

A.III. AŞINMA TIPLERİ

A.III.1 GİRİŞ - AŞINMANIN EKONOMİK KONUMU

Teorik yönlerini incelemiş olduğumuz sürtünmeden ötürü oluşan aşınma, tüm endüstri kollarında "sinsi" bir tehlike olarak karşımızda durup zamanında ve sistematik önlem alınmadığı takdirde çok pahalıya mal olabilecek sonuçlara götürebilir. Konunun boyutları hakkında bir fikir vermiş olmak için sadece Federal Almanya' da aşınmanın 2 milyarı metalürji, 1,5 milyarı madencilik, 500 milyonu plastik imalât sanayileri ve 1 milyarı da öbür sanayi kolları olmak üzere 5 milyar DM' lik bir maliyet yüklediğini zikrederim. Bu husustaki ayrıntılara aşağıda "Tamir - bakım" bahsinde gireceğiz.

Bütün bu önemine rağmen, özellikle ülkemizde, konuya hâlâ yeterli dikkat sarf edilmemektedir. Bu itibarla aşınmanın ekonomik rolünü gözden geçirmekle başlayacağız.

Aşınmanın ekonomik rolü

Herhangi bir nesnenin faydasız hale gelmesinin üç yolu vardır: kullanılmaz hale gelmesi (modasının geçmesi), kırılma ve aşınma. Bittabi farklı nesne sınıflarında bu nedenlerin etkileri de farklı olur. Örneğin, bir bayan şapkasının modasının geçmesi bir hastahane derecesinin kırılma ve nihayet bir gramofon (pick-up) iğnesinin ucunun aşınması, bunların terk edilmelerine neden olur. Aslında bu terkedilmeye götüren olguların çoğu kez birlikte etki yaptıklarını görürüz. Böylece bir otomobil, eskimiş model (stilini kaybetmiş) veya bir kazada hasar görmüş olmasıyla ya da artık iyi çalışmaması sebebiyle satışa çıkarılır, işte bu üçüncü sebep, aşınma sonucu faydalılığını kaybetmeyi teşkil eder.

Aşınma, mekanik etki sonucu katı yüzeylerden malzeme kalkması, eksilmesidir.

Aşınma sürecinin bir nitel görünümünü, kalkan-eksilen malzeme miktarının çok küçük olması şeklindedir. Böylece de bir otomobilde modasının geçmişliği ve hasar kolaylıkla görülebilirse de aşınma, rastgele bir tetkikle tamamen görünmez halde olabilir. Gerçekten bir iki tonluk arabada tamamen hurdaya çıktığında, kayma temasında olan yüzeylerden sadece birkaç gram eksilmiştir. Her ne kadar kayan sistemlerde aşınma genellikle çok yavaş bir süreç ise de bu, çok kararlı ve süreklidir.

Bu söylediklerimiz, nesnelerin terk edilmelerine sebep olan etkenlerden aşınmanın önemini vurgulamaktadır. Çapraşık parçalarda gerçekten aşınma, en önemli mekanizma olmaktadır.

Konunun günümüze kadar ihmal edilmiş olmasına üç neden zikredilebilir. Bunlardan ilki;önceki zamanlarda aşınma bugüne göre, makine ve sair mekanizmaların faydalı ömürlerinin saptanmasında çok daha za önemli bir etken olmuş olmasıydı.

Nitekim 1760' ların bir buhar silindirini günümüz otomobilinin silindiriyle kıyasladığımızda, her ne kadar her iki makinenin beygir kuvveti aynı mertebelerde ise de, tasarımının tamamen farklı olduğu görülür. 1760' in silindiri hayli ılımlı buhar basıncı ile çalışıyordu ve her zaman en azından 6-7 mm işleme hatasıyla çalışıyordu; böyle olunca da 5-6 mm lik bir aşınma, performansta kendini fazlaca göstermiyordu. Oysa ki bildiğimiz gibi günümüz otomobilinde bu

koşullar tamamen değişiktir. Bunda, müsaade edilebilecek olan aşınma, çok dar sınırlar içinde belirlenmektedir.

İkinci olarak, aşınma oranlarının çoğunlukla çok aşağı olması ve yakın zamanlara kadar bunları uygun şekilde ölçecek olanağın bulunmaması zikredilebilir.

Bütün yapılabilen, deneylerden önce ve sonra, parçaların tartılmalarından ibaretti. Ancak sıradan mühendislik metallerinin radyo-isotoplarının ortaya çıkmalarıyla (1940'ler), araştırmacıların eline yeni bir olanak verilmiştir.

Üçüncü olarak, birçok mühendis ve bilim adamının bu konudaki tutumu zikredilebilir; aşınma o denli bir çapraşık ve hataya götürebilecek bir olgudur ki bunun üzerine eğilmek zaman kaybindan başka bir şey olmayıp yeni bir tasarımda yapılacak en iyi şey, bundan önceki denemelerden faydalanıp bir ömür deneyine girişmek ve gerisini tarihe bırakmaktır.

A.III.1.1 Aşınmanın kullanımı

Bu arada aşınmanın bazı gerçekten faydalı yönleri de bizi şaşırtmayacaktır.

Yüzeylerin meydana getirilmesi. Bir mamul eşyada bir yüzey meydana getirmenin birçok yöntemi, aşınma olgusunu kullanır. Önce, abrasif süreçler ailesi vardır ki bunlardan ege, abrasif kâğıtlar (zımpara) ve laplama ve parlatma çarklarındaki gevşek abrasif tanecikler sayılabilir.

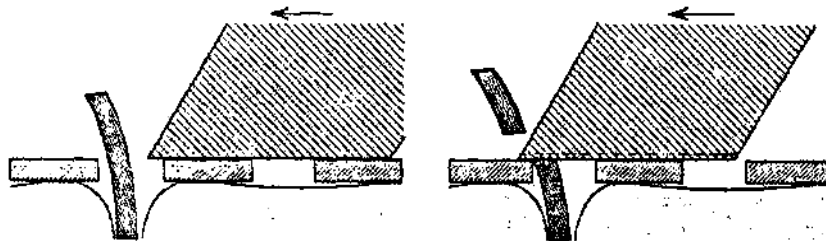
Bir yüzeyin bitmiş şeklini (finişini) değiştirmenin bir faydalı yöntemi de kum püskürtmedir.

Yazı. Bilgi kaydının birçok yolu, etkinlik için aşınma sürecine dayanır. Nitekim bir kalemin veya bir tebeşirin kullanımı, yapışkan aşınmanın vaki olmasına bağlıdır.

Bir lastik (veya plastik) silgi, yazı kalıntılarını yine bir yapışkan aşınma mekanizmasıyla kaldırır. Önce, kalemin karbon zerrecikleri bir yapışkan aşınma mekanizmasıyla silginin yüzeyine intikal eder ve sonra silginin yüzeyi bir yapışkan aşınma mekanizmasıyla kâğıda geçer ve arkasında temiz bir yüzey bırakır.

Keskin kenar-ağzların korunması. Kesme işlemlerinde kesici aletin bir keskin ağza sahip olması gerekir. Kesme sırasında ağız körlenecek olursa kesme artık vaki olmaz; süreç durdurulacak, ağız yeniden şekillendirilecektir (bilenecektir). Mamafih bazı durumlarda aşınma, sürekli olarak ağzı bileyecek şekilde davranır.

Elektrikli traş makinesi ve et kıyma makinesinde, alt yüzey boyunca yapışkan aşınma, kesme ağzını keskin tutacak şekilde iş görür (Şek. 87).



Şek. 87.- Faydalı aşınma, kendini bileyen traş makinesi bıçağında görülür. (Üstteki) kesme bıçağı ileri geri hareket ettiğinde, yüzeyindeki aşınma (kesik çizgi), mukabil yüzeyle yaylı baskı suretiyle yakın temas halinde bulunan kesme ağzını muhafaza eder.

Bir ikinci yöntem, çok zarif şekilde, kemirici hayvanlarda, örneğin tavşanda, görülür. Bu hayvanların kesici ön dişleri, dış kavisli yüzey boyunca bir sert mine ile kaplıyken iç tarafta

sadece bir yumuşak dentin vardır (Şek. 88). Böylece, daha yumuşak tarafta daha hızlı vaki olan abrazyon ve yapışkan aşınma, dişlerin keskinliğini devam ettirecek şekilde iş görür. Birkaç insan yapısı kesici alet, işbu kendini bileyen zarif prensibi kullanmış olup bunların arasında tungsten karbürü ile kaplı bıçaklar ve bir yanı sertleştirilmiş saban demirleri zikredilir.



Şek. 88.- Kemirici hayvanların dişleri, kavisli dış yüzeyde bir sert mine (kalın çizgi) ve içten bir yumuşak dentini haizdir. Bunun sonucunda aşınma süreci iç tarafta daha hızlı gelişir ve bir sert mine kesici ucunu serbest bırakır ki bu da dişin sivri şeklini muhafaza etme eğiliminde olur.

Aşınmanın teşhiste kullanımı. Birçok sistemde aşınma olgusunu, sistemin çalışması sırasında vaki olan bazı olayların gelişmesini tetkik etmekte kullanmak mümkündür. Aşınma sürecinin bu yolda kullanılmasının yararı, gözlemlerin sistem çalışmazken ve hattâ, kırılmış sistemlerde artık çalışamaz durumlarda yürütülebilme-sindedir. Böylece, sistemin komponentlerinin aşınma izlerinin ve özellikle, yanlış yerde aşınmanın saptanması, kırılma analizinin önemli bir bölümü olmaktadır.

Günlük yaşantımızdaki örnekler arasında ayakkabı taban ve topuklarının tetkikinin doğru yürünüp yürünmediğinin ve aynı şekilde, otomobil lastiklerindeki aşınma şeklinin incelenmesinin tekerlerin düz olup olmalarının saptanması zikredilebilir.

Aşınma tipleri

Modern araştırmalar, çoğu kez aşınma şekilleri olarak sınıflandırılan birkaç tali sürecin yanısıra dört ana aşınma şeklini tespit etmiştir. Her aşınma süreci kendi öz kanununa uymakla birlikte, işleri karıştırmak üzere de bir çok vesileyle, diğer süreçleri etkiler. Bu itibarla araştırmacı bir çapraşık durumu açmak ve aşınmanın başlıca nedenini bulmak zorundadır.

Bir başka yaklaşım, kayan numunelerin yüzeylerini tetkik etmek olup bu, aşınma vaki olmadan varılmasının gerektiği nihaî aşamanın saptanmasını mümkün kılar. Nitekim, bir temiz düzgün bakır yüzeyin, aynı şekilde temiz düzgün çelik yüzey üzerinde kayması halinde, her bir yüzeyden öbürüne tanecik intikali ve her bir yüzeyin öbürü tarafından çizilmesi vaki olur. Aşınma türünün yüzeylerin tetkiki suretiyle mütalâa edilmesinde karar, bunun abrazyon tipte bir aşınma olduğu yolunda olacaktır şöyle ki çiziklerin oluşması, bir abrazyon etkinin işareti olmaktadır. Oysa ki gerçekte bu bir yapışkan aşınmanın örneği olup tanecik ve çiziklerin gerçek nedeni, yapışkan etki ile bir yüzeyden öbürüne tanecik intikalinden ibarettir.

Yapışkan aşınma Bu aşınma şekli, iki düzgün cismin birbiri üzerinde kayması ve bir yüzeyden parçacıkların kopup öbürüne yapışması halinde vaki olur. Daha sonra bu parçacıklar, üzerlerinde oluştukları yüzeyden çıkıp ilk yüzeye geri gelebilirler, ya da gevşek aşınma zerrecikleri teşkil edebilirler.

Yapışkan aşınma, atomların çok yakın temasa geldiği her yerde meydana gelir. Kayma sırasında yüzeylerden birinde bir küçük bölüm öbür yüzeydeki benzer bir bölümlle temasa gelir ve küçük ama sınırlı ihtimalle, temas kırıldığında, kırılma ilk yüzey arasında değil, malzemelerin birinde vaki olur. Bunun sonucunda intikal eden bir küçük parça oluşacaktır.

Abrasif aşınma. Bu, pürüzlü bir sert yüzeyin, ya da sert tanecikler içeren bir yumuşak yüzeyin daha yumuşak bir yüzey üzerinde kayıp bunda bir dizi oluk açması şeklinde vaki olan aşınmadır. Oluklardan çıkan malzeme, aşınma tanecikleri şeklinde olup genellikle gevşek olurlar.

Korozif aşınma. Bu, aşınma şekli, kaymanın bir korozif ortamda vaki olması halinde meydana gelir. Kayma olmadığı zaman, korozyon ürünleri yüzeyler üzerinde bir film oluştururlar; bu film korozyonu yavaşlatır ve hatta onu durdurur; ama kayma bu filmi dışlar şöyle ki korozyonun atakı devam eder.

Yüzey yorulma aşınması. Bu aşınma şekli bir iz üzerinde tekrarlanan kayma veya yuvarlanma sırasında gözlenir. Malzemelerin maruz kaldıkları tekrarlanan yüklenme ve boşalma, yüzey ya da yüzey altı çatlakları hasıl edebilir şöyle ki bunun sonucunda yüzeyde iri parçalar oluşumu ile kırılma vaki olabilir ve bu parçalar yüzeyde büyük çukurlar bırakırlar. Benzer bir aşınma şekli de iri parçalar halinde kırılan gevşek malzemelerde görülür.

A.III.1.2 Aşınma şekillerinin göreceli önemi

En az dört aşınma şeklinin varlığı karşısında, kayma teması halinde bulunan malzemelerin her şeye rağmen bir faydalı ömre sahip bulunmaları dikkate değer gibidir. Bununla birlikte bir tanesi dışında bütün aşınma şekillerinin yok edilebileceği, o bir tanesinin de büyük ölçüde azaltılabileceği bilinmelidir.

Abrasif aşınma sadece bir sert, pürüzlü yüzeyin mevcut olması ya da sert abrasif tanelerin kayan iki daha yumuşak yüzey arasında bulunmaları hallerinde vaki olur. Sistemimizde sert yüzeylerin çok düzgün olmaları sağlandığında ve sistemin içine abrasif tanelerin bulunması önlendiğinde, abrasif aşınma yok edilebilir. Aynı şekilde, kayan malzemelerin, içinde çalıştıkları atmosfer ya da yağlayıcılarla kimyasal reaksiyona girmemeleri durumunda korosif aşınma önlenmiş olur.

Yüzey yorulma aşınması sadece, kayan yüzeyde aynı malzeme hacminin birçok kez gerilip gerilmenin kalkması halinde meydana gelir ve dolayısıyla öbür aşınma şekillerinin vaki olduğu sistemlerde görülmez şöyle ki bu durumda bu sonuncular, malzeme yorulmaya vakit bulamadan yüzeylerin üstünden malzeme kaldırırlar.

Biz bu yorulma aşınmasına çimento fabrikalarında döner fırın çemberlerinin üzerinde döndükleri merdane çiftlerinde rastladık: ağır baskı sonucu merdanelerin temas yüzeylerinden pul pul kalkmalar vaki oluyordu (çeliğin dökümünde manganez oranı artırılacak olayın önüne geçilmişti.)

Gözlemler sonucunda yapışkan aşınmanın en muttat, en az önlenabilir aşınma şekli olduğu ortaya çıkmıştır. Bildiğimiz kadarıyla, birbiriyle temas halinde iki katı cismin kaydığı

bütün mekanik sistemlerde bu aşınma türü evrensel olmaktadır. Yok edilemez, sadece azaltılabilir.

Her ne kadar yapışkan aşınma, aşınmanın en evrensel şekli ise de bunun muhakkak en tehlikeli olmasını sonuçlandırmaz şöyle ki yapışkan aşınma derecesi genellikle çok düşüktür. Öbür aşınma şekillerinin, örneğin abrasif aşınmanın beklenmedik anda ortaya çıkması çoğu kez beklenmedik yüksek aşınma oranları ve mekanizmanın erken kırılmasını hasil eder.

A.III.1.3 Aşınmanın sair şekilleri

Bu başlık altında kemirilme (fretting), kavitasyon ve erozyon irdelenecektir.

Kemirilme. Bu, aşınmanın bir aslı şekli değil de öbür aşınma mekanizmalarının salınımlı kayma koşulları altında Vaki olan bir durum gibi görünmektedir. Bu aşınma şekli, temas eden yüzeylerin küçük amplitütlü salınımlı teğetsel yer değiştirmeye uğramaları halinde ortaya çıkar. Bunun bir tipik örneği, kardan şaftı olup bunda, ucundaki diş, şaftın her dönüşünde küçük bir teğetsel ileri geri hareketine uğrar. Bu hareketin sonucu olarak, yapışkan çelik zerrecikler meydana gelir (yapışkan aşınma) ve bunlar $Fe_2 O_3$ şeklinde oksitlenir. Bu ise abrasif olup yüzeylerde abrasif aşınmayı meydana getirir. Özetle bu, yapışkan, korosif ve abrasif aşınma şekillerinin aynı zamanda mevcut oldukları hal olmaktadır.

Kemirilme çoğu kez şaşırtıcı bir aşınma tip eder zira onu hasil eden hareket o denli (saykl başına) küçüktür ki, meydana getirdiği aşınma döküntüsünün topluca geniş hacmini peşinen kestirmek zor olabilmektedir.

Kemirilmenin üstesinden gelmek için genel bir öneride bulunmak kolay değildir şöyle ki başlıca değişkenlerin herhangi birinin değiştirilmesi iyi ya da kötü sonuç verebilir; dolayısıyla tahmini olanaksızdır. Nitekim dikey yük artırıldığında bu, yüzey arasında kaymayı önlüyorsa, iyidir; ama yüzeyler arası kayma aynı kalırsa fenadır ve tüm aşınma derecesi orantılı olarak artar...

Erozyon. Bir nesneye çarpan keskin parçacıkların meydana getirdikleri hasar, abrazyonun hasil ettiği aynıdır. Erozyonla başlıca fark, bu sonuncusunda meydana gelen yüzey pürüzlülüğü, göreceli olarak daha büyük olabilir zira çarpan bir parçacık yüzey üzerinde bir alçak noktadan kolaylıkla malzeme kaldırabilir.

Kavitasyon. Bir sıvı bölümünün çekme gerilmesi altında olması halinde sıvı kaynayabilir. Daha sonra habbe aniden çöküp bir mekanik darbe hasil edebilir. Bunun yakınında olan katı yüzey bir parçacığın kaldırılmasına götüren bu darbeden hasar görebilir. Bu süreç, kavitasyon olmaktadır.

Kavitasyon, yüzey yorulma aşınmasına çok yakın olup ve bu sonuncusuna dayanıklı malzemeler, ezcümle sert ama gevrek olmayanlar, kavitasyona dayanıklıdır. Bununla birlikte, kavitasyona dayanıklılık için sıvı tarafından korozyon atağına da mukavemet gerekli olmaktadır.

A.III.1.4 Aşınmanın ölçümü

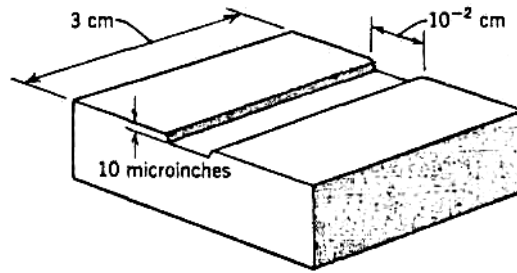
Aşınmanın tetkikinin en mutad yolu, kaymadan önce ve sonra, durumu gözleyip malzemeler üzerindeki aşınmaya atfedilen değişimleri saptamaktır. Aşınmanın belirlenmesi için genellikle tartma, mekanik ölçüm veya yüzey görünümünün optik muayenesi tekniklerinden biri kullanılır.

Tartı yöntemi. Bu, genellikle, aşınmayı saptanmanın en basit yoludur şöyle ki tek bir sayı şeklinde toplam aşınma miktarını verir. Ancak çoğu kez kayan yüzeyler üzerinde aşınmanın dağılımı ile ilgilenildiğinden tartı yöntemi uygun düşmemektedir. Tartı işine girişmek için, tetkik edilecek komponent kayma mekanizmasından sökülecek ve özenle temizlenecektir (metallerde genellikle trikloretilen veya aseton kullanılır); tartı bir kimyasal terazide olur.

Tartı yönteminin saptanabilirlik sınırı genellikle 10^{-4} gr civarındadır. Buna üç faktör engel çıkarır : malzemelerin her zaman yeterince temizlenememesi, ürün üzerinde tortu kalabileceğinden, sonuca gayrimuayyenlik getirir; komponentimizde, kayma mekanizması içinde hızlandığı noktalarda, yönü peşinen kestirilemeyen malzeme intikali vaki olur; ve nihayet aşınma ölçümlerinde kullanılan kimyasal terazinin hassasiyet sınırı zikredilir.

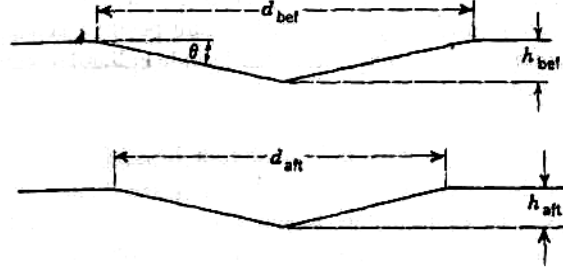
Mekanik Ölçüm Yöntemi. Tipik olarak mikrometrenin hassasiyet sınırı yaklaşık 10^{-3} olup 10^{-2} cm² lik bir yüzey ilâvesi 10^{-4} gr'a kadar ölçme olanağı sağlar. Mamafih genellikle mekanik ölçüm büyük boyutlu kayar komponentlere (örneğin otomobil motoru silindirleri) uygulanır ve saptanabilen minimum aşınma miktarı çok daha büyük olur.

Aşınmanın ölçmenin bir alternatif yöntemi, özellikle aşınmanın dar bir şeride inhisar etmesi halinde kullanılıp bir profilmetre ile şeritin bir profilini çıkarmak ve kazınmış malzeme miktarını tahmin etmekten ibarettir. 3 cm uzunluk, 10^{-2} cm genişlik ve 10 mikroiç derinlikte bir şeritte (şek.89) 10^{-5} gr'lık bir ağırlık kaybı saptanabilir.



Şek.89.- Aşınmayı ölçmek için profilmetre yöntemi

Optik yöntem . Bir optik teknik kullanılarak aşınmayı ölçmenin birçok yöntemi vardır. Bunlardan biri bir yüzey üzerine küçük bir mikrosertlik çukuru teşkil edip kayma sırasında bunun boyutunun nasıl azaldığını incelemekten ibarettir (Şek.90). Optik yöntemin yatay saptanabilirlik sınırı



Şek.90.- Aşınmayı ölçmenin çukur teşkil etme yöntemi. Aşınma derinliği= $h_{bef} - h_{aft} = (d_{bef} - d_{aft}) \text{tg } \theta / 2$

10^{-4} cm civarında olup bu, 1/5 meylinde bir çukur (iz) için 10^{-5} cm lik bir derinlik sınırıdır. Böylece de yukarıda sözü edilmiş profilmetre yönteminin sınırlamalarıyla aynı sınırlamalarda aşınma ölçümü yapılabilir gibidir.

Radioaküf izleyicilerle aşınmanın ölçümü, aşınmanın, önce-sonra ölçümü değil, doğrudan aşınmanın vaki olduğu anda ölçümü olanağını sağlar. Bunun ayrıntılarına girmeyeceğiz. Sadece bunun 10^{-9} ilâ 10^{-12} gr mertebesinde saptanabilirlik sınırı verdiğini söylemekle yetineceğiz.