



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**AŞINMA DENEYİ
DENEY FÖYÜ**

Hazırlayan: Prof. Dr. Harun MİNDİVAN

1. DENEYİN AMACI

Metalik malzemelerin aşınma davranışlarının ve dirençlerinin belirlenmesi

2. DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER VE TEÇHİZATLAR

Aşınma Deneysel Numunesi, Aşındırıcı Zımpara, Aşınma Cihazı, Nem Ölçer, Hassas Terazî, Pîknometre.

3. TEORİK BİLGİ

Birbirine temas eden mühendislik malzemelerinin, birbirlerine sürtünmesi neticesinde meydana gelen aşınma, çeşitli makine ve teçhizatın kullanımı sırasında çok büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Aşınma, bir yüzeyden diğer bir yüzeye malzeme transferi veya aşınma parçalarının oluşumu neticesinde ortaya çıkan malzeme kaybıdır. DIN 50320’de aşınma; “kullanılan malzeme yüzeylerinden mekanik sebeplerle ufak parçaların ayrılması suretiyle meydana gelen değışiklik” olarak tanımlanmaktadır.

Temas halinde bulunan katı yüzeylerde, malzeme kaybı üç şekilde gerçekleşebilir. Bunlar bölgesel erimeler, kimyasal çözünme ve yüzeyden fiziksel anlamda oluşan ayrılmalıdır. Uygulamada aşınma kapsamında, daha çok yüzeyden fiziksel anlamda ayrılan malzemenin sebep olduğu hasarlar dahil edilmektedir.

Bir aşınma sisteminde; ana malzeme (aşınan), karşı malzeme (aşındıran), ara malzeme, yük ve hareket aşınmanın temel unsurlarını oluşturur. Bütün bu unsurların oluşturduğu sistem teknikte “Tribolojik Sistem” olarak isimlendirilir.

Bir aşınma sistemindeki önemli etkenlerden biri de çevre şartlarıdır. Sistem elemanlarının nem ve korozyon etkileri ile karşı karşıya kalması aşınmayı hızlandırır.

Aşınma, genellikle önceden bilinen bir hasar tipidir. Birbirleri ile temasta olan malzeme yüzeyleri oksit filmleri veya yağlayıcılar ile korunsalar bile, mekanik yüklemeler altında oksit tabakasının veya yağlamanın bozulması, iki yüzeyin birbiriyle doğrudan temasına sebep olabilir. Bu temas sonucu oluşan sürtünme malzemenin çalışma koşullarındaki ömrünü ve performansını sınırlayan aşınmaya sebep olur. Bu hasar uygun yağlama, filtreleme, uygun malzeme seçimi ve uygun tasarım gibi faktörlerle en aza indirilebilir, fakat kesinlikle önlenemez.

Aşınmayı etkileyen faktörleri dört ana grup halinde toplanabilir:

I– Ana malzemeye bağlı faktörler,

- Malzemenin kristal yapısı
- Malzemenin sertliği
- Elastisite modülü
- Deformasyon davranışı
- Yüzey pürüzlülüğü
- Malzemenin boyutu

II– Karşı malzemeye bağlı faktörler ve aşındırıcının etkisi

III– Ortam şartları

- Sıcaklık

-Nem

-Atmosfer

IV– Servis şartları

-Basınç

-Hız

-Kayma yolu

3.1. Aşınma Mekanizmaları

Pek çok aşınma mekanizması vardır. Bunları aşağıdaki ana başlıklar altında açıklamak mümkündür.

3.1.1. Oluş Mekanizmaları Açısından Sınıflandırma

Adhesiv Aşınma :

Özellikle birbiriyle kayma sürtünmesi yapan, metal-metal aşınma çiftinde meydana gelen kaynaklaşma olayının bir sonucudur. Birbiri üzerinde kayan yüzeylerdeki gerilmeler küçük yüklemelerle dahi akma gerilmesi sınırına erişirler veya geçerler. Böylece temas eden metaller arasında yapışma kuvvetleri kendini gösterir. Bu nedenle bir parçadan diğerine malzeme geçişi, soğuk kaynaklaşma ve küçük parçaların kopması olayları meydana gelir.

Adhesiv aşınma, en sık rastlanan aşınma türü olmasına rağmen genellikle hasarı hızlandırıcı etkide bulunmaz. Adhesiv aşınma bir metal yüzeyinin başka bir metal yüzeyindeki bağlı hareketi sırasında birbirlerine kaynemiş veya yapışmış yüzeydeki pürüzlerin kırılması sonucu ortaya çıkar.

Eğer iki metal aynı sertlikte ise aşınma her iki yüzeyde de oluşur. Metaller arasındaki yağlamanın mükemmel olması, yüzeye etki eden yükün azaltılması ve malzemenin sertliğinin artırılması adhesiv aşınmayı azaltır. Sonuç olarak adhesiv aşınma; yüzeye etkileyen normal yük, kayma yolu ile ve aşınan malzemenin yüzey sertliği ile orantılıdır.

Abrasif Aşınma :

Yırtılma veya çizilme aşınması olarak da isimlendirilen abrasif aşınma, sistemde hızlı hasara neden olan önemli bir aşınma türüdür. Abrasif aşınma; biri diğerinden daha sert ve pürüzlü olan metal yüzeylerinin birbiriyle temas halindeyken kayma sırasında meydana gelir.

Metal olmayan malzemelerin sebep olduğu aşınma genellikle çizilme şeklindedir.

Sert parçacıkların yumuşak metale batması abrasif aşınmaya sebep olabilmektedir. Bu mekanizmaya örnek olarak, sisteme dışarıdan giren toz parçacıklarının veya bir motorda oluşan yanma ürünlerinin sebep olduğu aşınma tarzı verilebilir.

Abrasif aşınma hızı, malzeme yüzeyine etki eden yük azaltılarak düşürülebilir. Böylece parçacıkların yüzeye daha az batması ve çapak kaldırılması sırasında daha az iz bırakması sağlanır. Malzeme açısından abrasif aşınmayı azaltmak için;

-Daha sert alaşım kullanmak,

- Sertlik arttırmak amacıyla ısıtma işlemi uygulamak,
- Malzeme yüzeyini sert bir tabaka ile kaplamak,

tavsiye edilir. Bu önlemlerle abrasif aşınma hızını azaltmak mümkündür.

Abrasif aşınma endüstriyel cihazlarda malzeme kayıplarının başlıca sebebidir. Aşındırıcı malzeme serbest halde iki metal arasında bulunuyorsa veya yalnız bir metali aşındırıcı sabit veya serbest taneler mevcut ise bu durumdur;

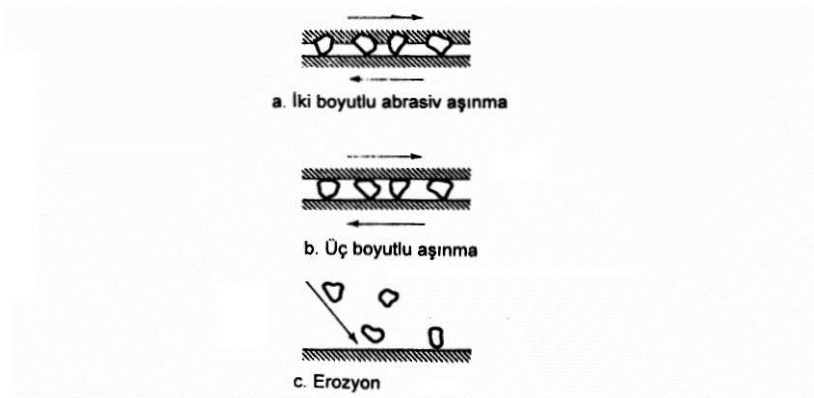
- İki elemanlı abrasif aşınma,
- Üç elemanlı abrasif aşınma,

şeklinde gruplandırma mümkündür.

Metal-metal sürtünmelerinde aşınma iki elemanlı abrasif veya adhesiv olarak başlayıp üç elemanlı abrasif olarak devam eder. Bu durumda araya giren toz, mineral taneleri, çizilme sonucu serbest hale geçen mikro talaşlar ve parçalanmış oksit parçacıkları üçüncü elemanı (ara malzemeyi) oluşturabilir. Serbest hale geçen mikro talaş parçacıkları genellikle ana malzemeden daha sert olduklarından (üç elemanlı) abrasif aşınma, aşınmayı hızlandırmaktadır. Endüstriyel makinalardaki en önemli aşınma türü olan abrasif aşınmaya genel olarak aşağıda verilen yerlerde rastlanmaktadır;

- Traktör, greyder gibi tarım ve iş makinalarının bıçak ve tırnaklarında,
- Cevher işleme ve öğütme tesislerinde,
- Eleklerde,
- Değirmenlerde,
- Nakil makinalarında.

Bu gibi makine ve makine parçalarında yalnızca abrasif aşınmadan söz edilebileceği gibi, bunlardan başka aşınma türlerinin de birlikte görülmesi mümkündür.



Şekil 3.1. a) İki boyutlu abrasif aşınma, b) Üç boyutlu abrasif aşınma, c) Erozyon arasındaki farkların şematik gösterimi

Tabaka Aşınması:

Abrasiv aşınma yüzeyine yakın yerlerinin (sınır yüzeyinin) özelliğinin pek önemi yok iken, tabaka aşınmasının önemi büyüktür. Çevredeki gazların ve ara malzemenin etkisiyle meydana gelen aşınma yüzeyi sınır tabakası, çizilmeyle sıyrıldığından daima yeniden meydana gelir.

Titreşim Aşınması :

Titreşim (yorulma) aşınması, titreşim zorlamalarında yorulma kırılması hasarı olarak ortaya çıkar. Bu aşınmada, iç yapı tahribatı, çatlamlar, lokal ayrılmalar meydana gelir. Genellikle periyodik yüklemeler dolayısıyla, yüzeyden veya yüzeye yakın yerlerde iç yapının parçalanarak yırtılmalar oluşturması sebebiyle yüzeyden kısmi çözümlerin olmasıyla meydana gelir.

3.1.2. Hasarın Fiziksel Görünüşüne Göre Sınıflandırma

Kayma Aşınması :

a. Taneli mineraller tarafından oluşturulanlar;

Taneli minerallerin meydana getirdiği kayma aşınması, mineral sertliğine bağlı olarak belirlenir.

Metal olmayan sert malzemelerde aşınma, metal malzemelerde olduğu gibi mineral tanelerinin sertliğiyle artar, fakat sert malzemenin aşınma yüzeyinde gevrek kırılmalar meydana gelir. Aşınma esnasında malzeme sertliği, aşınma direncinin büyüklüğünü etkileyen önemli bir faktördür.

b. Metal-metal aşınması;

Metal-metal sürtünme tiplerinden hidrodinamik sürtünmede genellikle hiçbir aşınma olmaz ve malzeme çiftinin önemi yoktur. Çünkü malzemeler bu anda birbirine temas etmemektedir. Fakat tam yağlama için minimum bir hız gereklidir. Karışık yağlamada kuvvet kısmen hidrolik, kısmen katı cisimlerin teması ile sağlanır. Bu temas noktalarında malzemelerin özellikleri ve kayma yapan malzeme çiftleri ile yağlayıcı maddenin etkisi vardır.

Özellikle yağsız yüzeylerin sürtünmesinde aşınma durumu malzeme çiftinin yüzeyine bağlıdır. Ayrıca kayma yüzeylerin işlenişi (yüzey pürüzlülüğü, işlemi doğrultusu) de aşınmaya büyük ölçüde etki etmektedir.

Erozyon Aşınması:

Erozyon (hidro-abrasif) aşınması, akıcı maddelerin meydana getirdiği aşınmadır. Sıvılar, gazlar akış sırasında parçanın sınır yüzeylerinde patlama veya çarpma etkisi yaparak yüzeyden parçacıklar koparırlar ve girdaplar etkisiyle dalgalı yüzey meydana getirirler. Böylece aşınma daha da hızlanır.

Korozif Aşınma :

Aşınan yüzeyler, aynı zamanda korozif etkilere de uğrarsa buna korozif aşınma denir. Kimyasal korozyon kendi başına oluşabildiği gibi diğer aşınma türleriyle birlikte de meydana gelebilir. Yüzeye sıkıca yapışan filmler oluşturan kimyasal reaksiyonlar yüzey aşınmasını önler. Fakat film kırılabilir ve yüzeye gevşek

bağlı ise aşınma büyük miktarda hızlanır. Çünkü sürtünme hareketi sırasında filmler çatlar ve yerinden kopar.

Yuvarlanma Aşınması :

Bu tür aşınma birbiri üzerinde yuvarlanarak hareket eden malzemelerde oluşan aşınmadır. Bu aşınma da şüphesiz malzemelerin özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır. Yuvarlanma esnasında aşınma tek bir malzemede oluşabileceği gibi her iki malzemede de değişen miktarlarda oluşabilir. Yuvarlanma aşınmasında yüzeylerin yağlanıp, yağlanmamasının çok büyük önemi vardır.

3.1.3. Aşınmanın Aldığı Özel Adlar Vasıtasıyla Sınıflandırma

Öğütmeli Aşınma:

Öğütmeli aşınma, yüksek basınçlar altındaki partiküllerin metal yüzeyleri ile düşük hızlarda karşılaşmaları sonucunda, metal yüzeyinden parçacıkların kesilerek veya çok sayıda ufak çizikler açılarak kopartılması ile meydana gelir. Bu yüksek basınç ve düşük hız kombinasyonu, genellikle hafriyat çalışmalarında kullanılan buldozer ve kepçe gibi ağır iş makinalarının çalışma koşullarında meydana geldiği için, bu araçların kesici uç yüzeylerinde bu hasar türü meydana gelir. Kepçelerde kullanılan kesici ve batıcı uçların, öğütmeli aşınma sonucunda şekil değişimi meydana gelerek körlenme oluşur.

Oymalı Aşınma:

Oymalı aşınma, malzeme yüzeyinin çok yüksek gerilmelerdeki çarpma durumlarında, yüzeyden bir parçanın kesilerek veya oyularak kopmasıyla meydana gelir. Bu tip aşınmaya genellikle hafriyat, madencilik, petrol kuyularını delme işlemi ve benzeri koşullarda çalışan malzemelerin kesme ve delme görevi yapan kısımlarında görülür. Bu işlemler sırasında sert abraziv parçacıkların çok yüksek gerilmeler altında malzeme yüzeyine çarpmaları ile, yüzeylerde hızlı bir şekilde hasar oluşumu meydana gelir.

Oymalı aşınma diğer aşınma türlerine göre çok daha hızlı olarak geliştiğinden, bu aşınmaya uğrayan parçaların yenileriyle değiştirilerek kullanılması daha ekonomik olmaktadır.

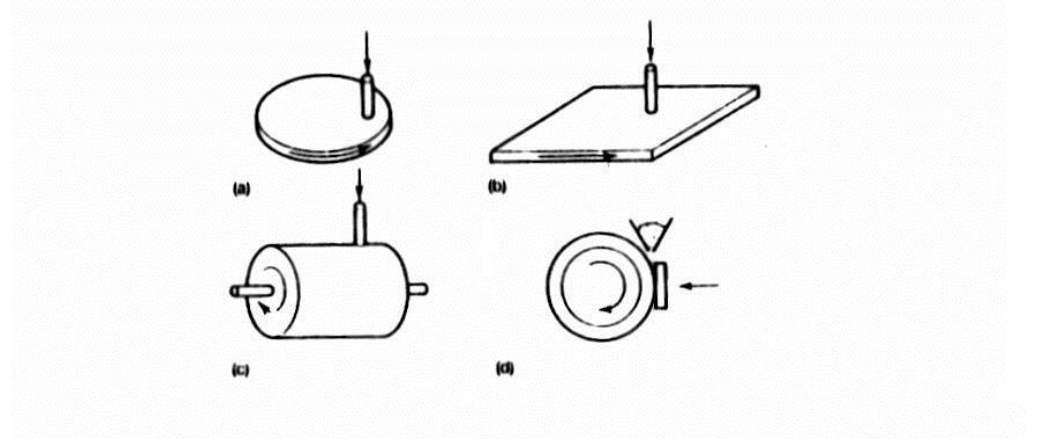
Kazımalı Aşınma:

Kazımalı aşınma, karşılaşan yüzeylerde mikro kaynaşmanın meydana geldiği adhezif aşınmaya bir miktar benzemektedir. Aralarındaki fark ise; adhezif aşınma, birbirleri üzerinde kayan yüzeylerde meydana gelirken, kazımalı aşınma birbirlerine göre hareket etmeyen yüzeylerde meydana gelir. Ancak kazımalı aşınma, çok düşük genlikteki hareketlerin (vibrasyon) meydana geldiği sistemlerde, mikro kaynaşmanın oluşmasıyla meydana gelir.

Kazımalı aşınma, vibrasyonlu ortamlarda çalışan somun, perçin gibi bağlantı elemanlarıyla birleştirilmiş sistemlerde otomobil şaftlarının birleşme noktalarında ve yataklarda en yaygın olarak rastlanılan hasar oluşum mekanizmasıdır.

Aşınma testleri değişik deney düzeneklerinde (Şekil 2) yapılmaktadır. Aşınma deneylerinde en yaygın deney donanımlarından birisi, bir disk (Silindir veya dikdörtgen) üzerine bastırılan pimdir. Şekil 2 den de görüldüğü gibi bu pim, disk yüzeyinin üzerine bastırılmıştır. “Disk üzerinde pim” metodunun başka şekilleri de vardır. Ancak ana fikir hep aynıdır. Bu tip asimetric düzenlemelerde, pim ya da

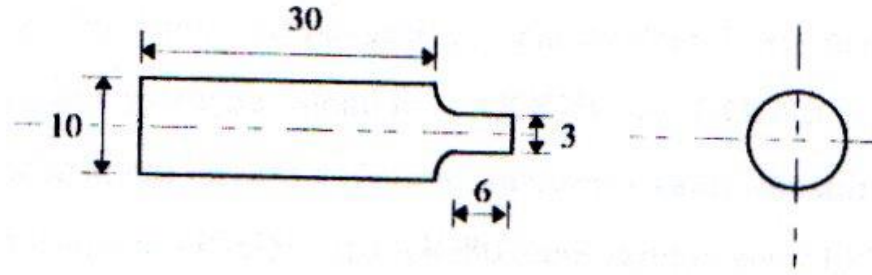
blok çoğu zaman numunedir ve bu parçanın aşınma hızı ölçülür. Diğer parça olan disk ise, “dış yüzey” olarak isimlendirilir. Aşınma deney düzenekleri uluslararası standartlara uygun olarak standartlaştırılmıştır.



Şekil 3.2. Aşınma deney düzenekleri, a) Disk üzerinde pim, b) Tabaka üzerinde pin, c) merdane üzerinde pim, d) Kauçuk halka abrazyon deneyi

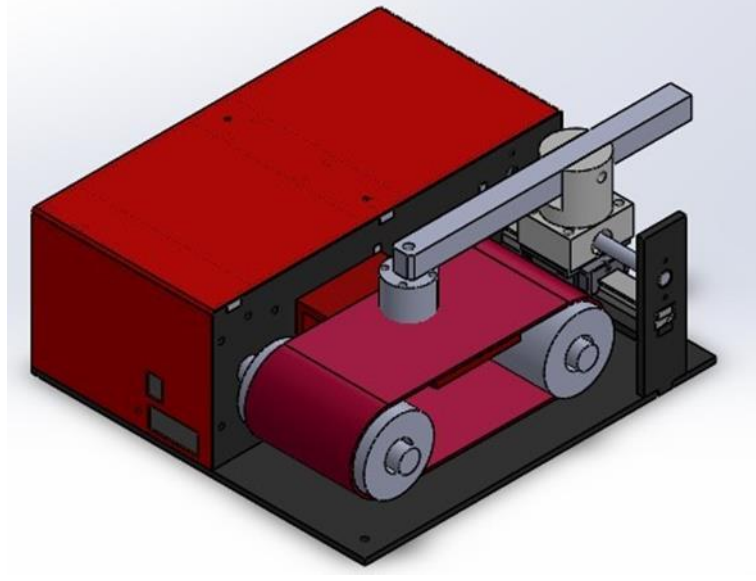
4. DENEYİN YAPILIŞI

Abraziv aşınma deneylerinde kullanılan aşınma deney numuneleri, ASTM G 99 standartına uygun olarak hazırlanır. Şekil 3’de aşınma deneylerinde kullanılan numunelerin şekil ve boyutları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. ASTM G 99 standartına göre hazırlanan aşınma deney numunesi şekil ve boyutları.

Abraziv aşınma deneyleri Şekil 4.1’de görülen numuneler kullanılarak zımpara üzerinde aşınan pim (Pin On Disk) yöntemine göre yapılır. Bu yöntemde deney numunesinin sabit hızda dönen zımpara üzerine önceden belirlenen bir yük altında bastırılmasıyla aşınma gerçekleştirilir. Aşınma deney cihazı Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Zımpara üzerinde aşınan pim (Pin On Disk).

Aşınma deneyinden önce ve sonra her numunenin ağırlığı 0,1 mg hassasiyetle hassas terazide ölçülür ve numunelerin ağırlık kayıpları (ΔG) hesaplanır. Aşınma deneylerinde, ağırlık kayıpları (ΔG), piknometre yöntemiyle TS 1310'a göre ölçülen yoğunluklar kullanılarak;

$$\Delta V = \frac{\Delta G}{\rho} \quad (4.1)$$

Burada ;

ΔG : Ağırlık Kaybı

ΔV : Hacimsel Kayıp

ρ : Yoğunluk (gr/cm^3)

eşitliğine göre hacimsel kayba çevrilir. Elde edilen hacimsel kayıp değerleri de numunelerin kayma mesafesi (S) ile değişimini gösteren diyagramların eğiminden aşınma hızı,

$$W_r = \frac{\Delta V}{S} \quad (4.2)$$

bulunur. Burada; W_r : Aşınma Hızı (Aşınma Oranı), mm^3/m ; ΔV : Hacimsel Kayıp, mm^3 ; S: Kayma mesafesi, m'dir. Ayrıca yukarıdaki eşitlikten elde edilen aşınma hızı

değerlerinden numunelere uygulanan yük (P) ile değişimini gösteren diyagramların eğiminden de aşınma katsayısı

$$K = \frac{W_r}{\rho} \quad (4.3)$$

bulunabilir. Burada; K: Aşınma katsayısı, (mm³/Nm); W_r : Aşınma Hızı, (mm³/m); P: uygulanan yük (N) dur.

5. İSTENENLER

1–Deneyde kullanılan malzemenin yoğunluğunu hesaplayınız.

2–Malzemenin abraziv aşınma deneyi sonucunda farklı şerit zımparalardaki ve farklı yüklerdeki Hacimsel Kaybı ile Kayma mesafesi arasındaki ilişkiyi ifade eden bir grafik çiziniz, grafikten aşınma oranını bulunuz ve sonuçları irdeleyiniz.

3–Abraziv aşınma deneyi sonucunda Aşınma oranı ile tane boyutu arasındaki ilişki nasıldır. Açıklayınız.

6. REFERANSLAR

[1] KAYALI, E.S., ÇİMENÖĞLU, H., 1991, Malzemelerin Yapısı ve Mekanik Davranışları, İTÜ., Kimya-Metalurji Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul

[2] KAYALI, E.S., ÇİMENÖĞLU, H., ÜRGEN, M., TAPTIK, Y., ERUSLU, N., 1997, Hasar Analizi Seminer Notları, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, İstanbul

[3] RABINOWICZ, E., 1995, Friction and Wear of Materials, Second Edition, A.Wiley-Interscience Publication, printed in the U.S.A.

[4] HUTCHINGS, I.M., 1992, Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials-(Metallurgy and Materials Science Series), First Published in Great Britain

[5] GG 99-90, 1991, Standart Test Method For Wear Testing With A Pin –On-Disk Aparatus, ASTM Standart

[6] D2266-86, 1991, Standart Test Method For Wear Preventive Characteristics of Lubricating Grease (Four Ball Method), ASTM Standart

[7] <http://www.tribologists.com>