

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MAKİNA ELEMANLARI LABORATUARI**



DENEY FÖYÜ

DENEY I
VİDALARDA OTOBLOKAJ

DENEY II
SÜRTÜNME KATSAYISININ BELİRLENMESİ

DERSİN ÖĞRETİM ÜYESİ
PROF.DR. ERTUĞRUL DURAK

DENEYİ YAPTIRAN ÖĞRETİM ELEMANI
PROF.DR. ERTUĞRUL DURAK

DENEY GRUBU:

DENEY TARİHİ :

TESLİM TARİHİ :



DENEY I

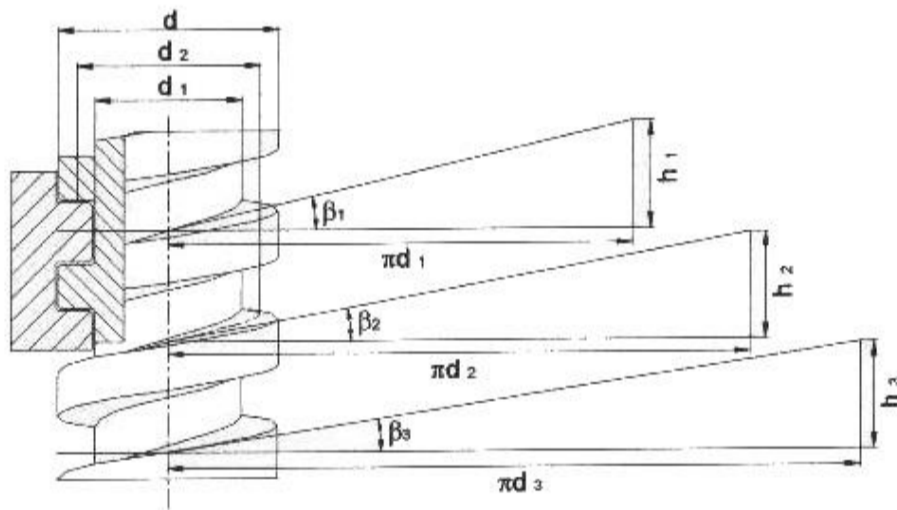
DENEYİN ADI: Vidalarda Otoplokaj.

DENEYİN AMACI: Vidalarda otoplokaj olayının kavranması

TEORİK BİLGİ:

Otoplokaj : Vidanın mukavemet sınırlarında taşıyacağı yük altında konumunun bozulmaması, sürtünme yüzeyinde oluşan kuvvetlerin vidayı dengede tutması demektir. Vida yük altında kendi kendine ilerleme yaparsa Otoplokajsız bir konstrüksiyon a sahip demektir. Vidalarda otoplokaj olayının kavranabilmesi için öncelikle vidaları geometrik özellikleri ve eğik düzlem üzerinde harekete zorlanan bir cisim üzerine etki eden kuvvetlerin analizinin yapılması gereklidir.

Vidayı tanımlayan başlıca özellikler; hatve , civata çapı ve eğim açısıdır.



Şekil 2.2. Civatayı belirleyen büyüklükler

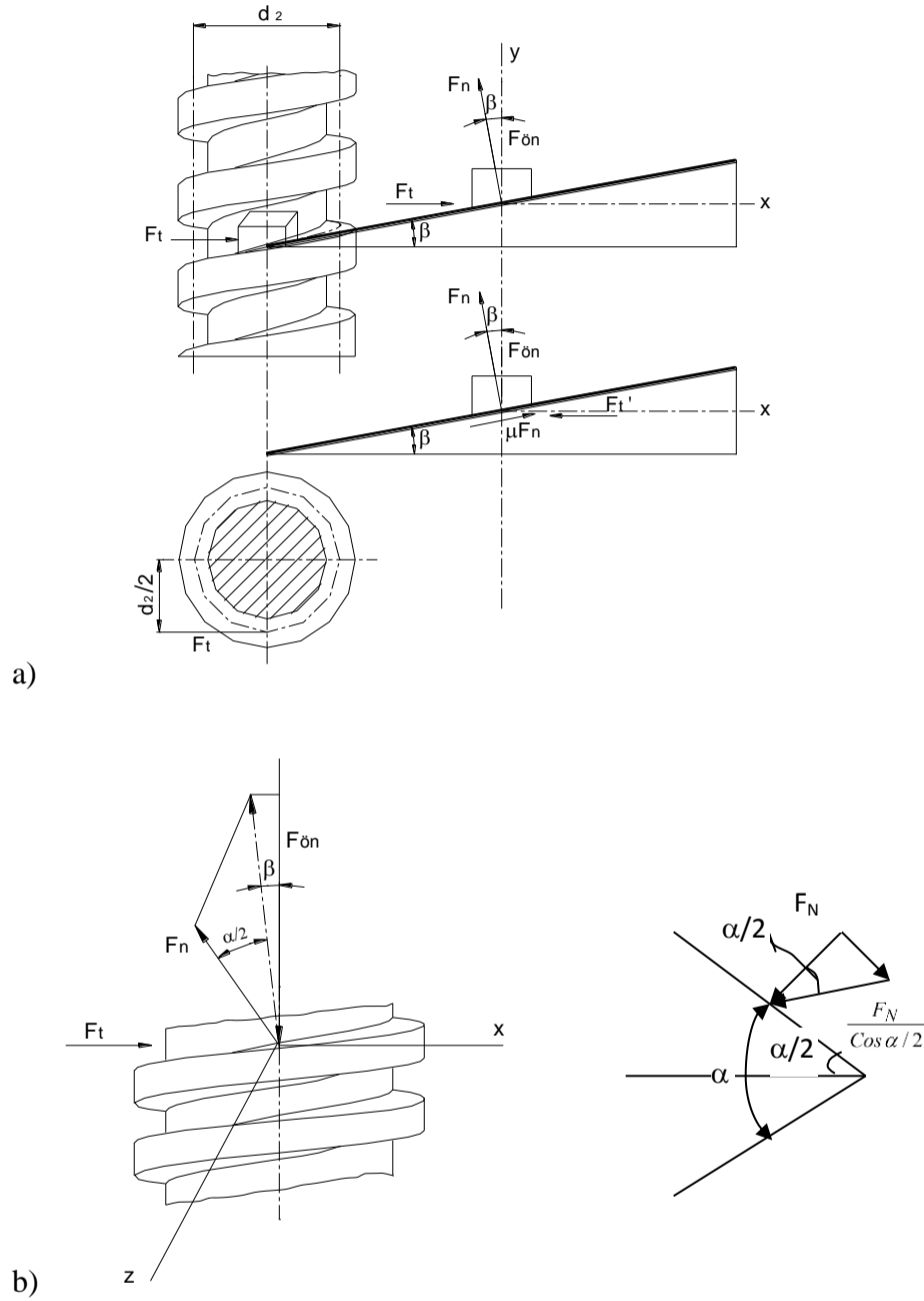
a.Hatve: Silindir çevresinde bir tam devir yapıldığında aksel olarak alınan vida yoludur. Buna göre iki yiv veya iki set arasındaki mesafedir.

b.Silindir çapı: Vidanın çaplarını belirleyen büyüklüktür. En büyük çap vida diş üstü çapı d , en küçük çap vida diş dibi çapı d_1 ve ortalama çap ise diş üstü ve diş dibi çaplarının aritmetik ortalaması olan d_2 çapı ile gösterilmektedir.

c.Eğim açısı: Vidanın silindire teğet bir düzlemdeki izdüşümünün yatayla veya dik üçgenin hipotenüsünün yatayla yapmış olduğu açıdır. Bu açı diş üstü, diş dibi ve ortalama çaplar için ayrı ayrı olup uygulamada genellikle ortalama çap kullanılmaktadır. Şekil 1'den görüldüğü gibi:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h}{\pi d} \quad ; \quad \operatorname{tg}\beta_1 = \frac{h_1}{\pi d_1} \quad ; \quad \operatorname{tg}\beta_2 = \frac{h_2}{\pi d_2} \quad \text{olur.}$$

Vidanın geometrik açılımının bir dik üçgen olduğu bilinmektedir. Buna eğik düzlem de denir. Cıvata vidası ile temasta olan ve birbiri üzerinde sürtünerek ilerleyen somun ise eğik düzlem üzerinde hareket eden herhangi bir elemana benzetilebilir. M_s momenti tesiri ile yüklenen bağlantı elemanları arasında Şekil 2.a'da görüldüğü gibi kuvvetler meydana gelir. Eğik düzlem üzerinde hareket ettirilen bir elemanın sürtünmesinde meydana gelen kuvvetler poligonundan; somun sıkma kuvveti ve ön gerilme kuvveti arasındaki bağıntı yazılabilir. Poligondaki kuvvetlerden $F_{\text{ön}}$ sıkma sırasında meydana gelen ön gerilme kuvveti, F_t somunu sıkmak için lüzumlu teğetsel kuvvet, F_n elemanlar arasındaki normal kuvvet, μF_n hareket yönü tersinde sürtünme kuvvetidir.



Şekil 2 Bağlama sırasında cıvatada meydana gelen kuvvetler

Kuvvetlerin dengede olduğu dikkate alınarak düşey kuvvetlerin denge denklemi yazılırsa:

$$F_{\text{ön}} = F_n \cdot \cos \beta - \mu \cdot F_n - \sin \beta$$

$$F_{\text{ön}} = F_n (\cos \beta - \mu \sin \beta)$$

$$F_n = F_{\text{ön}} \frac{1}{\cos \beta - \mu \sin \beta} \quad (\text{I})$$

şeklinde bulunur.

Yatay kuvvetlerin denge denkleminde:

$$F_t = F_n \cdot \sin \beta + \mu F_n \cos \beta$$

$$F_t = F_n (\sin \beta + \cos \beta) \quad (II)$$

bu formülde I yerine koyulursa:

$$F_t = F_{\text{ön}} \frac{\sin \beta + \mu \cos \beta}{\cos \beta - \mu \sin \beta}$$

şeklını alır. Pay ve paydaki terimler $\cos \beta$ ya bölünüp ve $\mu = \text{tg} \rho$ yazılırsa:

$$F_t = F_{\text{ön}} \frac{\text{tg} \beta + \text{tg} \rho}{1 - \text{tg} \beta \cdot \text{tg} \rho}$$

olur. Bu ifade $\text{tg}(\beta + \rho)$ nun trigonometrik açılımını olup:

$$F_t = F_{\text{ön}} \text{tg}(\beta + \rho)$$

şeklindedir.

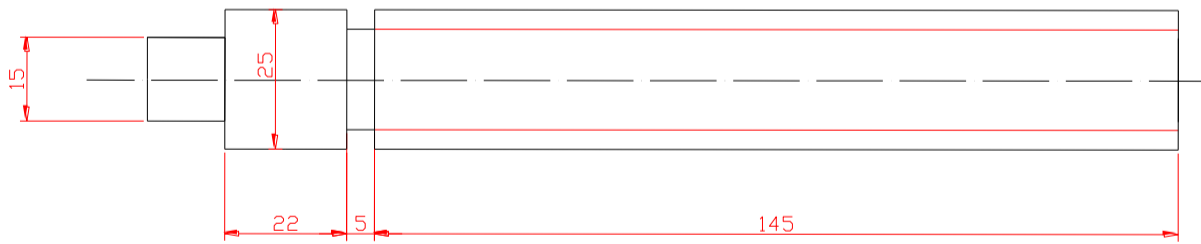
Somunu çözerken vidalarda hareket yönü değişeceği için sürtünme kuvveti de yön değiştirecektir. Çözme kuvvetinin tayininde sürtünme açısı eksi işaret alacaktır. O halde kare vidalarda çözme kuvveti:

$$F_t = F_{\text{ön}} \text{tg}(\beta - \rho) \text{ olacaktır.}$$

(Kaynak: Kurbanoğlu, C., 2006, Makine Elemanları Teori, Konstrüksiyon ve Problemler, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara)

DENEYDE KULLANILAN ALETLER:

Deneyde üç adet aynı çap ve boylara, farklı hatvelere sahip çelik vida ve bu vidalar uygun pirinç malzemeden somun bulunmaktadır. Vidaları geometrik özellikleri şekil 3.'de gösterilmektedir.



DENEYİN YAPILMASI: Deney başlamadan önce vidanın diş başı ve diş dibi çapları ölçülerek ortalama çapı hesaplanır. Ayrıca vidaların ağız sayıları da dikkate alınarak hatveleri ölçülür. Vidaya uygun olan somun yerleştirildikten sonra somunun hareketi izlenir. Burada üç durum gözlenir.

1. Somun kendi ağırlığı ile vida üzerinde hareket etmektedir.
2. Somun kendi ağırlığı ile vida üzerinde hareket etmemektedir. Ancak üzerine bir miktar yükleme yapıldığında hareket etmektedir.
3. Yükleme yapılsın veya yapılsın somun vida üzerinde hareket etmemektedir.

HESAPLAMALAR : Vidanın geometrik ölçüleri göz önüne alınarak her bir vida için eğim açısı β hesaplanır. Yukarıda anlatılan (2) durumunda ($\beta=\rho=\arctan\mu$) durumu söz konusudur ve buradan μ hesaplanabilir. (1) (3) durumundaki vidalarında eğim açıları hesaplanarak ρ değeri ile kıyaslanır ve otoblokaj şartını sağlayan eğim açısı ve sürtünme açısı ilişkisi ispatlanmış olur. Hesaplanan μ ile teorik μ ($\mu_{\text{teorik}}=0.15$) ile karşılaştırılır.

Hesaplama Tablosu

| | 1 nolu vida | 2. nolu vida | 3 nolu vida | |
|----------------|-------------|--------------|-------------|--|
| D | | | | |
| D ₁ | | | | |
| D ₂ | | | | |
| h | | | | |
| β | | | | |
| μ | | | | |

Deneyin Yorumu :



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
SÜRTÜNME KATSAYISININ BELİRLENMESİ DENEY FÖYÜ



DENEY I

DENEYİN ADI: İki malzeme arasındaki sürtünme katsayısının deneysel olarak tespiti

DENEYİN AMACI: Bu deneyde, aynı veya farklı tür malzemeler için eğik düzlemde sürtünme katsayısının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sürtünmenin varlığı birçok günlük uygulamada dezavantaj gibi gözükürken diğer taraftan birçok uygulamada da avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Mesela düz bir yüzeyde bir kütleyi sürüyerek çekmek ya da itmek istediğimizde kütle ile yüzey arasındaki sürtünme harekete engel olmakta ve enerjimizin bir kısmını sürtünmeyi yenmek için harcamak zorunda kalmaktayız. Benzer şekilde birbirine göre sürtünmeli olarak hareket eden tüm yüzeylerde boşa harcanan bu enerji genellikle ısıya dönüşerek atılmaktadır. Sürtünmeyi yenmek için harcayacağımız enerjiyi azaltmak için ya sürtünmeyi azaltıcı silindir, bilye ve yağlayıcılar gibi metodlar kullanılmakta ya da birbirine sürtünen yüzeylerin malzemeleri sürtünme katsayısı düşük olan malzemelerden seçilmektedir.

Ancak bazı uygulamalarda ise sürtünmenin olması (hatta yüksek olması) özellikle istenmektedir. Buna en güzel örnek ateşin bulunmasıdır. Kuru ağaç dallarının birbirine sürtülerek hareket enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi ve bunun sonucunda da artan ısı ile dalların tutuşması ağaç dalları arasındaki sürtünmenin var olması ile gerçekleşmiştir.

Ancak bu sürtünmenin değerini belirten sürtünme katsayısı ölçülebildiği takdirde işimize yarayacaktır. Aksi takdirde bilmediğimiz bir şeyi istediğimiz gibi faydamıza kullanmamız mümkün olmayacaktır. Bu deney de değişik malzemeler arasındaki sürtünme katsayısı belirlenmeye çalışacağız.

TEORİK BİLGİ

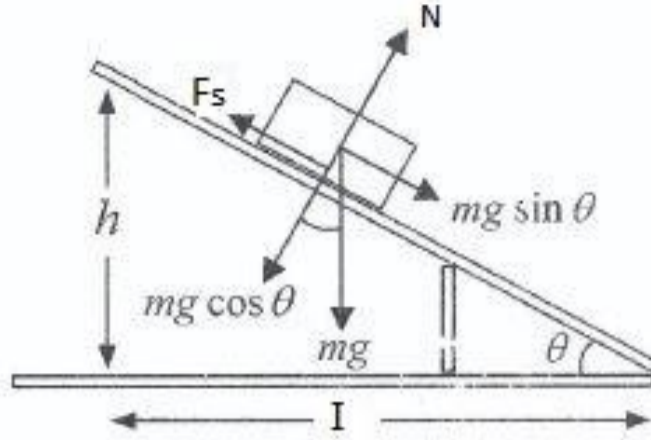
Genel olarak temasta olan ve izafi hareket eden iki cismin temas yüzeylerinin harekete veya hareket ihtimaline karşı gösterdikleri direnç sürtünme olarak tarif edilmektedir. Bir cisim diğer bir cisim üzerinde kayarken birbirlerine kayma yüzeyine paralel bir kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvet sürtünme kuvveti olarak tanımlanır ve cisimlerin izafi hareketine ters yöndedir. İzafi hareket yapan yüzeyler arasına bir ara eleman olarak yağlayıcı madde konulması veya konulmaması durumuna göre sürtünme kuru, sınır, karışık ve sıvı sürtünme olarak tanımlanmaktadır.

Sürtünme katsayısı boyutsuz ve skaler bir değerdir. Sürtünme katsayısı iki yüzeyi birbiri üstünde relatif olarak hareket ettirmek için gereken yanal kuvvet oranıdır.

Sürtünme Katsayısını etkileyen faktörler: Malzeme cinsi, yapısı, Yüzey kirlenmesi, Oksit filmleri, Yağlama, Yüzey düzgünlüğü, Nem, Kayma hızı, Sıcaklık...

Bu deneyde bir kütlenin eğik düzlemdeki kayma öncesi (kayma başlangıcındaki) denge durumu incelenerek kütle üzerindeki yerçekimi kuvveti ve sürtünme kuvveti ilişkileri kullanılacak ve kütle ile eğik düzlem arasındaki sürtünme katsayısının hesaplanması için gerekli formüller türetilecektir.

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi eğik düzlemde kayma anında dengede duran bir kütlenin üzerinde eğik düzlem boyunca iki kuvvet vardır. Bunlardan birisi kütlenin ağırlığının düzleme paralel olan bileşeni, diğeri ise kütlenin aşağı doğru kaymasını engelleyen ve yönü yukarı doğru olan sürtünme kuvvetidir. Ayrıca aynı kütle üzerinde eğik düzlem dik doğrultuda iki kuvvet daha vardır ve bunlardan birisi kütlenin ağırlığının düzleme dik olan bileşeni diğeri ise düzlemin kütleye uyguladığı tepki kuvvetidir.



Şekil 1. Eğik düzlem ve kuvvetlerin gösterimi

$$F_s = mg \sin \theta, F_s = \mu N, N = mg \cos \theta$$

Denge durumunda $F_s = F_s$ için

$$mg \sin \theta = \mu (mg \cos \theta)$$

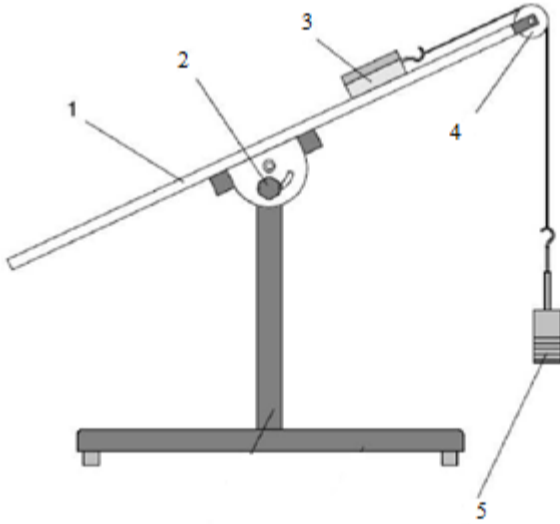
$$\sin \theta = \mu \cos \theta$$

$$\mu = \sin \theta / \cos \theta$$

$$\mu = \tan \theta = h/l$$

DENEY DÜZENEĞİ

Deney düzeneği Şekil 2.'de gösterilmektedir. Eğik düzlemin eğim açısı, açı skalasına(2) bağlantılı dönen bir eleman yardımıyla 0° ile $+80^\circ$ arasında ayarlanabilmektedir. Eğik düzlemin malzemesi tahtadır.



Şekil 2. Eğik düzlemde sürtünme deney düzeneği

Eğik düzlemin uç kısmında bir makara(4) bulunmaktadır. Makara, üzerinden geçen bir ip yardımıyla kayar nesne(3) ve yüklemelerin yapıldığı kancaya(5) birbirine bağlanmaktadır. Düzenekte, iki adet nesne mevcuttur. Biri eğik düzlem üzerine sabit konulan nesne diğeri ise kancaya bağlı halata bağlanan kayar nesnedir. Deneyde kancaya ağırlık yüklemesi yapılabilmektedir. Bu deneyde aşağıdaki malzemeler arasındaki sürtünme katsayılarını belirlenecektir;

| | <u>Sabit Nesne</u> | <u>Kayar Nesne</u> |
|------------------|--------------------|--------------------|
| Çelik- Çelik | Çelik | Çelik |
| Alüminyum- Çelik | Alüminyum | Çelik |
| Pirinç- Pirinç | Pirinç | Pirinç |
| Çelik- Tahta | Çelik | Tahta |

DENEYİN YAPILIŞI

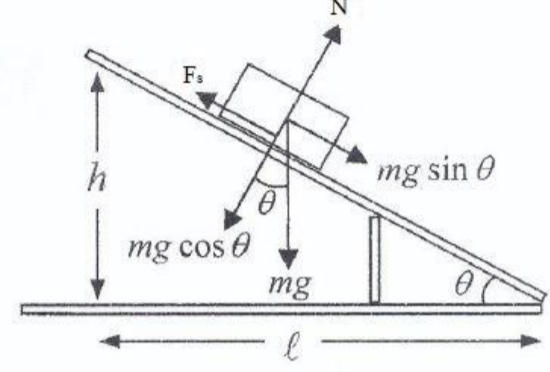
Deneyin yapılışı sırasında aşağıdaki işlemlerin sırasıyla uygulanması gerekmektedir:

- Açı skalası yardımıyla eğik düzlem açısı $\theta = 0^\circ$ olarak yani yatay olarak ayarlanır.
- İki farklı malzemeden biri eğik düzlem üzerine sabitlenir.
- Kayar nesne yatay olarak eğik düzlem üzerine yerleştirilen malzemenin üzerine yerleştirilir.

- Kayar nesne ve boş kancanın bağlı olduğu halat makara üzerinden geçen bir ip yardımıyla bağlanır.
- Kayar nesne hareket edene kadar kancaya yük eklenir.
- θ açısı yavaş yavaş artırılarak bloğun harekete başladığı andaki θ değeri belirlenir, tabloya yazılır. Deney üç defa tekrarlanır.
- Her bir ölçüm için statik sürtünme katsayısı $\mu = \tan \theta = h/l$ ifadesinden hesaplanır, tabloya yazılır.
- Bulunan μ değerlerinin ortalaması alınır ve tabloya yazılır.
- Diğer malzemeler arasındaki sürtünme katsayılarının belirlenmesi için deney tekrarlanır.

Bu tabloyu Word yapalım. Tabloda bir sütun daha ekleyip Standart sapmaları da hesaplayalım.

| Ölçüm Sayısı | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------------|---|---|---|
| Okunan h değeri | | | |
| Okunan l değeri | | | |
| Hesaplanan μ_s değerleri | | | |
| Ortalama μ_s | | | |



SONUÇ: Deneyler yapılarak sürtünme katsayısının farklı malzemeler için farklı olabileceği gösterilmiştir.