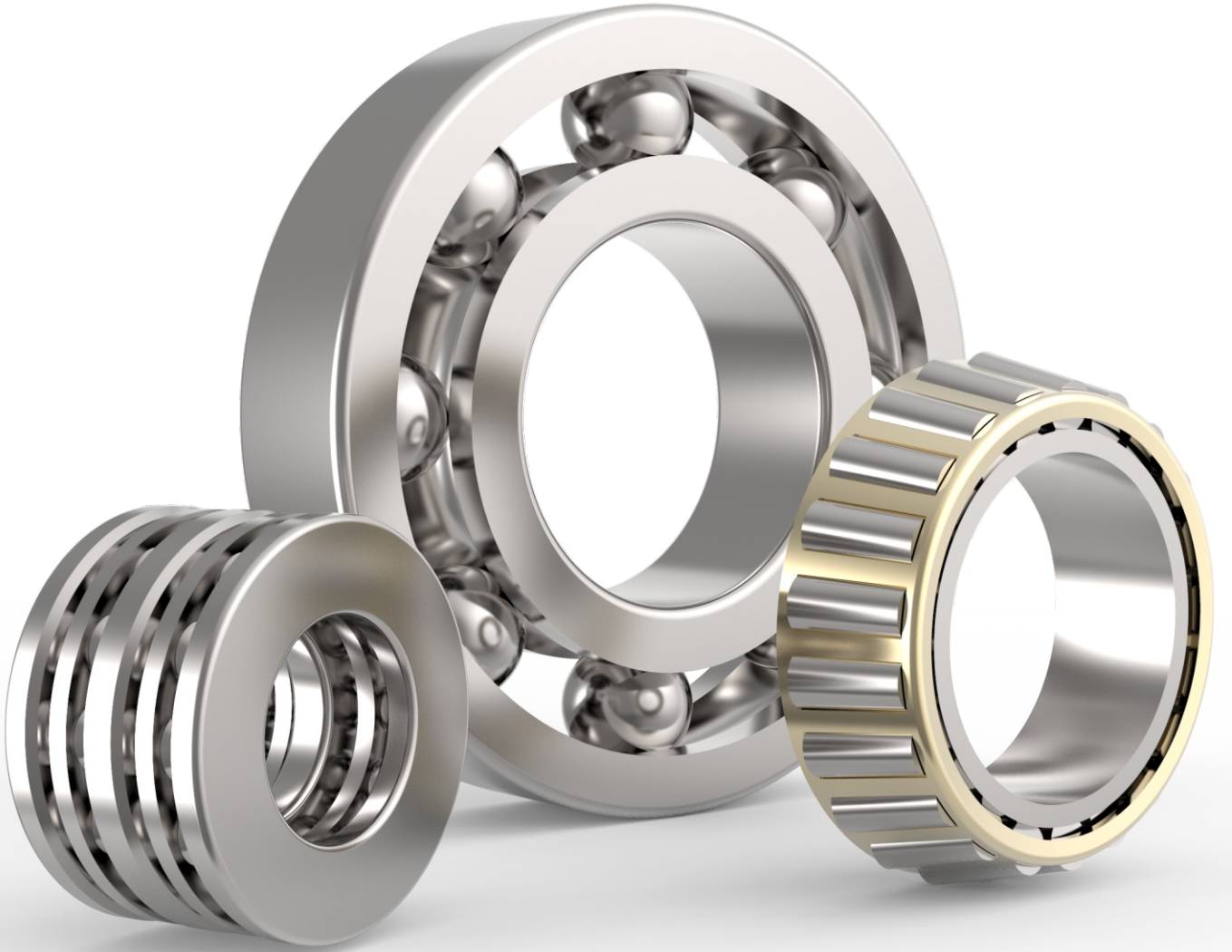




RULMANLARIN YAĞLANMASI

4. RULMANLARIN YAĞLANMASI

4.1 Yağın Seçimi

Rulmanların yağlanması **sıvı yağlama maddeleri** (madeni veya sentetik yağlar), **kıatı yağlama maddeleri** (gresler) ya da **kuru yağlama maddeleri** (grafit,molibdendisülfıt,teflon) kullanılır.

Sıvı yağlar, sağladıkları řu avantajlardan dolayı, yağlama metodunun seçiminde öncelikli olarak tercih edilir: Kıatı yağlara göre daha yüksek bir kararlılığa sahiptirler ve hem yüksek hem düşük devir hızlarında kullanılabilirler. Isının, rulmanın içinden daha kolay tahliye olmasını sağladıkları gibi; hassas ve duyarlı cihazlarda kullanılmalarını mümkün kılan, yuvarlanma elemanlarının hareketine karşı daha az mukavemet gösterme özelliğine sahiptirler. Yataklama düzeninin sökölmesine gerek kalmadan değıştirilebilirler ve dozajlı çalışmaya olanak tanırılır.

Sıvı yağlamanın en büyük dezavantajı,sızdırmazlığın daha zor sağlanabilir olması ve yağ seviyesinin düzenli kontrol edilmesinin şart olmasıdır.

Greslerin avantajları şunlardır: Basit yuva yapısı,daha güvenilir ve ucuz sızdırmazlık,rulmanın olumsuz dış etkenlere karşı daha iyi korunması ve sızıntı riskinin sıvı yağlamaya göre daha az olması.

Evrensel bir yağlama metodu mevcut olmadığı için, yağ seçimi, işletme şartlarının analizine ve yağın teknik özelliklerine göre yapılır. Yağ seçiminde ve yağ değıştirme aralıklarının belirlenmesinde, aşağıdaki kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir:

- Makaralı rulmanın boyutu
- Makaralı rulmanın yüklenme durumu
- Makaralı rulmanın sıcaklığı

Tablo 4.1

Uygulama	İşletme şartları				Yağlama maddesi		Yağ değiştirme aralığı	Notlar
	D	n	F	t	Gres	Sıvı yağ		
Taşıtlar								
Tekerlekler	2-3	1	1	1	2a, 2b	-	30.000 - 50.000 km	
Krank milleri	2	1	1	2	-	1b, 2	15.000 - 20.000 km	
Dişli kutuları	2	1	1	3	-	2, 3	15.000 - 20.000 km	
Diferansiyeller	2	1	2	2	-	2, 3	15.000 - 20.000 km	Dişli yağları
Debriyaj balataları	3	2	1	3	2b, 2c, 3	-	Yağ değiştirmeksizin	
Elektrik motorları								
Ev aletleri motorları	1	1	1	1	2a		Yağ değiştirmeksizin	
Orta ebatta motorlar	2-3	1	1	1	2a		1.000 - 2.000 saat	
Büyük ebatta motorlar	4	1	1	2	3		500 - 1.000 saat	
Cer motorları	3	2	1	3	2c, 3		200.000 - 500.000 km	
Tarım makinaları								
Toprak işleme makinaları	2-3	1	2	1	1a, 2b, 3		1.000 saat	
Yem ayıklama makinaları	2	1	1	1	1a, 2b, 3		5.000 saat	
Demiryolu sistemleri								
Dekovil aksları	3	1	1	1	2a		10.000 - 15.000 km	1-2 yıl
Elektrikli raylı araç aksları	3	1	1	1	2a		30.000 - 100.000 km	1-2 yıl
Yolcu ve yük taşıyıcı araç aksları	3	1	1	1	2a		20.000 - 400.000 km	3-4 yıl
Maden cevheri veya cüruf hafriyat aks	3-4	1	1	1	2a		100.000 - 200.000 km	2-3 yıl
Motorlu vagonlar	3		1	1	2a, 3		200.000 - 300.000 km	2-3 yıl
Hadde vagonetleri	3-4	1	1	1	2a, 3		-	3-4 yıl
Yüksek hız lokomotifleri	4	1	1	2-3	2a, 3		300.000 - 400.000 km	1-2 yıl
Manevra lokomotifleri	3-4	1	1	1	2a		40.000 - 60.000 km	2-3 yıl
Maden ocağı lokomotifleri	3	1	1	1	2a		10.000 - 20.000 km	1-2 yıl
Lokomotif dişli kutuları	3-4	2	1	3-4				
Gemi İnşaat								
Dümen rulmanları	3	2	2	3	-		4.000 - 5.000 saat	
Pervane rulmanları	4	1	1	1	-		8.000 - 10.000 saat	
Dümen mekanizması rulmanları	4	1	1	1	2a, 3		10.000 - 15.000 saat	
Ağaç işleme tezgahları								
Dik freze tezgahları	2	1	1	1	2a, 3		150 - 200 saat	
Yatay freze tezgahları	3	2	1	1	2a, 3		200 - 300 saat	
Planya tezgahları	3	1	1	1	2a, 3		300 - 500 saat	
Testereler	3	1	2	2	2a, 2b, 3		2.000 - 3.000 saat	
Takım tezgahları								
Matkap ana milleri	2-4	2	1	1	-		800 - 1500 saat	Yağ buharı (püskürtme yağı.)
Frezeler, tornalar	2	2	1	1	-		800 - 1500 saat	
Kağıt üretim makinaları								
Islak çalışma bölümü	3-4	1	1	1	2a		2 - 3 ay	
Kuru çalışma bölümü	3-4	1	1	3	-		6 - 12 ay	
Rafine (arıtma) bölümü	3-4	1	1	1	2a		6 - 12 ay	
Merdaneler	4	1	1	2	-		2 - 3 ay	
Haddehaneler								
Hadde dişli kutuları	4	2	1	2	-		500 - 1.000 saat	Sirkülasyon yağlama
Konveyör makaraları	3-4	1	1	2-3	2c			

Tablo 4.1 (Devamı)

Uygulama	İşletme şartları				Yağlama maddesi		Yağ değiştirme aralığı	Notlar
	D	n	F	t	Gres	Sıvı yağ		
Fanlar								
- küçük	2	1	1	1	3	-	Yağ değiştirme yok	
- orta	3	1	1	1	2	2	1.000 - 1.500 saat	
- büyük	4	1	1	1	-	2	3.000 - 4.000 saat	
Kompresörler	2	2	1	2	2a, 3	-	500 - 1.000 saat	
Santrifüj pompalar	3	2	1	3	3	-	500 - 1.000 saat	
Taşıma tekniği								
Kablolu sistem tekerlekleri	1-3	1	2	1	3	-	Yağ değiştirme yok	
Konveyör avara kasnakları	2	1	1	1	3	-	2 yıl	
Tambur milleri	4	1	1	1	3	-	4 hafta	
Konkasörler	4	1	2	1	3	2	1.000 - 1.500 saat	
Titreşimli lekler	3	2	1	2	2a, 3	-	200 - 250 saat	
Merdanelli kırıcılar	3	2	2	3	-	3	200 - 500 saat	
Mikserler	3-4	1	1	3	3	-	100 - 200 saat	
Döner fırın hareket makaraları	4	1	2	1	3	-	1.500 saat	Sirkülasyon veya yağ buharı (püskürtme yağı.)
Büküm makineleri	4	2	1	1	2a	-	2 ay	

Kullanılan semboller: D – dış çap;

F – rulmanın bileşke yükü;

n – rulmanın çalışma sırasındaki devir hızı;

t – işletme sıcaklığı.

Tablo 4.1’de, yukarıdaki kriterlerin de hesaba katılmasıyla, yağ seçimi ve yağ değiştirme aralıklarının tayini için bazı örnekler verilmiştir.

Aşağıdaki tabloda bahsedilmemiş olan uygulama şartlarını karşılaştırma yoluyla belirleyebilmek için, rakamlar; ihtiyaç duyulan bakımla uygunluk gösteren ve yağ seçimini etkileyen faktörlere ait aralıkları (interval) işaret eder. Yağ için alışıl gelmiş semboller de kullanılabilir. Sıvı yağlar için

tablo 4.2’de belirtmiş olan viskoziteleri ile işletme sıcaklıklarına göre ve gresler için **tablo 4.3’de** belirtilmiş olan işletme sıcaklığı seviyeleri ile koyultucularına (sabun) göre,

Tablo 4.2

Simge	Donma noktası t, (°C)	Önerilen viskozite, (m ² /s)
1a	t < 50°	[16 - 37] · 10 ⁻⁶
1b	t < 50°	[11,8 - 60] · 10 ⁻⁶
2	50 ≤ t < 80°	[37 - 75,8] · 10 ⁻⁶
3	80 ≤ t < 120°	> 75,8 · 10 ⁻⁶
4	120 ≤ t < 150°	≈ 227,4 · 10 ⁻⁶

Tablo 4.1’deki yağ için belirleyici kriter ve atanmış semboller aşağıdaki gibidir:

a) Rulmanın **ölçüsü** – (dış çapı) – **D** boyutu, mm olarak:

1 - D ≤ 22 mm olan rulmanlar için

2 - 22 < D ≤ 62 mm olan rulmanlar için

3 - 62 < D ≤ 240 mm rulmanlar için

4 - D > 240 mm olan rulmanlar için

Tablo 4.3

Simge	İşletme sıcaklıkları sahası	Gres koyultucu	Suya dayanıklılık
1a	-35...+50°	Kalsiyum	su tutmaz
1b	-35...+50°	Kalsiyum	su tutmaz
2a	-30...+80°	Sodyum	kararsız
2b	-35...+120°	Sodyum	kararsız
2c	-35...+120°	Sodyum	kararsız
3	-25...+110°	Lityum	90°C'ye kadar kararlı
4a	< 60°	Kalsiyum	sızdırmazlık için
4b	< 110°	Sodyum	sızdırmazlık için

Tablo 4.4

d_m -n [mm·d/dak]	Yağlama maddesi türü	Soğutma sistemi
< 50.000	Sentetik olanlar da dahil olmak üzere tüm gres türleri.	-
50.000'den 150.000'e kadar	Madeni yağlar, sentetik olmayan gresler.	-
150.000'den 300.000'e kadar	Orta değerlerde viskoziteli madeni yağlar ve Kalsiyum-Sodyum ya da Lityum sabunu esaslı gresler. Sıcaklık artışına neden olacağı için, yuva içinde gres fazlası bulunmaması gerekmektedir.	-
300.000'den 600.000'e kadar	Düşük viskoziteli madeni yağ ile yağlama (fitilli yağlayıcı ile yağ beslemesi) veya yağ buharı püskürtme	Hava akımlı soğutma (yağ buharı püskürtmeli sistemler için).
600.000'den 1.200.000'e kadar	Madeni yağlar için serbest akışlı veya emme sistemli tazyikli yağlama. Küçük rulmanlar ya da düşük yükler için yağ buharı (püskürtme yağlama) tavsiye edilir.	Suni soğutma önerilir.
1.200.000 üzeri	Madeni yağlar için serbest akışlı veya emme sistemli tazyikli yağlama. Küçük rulmanlar ya da düşük yükler için yağ buharı (püskürtme yağlama) tavsiye edilir.	Suni soğutma önerilir.

Tablo 4.1'de verilmiş örnekler doğrultusunda, rulman ölçüsünün yağ seçimine etkisi, aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

-özellikle yüksek devir hızlarındaki küçük ebatta makaralı rulmanlar için,sürtünmelerin azaltılabilmesi açısından düşük viskoziteli sıvı yağ ya da kaliteli bir gres tercih edilir.

-ağır yüklerin etkisi altında sürtünme kuvvetleri ihmal edilebilir olduğundan,büyük ebatta rulmanlar için, daha yüksek viskozitede yağların kullanılması uygun olur.

b) Rulmanın **devir hızı-n**,d/dak olarak;

1-for $n \leq 0.8$, n_{lim}

2-for $n > 0.8$, n_{lim}

Rulman devir hızının değeri işletme sıcaklığının artışında önemli rol oynar. Yağının viskozitesi ne kadar yüksekse iç sürtünmeler de o kadar büyük olur. Aynı zamanda,yağın viskozitesi, rulmanın sıcaklığının artmasıyla düşer. Viskozite değerlerinden bağımsız olarak yağlamanın kalitesi korunabilmelidir. Başka bir yağ ve soğutma sisteminin seçimini etkileyen kriterlerden biri de, d_m 'nin rulman ortalama çapını temsil ettiği " $d_m \cdot n$ [mm.d/dak]" çarpım değerlerine bağlıdır. Bu kriter de dahil olmak üzere, **tablo 4.4'**e göre, uygulama alanı ve şartlarına bağlı altı adet kriter vardır.

Kataloglarda n_{lim} olarak verilen devir hız sınırının aşıldığı çok yüksek devir hızlarında uygulanan yağlama metodu,ısı tahliyesine imkan tanımak durumundadır.

Genel bir sonuç olarak, yüksek devir hızları düşük yağ viskozitesi gerektirir.Rulmanın ortalama çapı ve rulmanın devir sayısı (n)'ye bağlı olarak yağın kinematik viskozitesinin tayinine dair tavsiye değerleri, **şekil 2.4'**deki diyagramda verilmekteydi.

Ayrıca,**tablo 4.5'**de ISO viskozite sınıfları ile mm^2/s (cSt) cinsinden 40°C'deki kinematik viskozite arasındaki ilişki verilmektedir.

Viskozite sınıfı ISO	40 °C'de kinematik viskozite, mm^2/s (cSt)		
	ort.	min.	maks.
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9	11
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

c) Aşağıdaki denklemden hesaplanan rulmana etkiyen **yüklenme kuvveti F**:

$$F = XF_r + ZF_a \quad [N],$$

- F_r : makaralı rulmana etkiyen radyal yük, [N]

burada:

- F_a : makaralı rulmana etkiyen eksenel yük, [N]

-X,Y, yükün eksenel ya da radyal olmasına göre düzeltme faktörü (yük katsayıları) olup,değerleri katalogda verilmiştir.

Söz konusu bu yüklenme kuvveti için tanımlanan formül aşağıdaki gibidir:

-C'nin rulmana ait,kataloglarda verilen,temel dinamik yük sayısı,

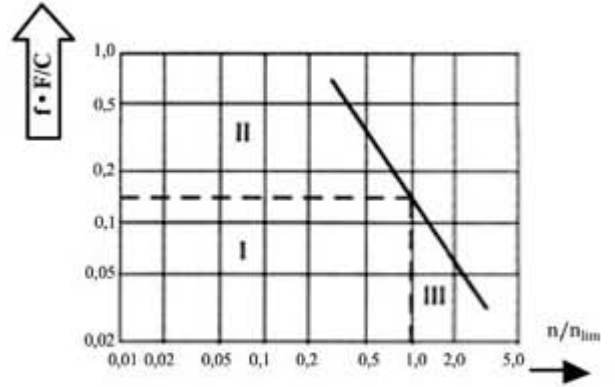
Rulman genişlik serisi	F/C	Yük(lenme) hali
1, 2, 3	< 0,1	normal yüklenme kuvveti
	> 0,1	yüksek yüklenme kuvveti
4	< 0,15	normal yüklenme kuvveti
	> 0,15	yüksek yüklenme kuvveti

Gresle yağlamada yük miktarının (rulmanın yüklenme kuvveti) etkisi,ü **Şekil 4.1'**deki diyagramda gösterildiği gibi f. F/C oranı ile ifade edilmektedir. f katsayısı deneysel olarak bulunur ve aşağıdaki değerleri alır :

f katsayısı	Yük Durumu
1	her tür yük için bilyalı rulmanlarda , radyal yükün baskın olduğu [$F_a / F_r \leq 1$] makaralı rulmanlarda
2	eksenel yükün baskın olduğu [$F_a / F_r > 1$] makaralı rulmanlarda

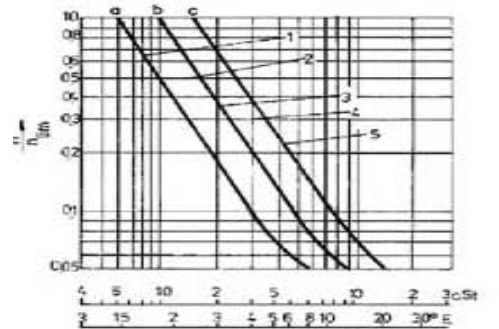
Şekil 4.1'de, gres grubu, yük ve devir hızına göre belirlenmiştir. Uygulanma alanı, aşağıda gösterildiği üzere, üç farklı sahaya ayrılmıştır.:

- İlk saha, I, f.F/C = 0.15 ve $n/n_{lim} = 1$ değerleriyle sınırlandırılmıştır. Bu saha sınırları içine giren işletme şartlarında yüksek sıcaklıklar oluşabilmekte ve zaman zaman yüksek sıcaklık greslerine ihtiyaç duyulabilmektedir;
- İkinci saha, II, yüksek yüklere maruz rulmanlara tekabül eder ve daha yüksek viskoziteye sahip,yüksek basınçlara karşı dayanıklılık sağlayan ve yağlama özelliklerini iyileştiren EP (ekstra basınç) katkı maddeli greslerin kullanılmasını gerektirir.



Şekil 4.1

- Üçüncü saha, III, yüksek devir hızlarına ve düşük yüklere maruz rulmanlara tekabül eder. Yağ filmi oluşumunun sağlanabilmesi açısından, yağdaki iç sürtünmeler ile rulman parçalarının arasındaki sürtünmelerin azaltılması, büyük önem taşır. Gresin, yüksek devir hızının yarattığı santrifüj etkisiyle, dışarı atılmaması için yapışma kapasitesi iyi olan gresler kullanılmalıdır. Bu özelliğe sahip olan gresler, lityum sabunu esaslı, karma sabun esaslı veya organik-sentetik koyultucu gresler ile düşük viskoziteli sentetik bazlı yağlardır.



Şekil 4.2

Aynı şekilde eğik ya da dik milli sistemlerde,gresin ; özellikle yüksek sıcaklıklarda; kendi ağırlığından ötürü makaralı rulmandan akma tehlikesi vardır.Budurumdayapışma kapasitesi iyi olan yüksek sıcaklık greslerinin kullanılması doğru olur.

Şekil 4.2'deki diyagramda verilen uygulama sahası ve eğrilerinin anlamı:

- 1- Radyal yüklenmiş silindirik makaralı rulmanlara ait eğri;
- 2- Sabit bilyalı, eğik ve oynak bilyalı rulmanlara ait uygulanma sahası (a-radyal yükler, b-eksenel yükler);
- 3- Dört nokta rulmanlarına ait eğri;
- 4- Konik ve oynak makaralı rulmanlara ait uygulanma sahası (b eğrisi-radyal yükler, c eğrisi-eksenel yükler);
- 5- Eksenel-bilyalı ve eksenel-oynak makaralı rulmanlara ait eğri.

d) **İşletme sıcaklığı**, $t(^{\circ}\text{C})$ için ise:

- 1 $0 \leq t < 50^{\circ}\text{C}$
- 2 $50 \leq t < 80^{\circ}\text{C}$
- 3 $80 \leq t < 120^{\circ}\text{C}$
- 4 $t \geq 120^{\circ}\text{C}$

Rulmanın çalışma sıcaklığı, bir çok durumda, işletme sırasında üretilen ısı miktarı ile diğer makine parçalarına ya da dış ortama iletilen ısı miktarı arasındaki farka bağlıdır. Rulmanın çalışma sıcaklığı, gerek yağın viskozitesini şartlandığı gibi ; her yağın kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerini değişmeden koruyabildiği belirli bir işletme sıcaklığı alanı olmasından dolayı da; gerekse yağın teknik özelliklerine etki eder (Rulmanın çalışma sıcaklığı,sabit bilezik üzerinden ölçülen sıcaklıktır.)

4.2 Sıvı Yağlar

4.2.1 Sıvı Yağ Seçimi

Sızdırmazlığın zor sağlanabilir olması ve yağ sızıntıları; yağ filmin kararlılığı ve kontrolünün, düşük sürtünmelerin ve de soğutma etkisinin (yağ üzerinden ısı tahliyesi yük,devir hızı ve işletme sıcaklığına bağlıdır) önemli olduğu sıvı yağ ile yağlamaya ait uygulama alanlarını oldukça daraltır. Daldırma yağlama (yağ banyosu) metodunun uygulanabileceği rulmanlar için sıvı yağ ile yağlama yöntemi tavsiye edilir.

Sıvı yağlar, madeni ve sentetik yağlar ile bunların karışımı şeklindedir. Sıvı yağlara; ağır yükler altında yağ filminin dayanıklılığını iyileştirmek, sıcaklığın artmasıyla oksidasyonu,köpüklenmeyi ve viskozitenin düşmesini vb. engellemek bakımından; kuru yağlar (molibdendisülfür,grafit,teflon) veya diğer başka maddeler katılabilir.

Tablo 4.6

Rulmanların işletme sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	50 $^{\circ}\text{C}$ 'deki viskozite	
	Sentistok, (cSt)	Engler açıları, ($^{\circ}\text{E}$)
30	7	1,52
40	8,5	1,70
50	12	2,06
60	17	2,65
70	25	3,65
80	35	4,96
90	50	6,96
100	70	9,67
100	150...200	20...30

Isı, yağ viskozitesini çok fazla etkiler; sıcaklığın artmasıyla viskozite düşer. Viskozitenin sıcaklığa bağlılığı, viskozite endeksine (IV) bakılarak değerlendirilir; IV'nin yüksek değerleri (IV>100) yine sıcaklığa bağlı olarak daha kararlı bir viskozite oranını gösterir. **Tablo 4.6** yağın 50°C'deki viskozitesine bağlı olarak, rulmanın işletme sıcaklığına göre değişen tavsiye değerlerini içermektedir.

Rulmanın özellikle ağır yüklere maruz kaldığı bazı özel uygulama alanlarında, viskozite, basınçtan da etkileneceğinden; yağ seçimini bir dizi analizden sonra yapmak işin en doğrusu olur.

50 °C'deki viskoziteyi (cSt cinsinden) belirlemeye yönelik, **şekil 4.2'**deki diyagramdan yararlanılabilir. Diyagramın üst kısmı; rulman tipine, yük türüne ve rulmanın çalıştığı yerdeki devir hızının n ile, sıvı yağlama için katalogta verilen devir hız sınırlamasının ise n_{lim} ile temsil edildiği n/n_{lim} oranına bağlı olarak; yağın viskozitesinin belirlenmesine yarar. Genel bir kural olarak, eksenel yüklenmiş rulmanlar için viskozite, radyal yüklenmiş olanlara nazaran daha büyük seçilmelidir.

Tablo 4.7, işletme sıcaklığı $t(^{\circ}C)$ ve viskoziteye bağlı olarak, yağın viskozitesinin (50°C'de cSt cinsinden) tayini için kullanılır.

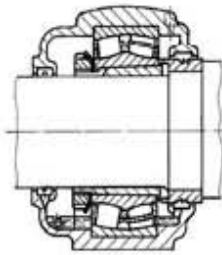
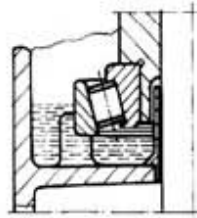
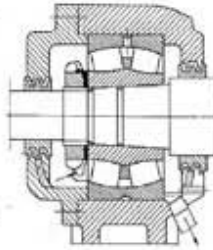
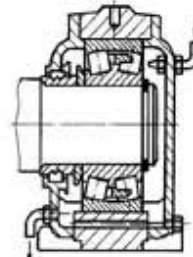
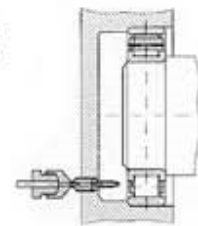
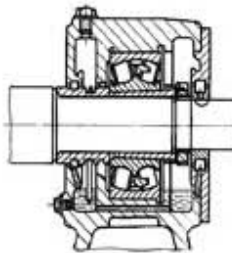
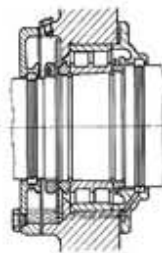
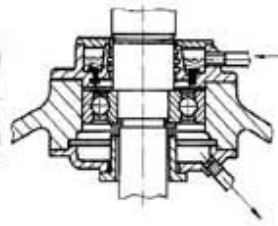
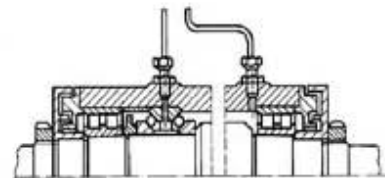
4.2.2 Sıvı Yağlar İçin Devridaim Sistemleri (Sirkülasyon Yağlama)

Rulmanların yağlanması, normal olarak, yağ filminin elde edilebilmesi için çok az bir yağ miktarı yeterli olur. Yağa, bir soğutma maddesi olarak da ihtiyaç duymamızı göz önünde bulunduracak olursak, yağ miktarını belirlerken, bu ihtiyacımızı da dikkate almamız lazımdır. Yük ve devir hızı arttıkça, yağ üzerinden iletilmek suretiyle ısıнын rulmandan uzaklaştırılması, çok daha fazla önem kazanır.

Rulmanın ne şekilde yağlandığına bağlı olarak, yağ sirkülasyon sistemleri şu şekilde gerçekleştirilir: daldırma yağlama; dış sirkülasyonu daldırma yağlama; dış sirkülasyonu daldırma yağlama; yağlama jeti; sevk halkası kanalıyla çarpmalı yağlama; deflektör kanalıyla püskürtme yağlama; damlatma yağlama; yağ buharı.

Tablo 4.7

Sirkülasyon sistemi	Çalışma şartlarına dair kısa bilgiler	$d_m \cdot n$	yağın viskozitesi 50°C'de (m ² /s)	Örnek şekilleri
Daldırma yağlama	Rulman, yatay miller için, en alttaki yuvarlanma elemanının ortasına kadar yağa daldırılırken; dikey miller içinse makaralı rulman genişliğinin %70-80'i oranında daldırılır. Karayolları taşıtları, takım tezgahları ve raylı taşıtlar için uygulanır. Metal zerreciklerin yakalanabilmesi için manyetik pimlerin kullanılması önerilir. Sızdırmazlığa dikkat edilmeli, yağ seviyesi kontrol altında tutulmalıdır.	< 200000	(12,5..180)x10 ⁻⁶	4.3, 4.4
Dış sirkülasyonlu daldırma yağlama	Yağ; 0,15 MPa'lık bir basınçla; soğutma, ısıtma, filtre ve akış düzenleyici sistemlerine sahip bir merkez tanktan gönderilir. Tahliye hortumunun çapı besleme hortum çapından 2 ila 10 kat daha büyük olur.	< 600000	(30..120)x10 ⁻⁶	4.5
Yağ jeti	Soğutmanın şart olduğu ağır yük ve yüksek hızlar. Tahliye hortumunun çapı jiklenin çapından daha büyüktür. Sıcaklığa bağlı olarak, akış, 0,5 ila 10 l/min'ya ayarlanır. Takım tezgahları, eksenel kompresörler ve savurma(santrifüj) makineleri için kullanılır.	< 900000	(15..50)x10 ⁻⁶	4.6
Çarpmalı yağlama	Orta dereceli yükler ve devir hızları. Taşıtlar ve dişli kutuları için uygulanır. Metal zerreciklerin yakalanabilmesi için manyetik pimlerin kullanılması önerilir.	< 175000	(20..90)x10 ⁻⁶	4.7
Püskürtme yağlama	Yüksek hızlar. Yağ deflektörü yağ buharı için de ayarlanabilir olmalıdır.	< 180000	30x10 ⁻⁶	4.8
Damlatma yağlama	Orta dereceli yükler ve göreceli olarak yüksek devir hızları. Takım tezgahları için uygulanır. Yağ akışı dakikada 0,5 .. 6 damla olacak şekilde ayarlanmalıdır.	< 210000	30x10 ⁻⁶	4.9
Yağ buharı	Yüksek devir hızı ve ağır yüklerdeki orta ve küçük rulmanlar. Gerekli yağ buharı püs-kürtmesi (0,001 .. 5) cm ³ /hr, basınç (0,05 - 0,5 MPa) ve hava akışı 0,5 - 4 m ³ /h arasındır.	< 1200000	(16,5..45)x10 ⁻⁶	4.10

**Şekil 4.3****Şekil 4.4****Şekil 4.5****Şekil 4.6****Şekil 4.7****Şekil 4.8****Şekil 4.9****Şekil 4.10****Şekil 4.11**

Yağlama metodunun seçimi, genel çalışma şartlarını ve $d_m \cdot n$ çarpımını hesaba katan **tablo 4.7'** de verilmiş tavsiyelere göre de yapılabilir.

4.3 Katı Yağlar

4.3.1 Gres seçimi

Uygulamalarda çok ender rastlanan bitkisel veya hayvansal yağların doğrudan kullanılmasını bir yana bırakırsak, basit bir yuva yapısı yeterli olduğundan ve sızdırmazlık ile yağ değiştirme imkanı kolayca sağlanabildiğinden, gresler, en çok kullanılan katı yağlardır.

Gresler; dağılım içinde (%75-%90) yer tutan madeni veya sentetik yağda ya da yağlı akışkanlarda dağılmış fazda bulunan koyultucuların (Na, Ca, Li, Pb vb elementlerdeki yağlı asidin sabunu veya parafin, betonit, jel halinde silis vd gibi) plastik özellikleriyle oluşmuş, karışımlar olarak elde edilirler. Gresler; ağır yükler, ısıl kararlılık ve korozyona karşı koyabilme için, katkı maddeleri içerebilir.

4.3.2 Yağ Miktarı ve Yağ Değiştirme Aralıkları

Başlangıçta rulmana koyulan gres miktarı devir hızına bağlıdır. Rulmanın tüm çalışan bölgelerinin gresle kaplanabileceği şekilde, rulman içindeki boş hacim, kapasitesi oranında gresle doldurulur. Yuva boşluğu aşağıdaki gibi doldurulmalıdır

- $n/n_{lim} < 0,2$ ise tamamen;
- $n/n_{lim} = 0,2 \dots 0,8$ ise 1/3 .. 2/3 oranında;
- $n/n_{lim} > 0,8$ ise hiç koyulmaz.

Burada n rulmanın çalışma esnasındaki devir hızını, n_{lim} ise kataloglarda gresle yağlama için verilen devir hız sınırını temsil eder.

Normal rulmanlarda ilk yağlama için gereken gres miktarı aşağıdaki listeden yararlanmak suretiyle hesaplanabilir:

$$G = d^{2.5} / 900 \text{ [g]}, \quad d \text{ (mm), bilyalı rulmanlar için};$$
$$G = d^{2.5} / 350 \text{ [g]}, \quad d \text{ (mm), makaralı rulmanlar için}.$$

Burada d , rulmanın delik çapıdır.

Yüksek devir hızlarına çalışacak rulmanlara gres doldurulmadan önce, bu rulmanların ortalama bir viskozitedeki rafine yağ ile yıkanmaları tavsiye edilir. Daha sonra bu yağın temizlenmesini müteakip rulmana gres basılır.

$n/n_{lim} = 0.2 \dots 0.8$ olan yatay eksenli rulmanlarda kapak boş kalacak şekilde, yuva boşluğunun sadece alt yarısına kadar gres konulmalıdır. Yuvanın iki parçadan oluştuğu dikey milli montajlarda ise, boş alanın sadece yarısına kadar olmak şartıyla, her iki parça da gresle doldurulmalıdır.

Tozlu ve nemli ortamlarda çalışan düşük devir hızlı ($n/n_{lim} < 0.2$) rulmanlarda sağlıklı bir sızdırmazlığın sağlanabilmesi açısından, yuva boşluğunun tamamen gresle doldurulması gerekir.

Yeni greslenmiş bir rulman ilk çalışmaya başladığı anda, sıcaklığın, bir miktar normal çalışma sıcaklığının üstüne çıktığı gözlenirse de ; bu sıcaklık, hemen akabinde tekrar düşerek, çevre sıcaklığının 10-

15 derece üstesinde sabit kalır. Eğer sıcaklık düşmemekte ısrar ediyorsa, rulmanda gres fazlalığı ya da milde ayarsızlık var demektir veya rulman çok ağır yüke maruz kalmaktadır.

Yağ değiştirme aralıkları, pratik gözlemler ve uygun tavsiyeler ışığında belirlenebildiği gibi, ayrıca aşağıdaki ampirik (deneysel yolla elde edilmiş) formül yardımıyla da bulunabilir.

$$T_u = \alpha \left(\frac{14 \cdot 10^6}{n \sqrt{d}} - 4d \right) f_1 f_2 f_3 \quad \text{burada:}$$

Tablo 4.8

Rulman tipi	α katsayısının değeri	
	Yağ değiştirme aralığı	Gresin ömrü
Oynak makaralı rulman	1	2
Konik makaralı rulman	1	2
Eksenel-bilyalı rulman	1	2
Silindirik makaralı rulman	5	15
İğne makaralı rulman	5	15
Sabit bilyalı rulman	10	20 -40*

* Conta/metal kapaklı rulmanlar için düşürülmüş değerler

T_u - yağ değiştirme aralığı veya gres ömrü, çalışma saati olarak;

α - rulman tipine bağlı katsayı (bkz. **tablo 4.8**);

n - rulmanın devir hızı, d/dak;

d - rulmanın delik çapı, mm olarak;

f_1, f_2, f_3 - işletme ve ortam şartlarına bağlı katsayılar (bkz. **tablo 4.9** ve **4.10**)

f_1, f_2, f_3 düzeltme faktörleri hesaba katılmaksızın bulunan değerler, 70°C'ye kadar olan çalışma sıcaklıkları için geçerlidir.

Tablo 4.9

Sıcaklık°C	70°	85°	100°
f_1	1	0,5	0,25

Tablo 4.10

İşletme şartları	Hafif	Orta	Ağır	Çok ağır
f_2 (toz), f_3 (titreşim)	1	0,7 - 0,9	0,4 - 0,7	0,1 - 0,4

Bu değerlerin üzerindeki sıcaklıklarda yağ değiştirme aralığı yarıya düşer ve her 15 derece sıcaklık artışı için, ilgili gliserin sınır sıcaklığını aşmamak kaydıyla, bu düşüş aynı şekilde devam eder. Gres için kötü ortam şartlarının veya ağır çalışma şartlarının bulunması halinde de yağ değiştirme aralıkları düşer.

Gresin suya karışması sızdırmazlık görevi üstlendiği durumlarda (yuvanın sıkça yıkandığı kağıt işleme makinalarında olduğu gibi), gres miktarı haftalık olarak tamamlanmalıdır.

Bu tamamlanma (gresin yeniden doldurulması) için gerekli miktarlar aşağıdaki formülle verilmektedir.

$$T_c = K_c DB \quad [g],$$

Burada:

D-Dış çap,mm

B-makaralı rulmanın genişliği (mm)

K_c - katsayı (**tablo 4.11**)

Gres yenileme, karışımda uyumsuzluk meydana gelmemesi için, aynı tip bir gresle veya eskisiyle karıştırılabilir bir gresle yapılmalıdır.

Tablo 4.11

Gres yenileme aralığı	K_c
Günlük	0,0012 - 0,0015
Haftalık	0,0015 - 0,0020
Aylık	0,0020 - 0,0030
Yıllık	0,0030 - 0,0045
2-3 yılda bir	0,0045 - 0,0550

4.3.3 Gresler için besleme sistemleri

Rulmanların greslenmesine ilişkin hızla artan uygulamalar için artık, koruma ekipmanları (metal kapak) ya da sızdırmazlık ekipmanları (conta kapak) önerilmektedir.

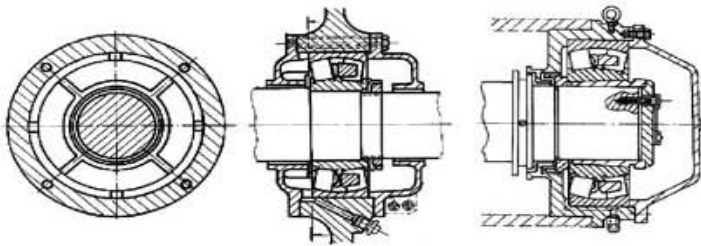
Kontrol altında tutulabilen teknolojik proseslerde, gresle yağlama metodunun, rulmanın

performansını ve ömrünü olumlu yönde etkileme özelliği vardır. Rulmanın içinde üretilen ısı miktarının ve bunun dış ortama tahliyesinin de göz önünde bulundurulması şartıyla ; rulmanın ihtiyacı olan en az gres miktarı dikkate alınarak; rulmana, rulman boş hacminin %30-%50'si oranında gres doldurulur. Bu şartlarda normal olarak rulman, "ömür boyu yağlama" adı verilen, tüm ömrü boyunca greslenmiş olur.

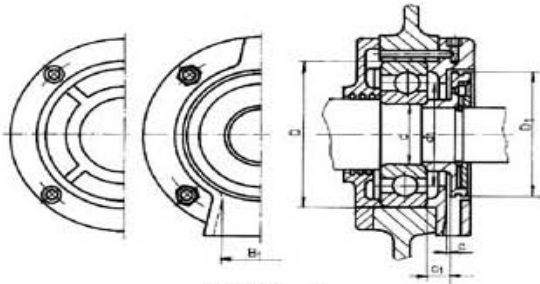
Rulmanların gresle yağlanmasında, gresin yuva boşluğuna doldurulduğu (**şekil 4.12**) normal uygulamalar için en iyi çözüm yukarıda temas edilen oranla sağlanır. Eğer yağ değiştirme aralıkları 6 aydan daha kısa değilse, yağlama teçhizatlarına gerek yoktur. Gresin mil ya da rulmanla birlikte dönme

eğilimini azaltabilmek için kapağa yivler açılabilir ; veya rulmana gereğinden fazla gresin doldurulmasını önlemek için uygun boyutlu parçalar kullanılabilir. (**şekil 4.13**)

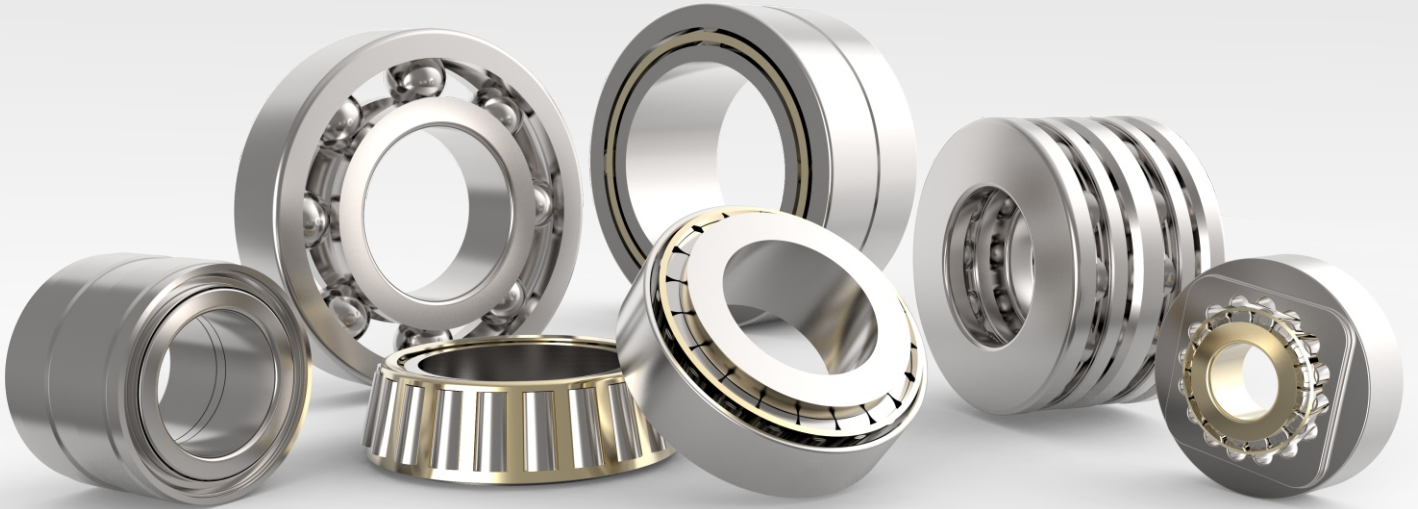
Gresin, basınç altında doldurulabilmesi için, ya bir gresörlük ile ya da bir gres tabancası ile basılması veya merkezi gresleme sistemi içinde çalışabilmesi için gres pompasının kullanılması gerekir.



Şekil 4.12



Şekil 4.13



Genel Merkez

İvedik Organize Sanayi 21.Cadde
1532 Sok. No.9 İvedik / Yeni
Mahalle / Ankara / TÜRKİYE
Telefon: +90 312 395 07 00
Faks: +90 312 395 07 01

Fabrika

Organize Sanayi Bölgesi 20.Cadde
No.35 Eskişehir / TÜRKİYE
Telefon: +90 222 236 22 05
Faks: +90 222 236 22 06

İstanbul Şube

İkitelli Org. San. Bölgesi, Çorapçılar
San. Sitesi E-Blok No.21-22
İkitelli / İstanbul / TÜRKİYE
Telefon: +90 212 486 19 51-52
Faks: +90 212 485 31 87

İzmir Şube

Selçuklu İş Merkezi, Tuna Mah.
Sanat Cad. No.17-17T Çamdibi
İzmir / TÜRKİYE
Telefon: +90 232 463 43 56
Faks: +90 232 463 42 56

Almanya Ofis

Unterer Hasenkopfweg 8/1
DE-89075 ULM, Germany
Telefon: +49/731/95081950
Faks: +49/731/95081951

www.daslager.com