

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
TRİBOLOJİ LABORATUARI**



**DENEY FÖYÜ**

**DENEY ADI**

***RADYAL KAYMALI YATAKLARDA SÜRTÜNME KUVVETİNİN ÖLÇÜLMESİ***

**DERSİN ÖĞRETİM ÜYESİ**

**DOÇ.DR. RECAİ FATİH TUNAY**

**DENEYİ YAPTIRAN ÖĞRETİM ELEMANI**

**DOÇ.DR. RECAİ FATİH TUNAY**

**DENEY GRUBU:**

**DENEY TARİHİ :**

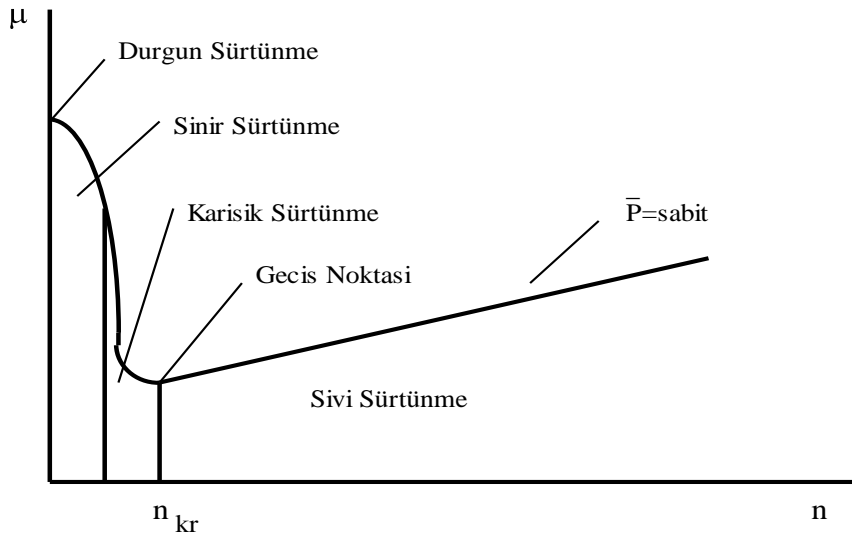
**TESLİM TARİHİ :**

## DENEYİN ADI: Radyal Kaymalı Yataklarda Sürtünme Kuvvetinin Ölçülmesi

**DENEYİN AMACI:** Radyal kaymalı yataklarda çalışma esnasında meydana gelen sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayısına, test yağlarının farklı mil hızlarının, farklı yük büyüklüklerinin etkisinin belirlenmesi.

**TEORİK BİLGİ:** Kayma işlemi sırasında üretilmiş olan ısı ve artık parçaları çalışma ortamından uzaklaştırmak, kayma yüzeylerindeki sürtünme ve aşınmayı azaltmak için iki katı kayma yüzeyi arasında sıvı, katı veya gaz yağlama maddelerinin ilavesiyle yapılan işleme yağlama adı verilmektedir. Bu sistemi inceleyen bilim ve teknoloji dalına Triboloji denilmektedir. Yağlama prosesleri; cisimlerin temas geometrisi, kayma yüzeylerinin hızı, çevre şartları, kullanılan yağlayıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri, malzemenin yapısı, yüzeye yakın tabakanın özelliği gibi birçok faktöre bağlı olabilmektedir.

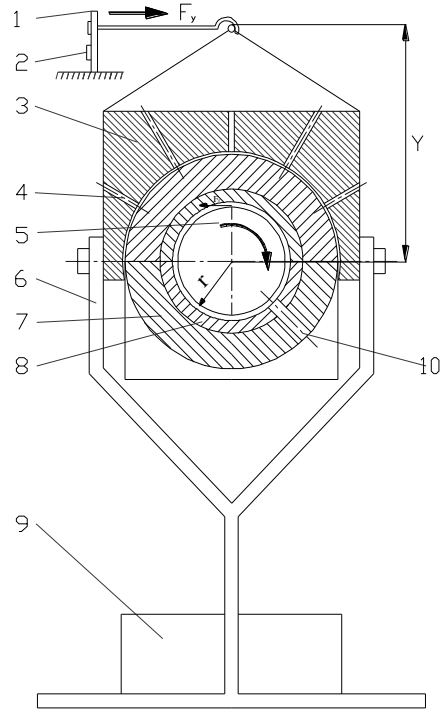
Metallerin birbirleri ile sürtünmesi oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durum yağlama olmaksızın kuru ortamda gerçekleştiği takdirde, kuru (durgun) sürtünme olarak adlandırılır. Metal yüzeyindeki mekanik ve fiziksel özellikler, kristal yapısı, yüzeyindeki binlerce molekül tabakaları bu olaydan etkilenmektedir. Sürtünme olayı yağlayıcının varlığı ile daha karmaşık bir yapıya sahip olur. Sürtünme katsayısını azaltmak için en uygun yollardan biri yağ filminin oluşturulmasıdır. İçten yanmalı motorlarda yağlama şartlarındaki sürtünmeye etki eden başlıca faktörlerin başında; Yük veya basınç, hareket şekli ( kayma, yuvarlanma, dönme ), temas şekli, yüzey sıcaklığı, ısı akış şartları, malzeme tipi ve yüzeye yapılan ısıl işlemler, tolerans boşlukları, yüzey durumu veya topografyası, çevre şartı ( tozlu, korozif ortam ), yağlayıcının tribolojik karakteristikleri, yağlayıcının yeni veya kullanılmış olması vb. gelmektedir. Değişik yağlama şekilleri bulunmaktadır. Bunu en iyi açıklayan ise Stribeck eğrisidir(Şekil 1).



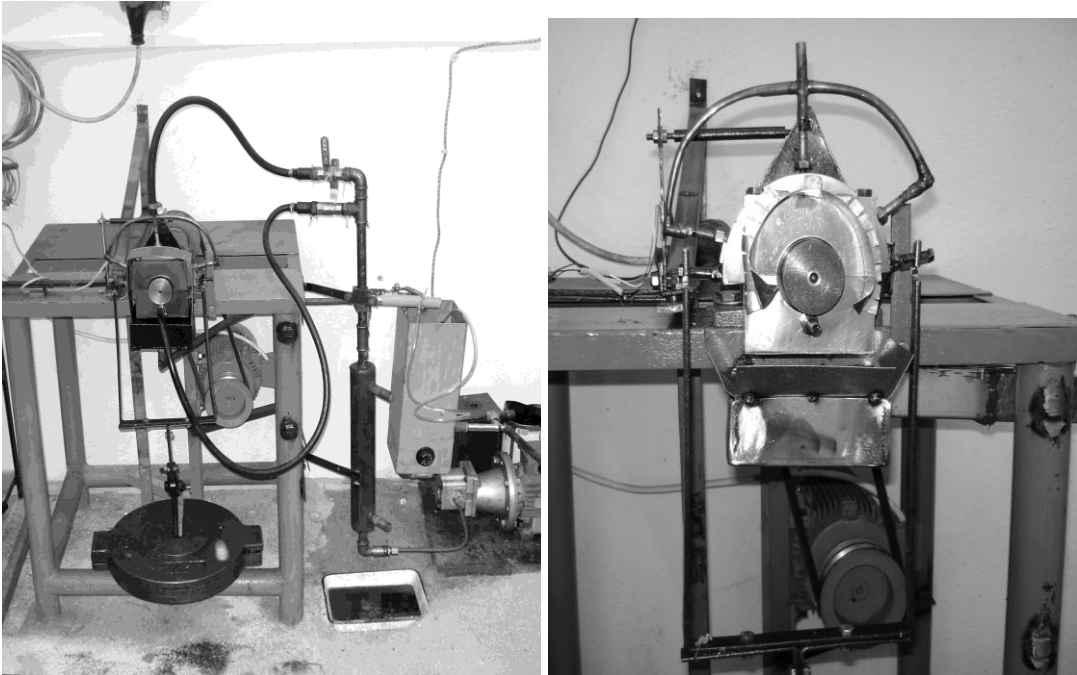
Şekil 1. Stribeck eğrisi

Hidrodinamik (sıvı film) yağlama şartları altında kayma yüzeyleri bir yağ filmi tarafından birbirlerinden tamamen ayrıştırılırken uygulanan yük, bu film içerisinde üretilen hidrodinamik basınç tarafından taşınmaktadır. Harekete karşı direnç gösteren sürtünme kuvveti tümüyle viskoz akışkanın kaymasından meydana gelmektedir. Yatak ve mil merkezine etki eden kuvvetleri taşıyan makine elemanları radyal kaymalı yatak olarak adlandırılmaktadır. En genel halde bir radyal kaymalı yatak ve geometrik büyüklükleri Şekil 2.'de gösterilmektedir. Şekil 2.'den de görüldüğü gibi mil ve yatak yüzeyleri yağ filmi tarafından birbirinden





1-Sürtünme Momenti Ölçüm Levhası, 2- Strain-Gauge, 3- Yük Yastığı,  
 4- Basınçlı Yağ Deliği, 5- Mil, 6- Yük Askısı, 7- Yatak Yuvası, 8- Kaymalı Yatak,  
 9- Askı Ağırlığı, 10- Yatak Yağ Deliği  
 Şekil 3. Deney Düzenekinin şematik resmi



Şekil 4. Deney düzenekinin fotoğrafları

Sürtünme momenti, uzama ölçerden kurulan Wheatstone köprüsü devresinden yararlanılarak ölçülmektedir. Bunun için 10x120x2 mm boyutlarındaki yay çeliğinden imal edilen ölçüm levhasının alt ve üst yüzeylerinde iki adet strain gauge yapıştırılmıştır. Yarım köprü Wheatstone köprü oluşturulmuştur. Test yatağına gönderilen yağın besleme basıncı yaklaşık 0,1 bar'a ayarlanmıştır. Yatak yuvasının serbestçe dönmesini sağlamak ve sürtünme kuvvetini mümkün olduğunca doğru ölçmek için yatak yuvası ile yük yastığı birbirine teması önlemek gerekir. Bunu sağlamak içinde bu iki parça arasında hidrostatik bir yağ filmi oluşturulmalıdır. Oluşan sürtünme momentine ait sinyaller kaydedilerek, daha önceden elde edilen kalibrasyon doğrusu yardımı ile alınan bu sinyal değerleri sürtünme momentine çevrilmiştir. Deneyle başlarken mili tahrik etmeden önce test yatağına ve yükü taşıyan yük yastığına yağ gönderilmektedir. Böylece yatak yuvası ile yük yastığı arasındaki metalik temas kesilmiş olmaktadır. Ayrıca mil ile yatak yüzeyi arasında da bir yağ filmi oluşturulmaktadır. Böylece tahrik başlangıcındaki ve bitimindeki büyük aşınmalar önlenmektedir. Kaymalı yatak ve yükün asıldığı hidrostatik yastıktan sızan yağ, toplama tablası vasıtasıyla sisteme verilerek yağın sürekli sirkülasyonu sağlanmaktadır. Hazırlanan bilgisayar programı ile sürtünme katsayısı hesaplanıp sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayısı olarak depolanabilmektedir.

## TEORİK HESAPLAR

Petroff eşitliğinden Sürtünme Kuvveti:

$$F_s = \frac{\eta \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \omega \cdot r^2}{C}$$

Tork:

$$T = F_s \cdot r = \frac{\eta \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \omega \cdot r^3}{C}$$

Sürtünme Momenti:

$$M_s = \mu \cdot F \cdot r$$

Sürtünme Katsayısı:

$$\mu = \frac{T}{F \cdot r} = \frac{\eta \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \omega \cdot r^2}{F \cdot C} = \frac{F_s}{F}$$

Radyal Boşluk:

$$C = R - r$$

Açısal Hız:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Yatak Gövdelerini Döndürmeye Zorlayan Kuvvet:

## DENEYİN YAPILMASI:

1. Deney yatağı yuvasına takılır.
2. Yatak kepi civatalar yardımıyla sıkıştırılır.
3. Kullanılacak yük askı koluna asılır.
4. Yağ pompası motoru çalıştırılır.
5. Bilgisayar programı çalışmaya hazır hale getirilir. Klasöre isim verilir (Örn: A100N)
6. Deney mili çalıştırılır.
7. Mil hızı değiştirilerek deney tamamlanır.

## DENEY SONRASI İŞLEMLER:

a) Her bir deney sonrası teorik hesaplar yapılacak, teorik ve deneysel verilerden Stribeck eğrileri çizilip yorumlanacaktır.

Örneğin: 30 d/d mil hızı için, milin yatak içerisinde maruz kaldığı sürtünme kuvvetini, sürtünme katsayısını, sürtünme momentini ve  $F_y$  kuvvetini bulalım. Yağın  $25^\circ\text{C}$ 'deki dinamik viskozitesi  $\eta_{25}=360 \text{ CP} = 0,36(\text{N/m}^2)\text{s}$  (Pas), mil çapının 50,78mm, yatak genişliğinin 25mm ortam sıcaklığının sabit  $25^\circ\text{C}$  olduğu, radyal boşluğun ( $C=R-r$ ) değişmediği kabul edildi. Öncelikle askı koluna 160N'luk bir ağırlık asılmış olsun, 30 d/d' yı açısal hıza çevirecek olursak;

$$\omega = \frac{\pi.n}{30} = \frac{\pi.30}{30} = \pi \text{ rad/d bulunur.}$$

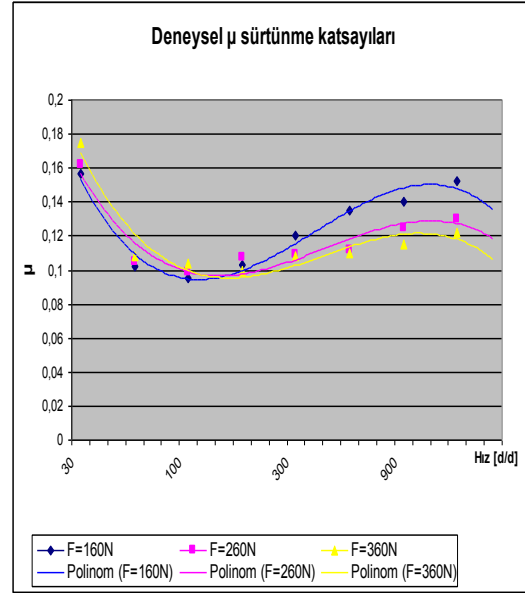
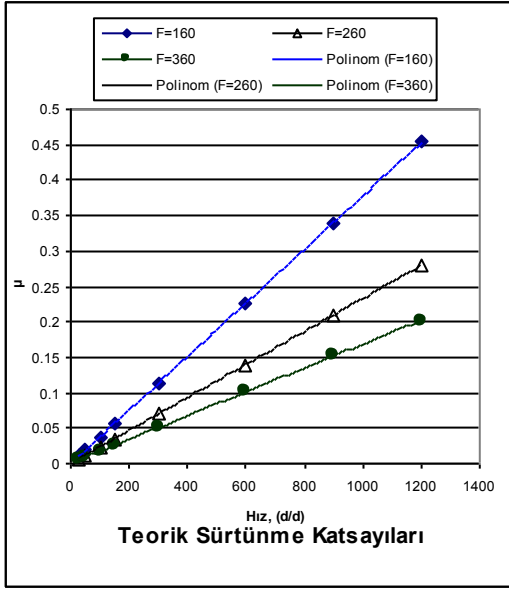
$$T = F_s.r = \frac{\eta.2.\pi.L.\omega.r^3}{C} \text{ formülünde açısal hız değerini yerine yazarsak;}$$

$$T = \frac{0,36.2.\pi.0.025.\pi.(0,02539)^3}{6,25.10^{-5}} = 0,0232 \text{ bulunur.}$$

Yine bulunan bu değer sürtünme katsayısı formülünde yerine yazılırsa;

$$\mu = \frac{T}{F.r} = \frac{\eta.\pi.L.2.\omega.r^2}{F.C} = \frac{0,36.\pi.0,025.2.\pi.r^2}{160.(6,25.10^{-5})} \cong 0,01145 \text{ bulunur.}$$

Böylece 160 N yatak yükü altında mil  $\eta_{25^\circ\text{C}} = 0.36\text{mPas}$  dinamik viskoziteye sahip yağ tarafından yağlanırken, malle yatak arasında meydana gelen sürtünme katsayısı  $\mu = 0,01145$  bulunmuş olur. Yukarıdaki işlemler her bir yük ve hız için ayrı ayrı hesaplanırsa Stribeck eğrisini elde etme imkânı olur. Örnek aşağıdaki verilmiştir.



## İSTENENLER

Her bir deney şartı için teorik hesaplar yapılacak, teorik ve deneysel verilerden Stribeck eğrileri çizilip farklılıklar yorumlanacaktır.