

### A.III.7 ABRASÎF VE SAÎR AŞINMA TİPLERİ

Bu aşınma türü bir sert, pürüzlü yüzeyin daha yumuşak bir yüzey üzerinde kaydığı, ondan kazıldığı ve oluklar dizisi açtığı hallerde vaki olur. Başlangıçta oluklardaki malzeme normal olarak gevşek parçacıklar halinde kalkar.

Abrasif aşınma bir ölçüde farklı bir durumda, sert, abrasif parçacıkların kayan iki yüzey arasına ithal edilip bunlardan malzeme aşındırmaları halinde de ortaya çıkar. Bu abrasif aşınma şeklinin mekanizması, bir abrasif taneciğın geçici olarak kayan yüzeylerden birine yapışıp ya da onda yataklanıp öbüründe bir oluk açması şeklinde düşünülmektedir. Bu sözü edilen iki tip aşınma sırasıyla iki cisimli ve üç cisimli aşınma süreci olarak anılmaktadır.

İki cisimli türde abrasif aşınma, sert, kayan yüzeyin düzgün olması halinde vaki olmaz. Aynı şekilde üç cisimli abrasif aşınma, sistem içindeki parçacıkların küçük veya bunların kayan malzemelerden daha yumuşak olmaları durumunda meydana gelmez. Bu itibarla bir kayan sistemin, hiç değilse başlarda, abrasif aşınmadan korunmuş olarak tertiplenmesi genellikle mümkündür. Mamafih, kayma bir kez başlayınca, abrasif aşınma bir sorun halini alır şöyle ki aşınma kalıntıları, çoğu kez oksitlenmeyle daha sertleşmiş olarak, başka aşınma süreçlerinin sonucu, sistem içinde birikmeye başlar. Başka durumlarda bulaşıcı parçacıklar kayma sistemi içine çevreden girebilir.

Abrasif aşınma, bildiğimiz gibi, malzeme bitirme işlemlerinde geniş ölçüde kullanılmaktadır. İki cisimli abrasif aşınma türü eğeler, zımpara kâğıdı ve bezi ve abrasif taşlar; üç cisimli abrasif aşınma türü de laplama ve parlatmada kullanılır.

#### *Abrasif aşınmanın nicel ifadesi*

Abrasif aşınmanın bir nicel ifadesini türetebilmek için, sert yüzey üzerindeki çıkıntıların konik olduğu bir basit model (şek. 116) düşünülebilir. Şimdilik kendimizi bir AL yükünü taşıyan tek bir çıkıntıyla sınırlayarak, (çok kullanmış olduğumuz  $Ar = L/p$  denklemi gereğince) bunun daha yumuşak yüzeye kadar nüfuz

$$\Delta L = p \cdot \Delta A = p \cdot \pi r^2$$

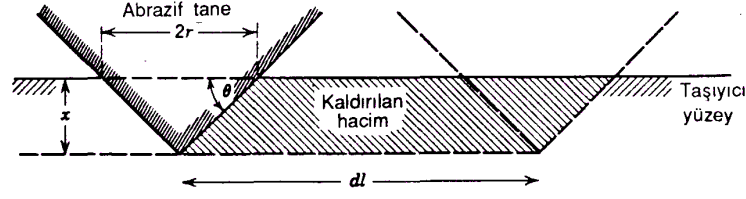
buluruz; birada  $p$ , daha yumuşak yüzeyin sertliğidir.

Nüfuz eden koninin dik düzlemde izdüşüm alanı  $rx$  dir. Böylece koni bir  $di$  mesafesi kadar hareket ettiğinde bir  $dV$  kadar hacmi önünden süpürecektir:

$$dV = r \cdot x \cdot dl = r^2 \operatorname{tg} \theta \cdot dl = \frac{\Delta L \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot dl}{\pi p}$$

$$\frac{dV}{dl} = \frac{\Delta L \cdot \operatorname{tg} \theta}{\pi p}$$

(1)



Şek. 116.- Bir koninin bir yüzeyden malzeme kaldırdığı bir abrasif aşınma modeli. Bu model büyük ölçüde basitleştirmeyi temsil eder.

Şimdi bütün çıkıntuların iştirakini ekleyecek olursak

$$\frac{dV}{dl} = \frac{L \cdot \overline{\text{tg } \theta}}{\pi p}$$

(2) elde edilir. Burada

$\overline{\text{tg } \theta}$ , bütün bireysel konilerin  $\text{tg } \theta$  değerlerinin bir ağırlık ortalamasıdır.

Bu denklem, tamamen rastlantısal olarak, daha öncelerdeki (6) ile aynı şekli haiz olup yerini almış.

$\text{tg } \theta / \pi k / 3$  ün Dolayısıyla abrasif aşınma,  $K_{abr}$ 'nun, varsayımsal konilerin pürüzlülük değerlerine,

$$k_{abr} = 0.96 \overline{\text{tg } \theta} \quad (3)$$

Tabol 41.- Çeşitli araştırmacılara göre  $k$  aşınma sabitesi

Aşınma türü	Boyut ( $\mu$ )	Malzemeler $k$ ( $\times 10^{-3}$ )	
2 cisimli	-	Birçok	180
2 cisimli	110	Birçok	150
2 cisimli	40 - 150	Birçok	120
2 cisimli	260	Çelik	80
2 cisimli	80	Birçok	24
2 cisimli	70	Pirinç	16
3 cisimli	150	Çelik	6
3 cisimli	80	Çelik	4,5
3 cisimli	40	Birçok	2

denklemleri mucibince bağlanacak değerleri hesaplanırken sözü edilen (6) denklemleri çerçevesinde tahlil edilecektir.

Kabr'nun tipik değerleri Tablo 41' de verilmiştir. Buradan iki cisimli durumlarda aşınma katsayısının  $2 \cdot 10^{-1}$  ilâ  $2 \cdot 10^{-2}$  arasında olup üç cisimli durumlarda ise bir büyüklük mertebesinde daha küçük, ezcümle  $10^{-1}$  ilâ  $10^{-2}$  oldukları görülür. Abrasuonu mucip geometrinin bu her iki durumda farklı olduğunu gösterecek bir şey olmadığına göre, üç cisimli durumda abrasif taneciklerin, sürtünme sürecinin ancak % 10' unda kayıp yüzeyleri aşındırdığı sanılır. Bu keyfiyet, üç cisimli abrasyon sırasında ölçülmüş olan alçak sürtünme katsayısını (iki cisimli abrazyonda  $= 0,60$  a karşı  $= 0,25$ ) izah eder.

Araştırmacılar, (2) denkleminin çok ileri bir basitleştirme olduğunu, şöyle ki bunda, bir tipik silisyum karbürü kâğıdında,  $tg \ 9$  nun  $1/3$  civarında bir değeri haiz olduğunu, ama zampara taneciklerinin sadece  $1/8$  inin kesme durumu da olduğunu (öbürlerinin yükü taşıdıklarını, ama kesmediklerini) göstermişlerdir. Buna göre bu durumda  $it$  nin topluca değeri,  $1/3 \times 1/8$  e, ya da yaklaşık % 4'e düşer.

### ***Abrasif aşınma denkleminin deneysel kanıtı***

Her ne kadar abrasif aşınma sürecinin (2) denkleminde daha tam ve çapraşık formülleri varsa da, gözlenen aşınma derecesinin gerçekten yük, kayma mesafesiyle doğru orantılı, sertlikle ters orantılı olduğu iyice saptanmış bir olgu olarak gözükmektedir.

Sertliğin etkisi Kruschov<sup>1</sup> un çalışmasında (1957) açıkça gösterilmiştir; bunda abrasif aşınma derecesinin tersinin, yani (e aşınma mukavemeti diye adlandırdığı)  $dI/dVnm$ , çok sayıda

saf metalde sertlikle orantılı olduğu kanıtlanıyor. Aynı sonuçlara, üç cisimli koşullarda, başka araştırmacılar tarafından varılmıştır.

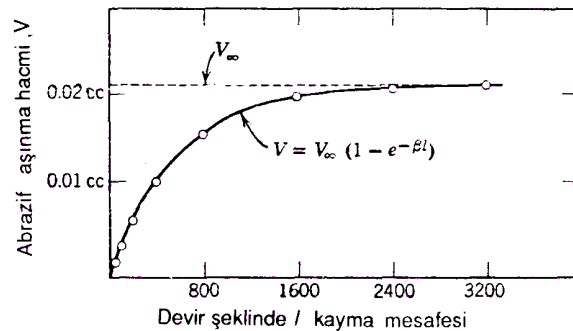
Abrasif aşınmanın kayma mesafesine bağımlılığı oldukça daha çapraşıktır. Taze zampara kâğıdı ya da taze abrasif zerreciklerle abrasyonun daima yer aldığı durumlarda aşınma, her ne kadar bazen aşınma derecesinin gayri tabii şekilde alçak olduğu bir başlangıç dönemi varsa da sürekli ve düzenli ölçüde devam eder. Bu başlangıç dönemi sırasında bazı abrasif parçacıklar, aşınan yüzeye yapışır.

Ama kayan sistemin, kayma fiili sürdükçe tekrar tekrar kullanılan sınırlı miktarda abrasif içermesi halinde, aşınma derecesi, kayma sürdükçe, azalma eğilimi arz eder. Mulhearn ve Samuels (1962), çeliğin silisyum karbürü zampara kâğıdı ile aşındırıldığında, aşınma derecesini zamanın bir fonksiyonu olarak tetkik etmişler ve verilerin

$$V = V_{\infty} (1 - e^{-\beta l}) \quad (3)$$

şeklinde bir denkleme uyduğunu bulmuşlardır. Burada  $V^{\wedge}$ , kaymanın sonsuza dek devam etmesi halinde abrasyon yoluyla kaldırılan toplam metal hacmi,  $f_i$  da bir sabitedir (Şek. 117).

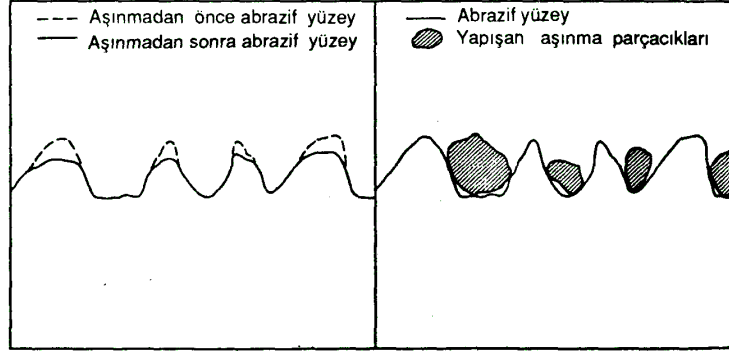
(4) denklemine göre



Şek. 117.- Mulhearn ve Samuels' in verileri. 220 grade siliyum karbürü kâğıt üstünde çelik.

( $dV/dl$ ) aşınma derecesi başlangıçta bir sabit derecede olup tedricen sıfıra düşer.

Adı geçen araştırmacılar bu muhtemel düşüşü, abrasif taneciklerin körleşmelerine bağlıyorlar (şek. 118). Muhtemelen mevcut olan bir başka etken



Şek. 118.- Abrasif yüzeyin aşınmadan önce ve sonra, körleşmeyi gösteren varsayımsal görüntüsü.

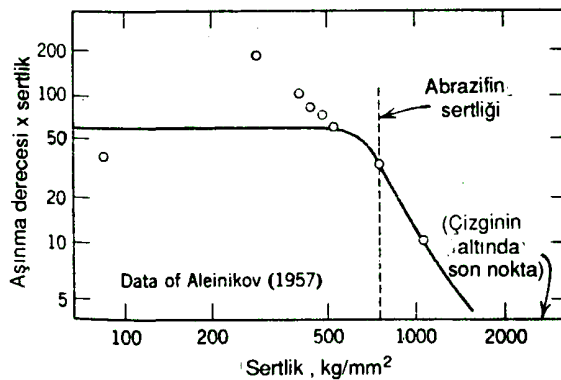
Şek. 119.- Aşınma artıklarıyla tıkanmış varsayımsal abrazif yüzey.

de, aşındırılmış malzemeden çıkmış parçacıkların, kâğıdı tıkamalarıdır.

Bu aşınma artıkları muhtemelen malzemeyi kâğıttaki abrazif taneler düzeyinin üstüne çıkarıyor ki bu noktada abrazif fiil duracaktır (şek. 119). Bu izaha uygun olarak yine bu araştırmacılara göre abrazif etki, ince grade zımparada, kalın grade' li-sine göre çok daha hızla durmaktadır.

#### A.III.7.1 Abrasif aşınma derecesi üzerine sertliğin etkisi

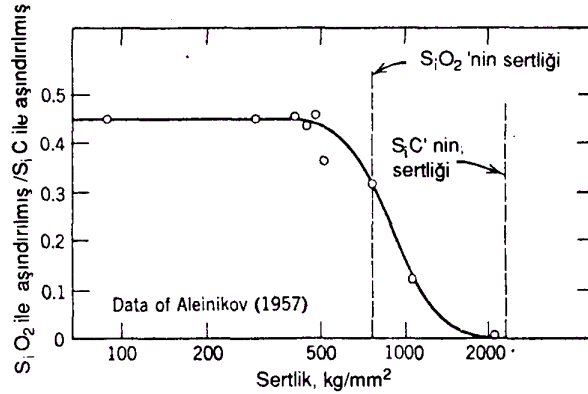
Yukarda gördüğümüz gibi herhangi bir belli aşındırıcı kullanıldığında bir yüzeyin abrazif aşınma derecesi, yüzeyin sertliği ile ters orantılıdır. Dolayısıyla bir aşınma derecesi x sertlik çarpımı 'nın sertliğe karşı grafiği bir yatay çizgi olmalıdır (şek.120); pratikte grafik belli bir noktaya kadar bir yatay çizgi olup bu noktadan itibaren çok belirgin şekilde düşmektedir. Orta sertlikte bir abrazifin hasil ettiği aşınmanın çok sert bir abrazifin hasil ettiğine oranının grafiği, abrazifin sertliğini aşmanın etkisini açıkça gösterir (şek. 121).



Şek. 120.- Aşındırılan malzemenin abraziften daha sert olması halinde aşınma derecesi x sertlik çarpımı aniden düşmektedir.

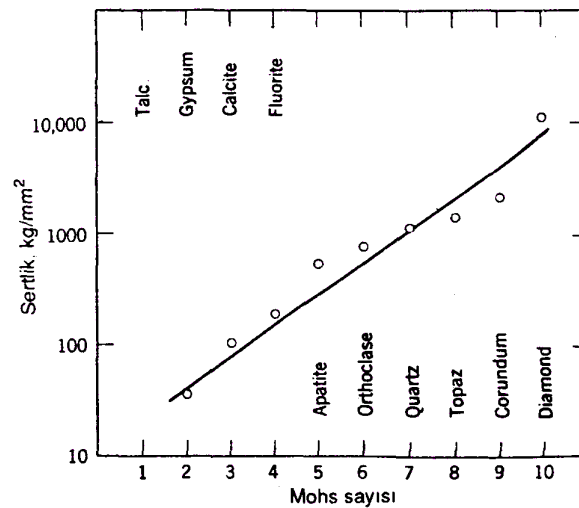
Abrasif aşınma derecesinin düştüğü sertlik değeri, abrazif ortamın sertliğine çok yakındır. Biraz düşününce bunun böyle olacağı görülür. Hiçbir abrazifin kendinden daha sert birşeyi kesmeyeceği daima akılda tutulacaktır. Bir abrazif aşınma istendiğinde, abrazif malzeme, aşındırılacak yüzeyden daha sert olacak ama bu sertlik farkı aşırı olmayacaktır. Abrasif aşınma

istenmediğinde, kayan yüzeyleri abrasiften daha sert yapmak yeterli olur. Bu bağlamda en mutat abrasif bulaştırıcının kum ( $\text{Si O}_2$ ) olduğu (sertliği  $800 \text{ kg/mm}^2$ ) hatırlanacaktır. En mutat mühendislik malzemesi ise çelik olup bunun sertliği 200 ila  $1000 \text{ kg/mm}$  arasında değişir. Bu itibarla çok sert bir çeliği kum aşındıramaz.



Şek. 121.-  $\text{Si O}_2$  ve  $\text{Si C}$  abrasiflerinin hasıl ettikleri aşınmanın kıyaslanması.  $\text{Si O}_2$  den çok daha sert yüzeyler aşındırıldığında oran sıfıra düşer.

Daha önce mülâhaza edilmiş abrasif aşınma sürecine sertlik sınırlaması, mineralo-jistlerce geniş ölçüde kullanılan ünlü Mohs sertlik skalasının esasını teşkil eder. Bir A minerali B mineralinden daha sertse, A B yi çizer, yani aşındırır, ama karşılığında çizilmez. Şek. 122'de Mohs ile Vickers sertlik skalaları kıyaslanması görülür

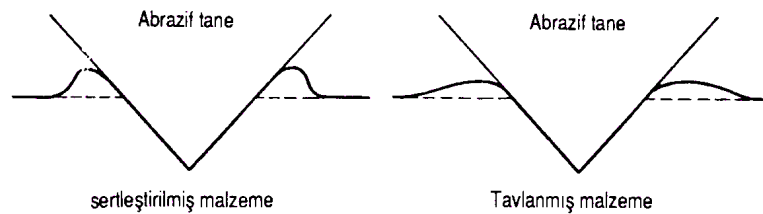


Şek. 122.- Mohs sayısının bir fonksiyonu olarak senlik grafiği

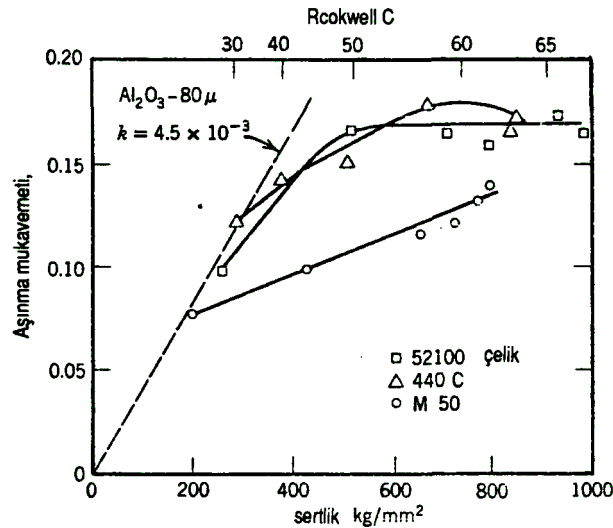
Burada, pratik açıdan önemli olan bir husus belirtilecektir: çelik alaşımları kullanıldığında, sertlik artışı beraberinde aşınma mukavemetinde de bir artışı getirmekle birlikte, bu artış, (2) denkleminde gösterildiği kadar büyük olmamaktadır (şek. 123). Buradan, yumuşak koşulda çelik için noktaların kesik çizgi üzerinde bulunduğu, ama çeliğin daha sert değişimlerinin bu çizginin iyice altına düştüğü görülür.

*Bütünüyle çeliğin aşınmaya mukavemeti, sertliğin yaklaşık 113 üssü kadar değişir* Bunun izahı güçlüğüne koruyor, şöyle ki işbu gayri tabii davranış için muhtemelen tek bir sebep yoktur ve çok sayıda faktörün dikkate alınması gerekir. Önce, gevreklik faktörü gelir. Bir malzeme sertleştirildiğinde genellikle daha gevrek hale gelir; ve dolayısıyla abrasyon sırasında, aşınma oluşunun geometrik boyutundan daha büyük olan bir aşınma parçacığının hasil olması mümkündür. Gerçekten, çok sert, gevrek çelik numunelerinde yüksek aşınma oranları gözlenmiştir.

Bunların dışında bir de izin şekli sorunu vardır. Tavlanmış metallerde bir sertlik izinin ilk yüzey üzerinde, izin epey uzağında bir çıkıntı teşkil ettiği, oysa ki sertleştirilmiş metallerde, çıkıntı izin çok yakınında oluşur (şek. 124). Abrasif aşınma deneyinde bu etki, sertleştirilmiş malzemelerde kaldırılan hacmi artırır; tavlanmış malzemelerde ise bu hacim aynı kalır. Bu faktörler, ve belki daha başkaları, sertleştirilmiş metallerin sertliği ile aşınma mukavemetinin kesrî artışını hasil etmek için birleşmektedirler



Şek. 124.- Bir sertleştirilmiş ve bir tavlanmış malzemede bir abrasif tanenin izinin şematik gösterilişi

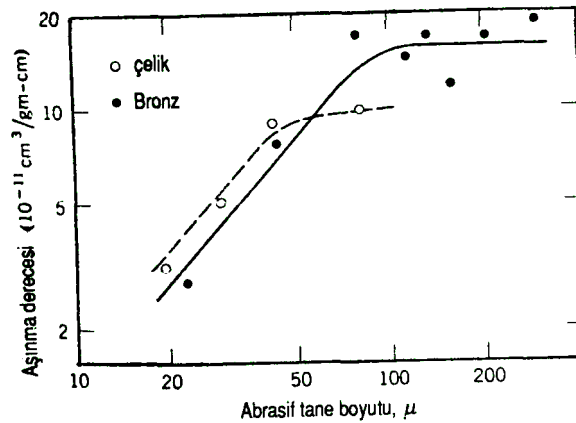


Şek. 123.- Çeşitli yollarla ısıl işleme tâbi tutulmuş üç yatak çeliğinde sertliğin fonksiyonu olarak aşınma mukavemeti

### A.III.7.2 Abrasif aşınma derecesi üzerinde abrasif tanecik boyutunun etkisi

Malzemelerle abrasif türü aynı kalmak kaydıyla, abrasifin boyutunun değişmesi halinde bu boyutun öyle bir kritik değeri vardır ki bunun üzerinde, aşınma derecesi abrasif parçacığın

boyutundan bağımsız, altında ise aşınma derecesi parçacık boyutuna sıkıca bağlı olur. Tipik veriler şek.125' de gösterilmiştir.

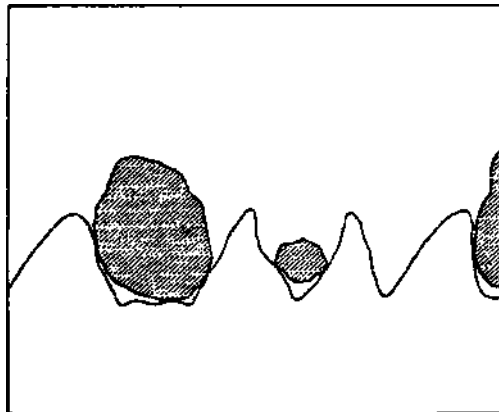


Şek. 125.- İki metalin, abrasif tane boyutunun fonksiyonu olarak aşınma derecesi

Bu davranışın izahında, (2) denkleminde abrasif parçacığın boyutunun belirgin şekilde dahil bulunmadığı kaydedilir, bununla birlikte  $t\theta$  pürüzlülük faktörünün boyuta bağlı olabileceği kolaylıkla idrak edilebilir. Yukarıdaki deneysel veriler, iri abrasif parçacıklarla, abrasif iz bırakıcıların biçiminin, parçacığın boyutuna bağlı olmadığını ve dolayısıyla de topluca aşınma derecesinin parçacık boyutundan bağımsız olduğunu telkin eder.

Küçük parçacıkların kullanılmaları halinde aşınma derecesinin azalması çok çeşitli şekillerde izah edilmiştir; bu izah tarzları esasta başlıca iki kategoride toplanmışlardır: ilki, küçük parçacıklarla iz bırakıcının geometrisinin farklı oluşu, öbürü de, küçük abrasif parçacıklarla, aşınma artıkları tarafından sistemin tıkanması düşüncesidir.

İkinci kategori ağırlık kazanıp vaki olan, abrasifin tıkanmasından (şek. 119) çok abrasifin öbür yüzeyle temasını kesen iri parçacıkların oluşmasıdır (şek. 126). Bu iri parçacıklar, abrasif fiille birlikte vaki olan yapışkan aşınma sürecinden hasil olurlar. Bu yapışkan aşınma parçacıkları, abrasif fiille karışma gücüne sahiptirler. Daha önceleri söylemiş olduklarımızdan, *iki cisimli* tipte abrazyonla karışan *yapışkan* parçacıkların boyutu 24.000  $y_{ab} p$  mertebesinde, buna karşılık *üç cisimli* abrazyonu önleyebilen *gevşek* parçacıklarınınki yaklaşık 60.000  $W_{ab} p$  dir.





Şek. 126.- iri aşınma parçacıklarının abrasif fiili önlediği varsayımsal abrasif yüzey

### ***A.III.7.3 Atmosferin rutubet içeriği ve yağlamanın abrasif aşınma üzerine etkisi***

Yazın yapılmış abrasif aşınma deneylerinin kış aylarında yapılanlara göre % 10 ilâ 20 kadar daha yüksek aşınma dereceleri verdiği gözlenmiştir. Bu, su buharının etkisine bağlanmaktadır şöyle ki laboratuvar havasının rutubeti yazın kışa göre daha yüksektir.

Çeşitli yağlama yağları kayan yüzeylere ve abrasife sürüldüğünde abrasif aşınmanın 2 ilâ 4 katına çıktığı deneysel olarak saptanmıştır. Yağlayıcının etkisi, aşınma artıklarını sistemden daha tam olarak süpürmek ve dolayısıyla abrazyon fiilinin etkinliğini artırmak olmalıdır. Su buharının da, az dahi olsa çelik yüzey üzerinde yağlayıcı rolü oynadığı bilinir. Dolayısıyla bunun etkisi muhtemelen, aşağı derecede olmak üzere, yağlama yağıninkine benzemektedir.