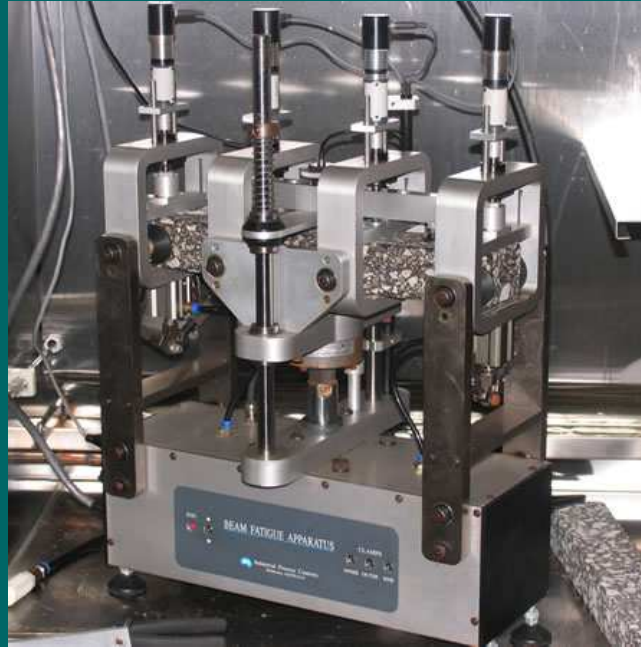


YORULMA HASARLARI

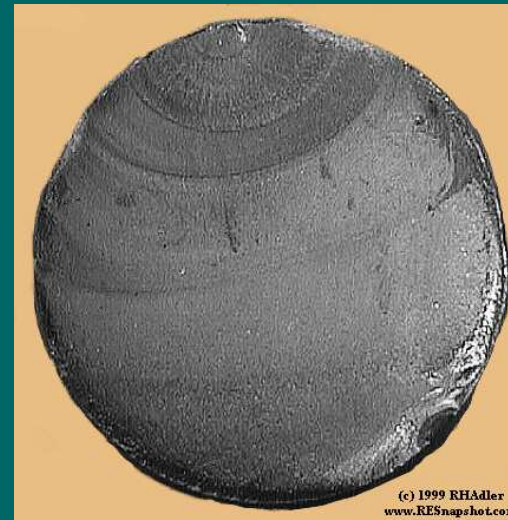
YORULMA HASARLARI

- **Yorulma nedir?**

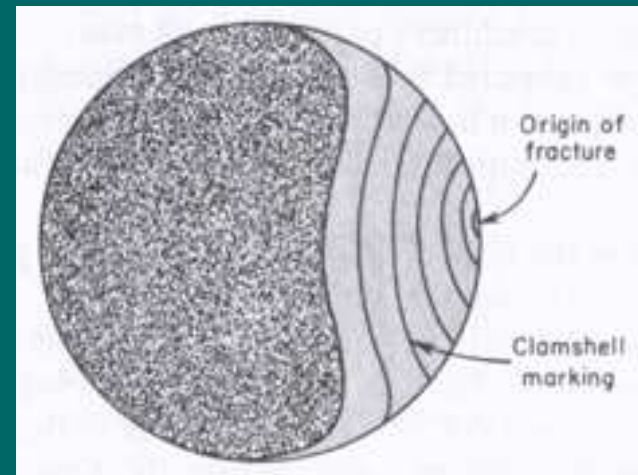
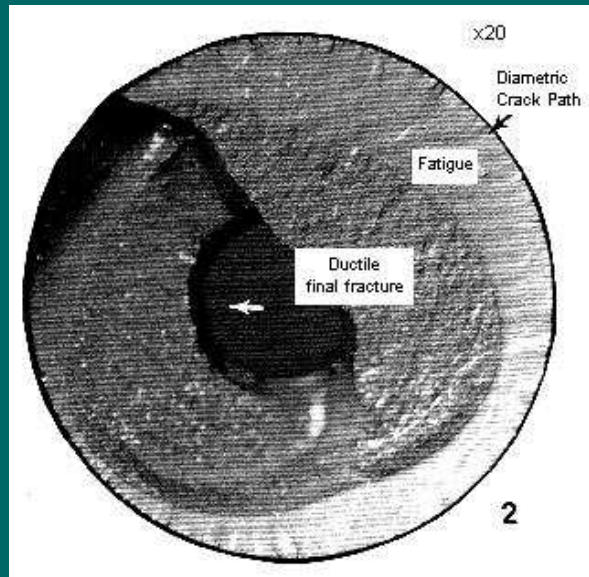
Malzemenin tekrarlı yüklere maruz kalması, belli bir tekrar sayısından sonra yüzeyde çatlak oluşması, bunu takip eden kopma olayı ile malzemenin son bulmasına "**YORULMA**" adı verilir



YORULMA HASARLARI

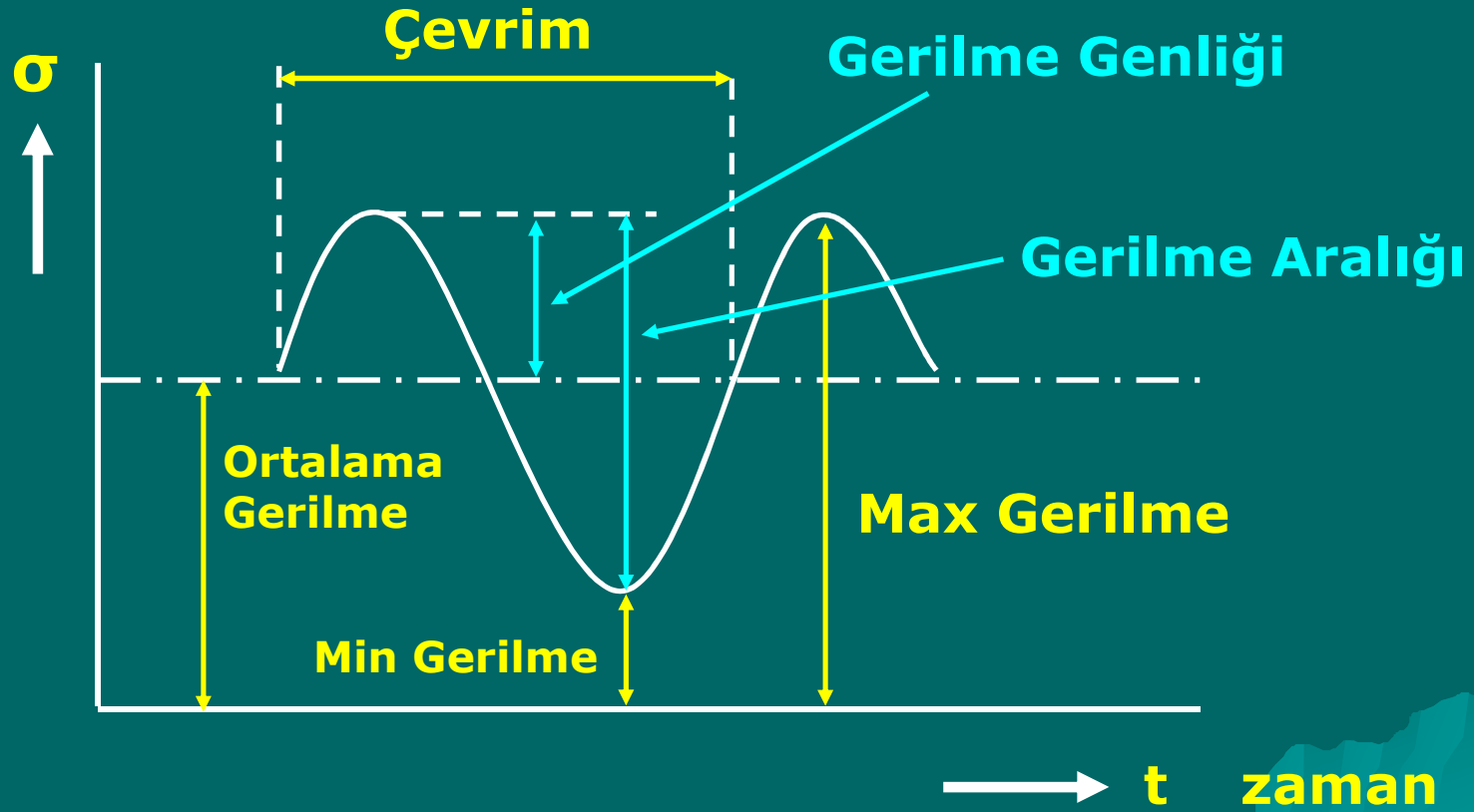


YORULMA HASARLARI



YORULMA HASARLARI

- Aşağıdaki yorulma eğrilerinden temel parametreleri cevaplandırır?



YORULMA HASARLARI

Çevrim : Gerilme-zaman eğrisinin periyodik olarak tekrarlanan en küçük parçası

Max Gerilme : Uygulanan gerilmeler arasında en büyük olan gerilmeye (σ_{max}) denir.

Min Gerilme : Uygulanan gerilmeler arasında en küçük olan gerilmeye (σ_{min}) denir.

Gerilme Oranı : $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ oranıdır ve $R = -1$ ile $+1$ arasında değişir.

Ortalama Gerilme : Max ve Min gerilmelerin yarısıdır.

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2$$

Gerilme Aralığı : Max gerilme ile Min gerilme arasındaki farktır.

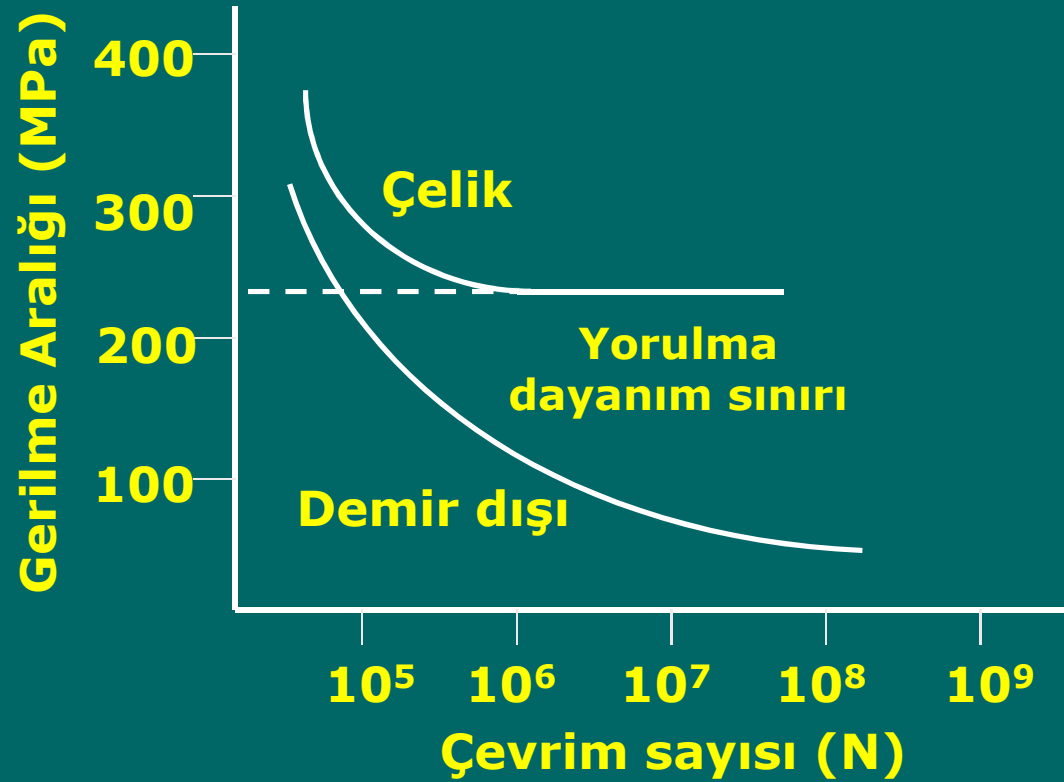
$$\sigma_r = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

Gerilme Genliği : Gerilme aralığının yarısıdır.

$$\sigma_g = \sigma_r / 2$$

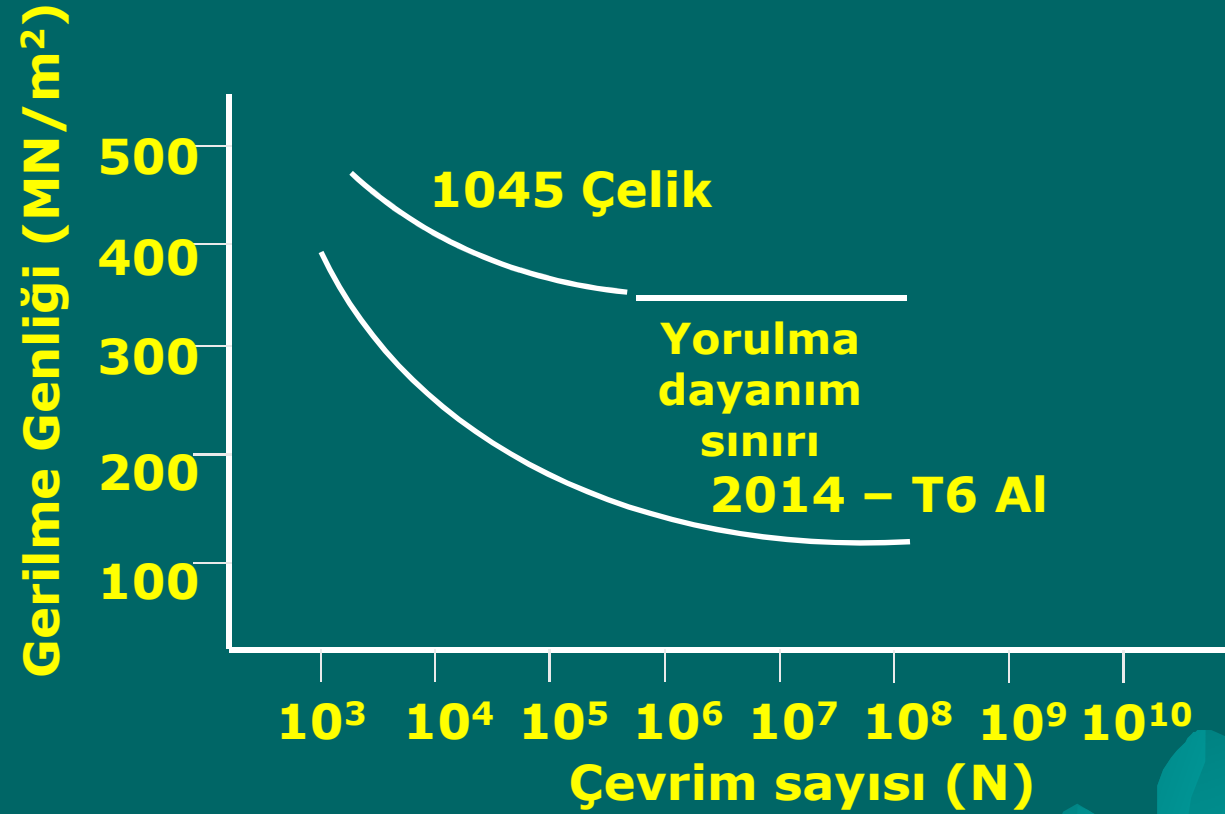
YORULMA HASARLARI

- Yorulma olayında kullanılan **WÖHLER** diyagramını demir olanlar için ve demir olmayanlar için nasıl değerlendirirsin?



YORULMA HASARLARI

- Yorulma olayında kullanılan **WÖHLER** diyagramını demir olanlar için ve demir olmayanlar için nasıl değerlendirirsin?



YORULMA HASARLARI

- Çelikte eğrinin yatay olduğu nokta **YORULMA DAYANIM SINIRI** dir. $10^6 - 10^7$ de bu başlar.

Pratik olarak bu sınır : $YDS \cong \pm 0,5 \cdot \sigma_c$

Demir dışı olanlarda : $YDS \cong + 1/3 \cdot \sigma_c$

- **Yorulma malzemelerde kaç türlü olur?**

Çatlaklı malzemelerde yorulma

Çatlaksız malzemelerde yorulma şeklinde olur.

- **Çatlaksız malzemelerde yorulma hasarı nasıl oluşur?**

Çatlaksız malzemelerde iki tip yorulma olur:

- **Uzun ömürlü yorulma**
- **Kısa ömürlü yorulma**

YORULMA HASARLARI

Uzun ömürlü olanın σ_{max} ve σ_{min} değerleri, σ_{ak} 'dan küçük, $N = 10^4$ ten büyüktür.

Kısa ömürlü olanında ise σ_{max} ve σ_{min} değerleri, σ_{ak} 'dan büyük, $N = 10^4$ 'ten küçüktür.

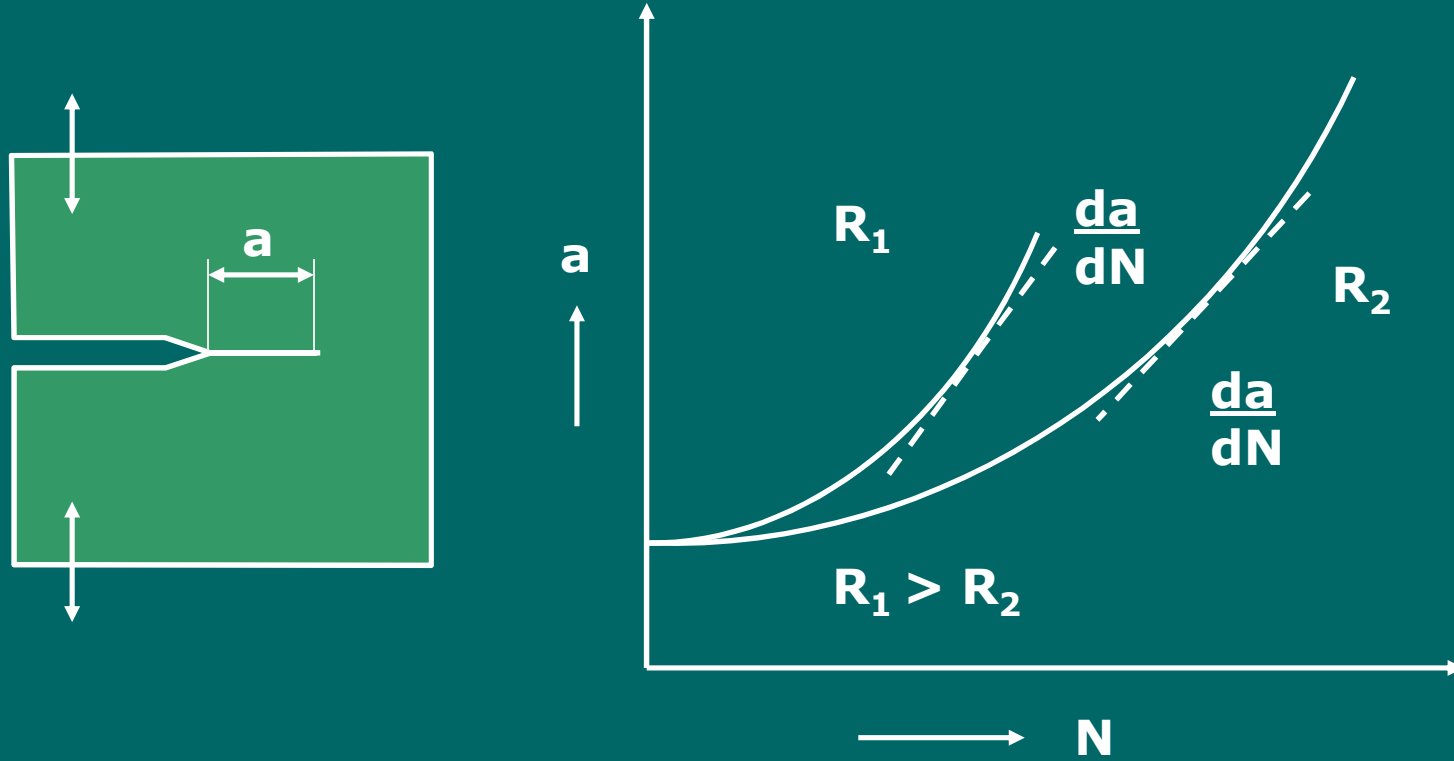
Uzun ömürlüye **örnek**: Akslar ve Motor elemanları

Kısa ömürlüye **örnek**: Türbin parçaları,
Nükleer reaktör parçaları

- **Çatlaklı malzemelerde yorulma hasarı nasıl oluşur?**

Köprüler, gemiler, kaynaklı yapılar mutlaka çatlak içerir. Çatlak bu malzemelerde kontrol edilir. Çatlak boyu zamanla artar. Burada önemli olan, **ÇATLAK BÜYÜME HIZI**'dir.

YORULMA HASARLARI



Burada II. Bölgedeki çatlak büyüme hızı da/dN ile, ΔK arasındaki ilişki $da/dN = c.\Delta K^m$ şeklinde olup ve adı **Paris kanunu'dur.**

Yorulma kırılmaları

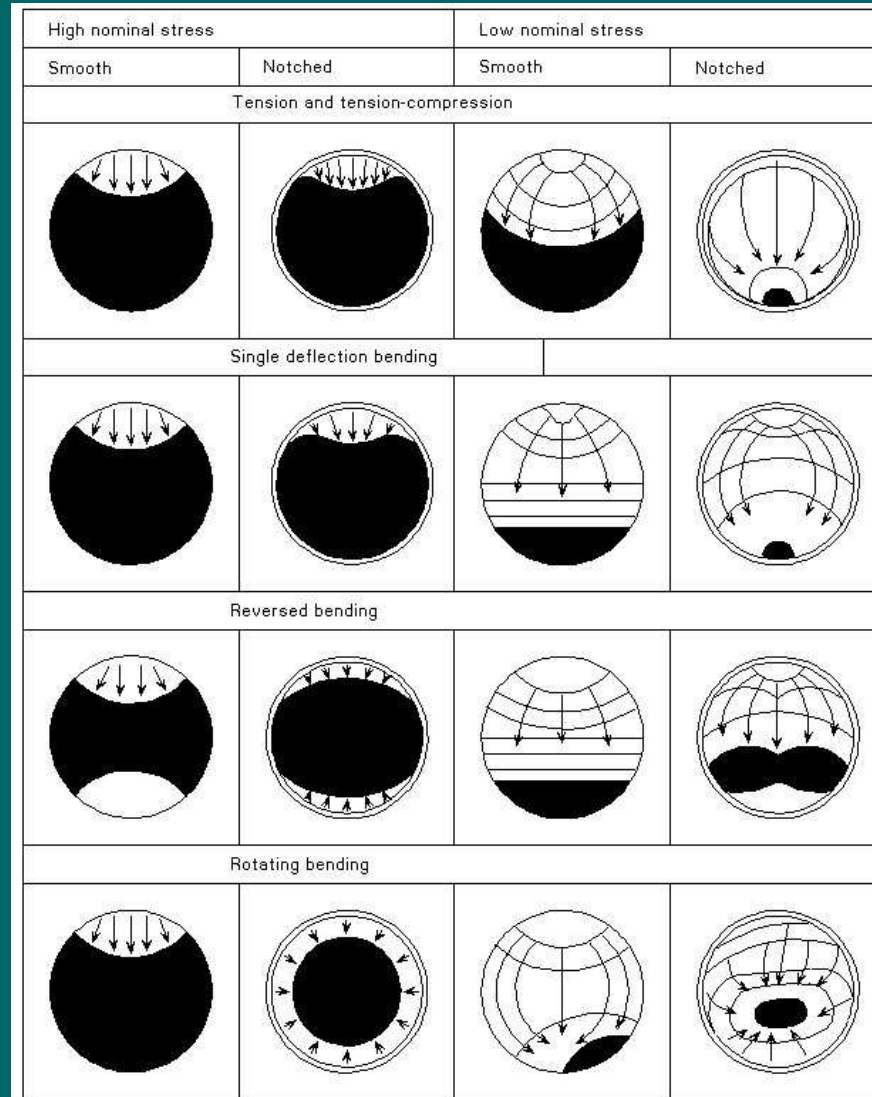


Figure 1 Fracture surfaces at high stress and low stress (schematic)

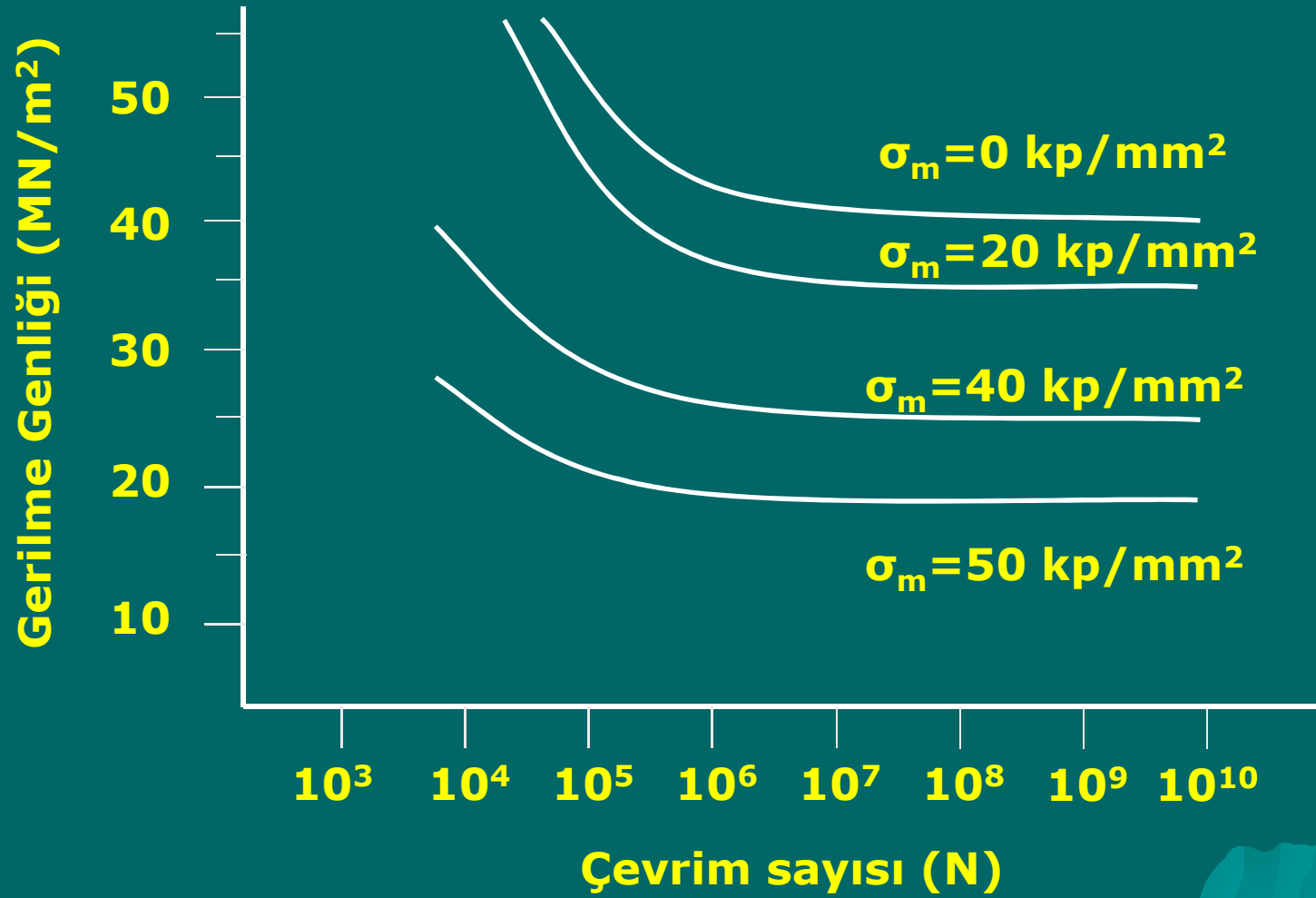
YORULMA HASARLARI

- **YORULMA DAYANIMINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER NELERDİR?**

1. Gerilmenin Etkisi: Aksenal gerilme ile eğme gerilmelerinin yorulma üzerindeki etkileri aynı burma gerilmesi farklı etki yapar.

Bir sonraki sayfadaki diyagramda **farklı**
ortalama gerilmelerin yorulmaya etkisi
gör÷lmektedir.

YORULMA HASARLARI



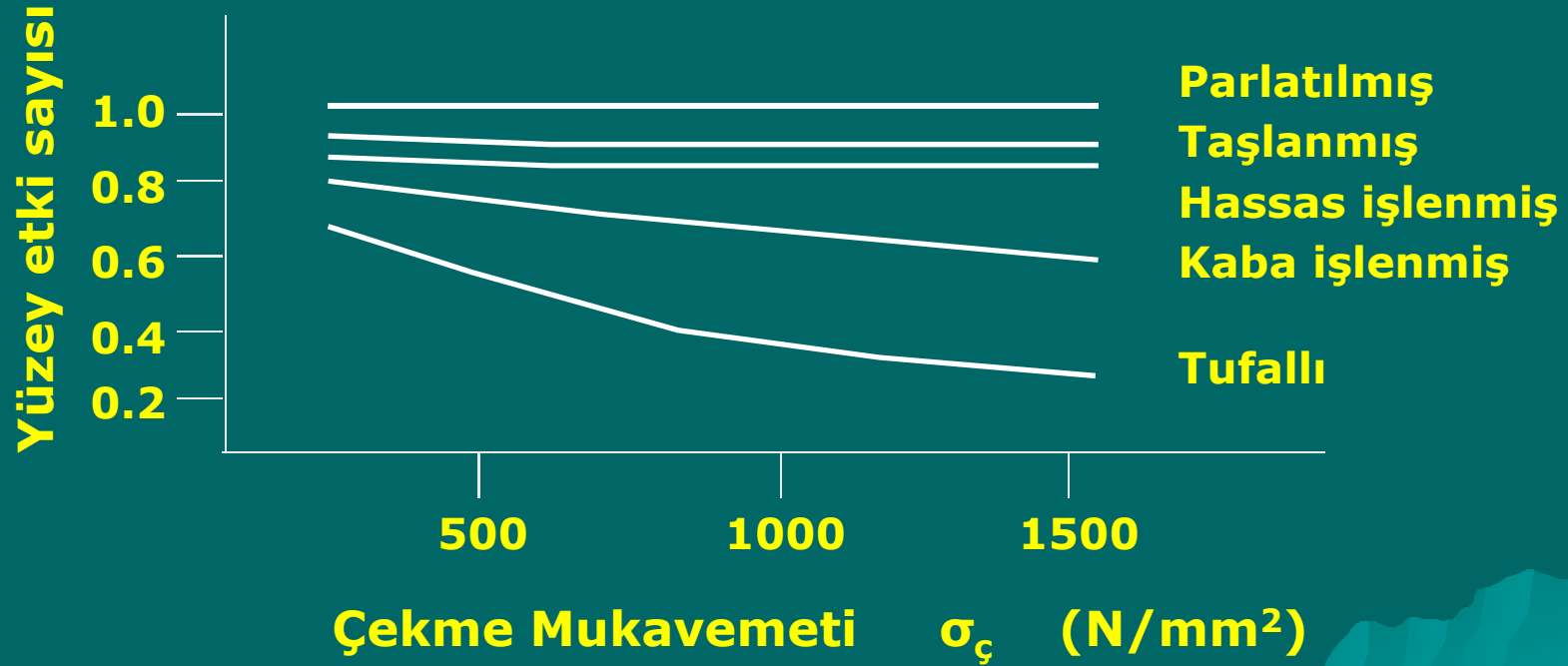
YORULMA HASARLARI

2. Çentiğin Etkisi : Malzemede çentiğin olması yorulma ömrünü büyük ölçüde azaltır. Tabloda çentiğin yorulma ömrüne etkisi verilmiştir.

Çentik Şekli Ve Boyutu	Yorulma Ömrünün % Azalması
250 mm yarıçaplı yiv	0
25 mm yarıçaplı yiv	5
6 mm yarıçaplı yiv	10
Küçük kavisli çıkıntı	25
90° açılı çıkıntı	50
90° açılı V çentik	65

YORULMA HASARLARI

3. Yüzeyin Etkisi : Yüzey pürüzlülüğünün etkisi çentik etkisine benzerdir. Pürüzlülük ne kadar fazla olursa yorulma ömrü de o kadar düşük olur.



YORULMA HASARLARI

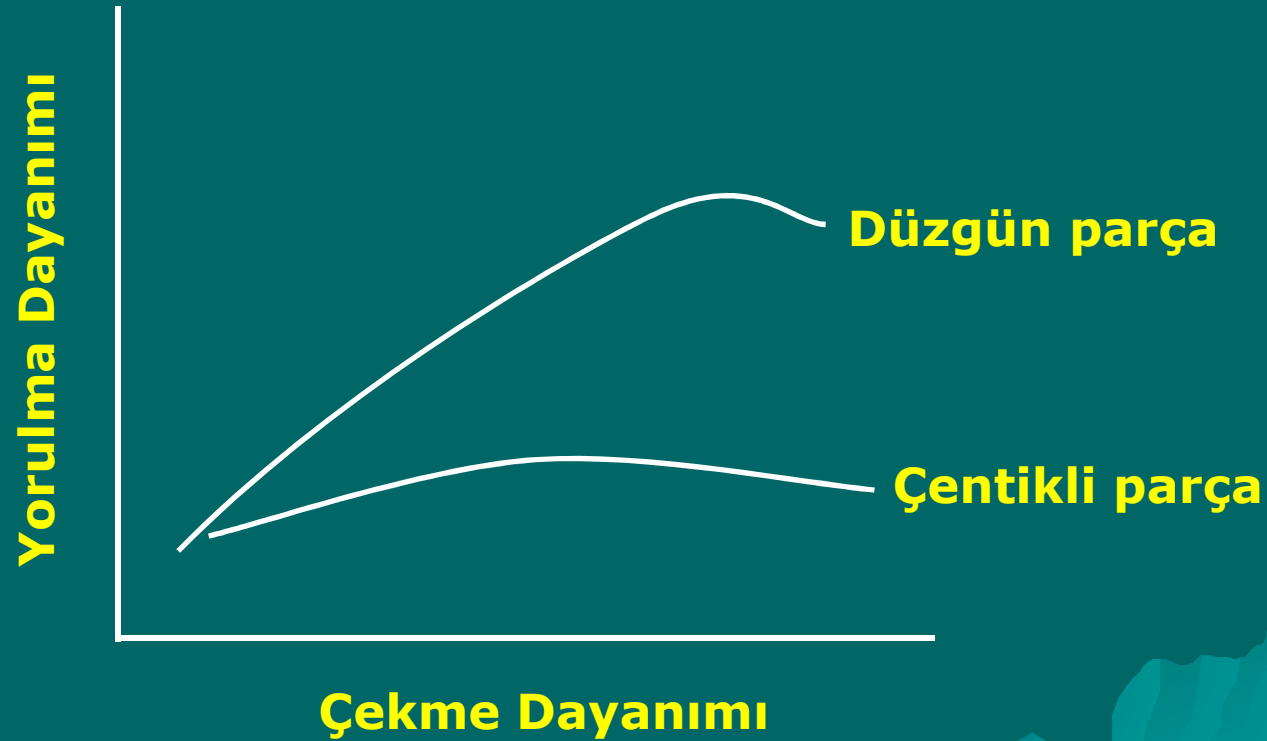
4. Bilya Püskürtmenin Etkisi: Bu yöntemle yüzeyde önemli miktarda basma gerilmesi oluşur. Aşağıda bilya püskürtmenin yay çeliğinin ömrüne etkisi görülmektedir.



YORULMA HASARLARI

5. Tane Boyutunun Etkisi : Taneler küçük olunca yorulma dayanımı artar.

6. Çekme Dayanımının Etkisi :



YORULMA HASARLARI

• DENEY KOŞULLARININ YORULMAYA ETKİSİ

1. Sıcaklığın Etkisi : Yüksek sıcaklıkta yorulma dayanımı düşer. Sıcaklık düştükçe yorulma dayanımı artar.

Sıcaklığın etkisiyle oluşan gerilmeler de yorulma üzerinde etkilidir. $\sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta T$
Sıcaklık farkı arttıkça gerilmelerde artar.

Bazen parçanın tümünün sıcaklık değişimine uğraması gerekmez. Parçanın bir kısmı sıcak bir kısmı soğuk olabilir. Bu da çatlak oluşumuna ve ısı nedeniyle yorulma kırılmasına neden olur.

YORULMA HASARLARI

• DENEY KOŞULLARININ YORULMAYA ETKİSİ

2. Korozyon : Yorulma çatlağı için gerekli tekrar sayısı korozyon varsa önemli ölçüde azalacak yoksa artacaktır. Çatlağın ilerleme hızı da korozyon varsa artacak yoksa yavaş ilerleyecektir.

2. Korozyon aynı anda birden fazla yerde çatlak başlatabilir. O zaman çatlaklar yüzeyden başlar çekme gerilmesi yönüne dik olarak ilerler.

YORULMA HASARLARI

- **YORULMAYA ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN METALURJİK FAKTÖRLER**

1. Tane Büyüklüğü: Taneler büyükse yorulma dayanımı düşer küçükse artar. Bu faktör sıcaklık gerilme ve çentik ile beraber düşünülüp yorumlanmalıdır.

2. Alaşımlandırma:

a) Karbon çeliklerinde; %C, Mo, Ni, Cr artarsa yorulma dayanımı artar.

- a) Yüksek dayanımlı çeliklerde; %Cu artarsa, % P azıcık artarsa yorulma ömrü artar. Fosforun gevreklik yaratacağı unutulmamalıdır.**
- b) Östenitik paslanmaz çeliklerde; %Ni ve Cr artarsa korozyona karşı yorulma artar.**
- c) Titanyum alaşımlarının yorulma ömürleri çeliklerden daha yüksektir.**
- d) Alüminyum ve magnezyum yorulma dayanımını arttırır.**

YORULMA HASARLARI

- **YORULMAYA ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN METALURJİK FAKTÖRLER**

3. Isıl İşlem : Çekme gerilmesini arttıran ısı işlemler yorulma ömrünü arttırır. Temperlenmiş martenzitte yorulma artar. Kalın lamelli perlitik yapıda çentik sebebiyle yorulma düşüktür. Küresel grafitli yapıda yorulma ömrü yüksektir.

4. Tanelerin Yöne Bağımlılığı : Yorulma ömrü yöne bağımlıdır. Deformasyon yönüne dik çalışan malzemelerde yorulma ömrü, deformasyon yönündeki ömrün (0,6-0,7) katıdır.