Malzeme I
Hasar / Kırılma

© William D. Callister, Jr.

(a)

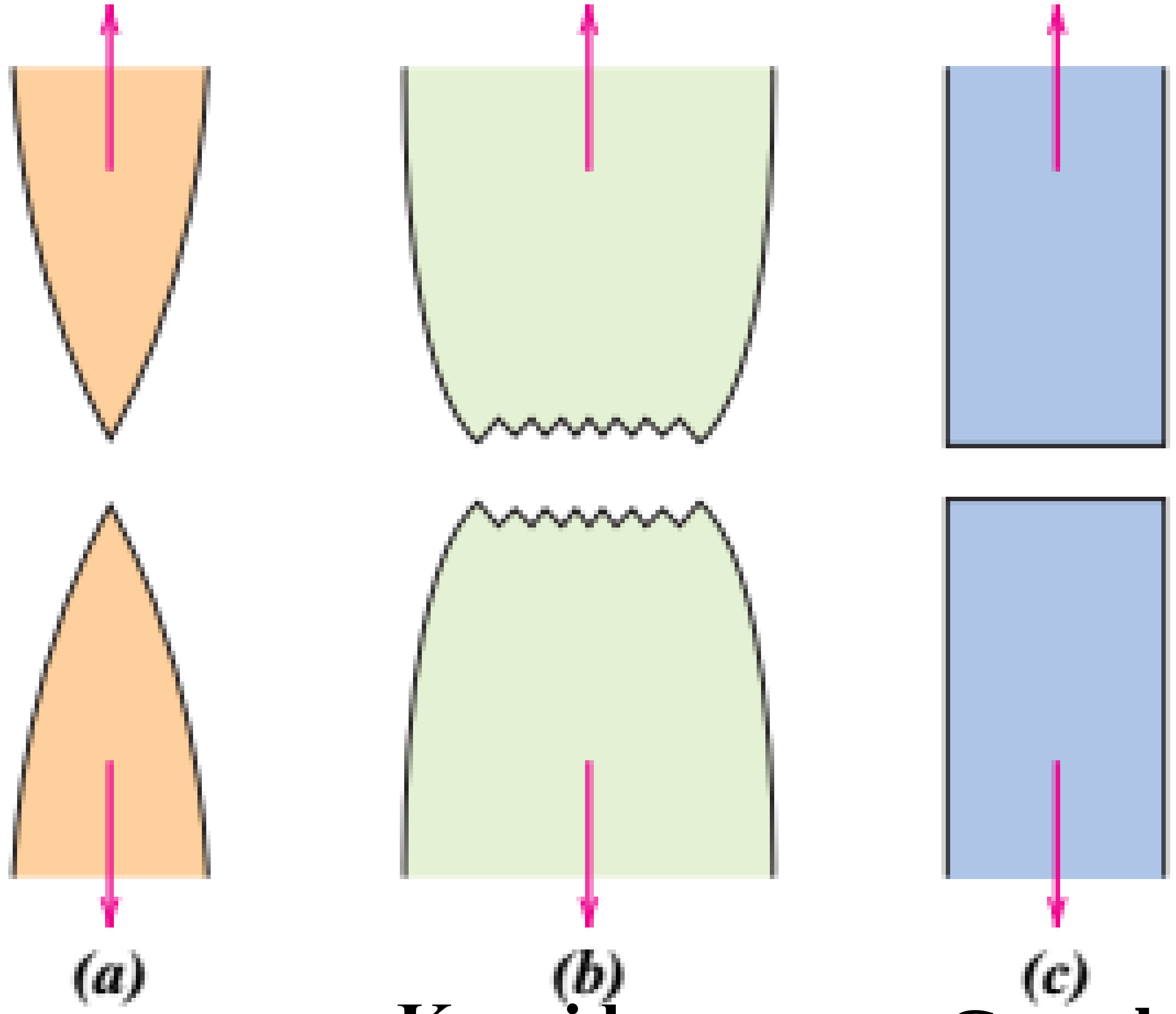
Neal Boenzi/New York Times Pictures/Redux Pictures

(b)

Courtesy of *Star Bulletin*/Dennis Oda/© AP/ Wide World Photos.

(c)

Kırılma



Sünek kırılma

Kısmi boyun verme sonrası sünek kırılma

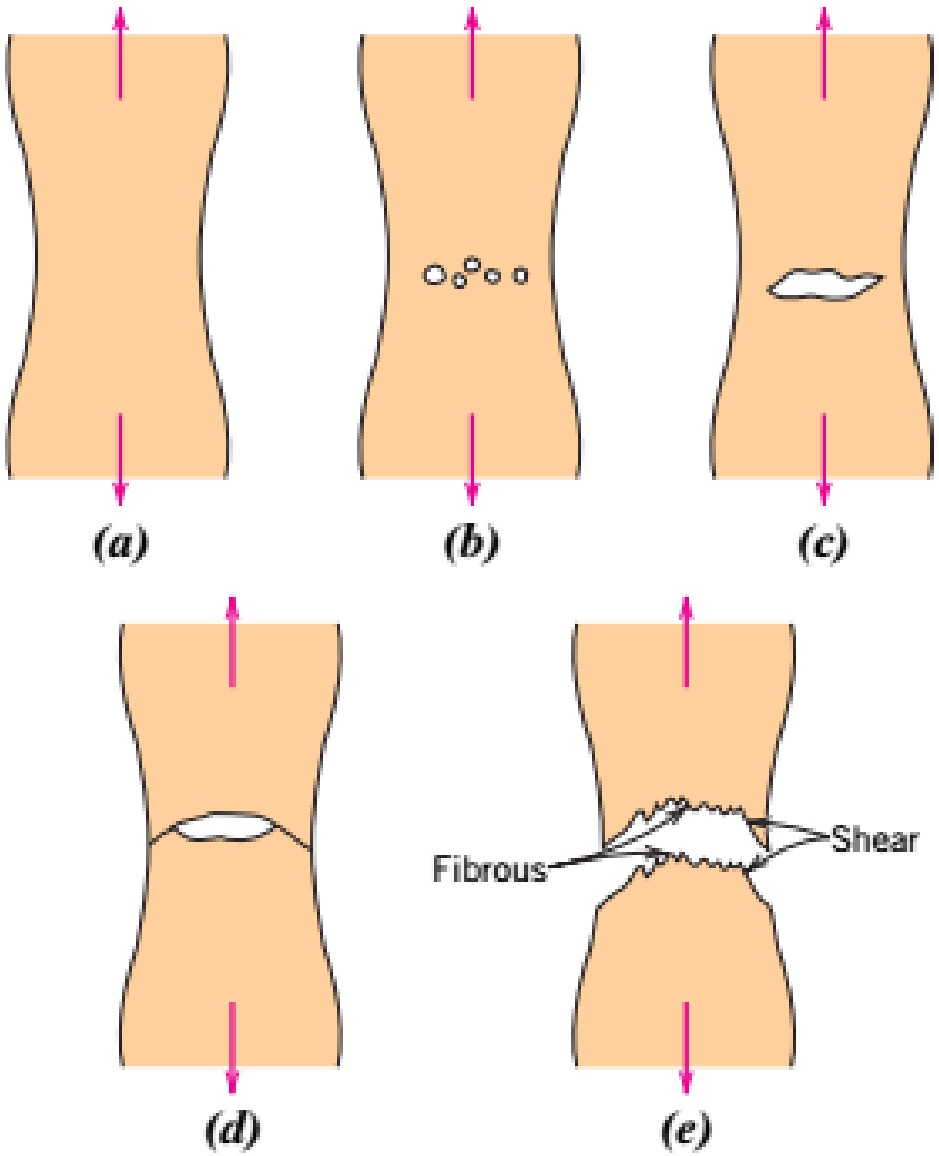
Gevrek kırılma

Kırılma yük altında çatlak oluşumu ve oluşan çatlağın ilerlemesiyle gerçekleşir. Kırılmanın türü, sünek/gevrek, çatlak ilerleme mekanizmasına bağlıdır.

Sünek kırılma, her zaman tercih edilir.

(i) Gevrek kırılma aniden ve herhangi bir uyarıcı belirti göstermeden gerçekleşirken sünek kırılma öncesi yüksek oranda plastik deformasyon meydana gelir.
(ii) Sünek malzemeler genellikle daha tok olduklarından sünek kırılmayı başlatmak için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır.

Sünek Kırılma



Çanak-Koni tipi kırılmanın oluşum aşamaları

(a)

Sünek Kırılma

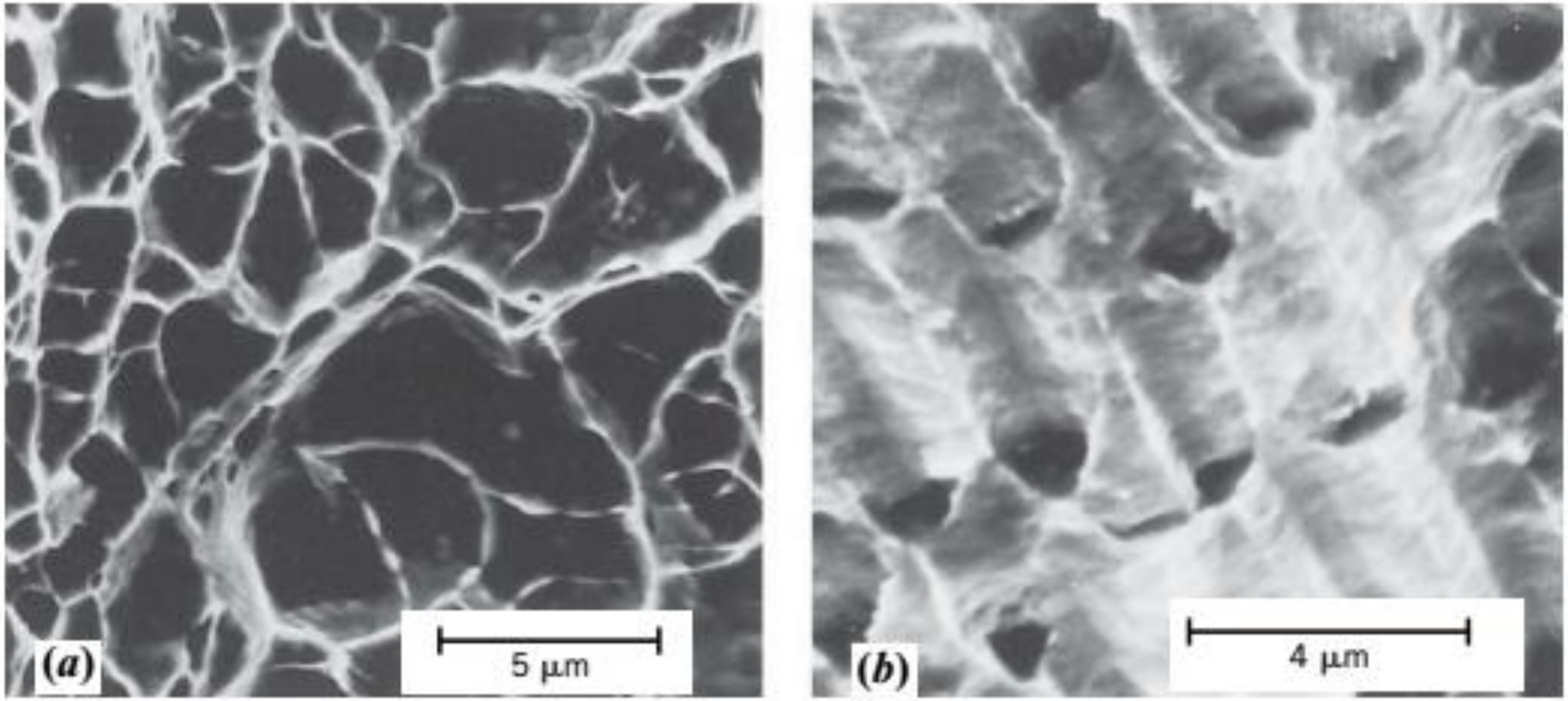
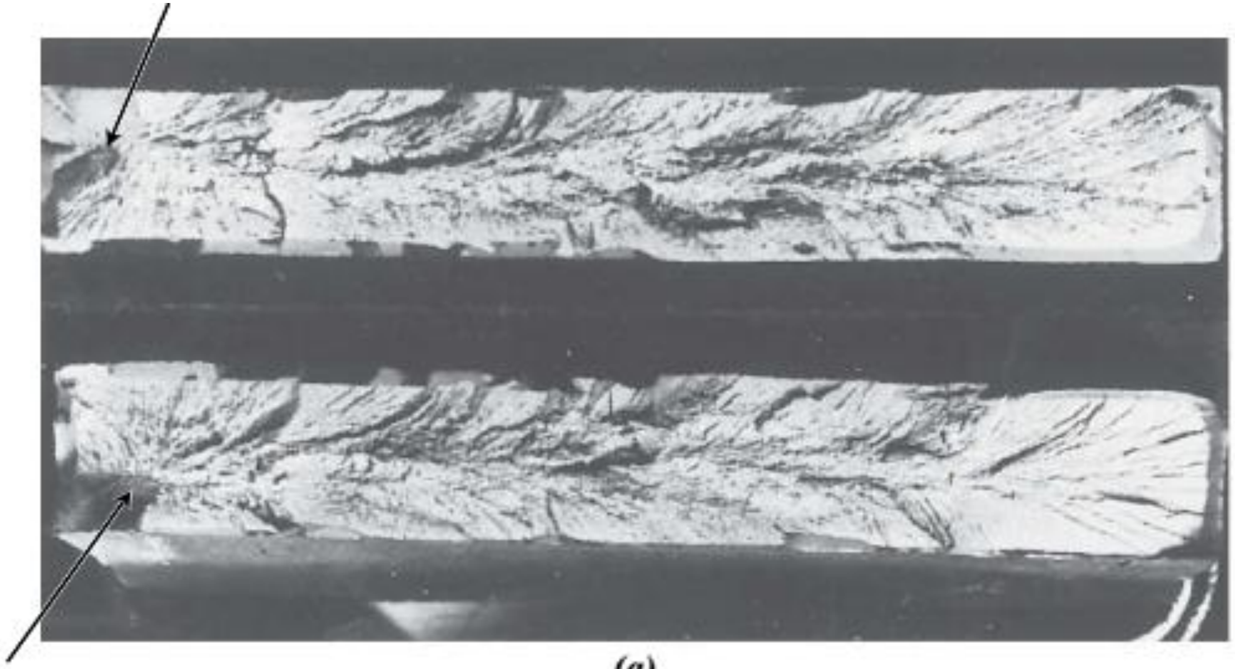


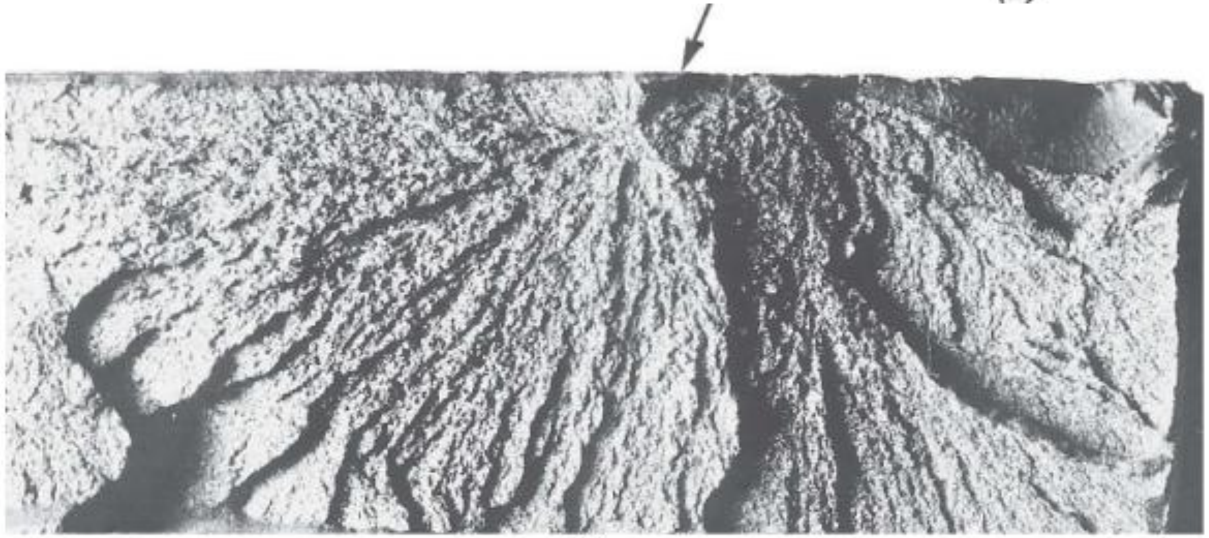
Figure 8.4 (*a*) Scanning electron fractograph showing spherical dimples characteristic of ductile fracture resulting from uniaxial tensile loads. 3300×. (*b*) Scanning electron fractograph showing parabolic-shaped dimples characteristic of ductile fracture resulting from shear loading. 5000×.

Gevrek Kırılma

(b)

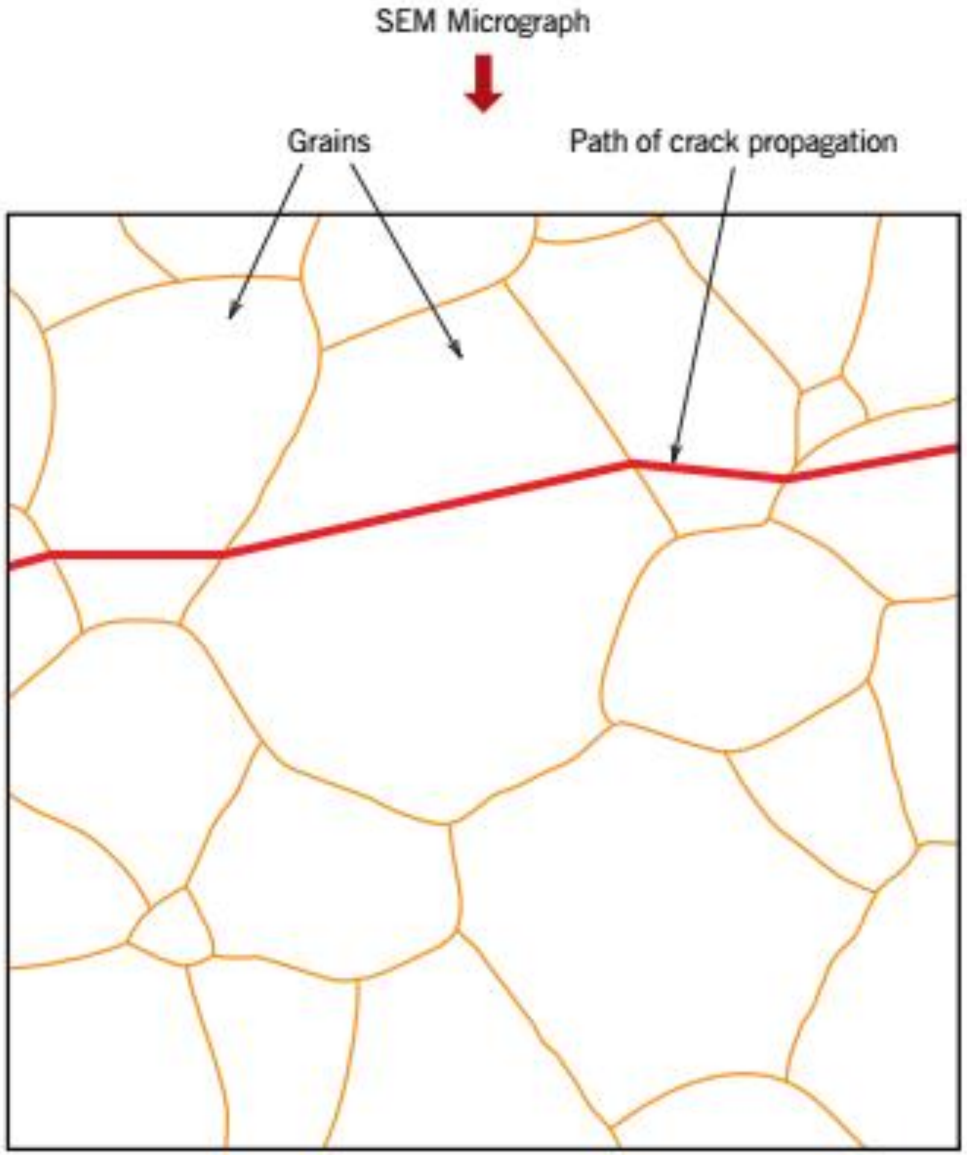


(a)

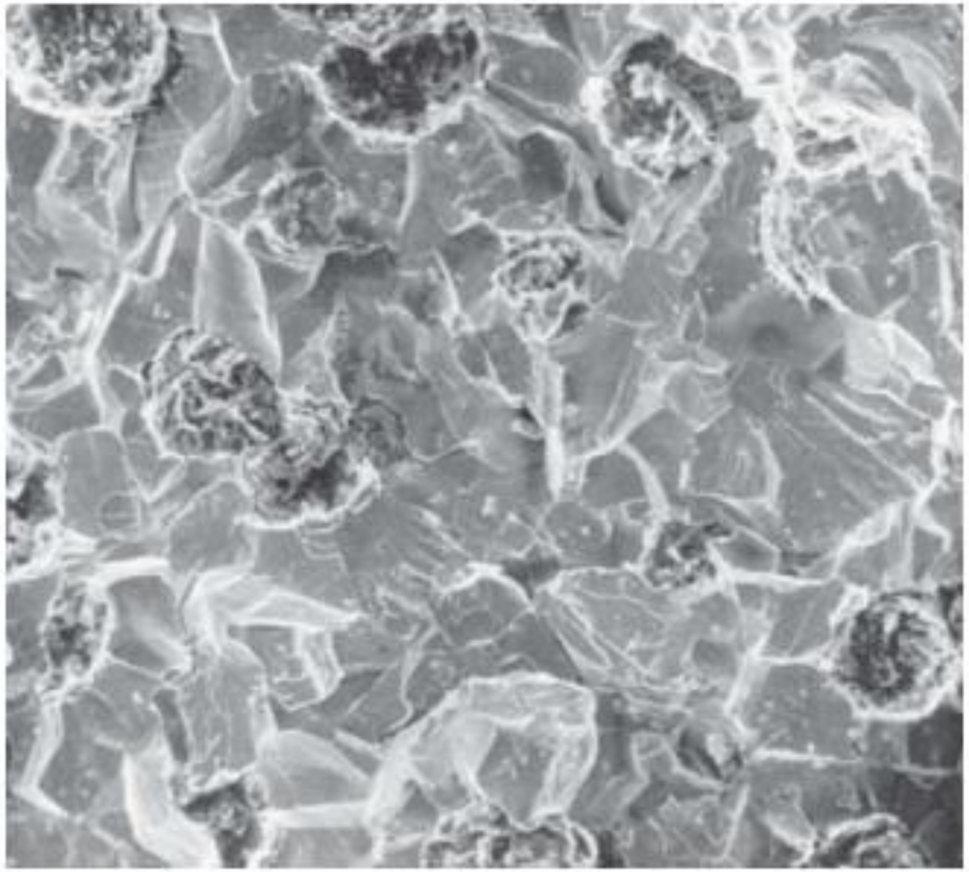


(b)

Klevaj Kırılması – Tane içi kırılma

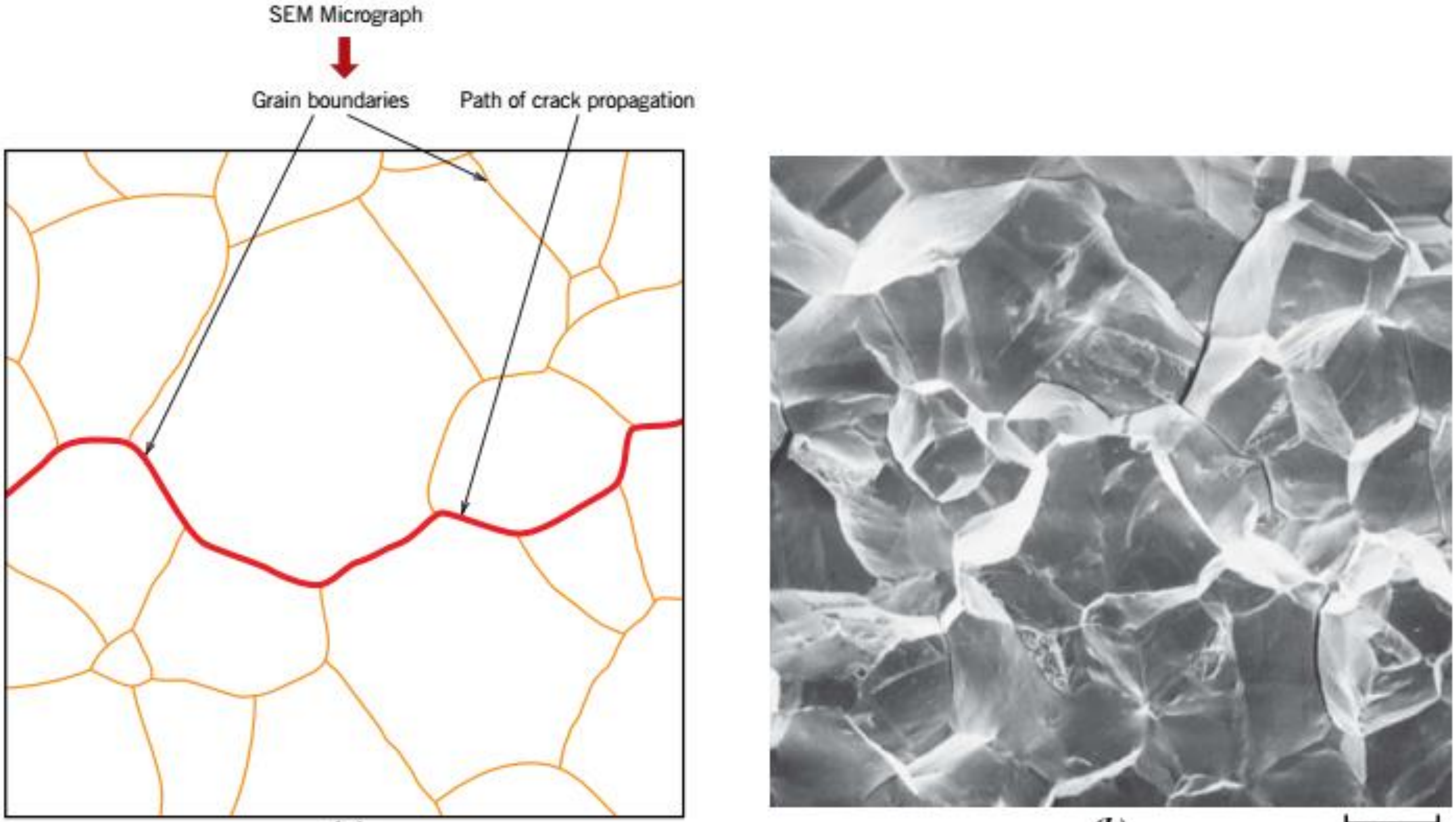


(a)



(b)

Taneler Arası Kırılma



(a) (b)

Kırılma Mekaniği

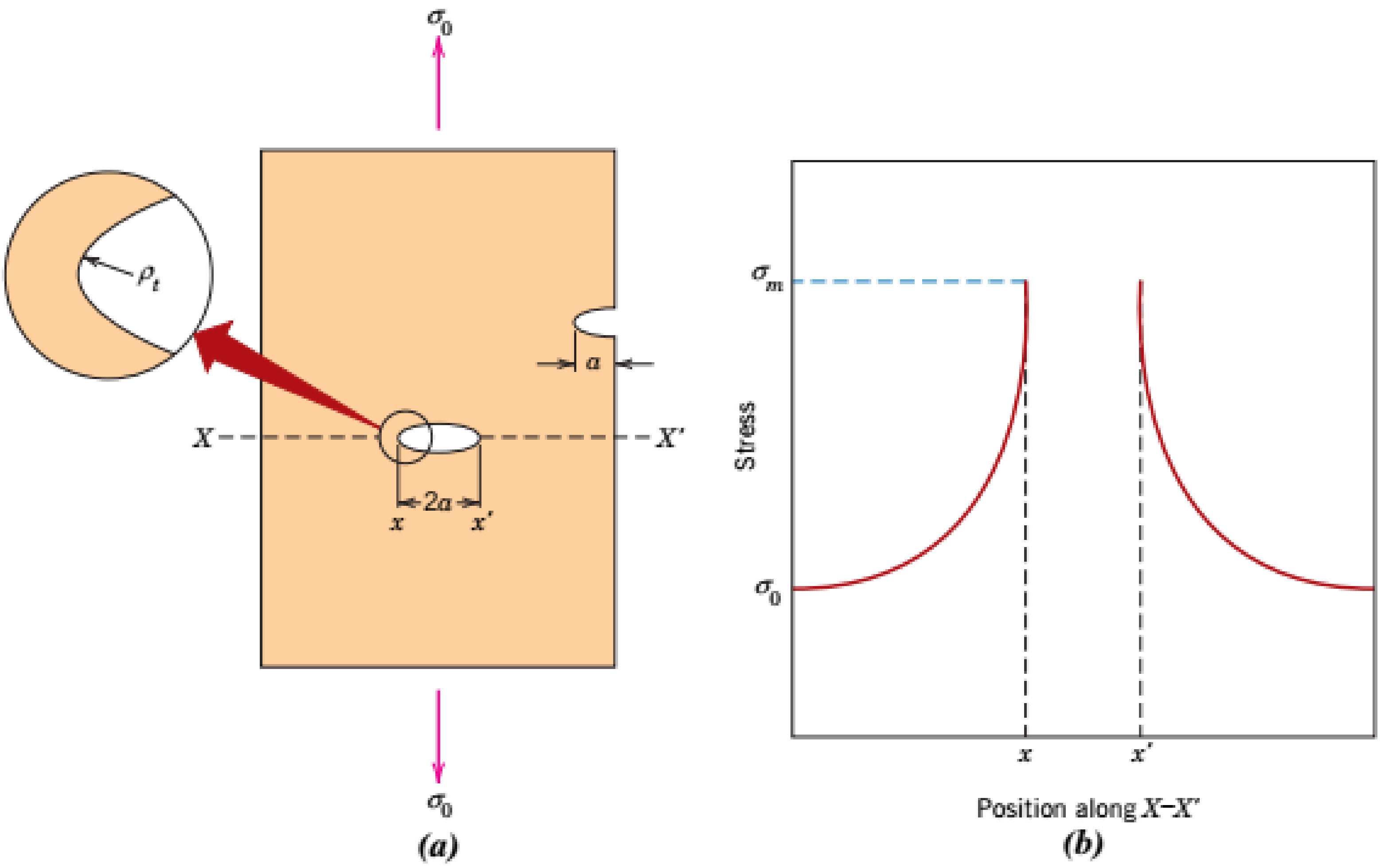


Figure 8.8 (*a*) The geometry of surface and internal cracks. (*b*) Schematic stress profile along t demonstrating stress amplification at crack tip positions.

Maksimum gerilme

$$\sigma_m = 2\sigma_0\left(\frac{a}{\rho_t}\right)^{1/2}$$

Çentik katsayısı

$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2\left(\frac{a}{\rho_t}\right)^{1/2}$$

Kritik gerilme

$$\boxed{\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_s}{\pi a}\right)^{1/2}}$$

ɣ = Özgül yüzey enerjisi

a= İç çatlak boyunun yarısı

Kırılma Mekaniği

Örnek Soru: Nispeten büyük bir cam plakaya 40 MPa'lık çekme gerilmesi uygulanmaktadır. Camın özgül yüzey enerjisi ve elastiklik modülü sırasıyla 0,3 J/m^2 ve 69 GPa olduğuna göre, bu gerilme altında hasara yol açmayacak en büyük iç çatlağın boyutunu hesaplayınız.

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_s}{\pi a}\right)^{1/2}$$

$$a = \frac{2E\gamma_s}{\pi\sigma^2} = \frac{2\,(69\ x\ 10^9\,\frac{N}{m^2})(0{,}3\ N/m)}{\pi\left(40x10^6\,\frac{N}{m^2}\right)^2} = 8{,}2\ x\ 10^{-6}\ m = 8{,}2\ \mu m$$

İç çatlak boyu = 2a = 16,4 µm

Kırılma Tokluğu

Çatlaklı bir malzemenin gevrek kırılmaya karşı gösterdiği dirence **kırılma tokluğu** adı verilir. (Y, geometrik faktör, yarı sonsuz genişlikteki bir levha için Y = 1,1).

$$\mathbf{K_{kri} = Y\sigma_{kri}\sqrt{\pi a}} \quad (\mathrm{MPa}.\sqrt{m})$$

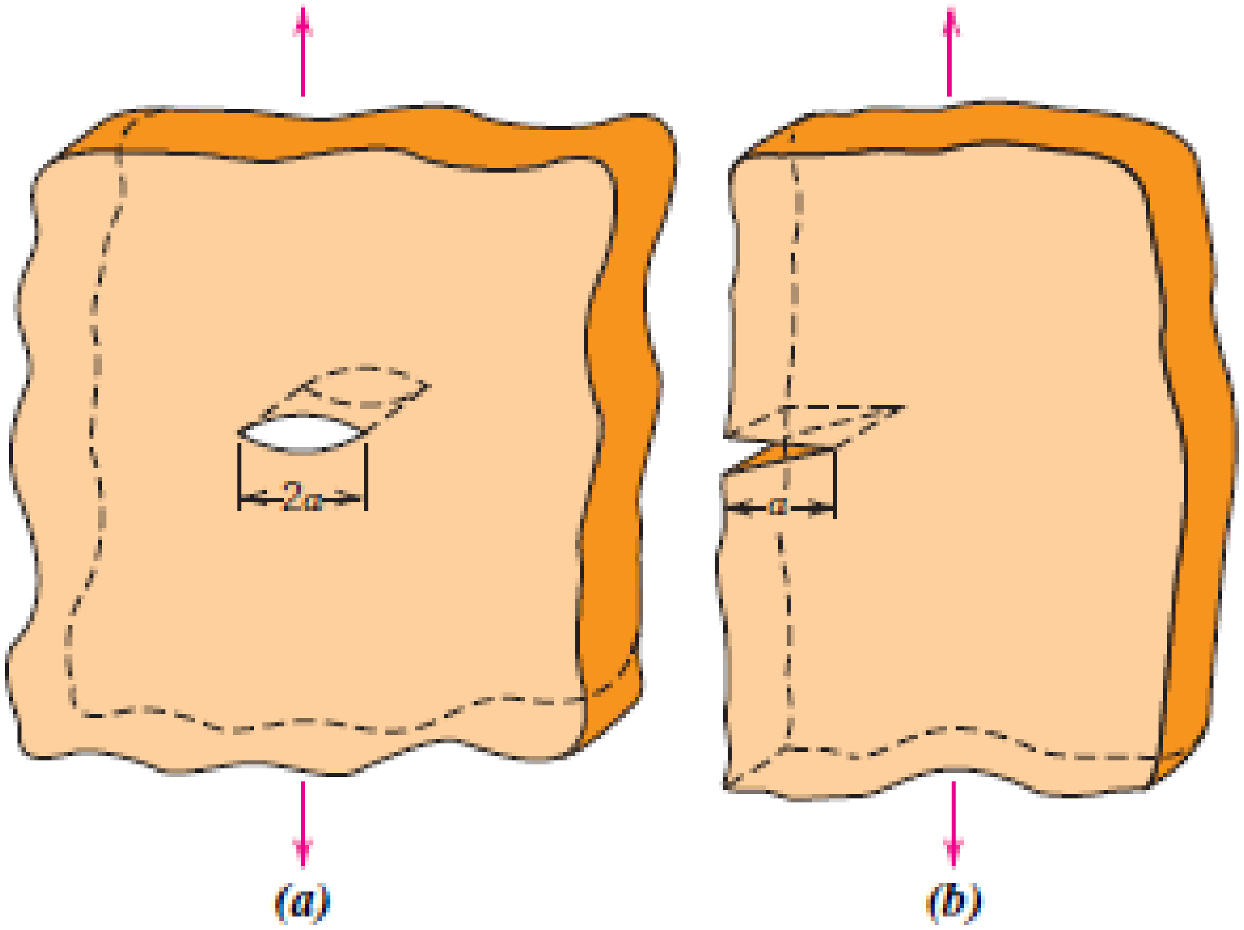
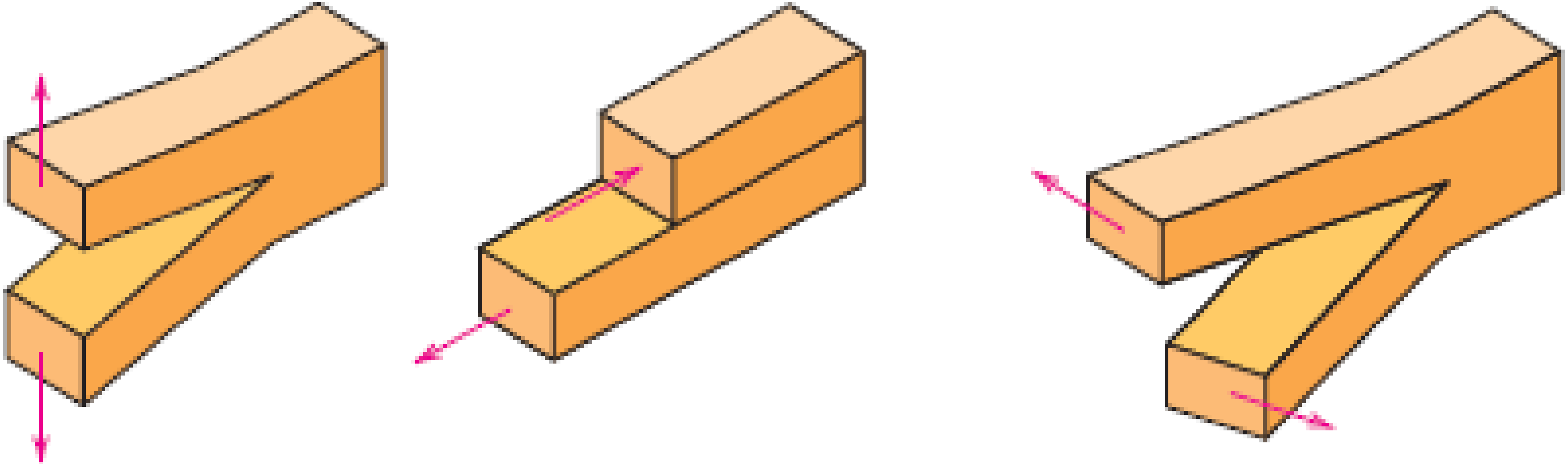


Figure 8.9 Schematic representations of (*a*) an interior crack in a plate of infinite width and (*b*) an edge crack in a plate of semi-infinite width.

Kırılma Tokluğu



(a) (b) (c)

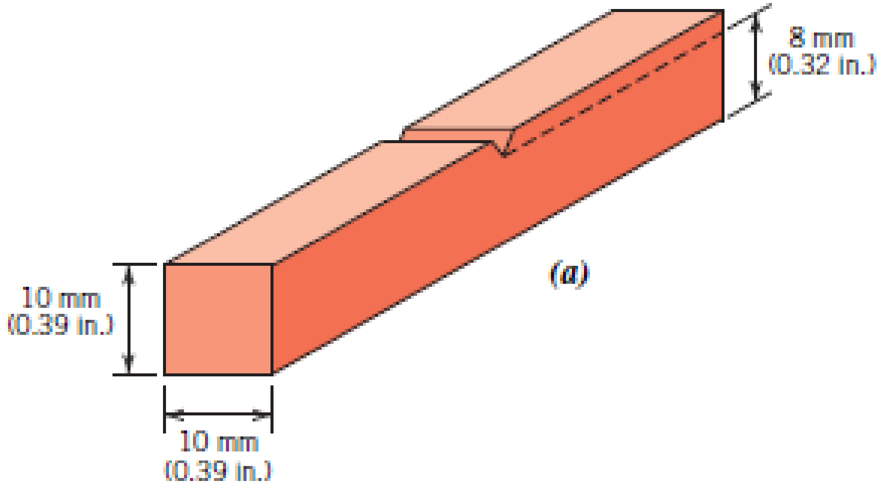
$$K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a}$$

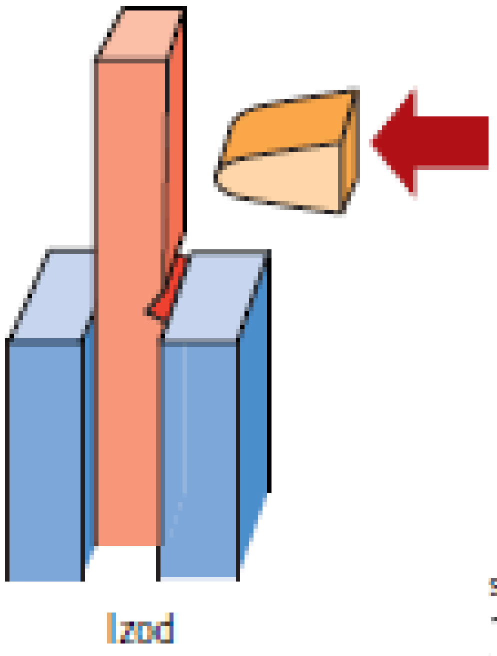
Kırılma Tokluğu

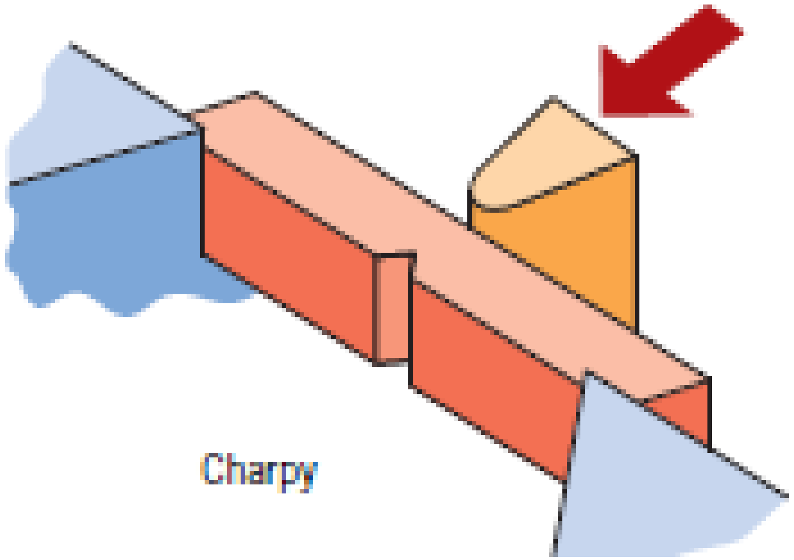
Material	Yield Strength MPa	Yield Strength ksi	K_{Ic} $MPa\sqrt{m}$
Metals			
Aluminum alloy[a] (7075-T651)	495	72	24
Aluminum alloy[a] (2024-T3)	345	50	44
Titanium alloy[a] (Ti-6Al-4V)	910	132	55
Alloy steel[a] (4340 tempered @ 260°C)	1640	238	50.0
Alloy steel[a] (4340 tempered @ 425°C)	1420	206	87.4
Ceramics			
Concrete	—	—	0.2–1.4
Soda-lime glass	—	—	0.7–0.8
Aluminum oxide	—	—	2.7–5.0
Polymers			
Polystyrene (PS)	25.0–69.0	3.63–10.0	0.7–1.1
Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	53.8–73.1	7.8–10.6	0.7–1.6
Polycarbonate (PC)	62.1	9.0	2.2

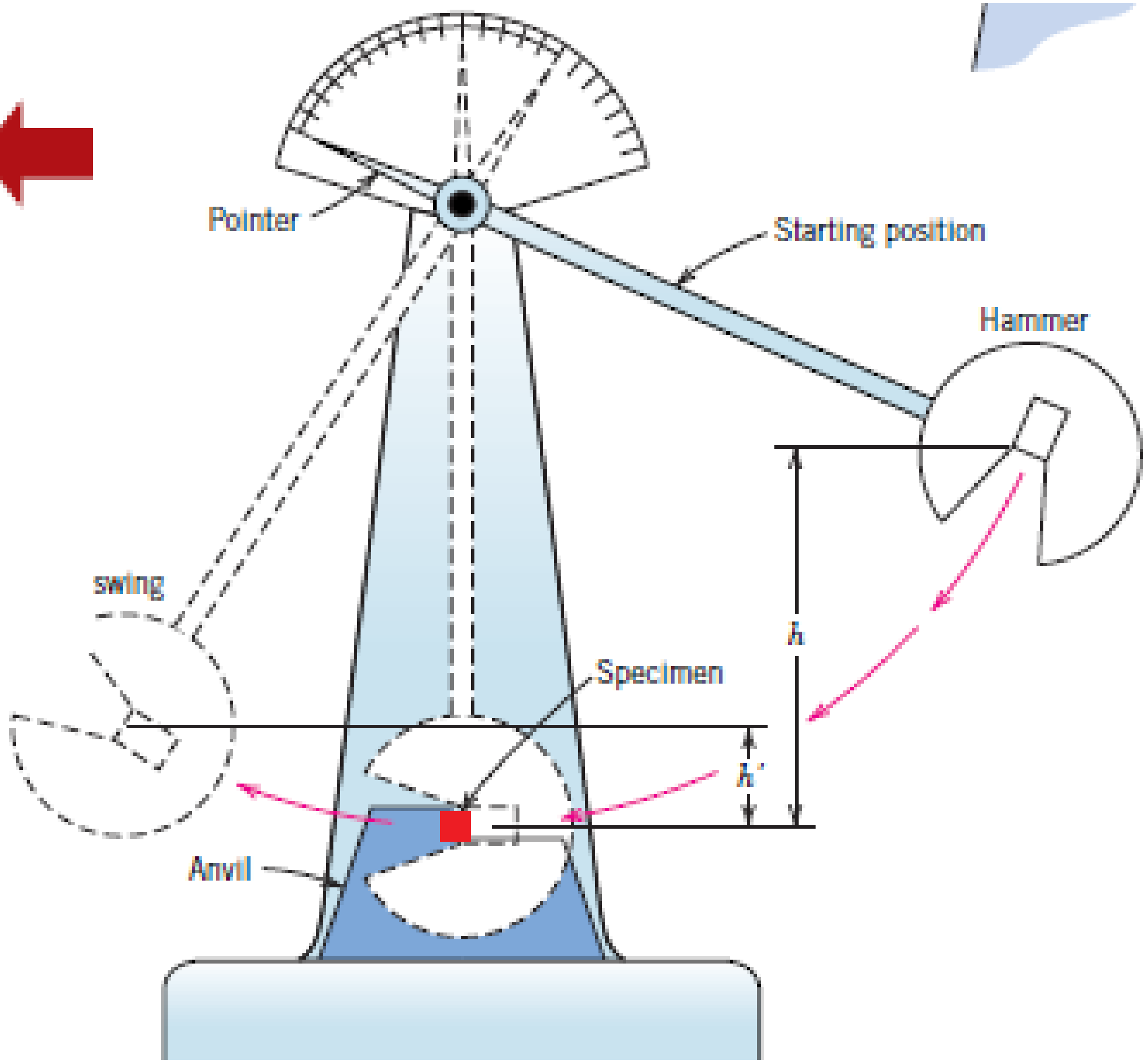
[a]**Source:** Reprinted with permission, *Advanced Materials and Processes*, ASM International,

Kırılma Tokluğu Deneyleri – Çentik Darbe



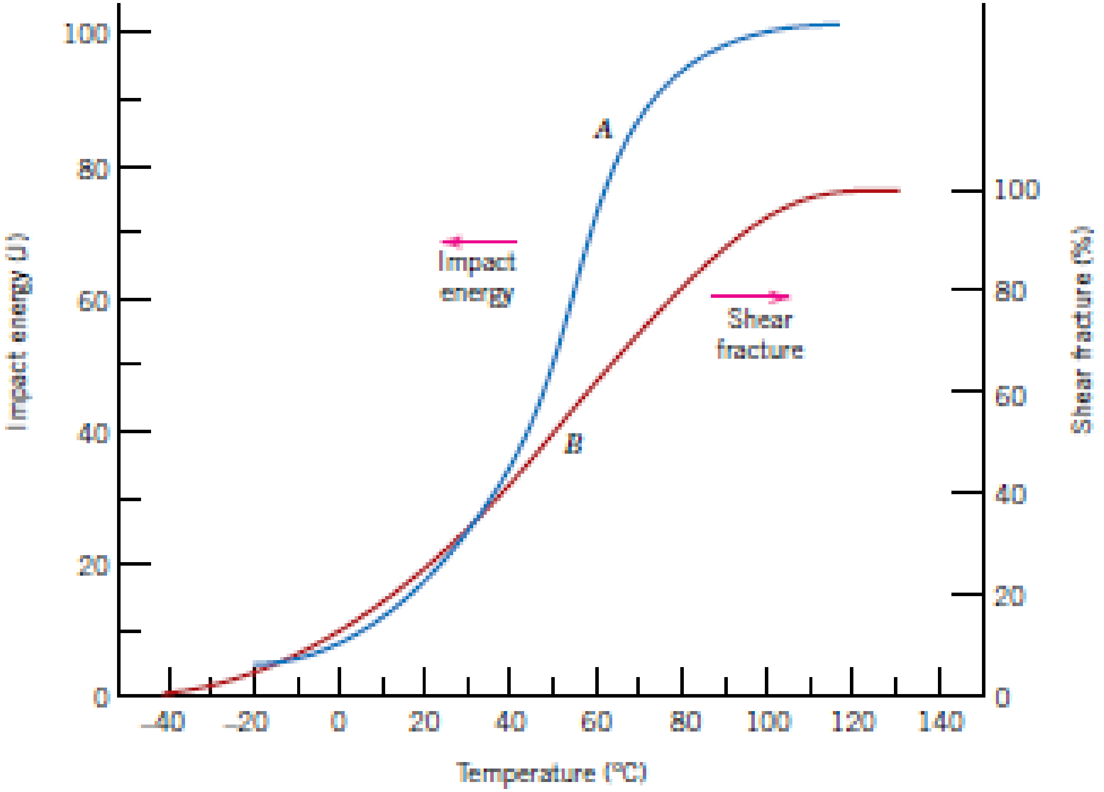






Darbe enerjisi = U = mg(h-h^{1}) J

Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığı



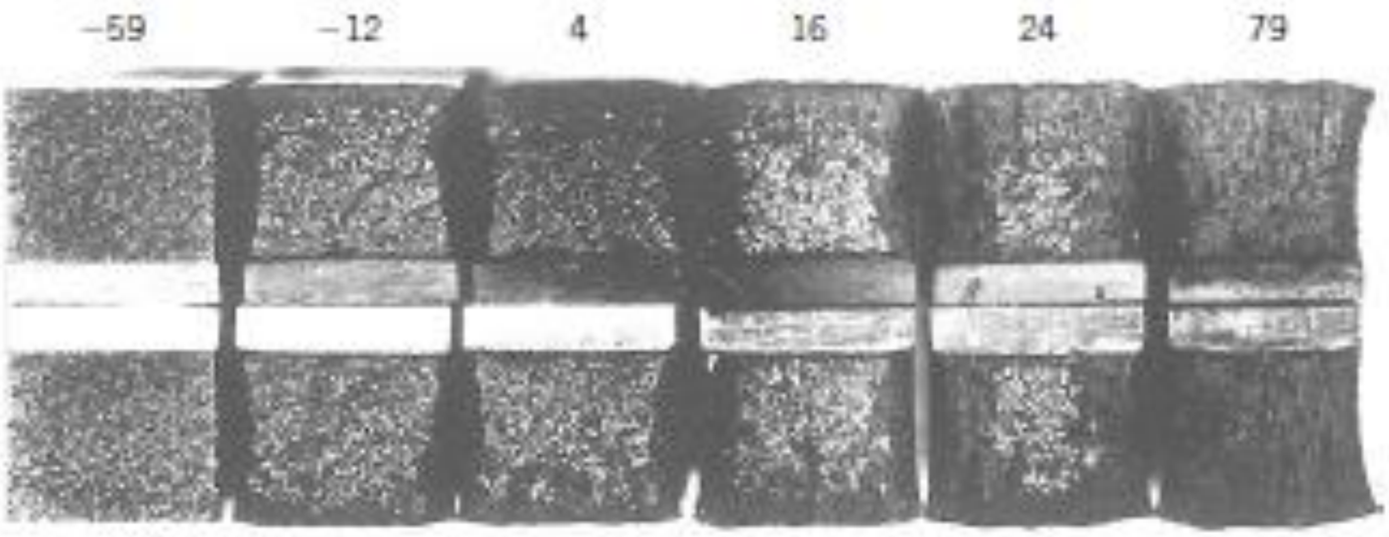
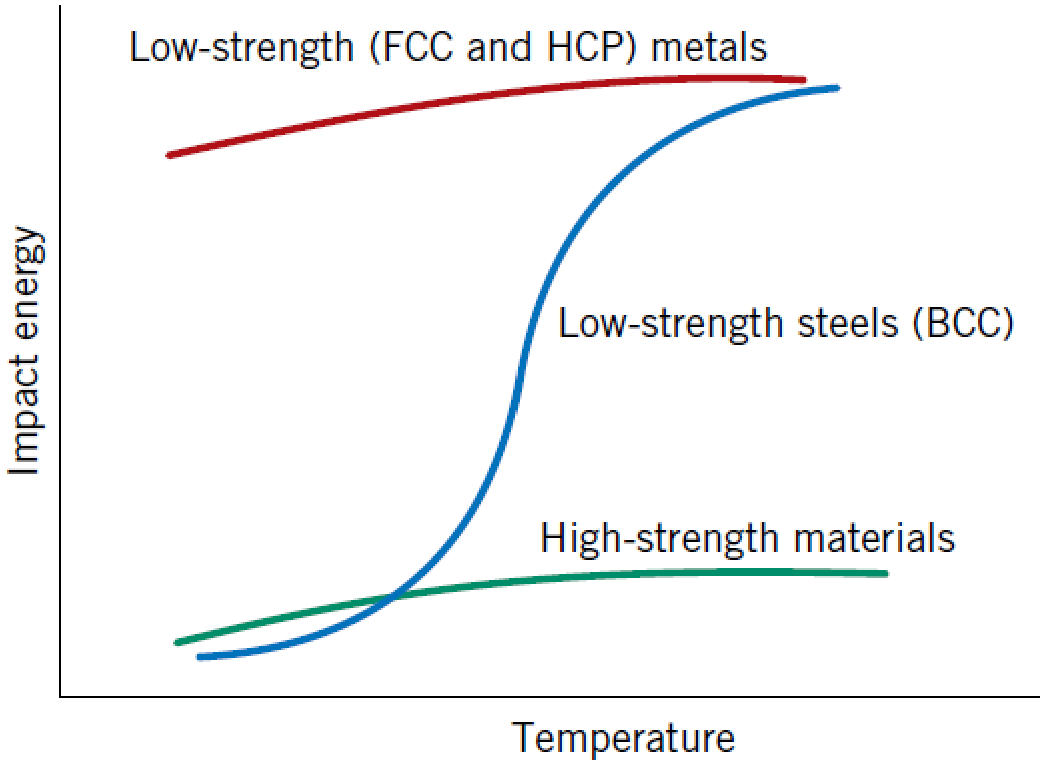


Figure 8.14 Photograph of fracture surfaces of A36 steel Charpy V-notch specimens tested at indicated temperatures (in °C).
(From R. W. Hertzberg, *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, 3rd edition, Fig. 9.6, p. 329. Copyright © 1989 by John Wiley & Sons, Inc., New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığı



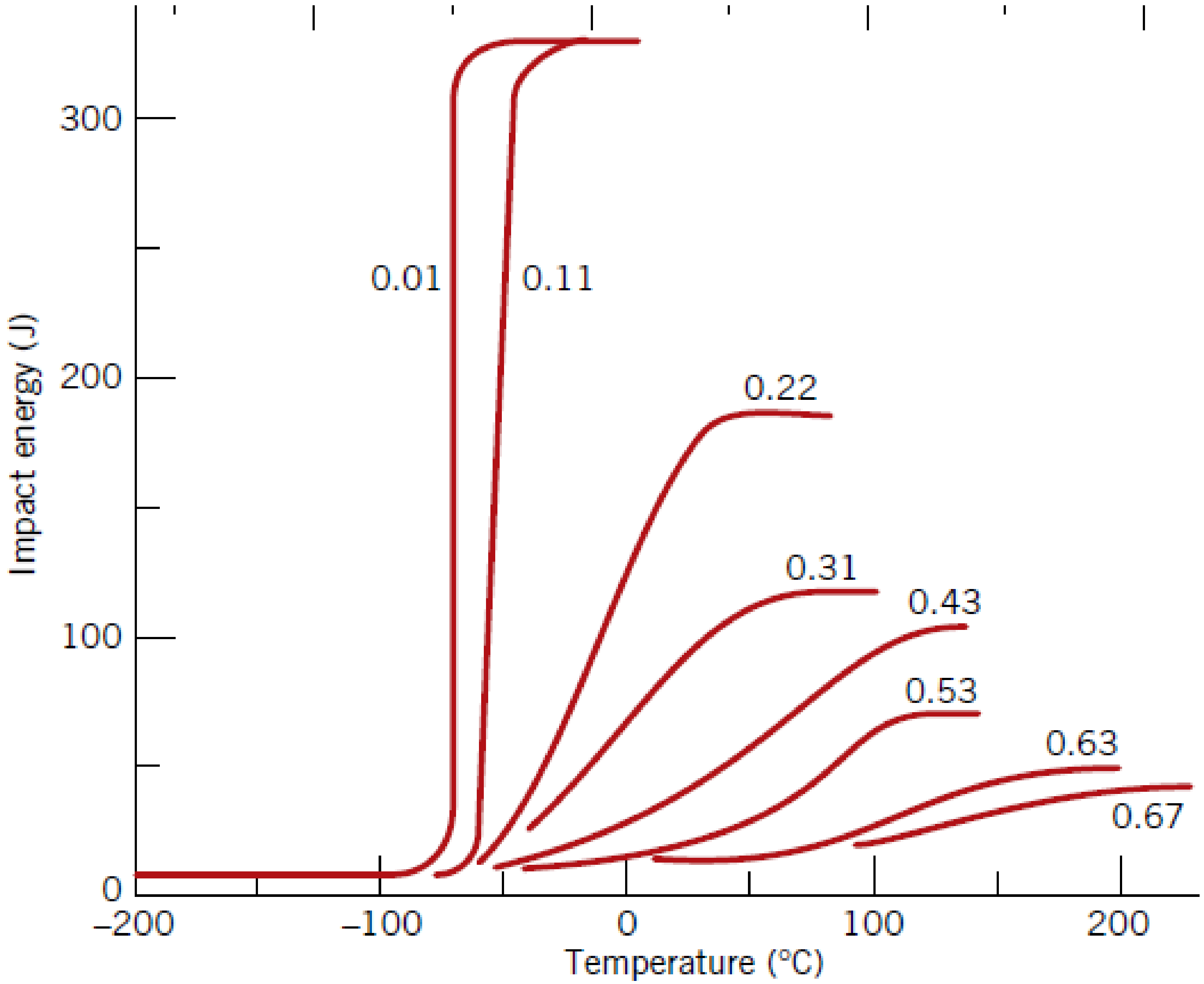


Figure 8.16 Influence of carbon content on the Charpy V-notch energy–versus–temperature behavior for steel.

Yorulma

Yorulma, dinamik veya değişken gerilmelere maruz kalan köprü, uçak ve makine parçaları gibi yapılarda oluşan bir hasar şeklidir. Yorulma sırasında parçayı hasara uğratan gerilmeler, statik yükler altındaki çekme veya akma dayanımlarından düşük olabilir.

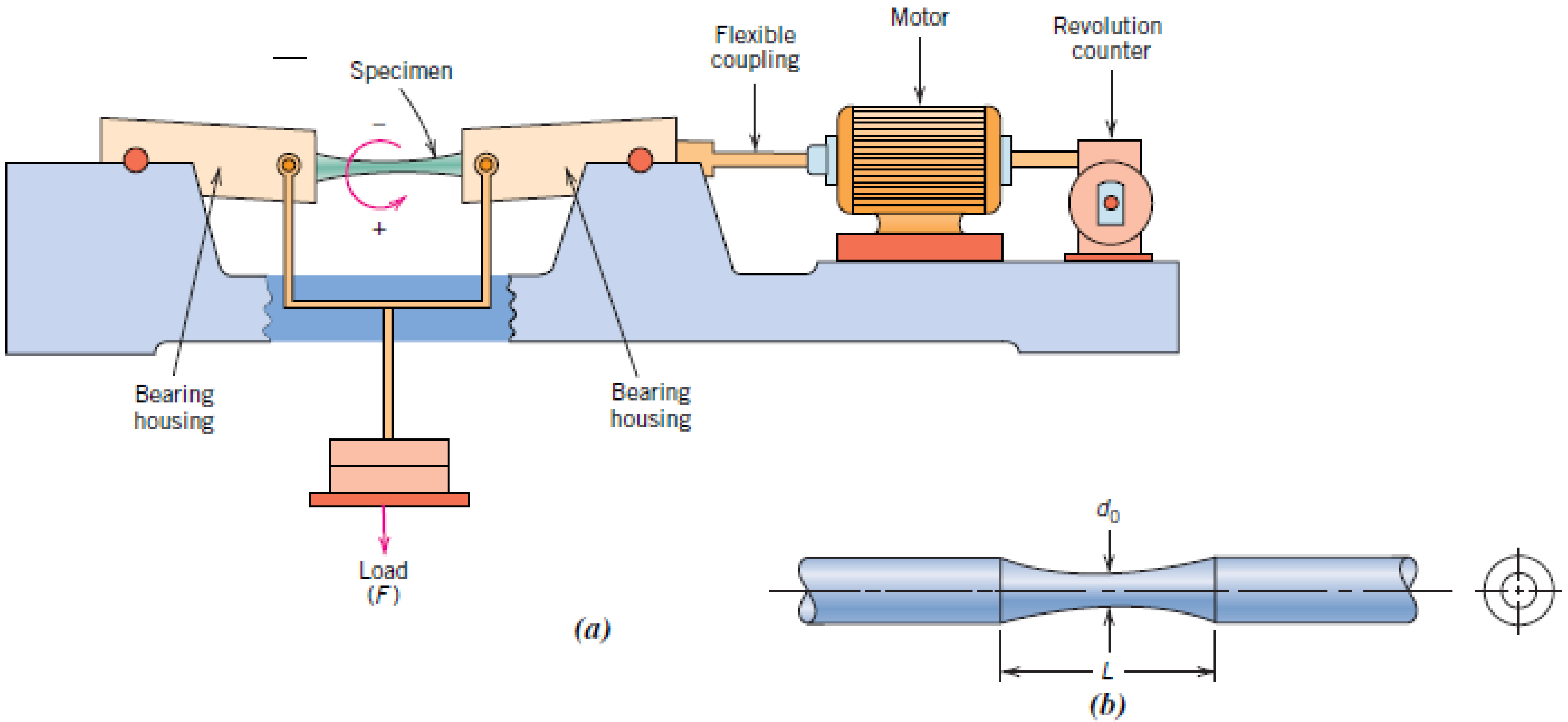
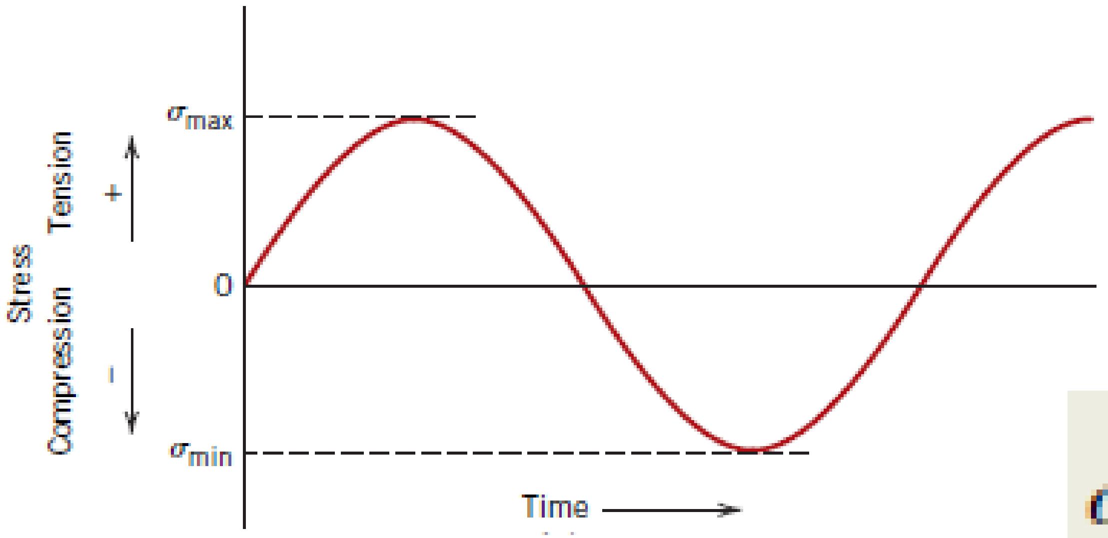


Figure 8.18 For rotating–bending fatigue tests, schematic diagrams of (*a*) a testing apparatus, and (*b*) a test specimen.

Yorulma – Çevrimsel Gerilmeler



Ortalama gerilme

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

Gerilme aralığı

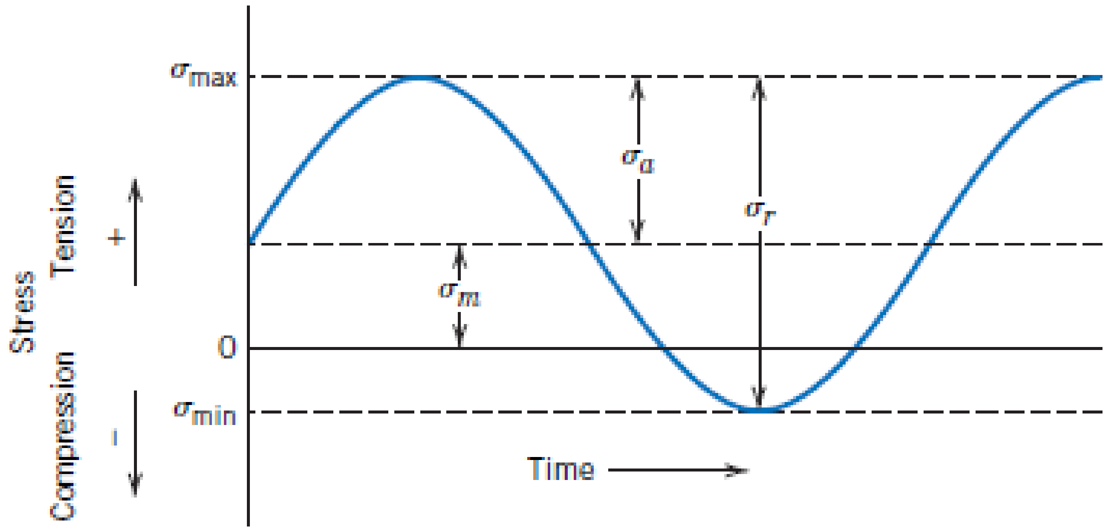
$$\sigma_r = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

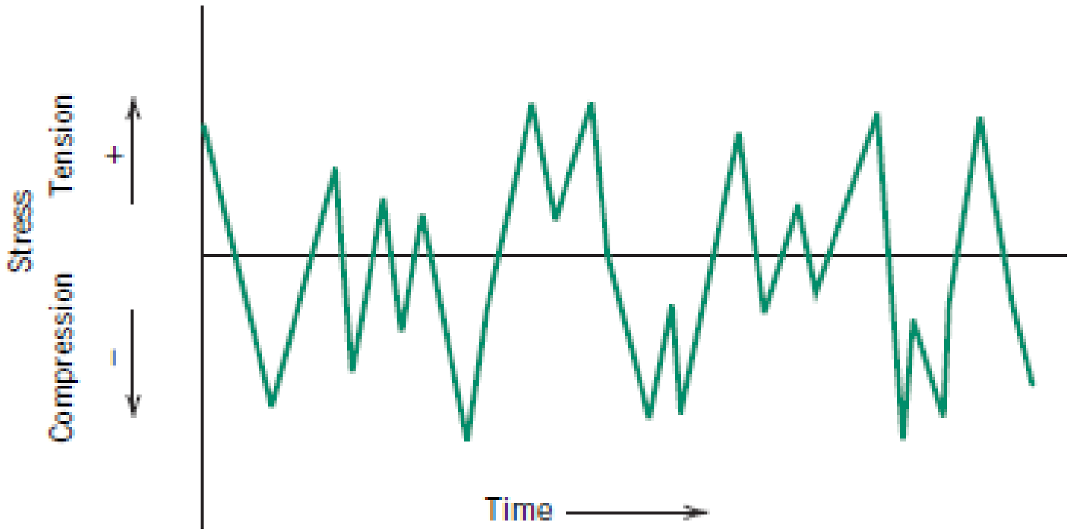
Gerilme genliği

$$\sigma_a = \frac{\sigma_r}{2} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

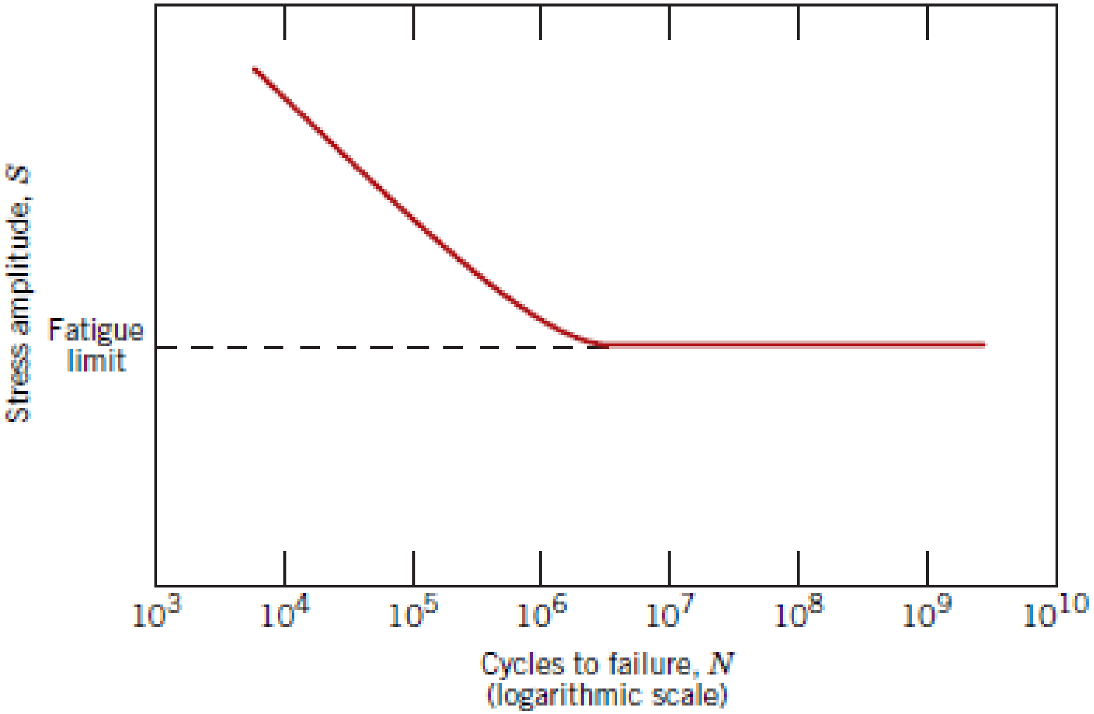
Ortalama gerilme

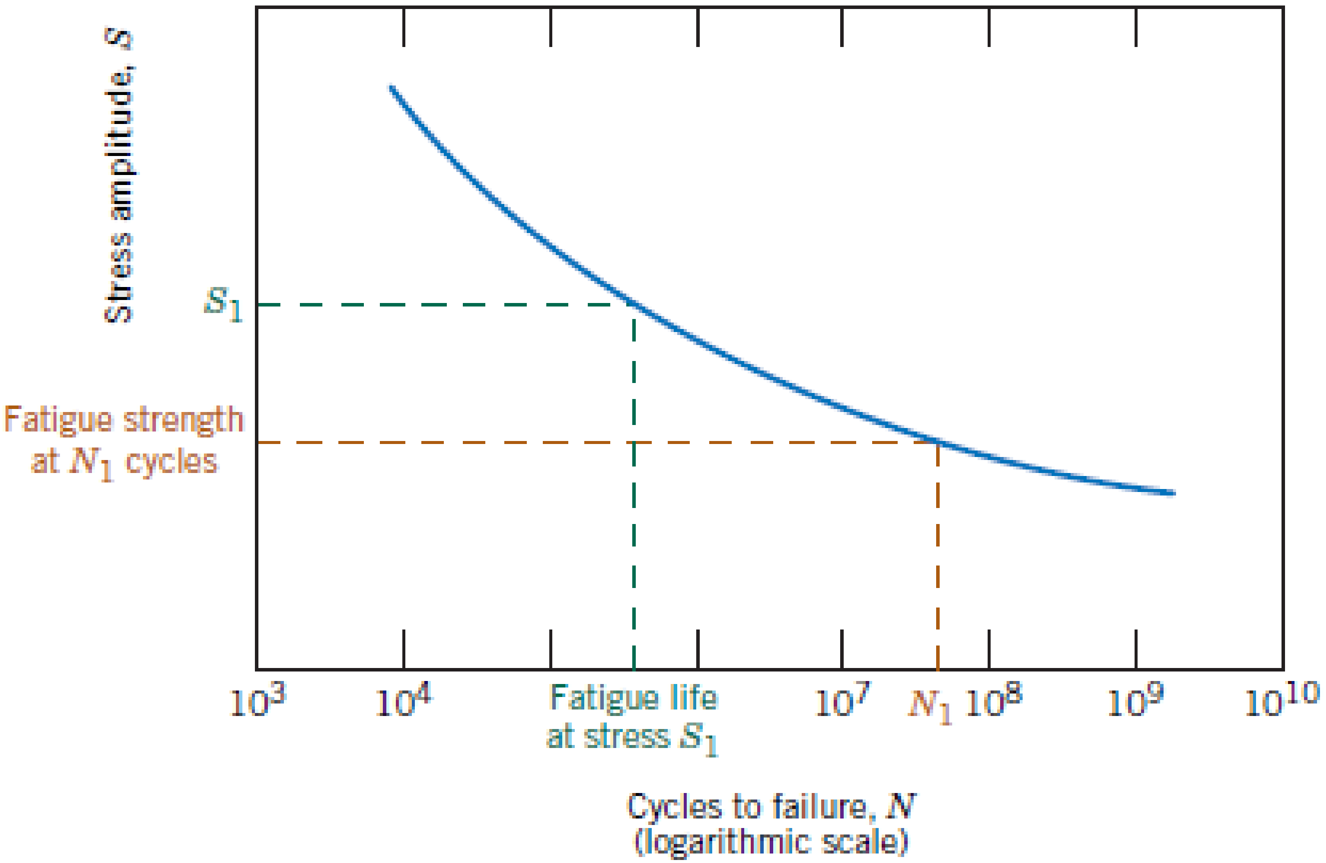
$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$





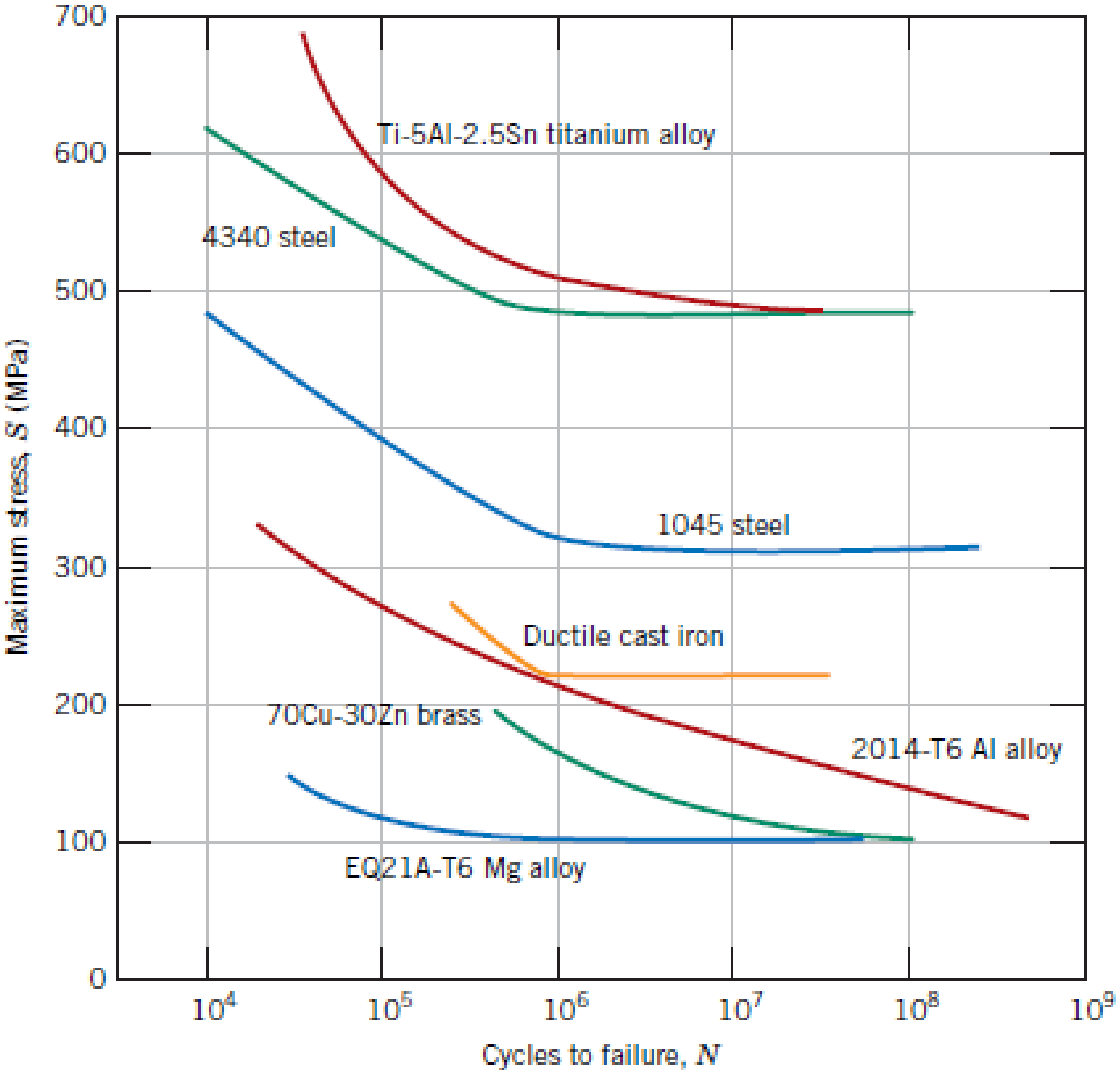
Çevrimsel Gerilmeler – S-N Eğrileri



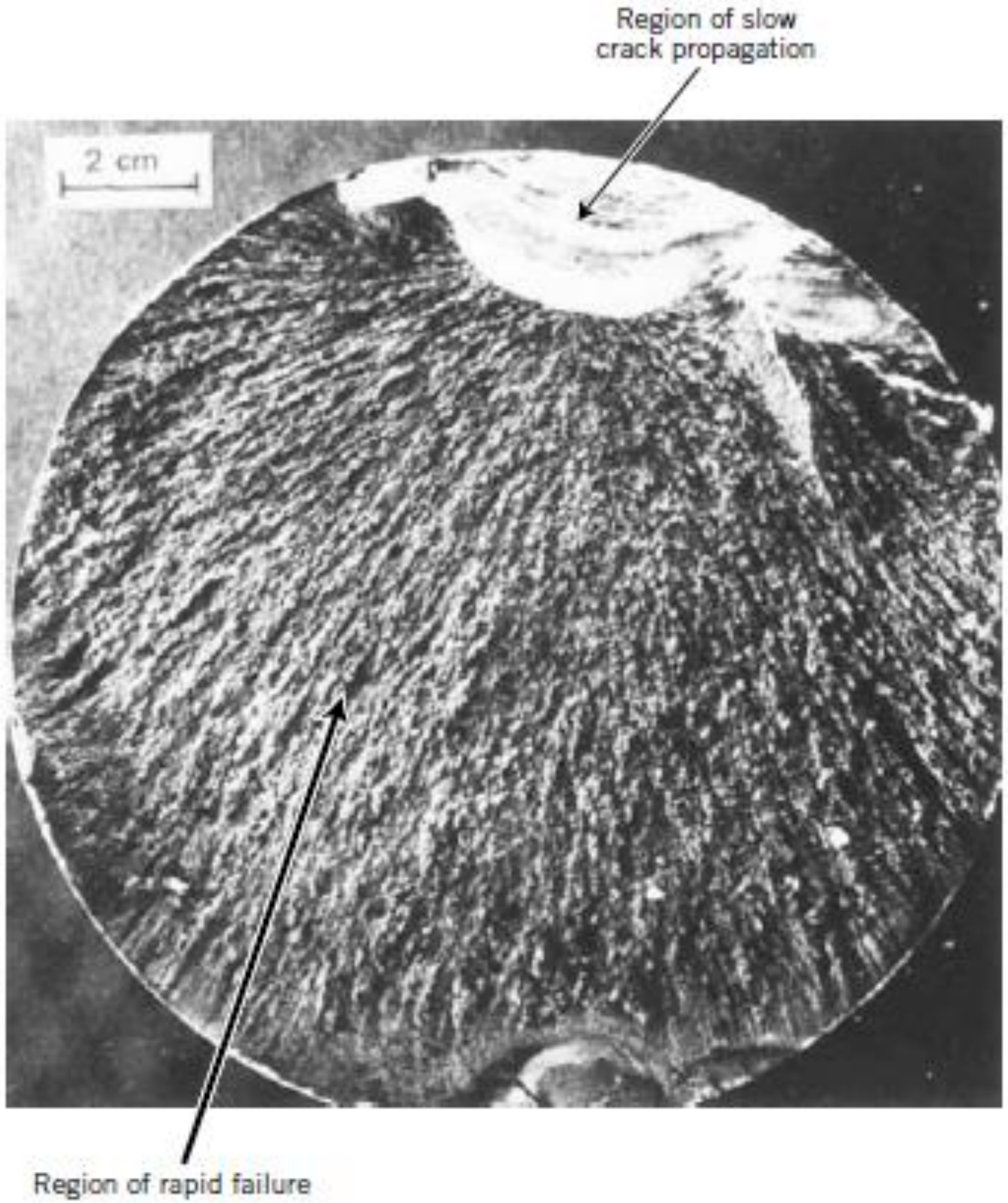


Bazı demir esaslı alaşımlar ve titanyum alaşımlarında belirli bir değerden daha düşük gerilmelerde yorulma hasarı oluşmaz. Bu duruma **yorulma limiti** denir. Çeliklerin bir çoğu için bu limit çekme dayanımının %35'i ile %60'ı arasında değişmektedir.

Çevrimsel Gerilmeler – S-N Eğrileri



Yorulma Hasarı – Kırılma Mekanizması



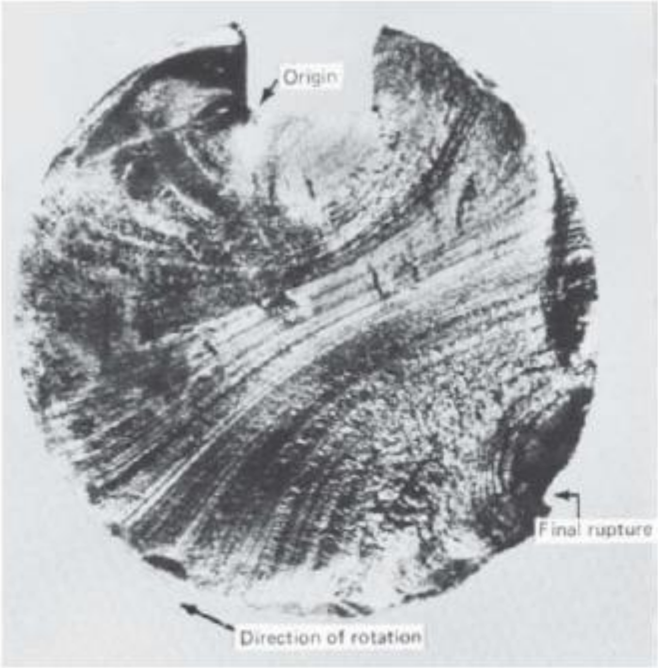
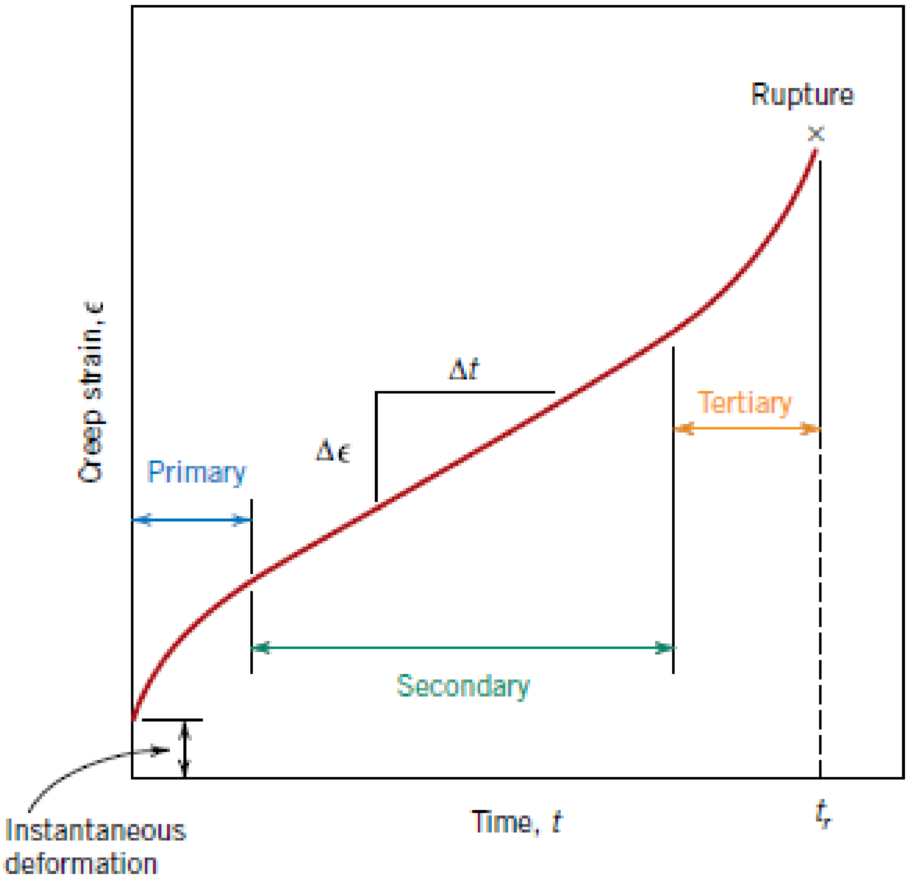


Figure 8.22 Fracture surface of a rotating steel shaft that experienced fatigue failure. Beachmark ridges are visible in the photograph.

Figure 8.23 Transmission electron fractograph showing fatigue striations in aluminum. 9000×.
(From V. J. Colangelo and F. A. Heiser, *Analysis of Metallurgical*

Sürünme

Yüksek sıcaklık ve statik gerilmenin söz konusu olduğu çalışma şartlarında oluşan deformasyona sürünme adı verilir. Jet motorlarında, merkezcil gerilmenin etkisi altında çalışan türbin kanatlarında, buhar jeneratörleri ve yüksek basınçlı buhar taşıyan boru hatları sürünmenin gerçekleşebileceği durumlara örnek olarak verilebilir.



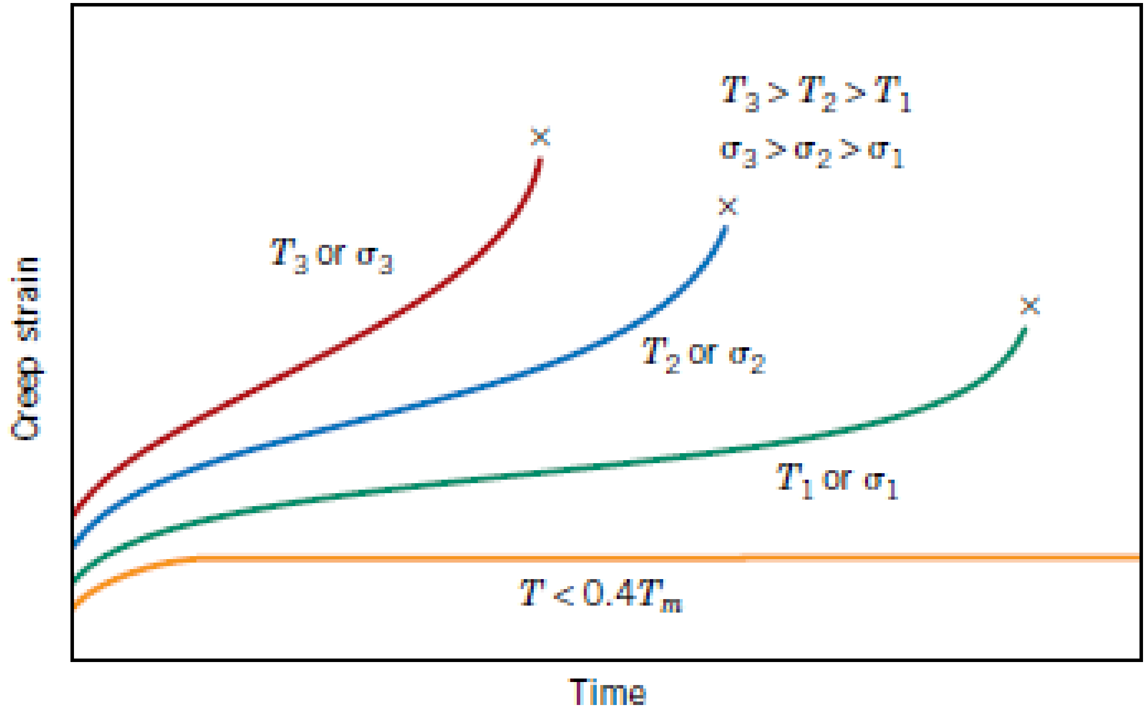


Figure 8.30 Influence of stress σ and temperature T on creep behavior.

Sürünme

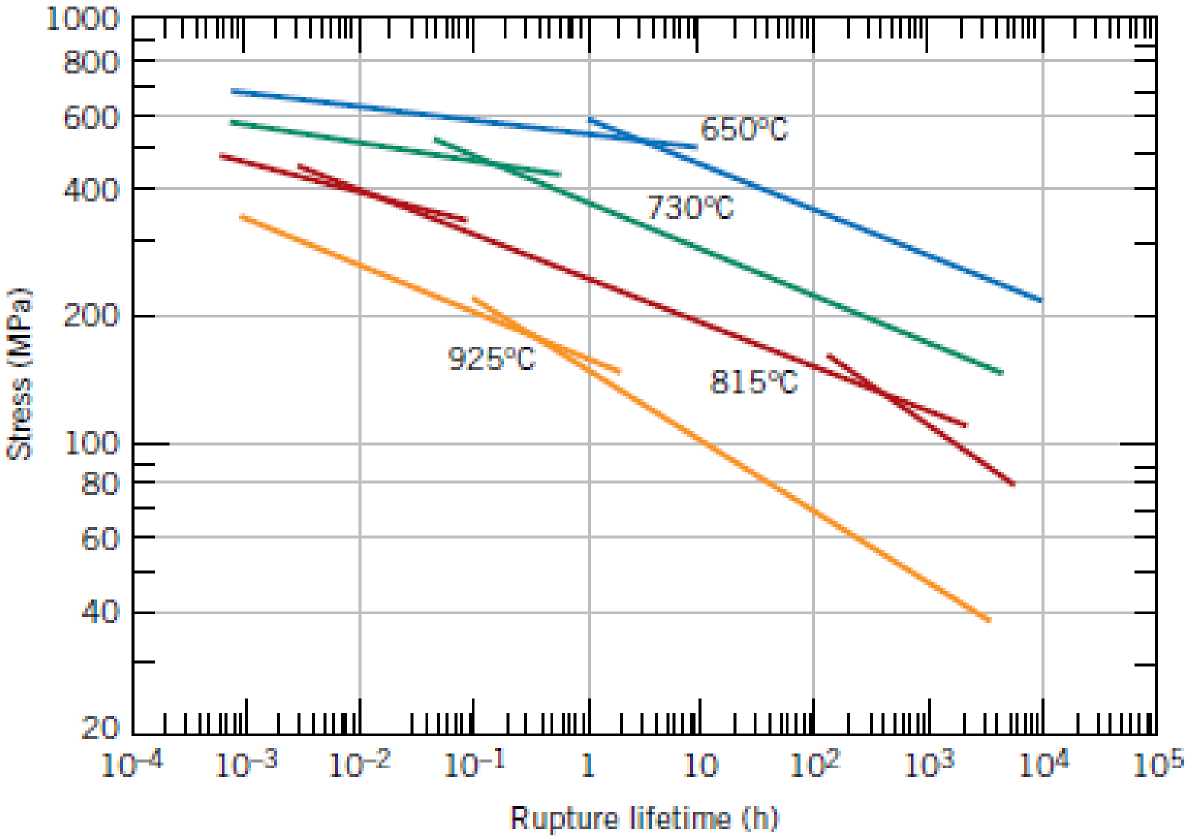
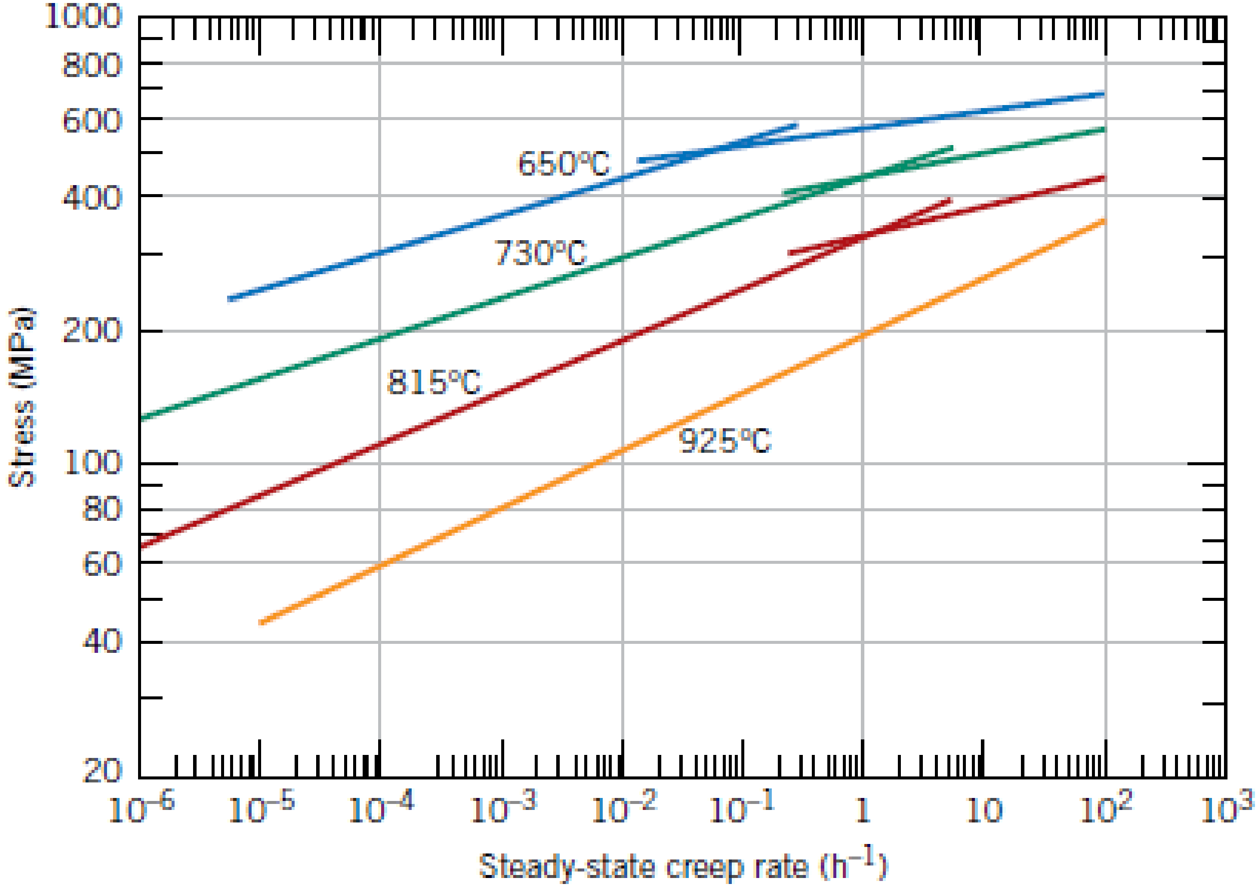


Figure 8.31 Stress (logarithmic scale) versus rupture lifetime (logarithmic scale) for an S-590 alloy at four temperatures. [The composition (in wt%) of S-590 is as follows: 20.0 Cr, 19.4 Ni, 19.3 Co, 4.0 W, 4.0 Nb, 3.8 Mo, 1.35 Mn, 0.43 C, and the balance Fe.]

Kararlı sürünme hızı

$$\dot{\epsilon}_s = K_1 \sigma^n$$



$$\dot{\epsilon}_s = K_2 \sigma^n \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right)$$