

## **Malzemelerin mekanik özellikleri şu şekilde sıralanabilir;**

- Çekme mukavemeti
- Akma mukavemeti
- Kopma mukavemeti
- Basma mukavemeti
- Eğme mukavemeti
- Yorulma mukavemeti
- Darbe dayanımı
- Sürünme dayanımı
- Kırılma tokluğu
- Elastisite modülü
- Poisson oranı
- Rezilyans modülü
- Kayma modülü
- Tokluk Sertlik
- Aşınma dayanımı
- Sürtünme katsayısı
- Süneklik ve gevreklik

Mekanik testler **statik ve dinamik yükler altında yapılan deneyler** ile uygulanır.

**Statik yükler altında yapılan deneyler;**

- Çekme deneyi
- Basma deneyi
- Eğme deneyi
- Burulma deneyi
- Sertlik deneyi
- Sürünme deneyi

**Dinamik yükler altında yapılan deneyler;**

- Yorulma deneyi
- Çentik darbe deneyi

# Malzemelerin Mekanik Özellikleri

Mekanik tasarım ve imalat sırasında malzemelerin mekanik davranışlarının bilinmesi çok önemlidir.

Başlıca mekanik özellikler:

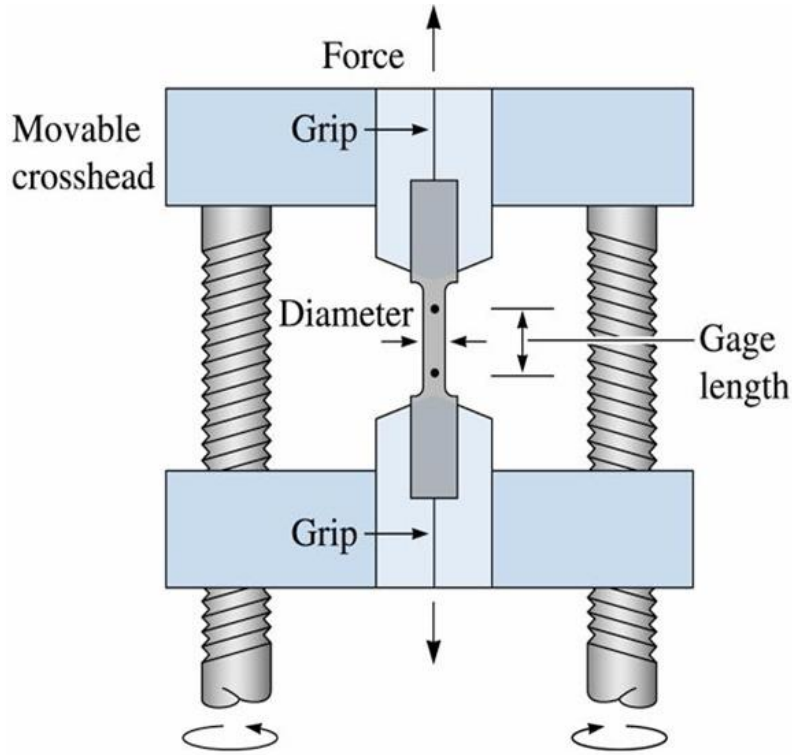
- Çekme / basma (tensile /compression)
- Sertlik (hardness)
- Darbe (impact)
- Kırılma (fracture)
- Yorulma (fatigue)
- Sürünme (creep)

# Çekme deneyi

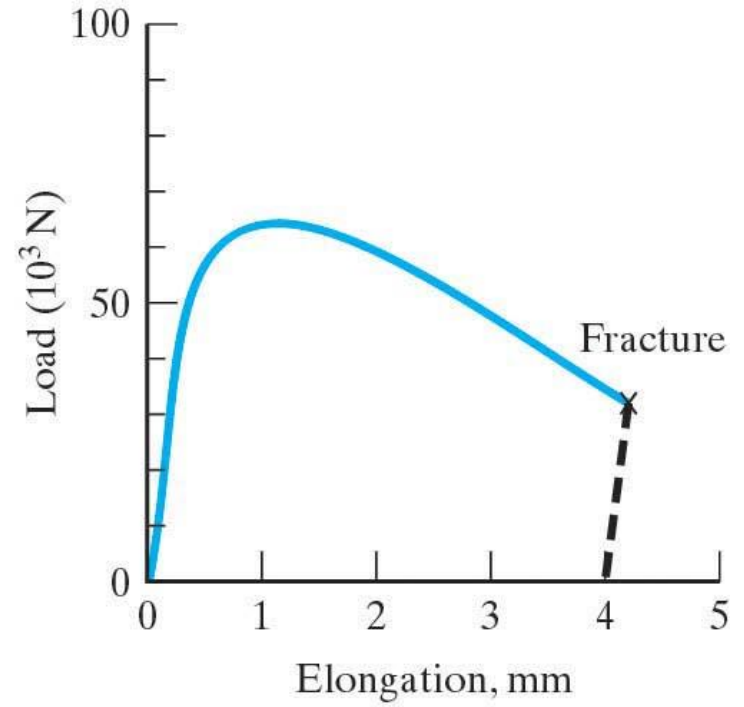
- Çekme deneyi, malzemelerin mekanik özelliklerini ve davranışlarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın mekanik test yöntemidir. Çekme deneyi, boyutları standartlara göre hazırlanmış bir deney numunesinin tek eksen doğrultusunda statik bir yük uygulanarak belirli bir çekme hızında ve belirli bir sabit sıcaklıkta , numunenin koparılıncaya kadar çekilmesi esasına dayanır.

# Çekme deneyi

Malzemenin statik kuvvetler altında dayanımı vs mekanik özelliklerinin test edilmesinde kullanılır.

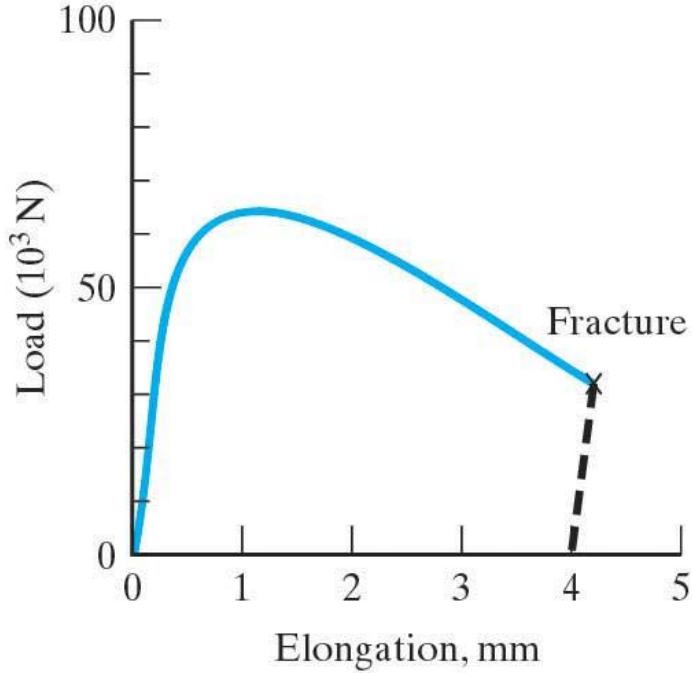


Çekme deneyi

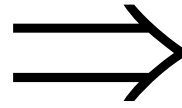


$\sigma$  : Gerilme

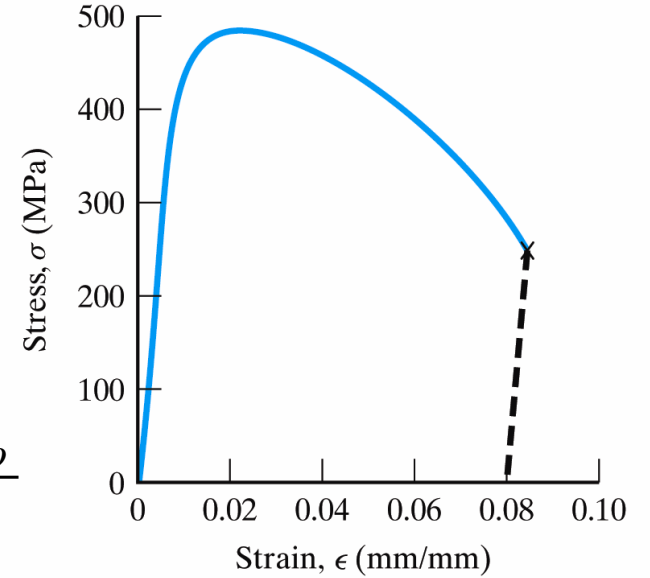
$\varepsilon$  : Birim şekil değiştirme



$$\sigma = \frac{F}{A_o}$$



$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o}$$

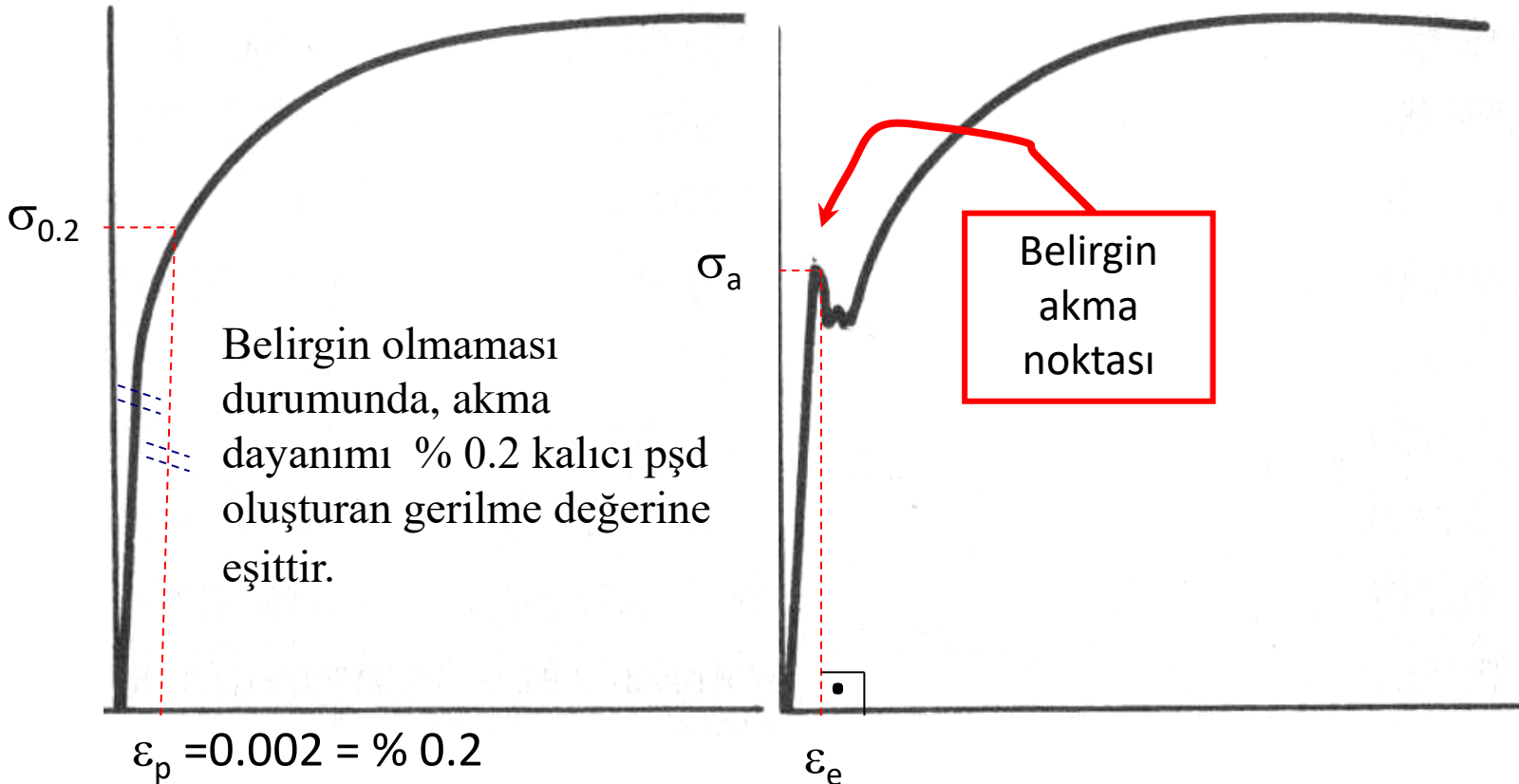


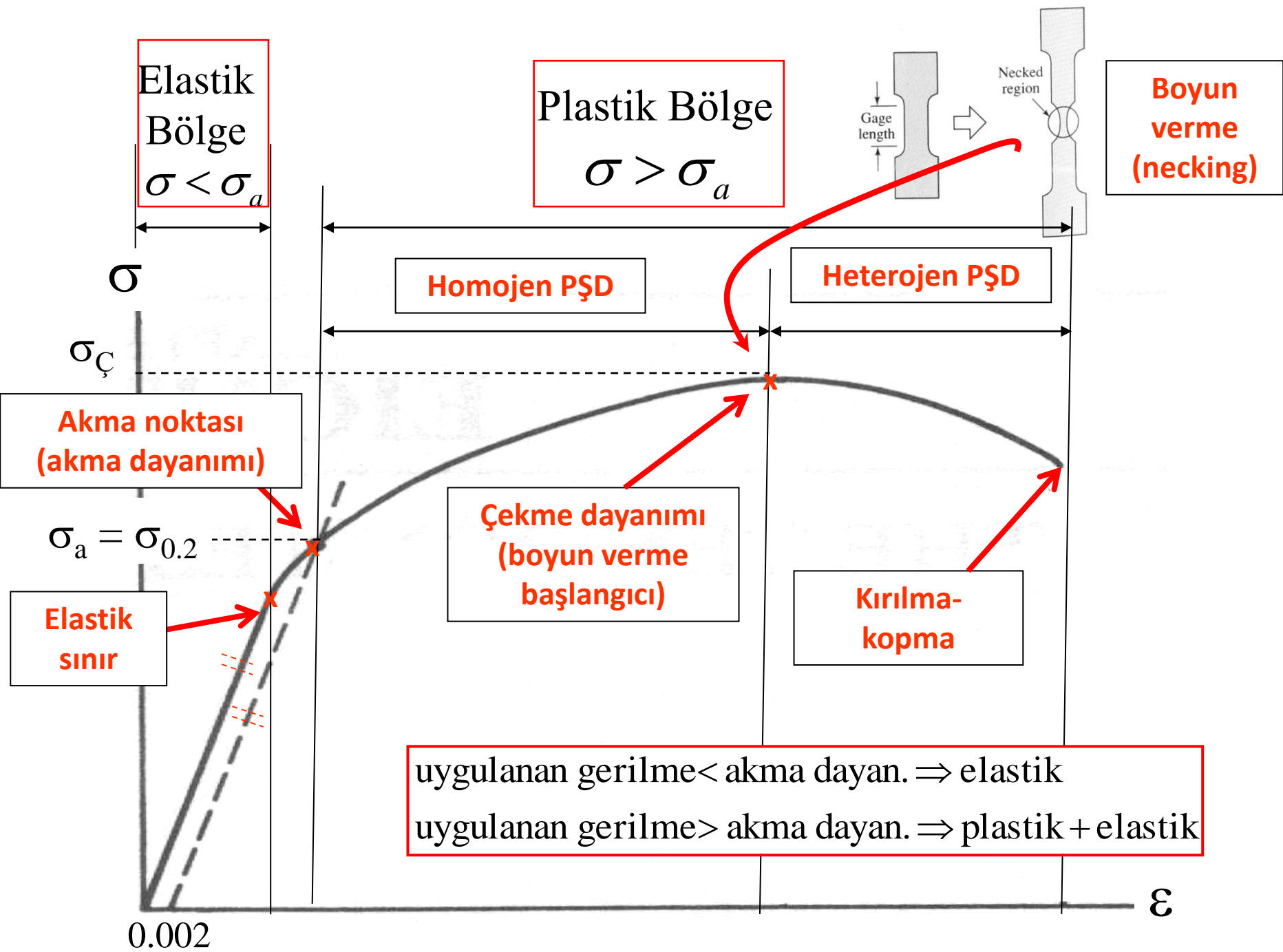
Çekme deneyinden elde edilen  
F- $\Delta L$  (kuvvet uzama) eğrisi

F-  $\Delta L$  deki verilerinde elde  
edilen  $\sigma$ - $\varepsilon$  (Gerilme-Birim  
uzama) eğrisi

Malzemenin plastik şekil değiştirmeye başladığı gerilme değerine “akma dayanımı” adı verilir.

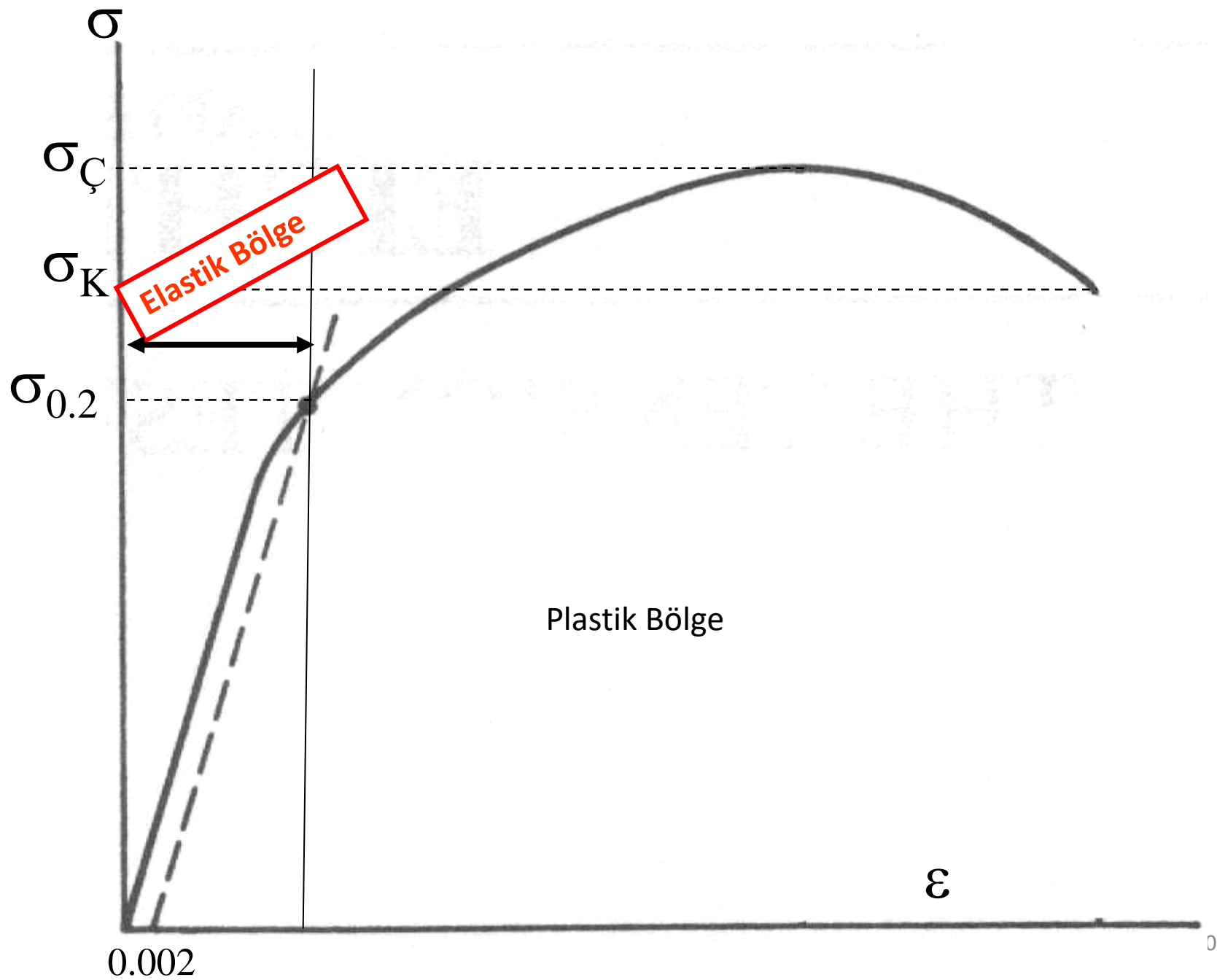
1. **Belirgin akma göstermeyen** malzemeler
2. **Belirgin akma gösteren** malzemeler



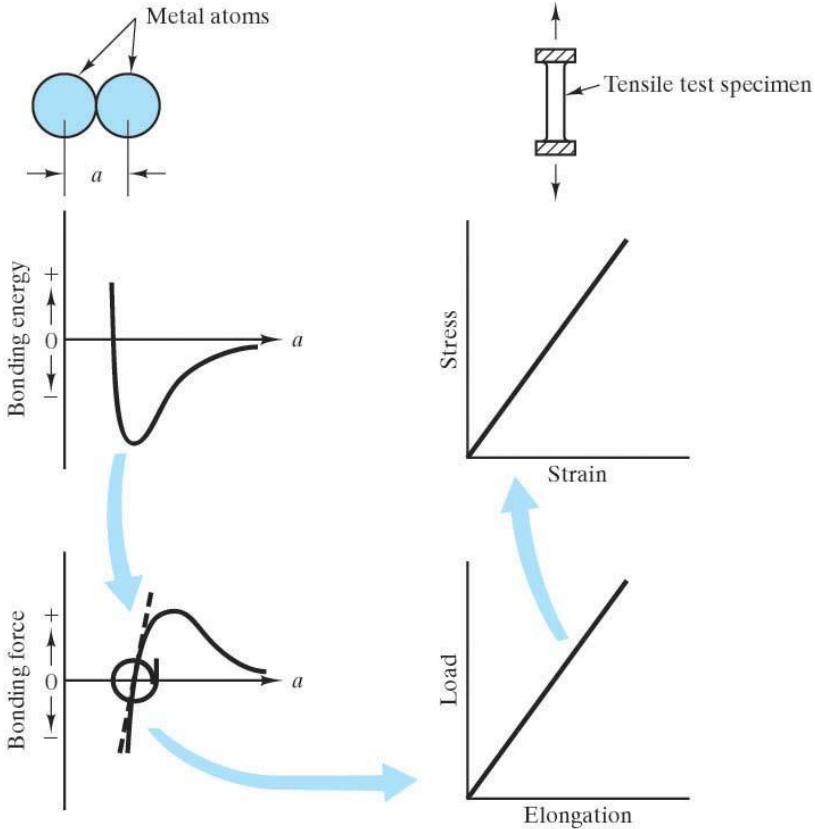




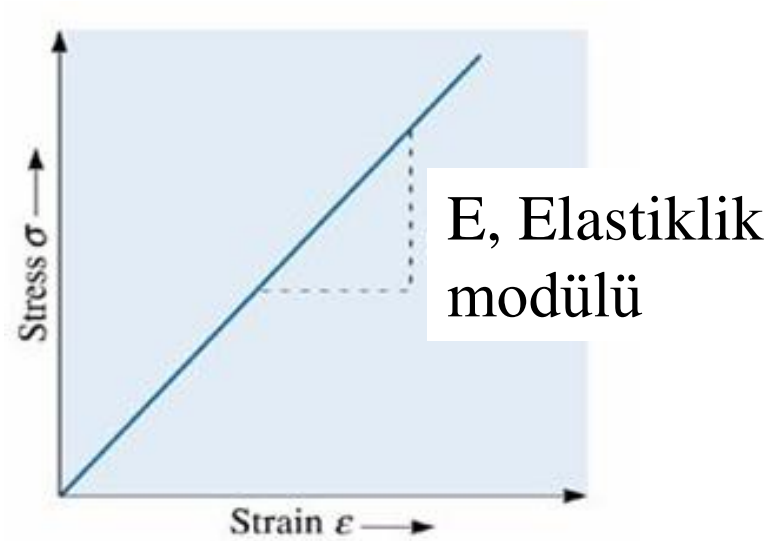
# Elastik Şekil Değişimi



# Elastik Şekil Değişimi



$$\sigma < \sigma_a$$

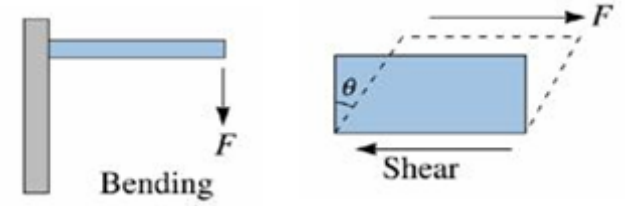
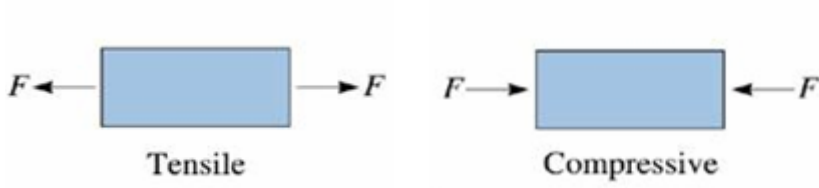


Elastik şekil değişiminde atomsal bağlardaki uzamalar.

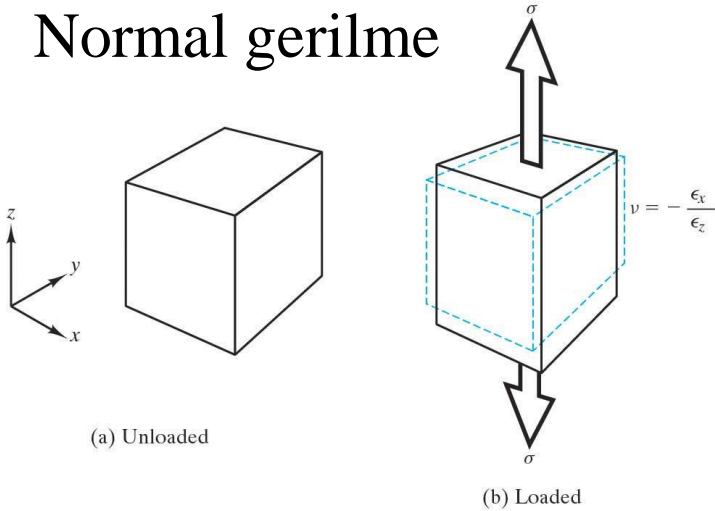
# Elastik şekil değişimi

- Elastik bölgede **Hook kanunu** geçerlidir.
- Gerilme ile birim uzama **lineer** olarak **değişir**.
- **Kuvvet kalkınca**, elastik uzama **ortadan kalkar**.
- **E**, Elastiklik Modülü, lineer kısmın eğimine eşittir
  - **Malzemenin karakteristik özelliğidir** (malzemedenden malzemeye değişir)
  - **E büyüdükçe** malzeme daha **rijit** hale gelir yani gerilme ile daha az şekil değişimi gösterir. **Küçüldükçe** daha **elastik** davranır.

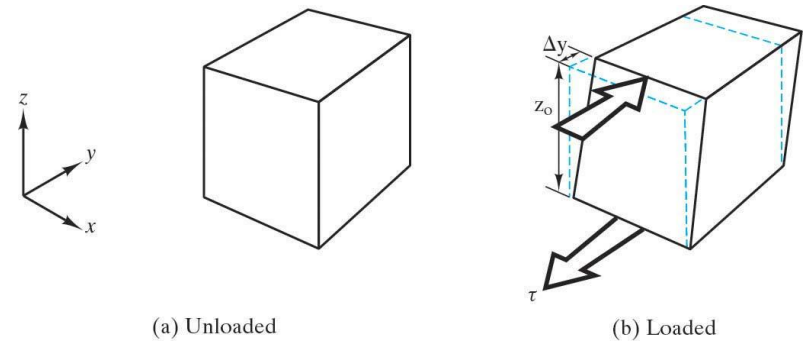
# Hook Kanunu



## Normal gerilme



## Kayma gerilmesi



$$\sigma = E \times \varepsilon$$

- $\sigma$  = Normal gerilme
- $\varepsilon$  = Birim şekil değişimi
- $E$  = Elastiklik modülü

$$\tau = G \times \gamma$$

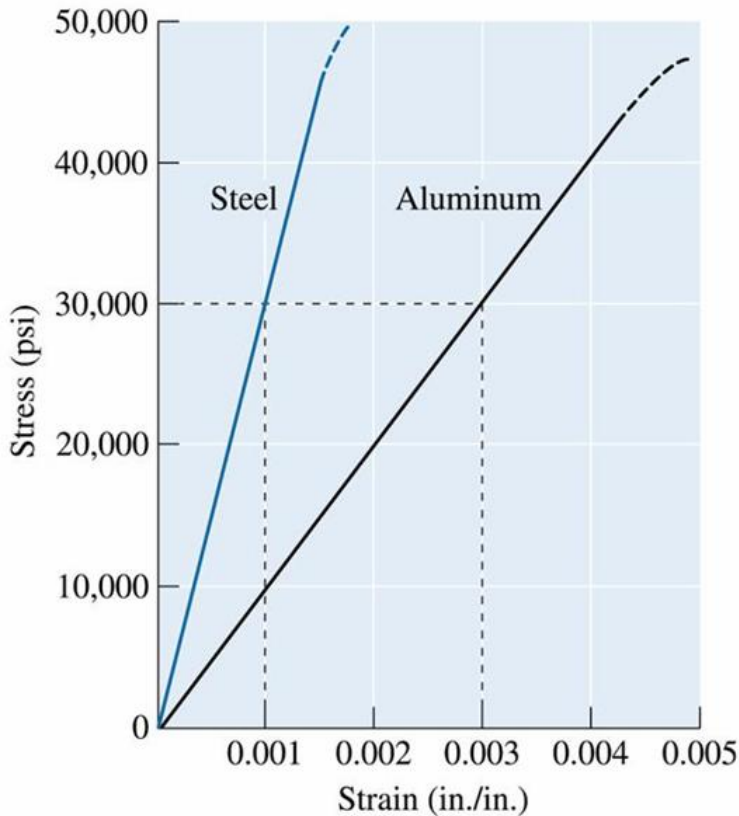
- $\tau$  = Kayma gerilmesi
- $\gamma$  = Kayma birim şekil değişimi
- $G$  = kayma modülü

E ye etki eden parametreler:

- **Kimyasal bileşim** (Al ve çelikte farklı)
- **Ortam sıcaklığından** etkilenir.
- **Isıl işlemden etkilenmez.** (Aynı çeliğin yumuşak hali ile sertleştirilmiş hali aynı E ye sahiptir).

# Kimyasal kompozisyonun etkisi

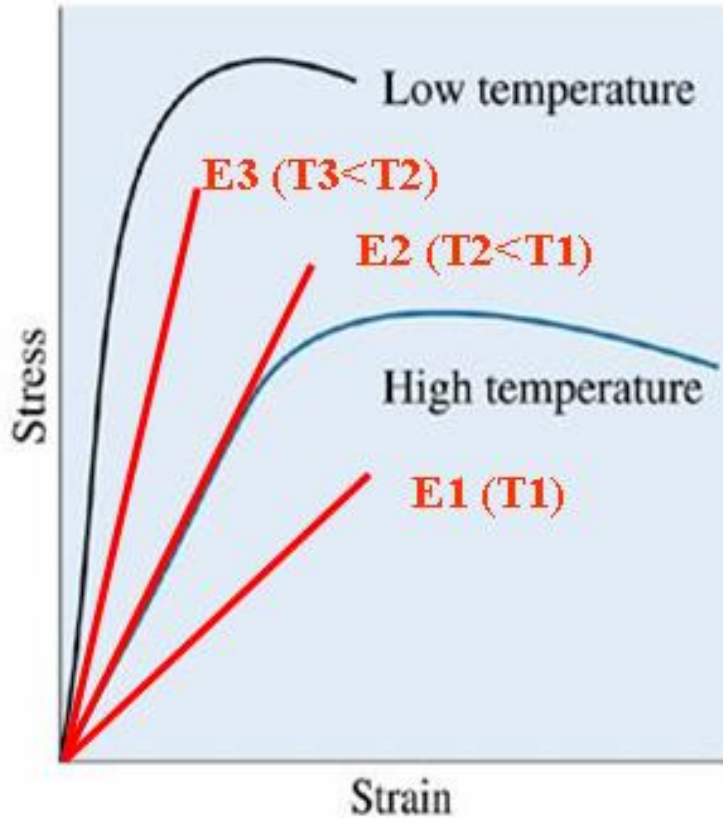
E, bir malzeme özelliğidir. E, kimyasal kompozisyondan etkilenir. Çelik Alüminyuma göre daha rijittir.



Alloy	E [GPa (psi)]
1. 1040 carbon steel	200 ( $29 \times 10^6$ )
2. 8630 low-alloy steel	
3. a. 304 stainless steel	193 ( $28 \times 10^6$ )
c. 410 stainless steel	200 ( $29 \times 10^6$ )
4. L2 tool steel	
5. Ferrous superalloy (410)	200 ( $29 \times 10^6$ )
6. a. Ductile iron, quench	165 ( $24 \times 10^6$ )
b. Ductile iron, 60-40-18	169 ( $24.5 \times 10^6$ )
7. a. 3003-H14 aluminum	70 ( $10.2 \times 10^6$ )
b. 2048, plate aluminum	70.3 ( $10.2 \times 10^6$ )
8. a. AZ31B magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )
b. AM100A casting magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )
9. a. Ti-5Al-2.5Sn	107-110 ( $15.5-16 \times 10^6$ )
b. Ti-6Al-4V	110 ( $16 \times 10^6$ )

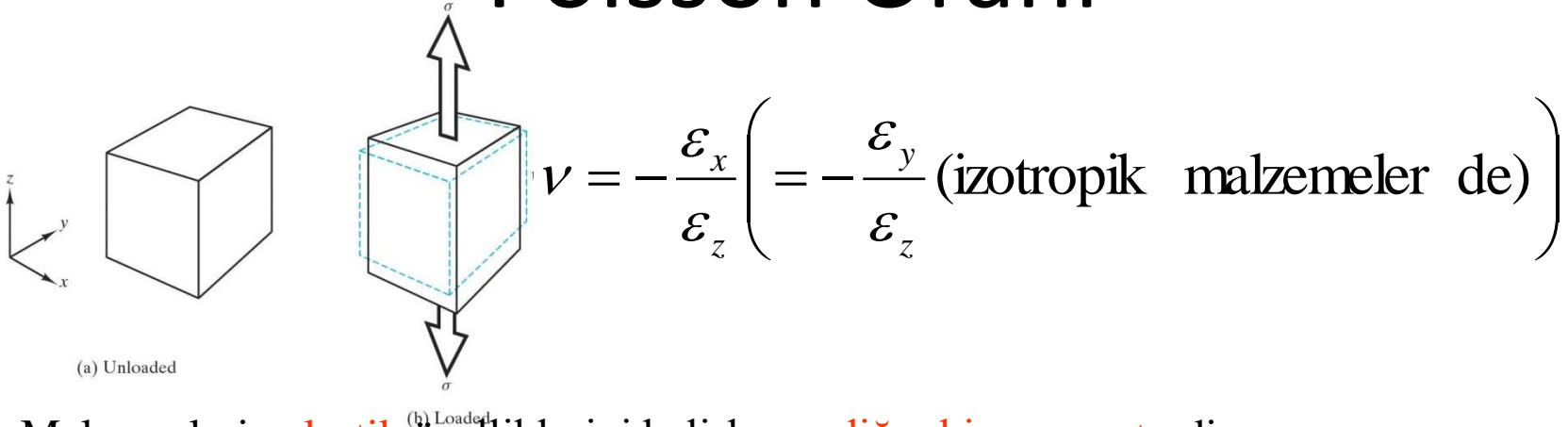
# Sıcaklığın etkisi

Sıcaklık arttıkça E, azalır.





# Poisson Oranı



- Malzemelerin **elastik** özelliklerini belirleyen **diğer bir parametredir**.
- Elastik şekil değişimi sırasında malzeme **hacminde değişiklik olur (plastik deformasyonda hacim sabit kalır)**.
- **Çekme** yönünde malzeme **uzarken** buna **dik** yönde **kısalma** gerçekleşir.
- Aradaki **oran poisson oranı** ile **belirlenir**.

- **Metaller** için **0.28** ile **0.32** arasında değişir. Genelde **0.3** tür (elastik ş.d.).
- **Plastik şekil değişiminde** hacim sabit kalır ve poisson oranı **0.5** değeri alır.

**TABLE 6-3** ■ *Elastic properties and melting temperature ( $T_m$ ) of selected materials*

<b>Material</b>	<b><math>T_m</math> (°C)</b>	<b><math>E</math> (psi)</b>	<b>Poisson's ratio (<math>\mu</math>)</b>
Pb	327	$2.0 \times 10^6$	0.45
Mg	650	$6.5 \times 10^6$	0.29
Al	660	$10.0 \times 10^6$	0.33
Cu	1085	$18.1 \times 10^6$	0.36
Fe	1538	$30.0 \times 10^6$	0.27
W	3410	$59.2 \times 10^6$	0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2020	$55.0 \times 10^6$	0.26
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>		$44.0 \times 10^6$	0.24

# Plastik Şekil Değişimi

- Malzemelerin dayanımını ifade eden **Akma dayanımının üzerinde** gerilmeler uygulanması durumunda **plastik şekil değişimleri** (kalıcı-geri dönüşsüz) (PŞD) başlar.

$$\sigma > \sigma_a$$

- Bu noktada PŞD, **dislokasyonlar kaymaya başlamasıyla** meydana gelir.

- PŞD de sıcaklık seviyelerine bağlı olarak **farklı şekil değiştirme mekanizmaları** mevcuttur.
- Bunlar;
  1. **Soğuk** plastik şekil değiştirme,
  2. **Sıcak** Plastik şekil değiştirme
  3. **Ilık** Plastik şekil değiştirme
- Bu sıcaklık seviyeleri **benzeş sıcaklık** ile belirlenir.

# Benzeş sıcaklık (homologous temperature):

$$T_B = \frac{T_C (^{\circ}K)}{T_E (^{\circ}K)}$$

$T_E$  = Malzemenin erime sıcaklığı

$T_C$  = Çalışma sıcaklığı

$$0 < T_B < 0.25$$

Soğuk Şekil Değişimi

$$0.25 < T_B < 0.5$$

Ilık Şekil değişimi

$$0.5 < T_B < 1$$

Sıcak Şekil değişimi

## Oda sıcaklığı;

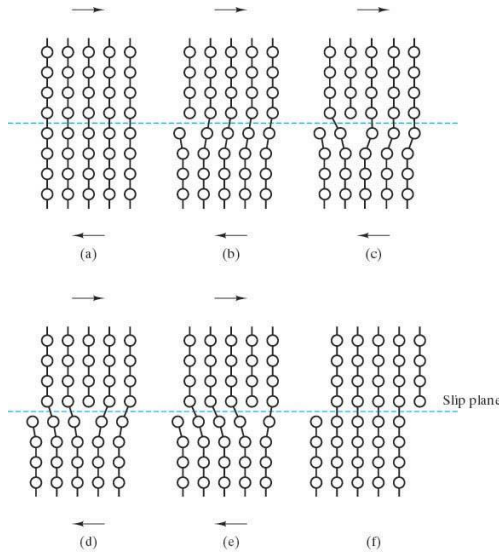
- Fe, Cu, Al gibi bir çok metal için **soğuk** **şekil değişim** bölgesi iken
- Pb, Sn gibi düşük erime sıcaklığına sahip malzemeler için **sıcak şekil değişim** bölgesi olur.

# Soğuk Şekil Değişirme

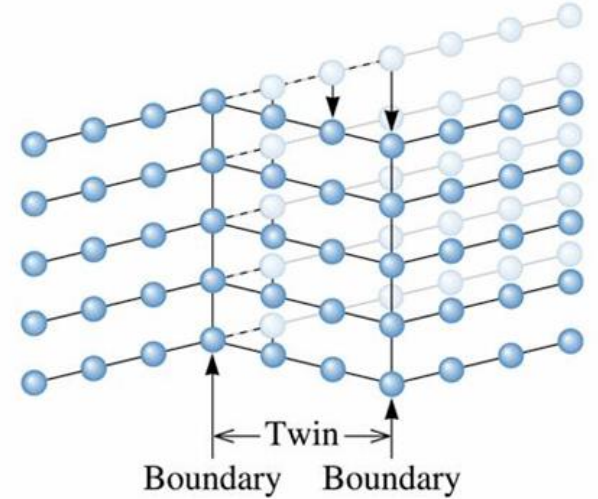
Soğuk şekil değişiminde iki tür şekil değişirme mekanizması etkin olabilir.

1. Kayma

2. İkizleme



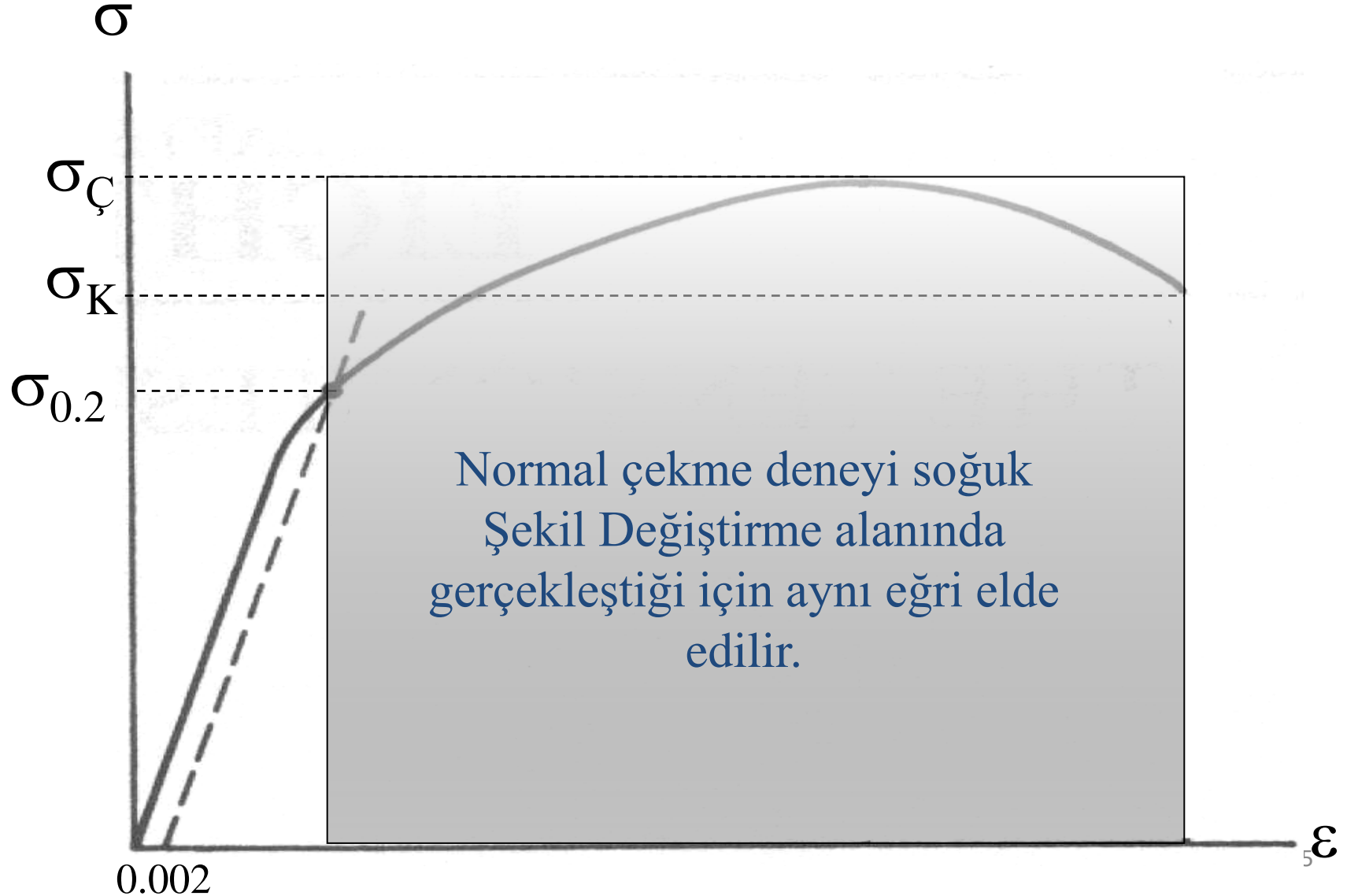
PŞD, **Kayma** ile yani dislokasyonların kayarak hareket etmeleri ile gerçekleşir.



Kaymanın zor olduğu durumlarda plastik şekil değişimi **ikizleme** (twinning) ile gerçekleşir.



# Soğuk Şekil Değiştirme



# KAYMA: PEKLEŞME KAVRAMI

- Plastik deformasyon sırasında, **dislokasyonlar** kayma düzlemlerinde **kayarak hareket ederler**.
- **Fakat** bu sırada yeni dislokasyonlar meydana gelir ve **yoğunlukları artar**.
- Sayılarının artması ile **birbirlerinin** hareketini engellemeye veya **başka engellere** (boşluk, yer alan, ara yer, tane sınırı, çökelti, vs.) takılmaya başlarlar.
- Böylece hareketleri için daha yüksek gerilmeler gerekir.
- Bu durum **deformasyon sertleşmesi** veya **PEKLEŞME** (strain hardening-work hardening) olarak adlandırılır.

# HOMOJEN PŞD BÖLGESİ

- $\sigma - \varepsilon$  eğrisinin akma noktası ile tepe noktası (boyun verme) arasında kalan kısmıdır.

Açıklama:

- PŞD de parça uzunluğu sürekli artar. **Hacim sabit** kalır ve uzunluktaki artış **kesit alanında daralma** ile dengelenir.
- Akma noktasından sonra **tepe noktasına kadar** malzeme pekleşir ve daha çok gerilme gerekir fakat pşd oldukça kesit küçülür böylece gerilme artar bu **iki durum birbirini dengeler**.

# HETEROJEN PŞD BÖLGESİ

- $\sigma - \epsilon$  eğrisinin tepe noktası (boyun verme) ile kopma noktası arasında kalan kısımdır.

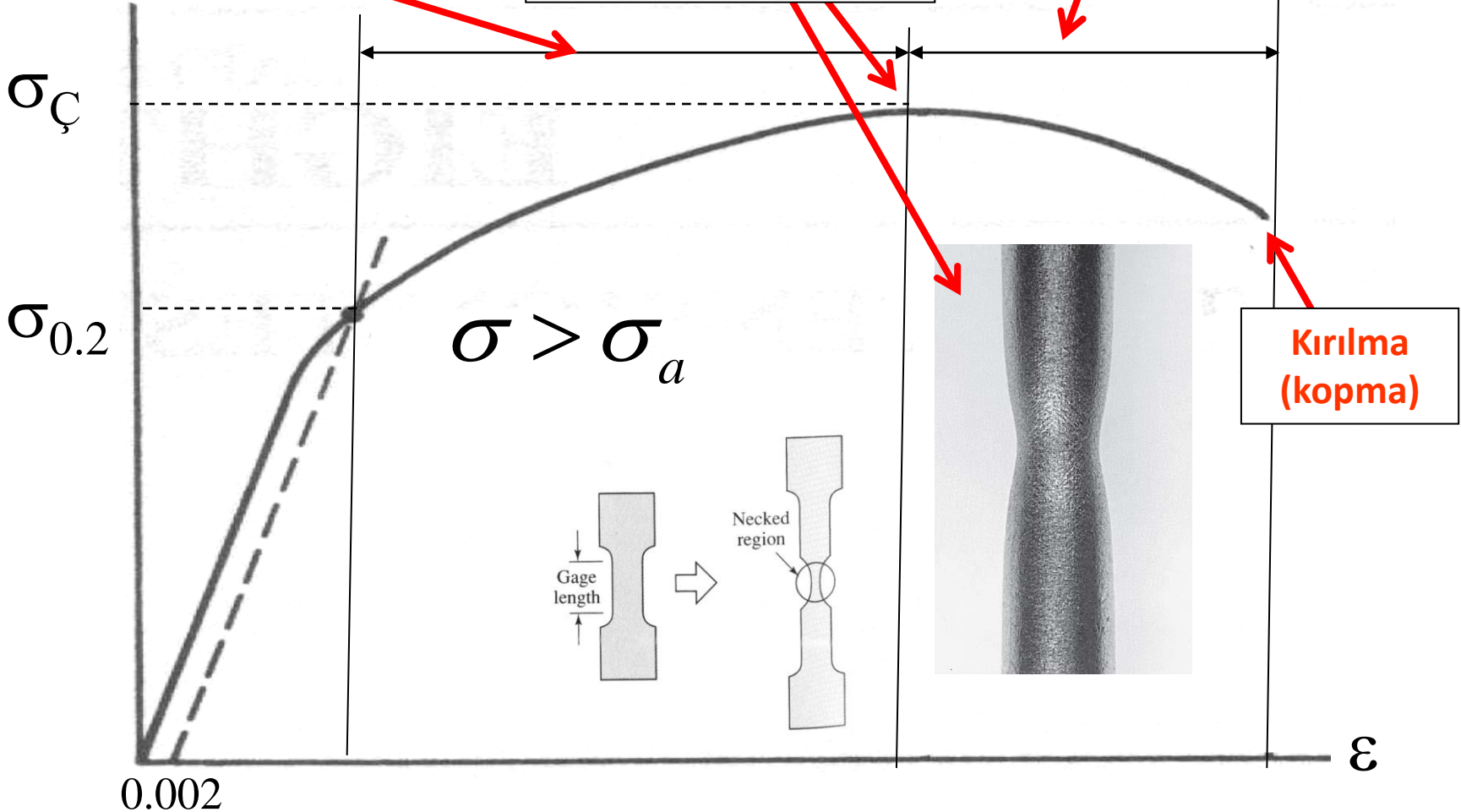
Açıklama:

- Tepe noktasından (çekme dayanımı) sonra **plastik kararsızlık** başlar. Kesit bir bölgede hızla daralmaya başlar ve malzeme **boyun (neck) verir**.
- Şekil değişimi için gereken kuvvet azalır. Bu nedenle eğri aşağı doğru döner. Belli bir noktada **kopma** gerçekleşir.

Akma noktasından sonra homojen PŞD. (pekleşme / kesit daralması dengesi)

Boyun verme başlangıcı

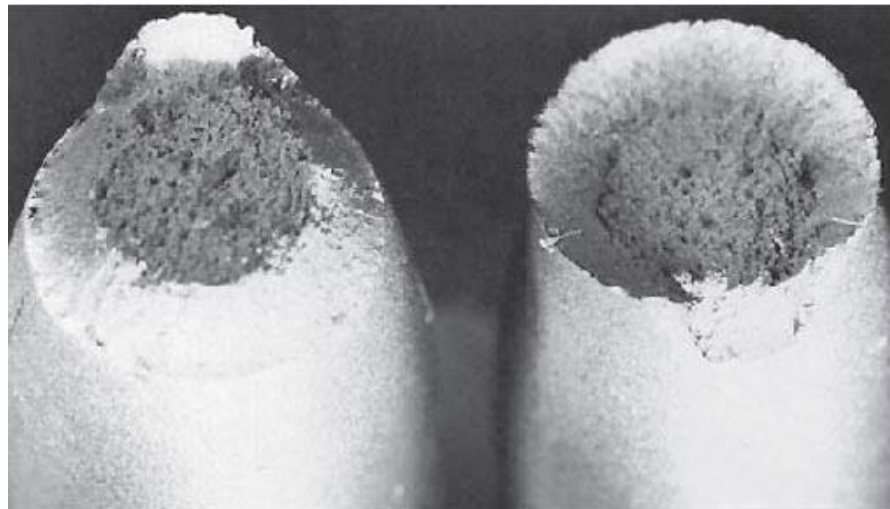
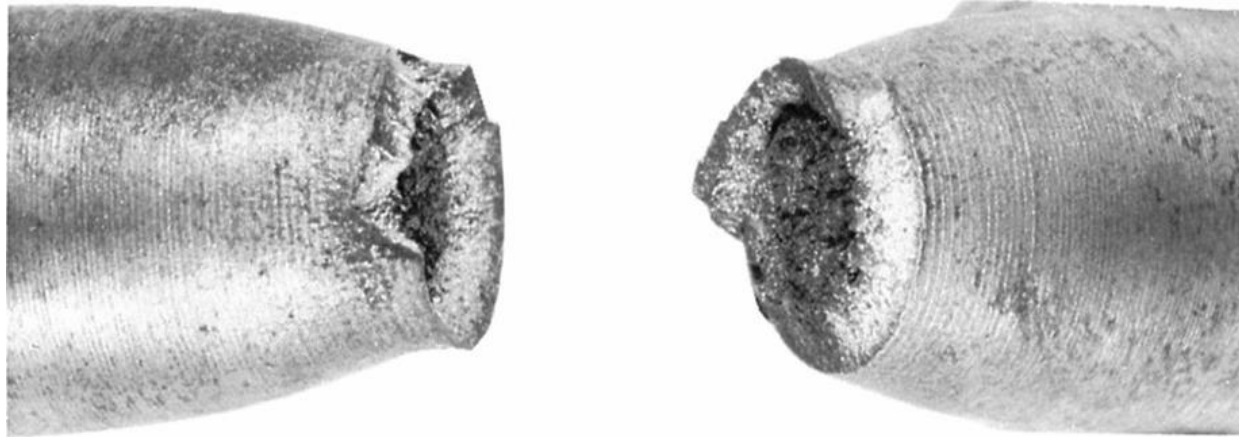
Max noktadan sonra heterojen PŞD.(dengenin bozulması)



Kırılma (kopma)

0.002

$\epsilon$



Tablo 6.1: Çekme dayanım değerleri.

Alloy	E [GPa (psi)]	Y.S. [MPa (ksi)]	T.S. [MPa (ksi)]	Percent elongation at failure
1. 1040 carbon steel	200 ( $29 \times 10^6$ )	600 (87)	750 (109)	17
2. 8630 low-alloy steel		680 (99)	800 (116)	22
3. a. 304 stainless steel	193 ( $28 \times 10^6$ )	205 (30)	515 (75)	40
c. 410 stainless steel	200 ( $29 \times 10^6$ )	700 (102)	800 (116)	22
4. L2 tool steel		1,380 (200)	1,550 (225)	12
5. Ferrous superalloy (410)	200 ( $29 \times 10^6$ )	700 (102)	800 (116)	22
6. a. Ductile iron, quench	165 ( $24 \times 10^6$ )	580 (84)	750 (108)	9.4
b. Ductile iron, 60–40–18	169 ( $24.5 \times 10^6$ )	329 (48)	461 (67)	15
7. a. 3003-H14 aluminum	70 ( $10.2 \times 10^6$ )	145 (21)	150 (22)	8–16
b. 2048, plate aluminum	70.3 ( $10.2 \times 10^6$ )	416 (60)	457 (66)	8
8. a. AZ31B magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )	220 (32)	290 (42)	15
b. AM100A casting magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )	83 (12)	150 (22)	2
9. a. Ti–5Al–2.5Sn	107–110 ( $15.5–16 \times 10^6$ )	827 (120)	862 (125)	15
b. Ti–6Al–4V	110 ( $16 \times 10^6$ )	825 (120)	895 (130)	10
10. Aluminum bronze, 9% (copper alloy)	110 ( $16.1 \times 10^6$ )	320 (46.4)	652 (94.5)	34
11. Monel 400 (nickel alloy)	179 ( $26 \times 10^6$ )	283 (41)	579 (84)	39.5
12. AC41A zinc			328 (47.6)	7
13. 50:50 solder (lead alloy)		33 (4.8)	42 (6.0)	60
14. Nb–1 Zr (refractory metal)	68.9 ( $10 \times 10^6$ )	138 (20)	241 (35)	20
15. Dental gold alloy (precious metal)			310–380 (45–55)	20–35

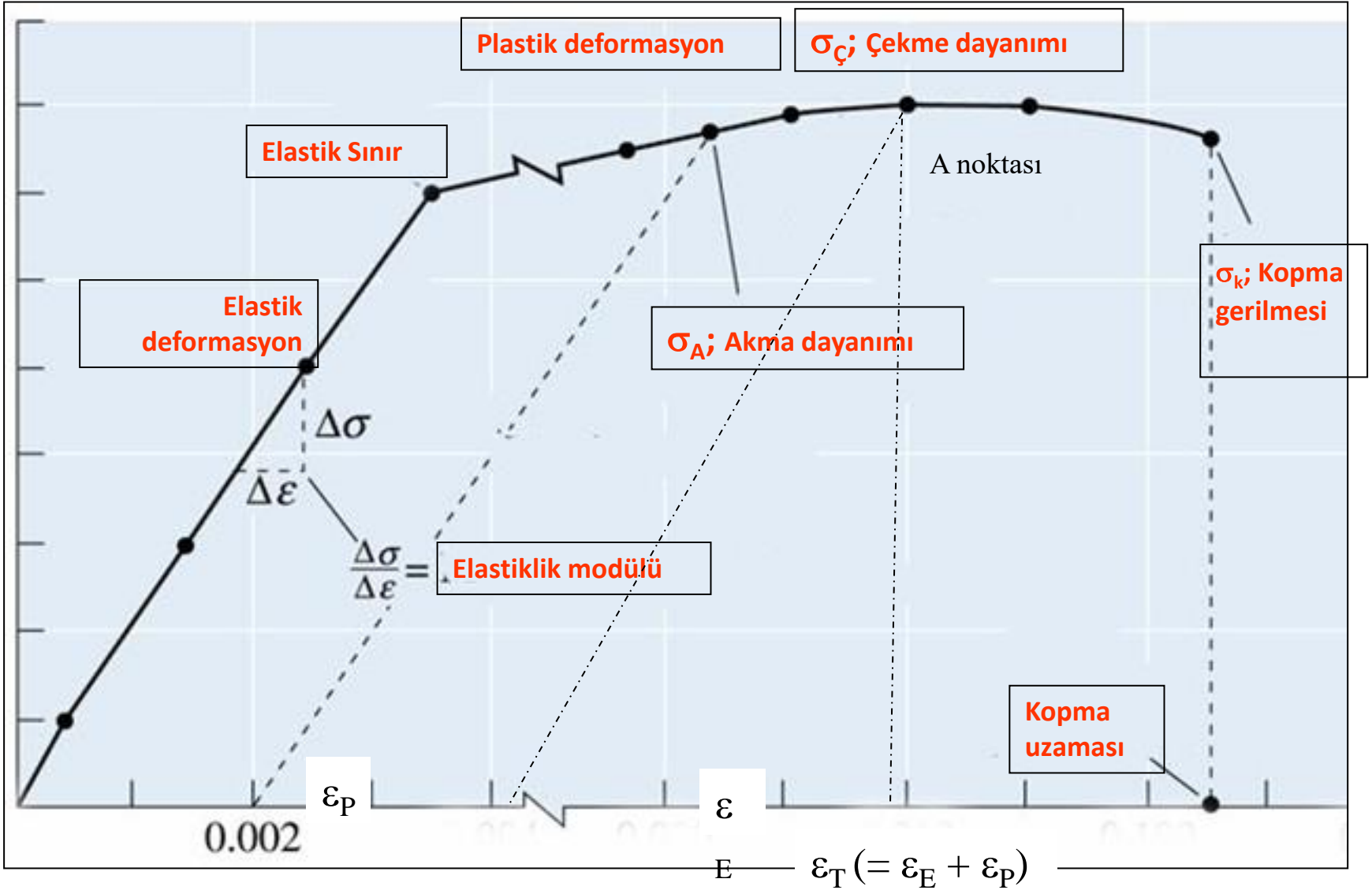
# Çekme diyagramından elde edilen veriler

- $E$ , Elastiklik modülü
- $\sigma_a$ , Akma dayanımı
- $\sigma_{\zeta}$ , Çekme dayanımı
- $\sigma_k$ , Kopma gerilmesi
- $\delta$ , Kopma uzaması
- $\psi$ , Kesit daralması
- $\varepsilon_{ün}$ , Üniform uzama
- Statik tokluk
- Rezilyans

Ayrıca her hangi bir noktada

- Elastik şekil değişim miktarı
- Plastik şekil değişim miktarı, vs bulunabilir





# Süneklik / Gevreklik / Tokluk / Rezilyans

- **Süneklik:** plastik şekil değiştirme kabiliyetini ifade eder. Bu değer in büyümesi, malzeme kopana kadar daha büyük plastik şekil değiştirme göstermesi anlamına gelir.  
**Kopma uzaması** ve **alan daralması** parametreleri ile ifade edilebilir.
- **Gevreklik:** Plastik şekil değiştirme kabiliyetinin olmaması durumunu ifade eder. Eğri bazen elastik sınırdadır bazen de elastik sınıra çok yakın bir noktada son bulur.
- **Tokluk:** Malzemenin kopana dek absorbe ettiği toplam enerjiyi ifade eder.  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinin altında kalan alana eşittir. Sünek malzemelerin tokluğu gevrek malzemelere göre daha yüksektir.
- **Rezilyans:** Malzemenin elastik şekil değişimi sırasında depoladığı enerjidir.  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinde elastik bölgenin altında kalan alana eşittir.

# Süneklik

- Kopma uzaması;  $l_k$ , eğriden de bulunabilir.

$$\delta = \frac{l_k - l_o}{l_o}$$

$l_k$  = Kopma anında ölçü boyu  
 $l_o$  = ilk ölçü boyu

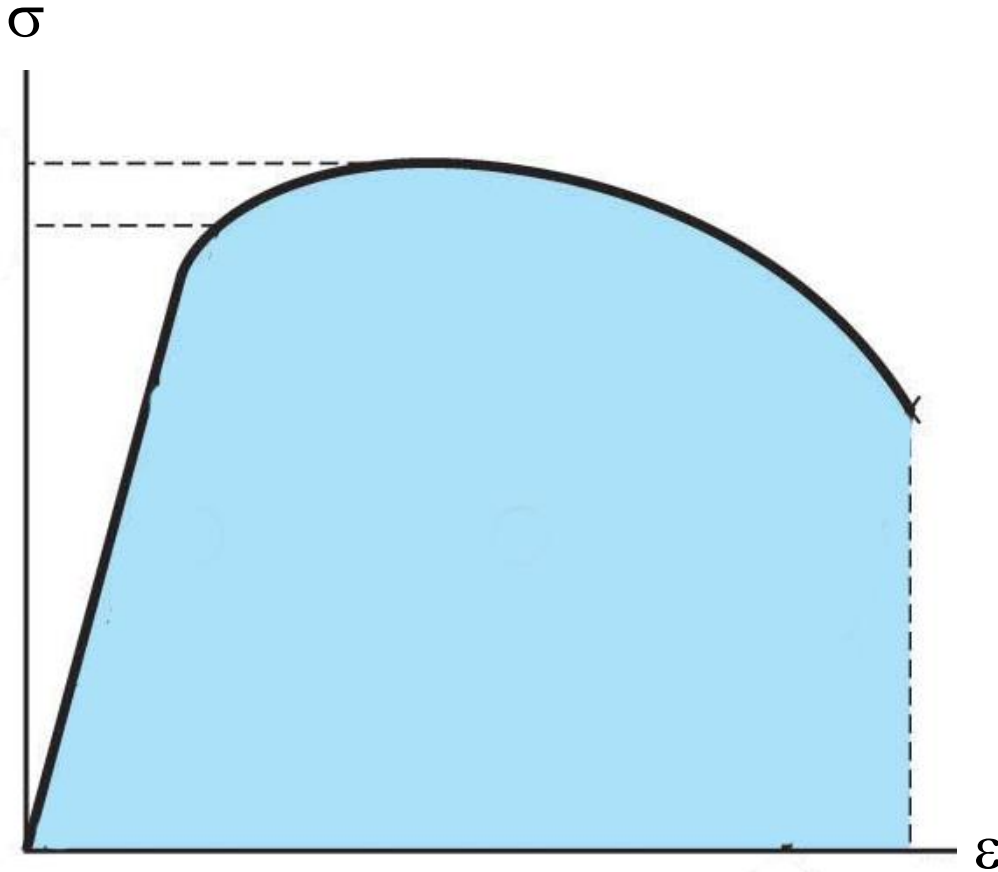
- Kesit daralması:  $A_k$ , Eğriden bulunamaz.

$$\psi = \frac{A_o - A_k}{A_o}$$

$A_o$  = İlk kesit alanı  
 $A_k$  = Kopmadan sonra ölçülen kesit alanı

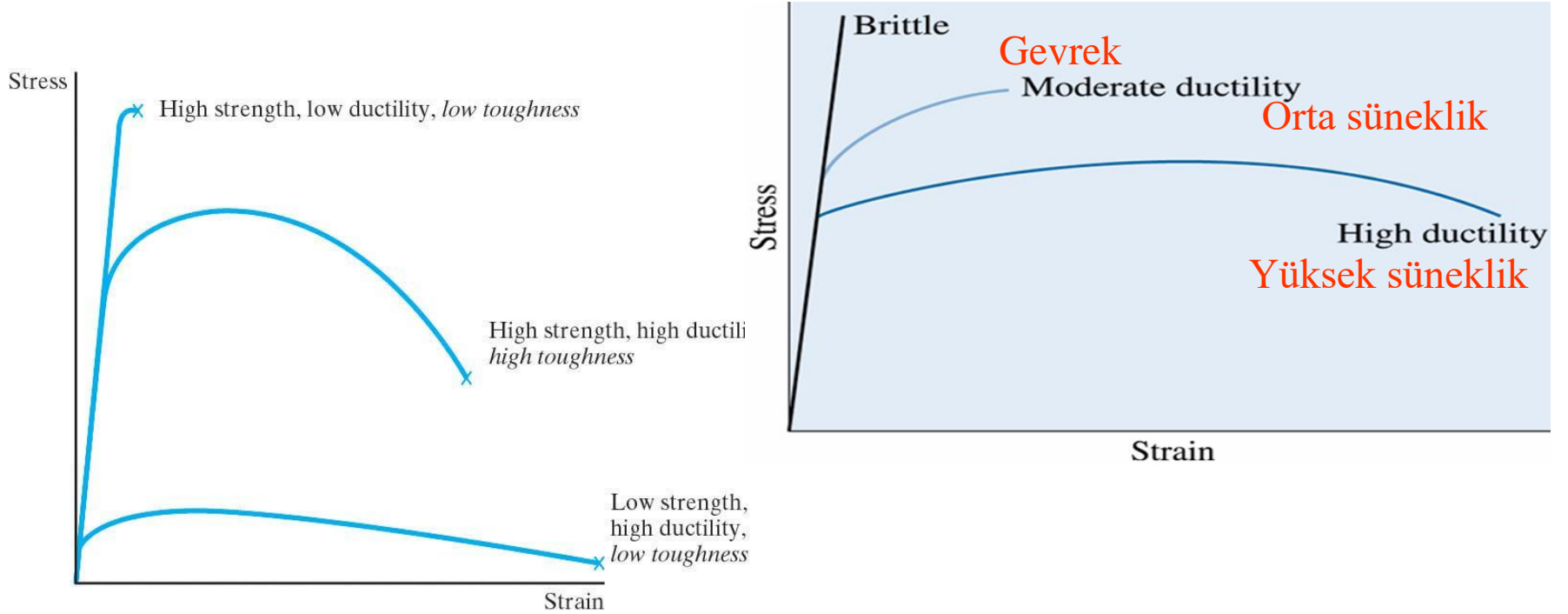
# Statik Tokluk

Tokluk malzeme kırılıncaya kadar harcadığı enerjiyi ifade eder  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinin altında kalan alandır



$$Tokluk = \int \sigma \cdot d\varepsilon$$

# Statik Tokluk



Malzemenin kırılana kadar ne kadar enerji yutacağıının göstergesidir.

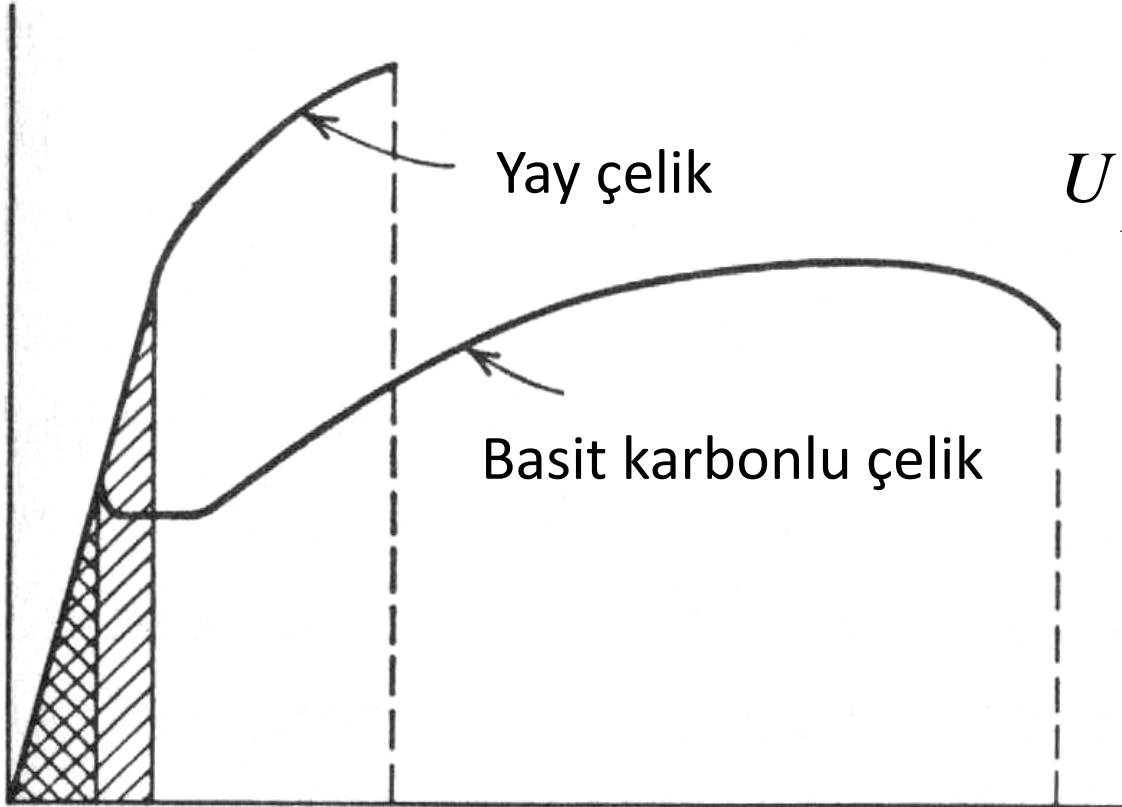
$$Tokluk = \int \sigma \cdot d\varepsilon$$

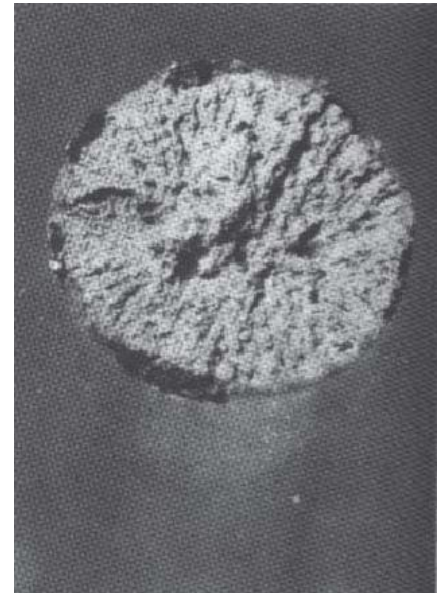
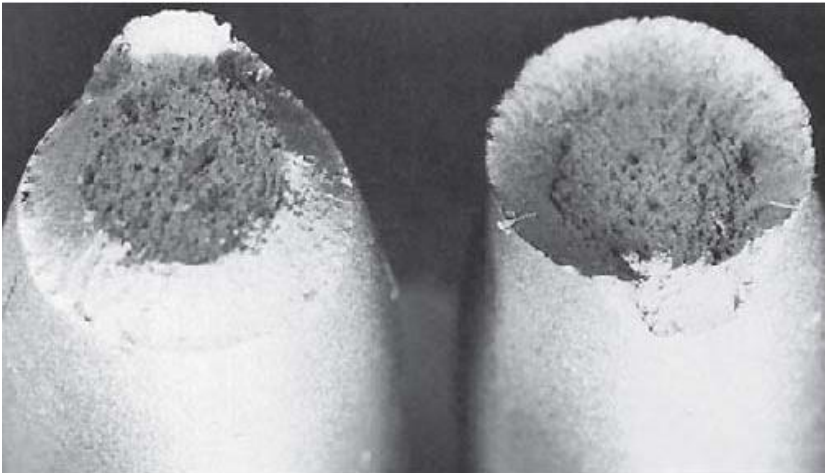
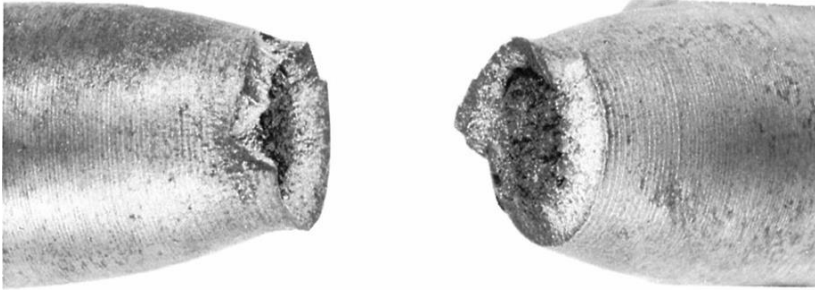
# Rezilyans

Rezilyans,  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinde, elastik b3lge altında kalan alandır. Elastik davranış sırasında depoladığı enerjiyi ifade eder.

Rezilyans :

$$U_p = \int_0^{\varepsilon_e} \sigma \cdot d\varepsilon = \frac{\sigma_e \cdot \varepsilon_e}{2}$$





# Gerçek Gerilme-birim şekil değiştirme

- Şu ana kadar hesaplamalarda **başlangıç geometrik veriler** kullanıldı. Bu şekilde hesaplanan veriler “Mühendislik” değerlerdir.
- Gerçekte plastik şekil değiştirme ile birlikte **kesit alanı** (hacmin sabit kalması ile) **sürekli azalır**.
- Bu şekilde elde edilen verilere “Gerçek” değerdir.
- Özellikle **metal şekillendirme** uygulamalarında **gerçek değerler** kullanılır.



### Mühendislik birim uzama.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{l}{l_o} - 1$$
$$\frac{l}{l_o} = \varepsilon + 1$$



### Gerçek birim uzama.

$$d\varepsilon_g = \frac{dl}{l}$$
$$\varepsilon_g = \int_{l_o}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_o}$$
$$\varepsilon_g = \ln(\varepsilon + 1)$$

**PŞD de Hacim  
sabit kalır.**

$$A_o \cdot l_o = A \cdot l \Rightarrow A = A_o \cdot \frac{l_o}{l}$$

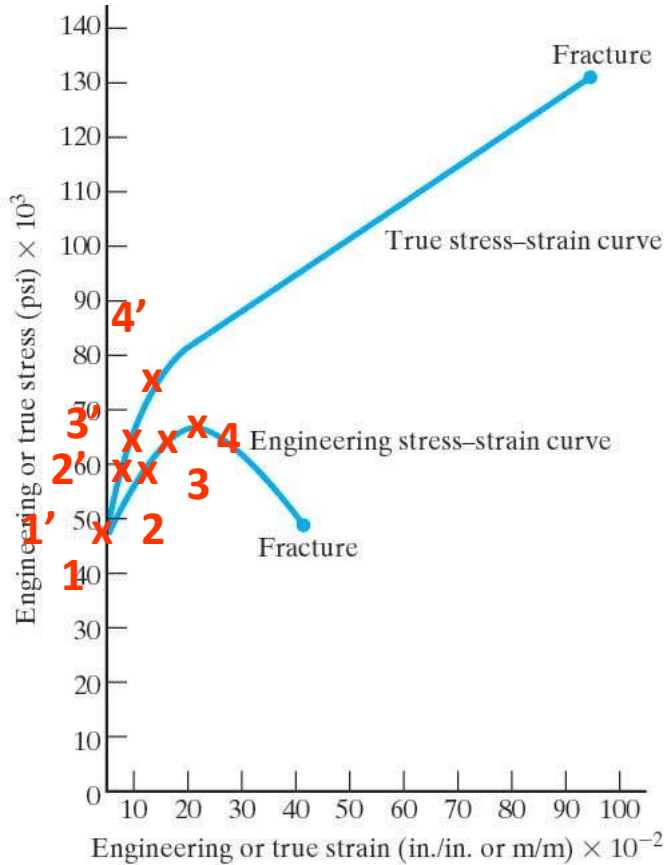
**Mühendislik  
Gerilme.**

$$\sigma = \frac{F}{A_o}$$



**Gerçek gerilme.**

$$\sigma_g = \frac{F}{A} = \frac{F \cdot l}{A_o \cdot l_o} = \sigma \cdot (1 + \varepsilon)$$



Gerçek değerlere göre çizilen gerçek gerilme-birim uzama eğrisine “**Akama eğrisi**” (Flow curve) de denir.

- Elastik bölgede fark yoktur.
- Boyun vermeden sonra homojen olmayan şekil değişiminden dolayı **uzama hesaplanamaz.**

Şekil 6.7: Gerçek ve mühendislik  $\sigma$ - $\epsilon$  (Gerilme-Gerinme) eğrileri.

# Akma Eğrileri

- Akma eğrileri: genelde **Holloman bağıntısı** ile ifade edilir.

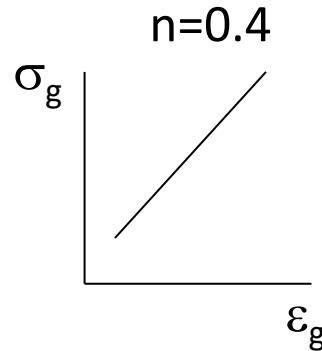
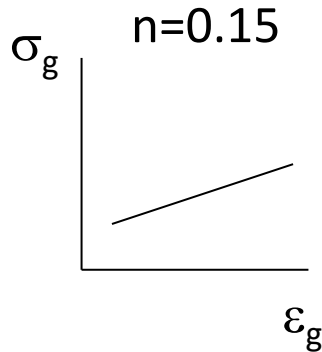
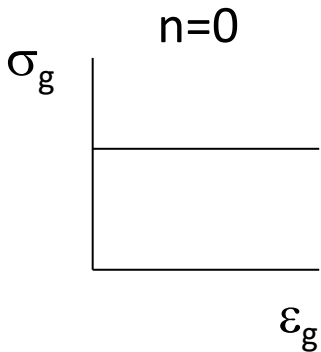
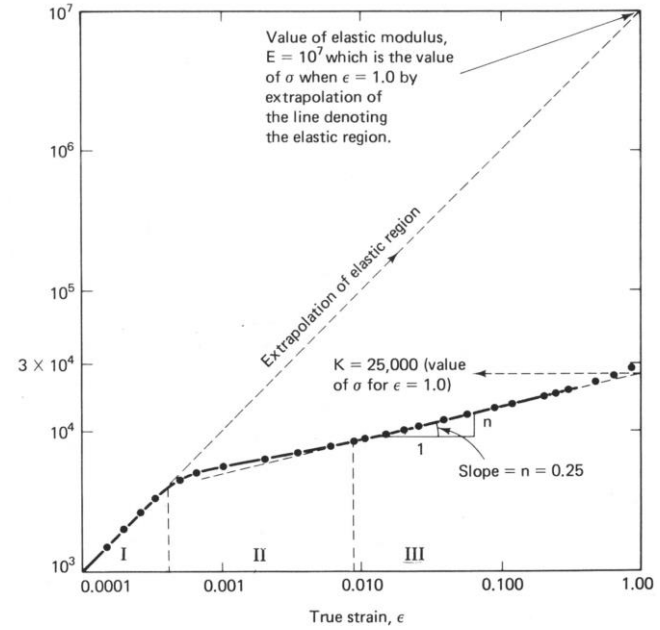
$$\sigma_g = K \cdot \epsilon_g^n$$

$$\ln(\sigma_g) = \ln K + n \cdot \ln \epsilon_g$$

K = Dayanım sabiti

n = Pekleşme üsteli

K ve n; malzeme sabitleri



- Doğrunun eğimi,  $n$ , **pekleşme üstelini** verir.
- $n$ , **pekleşme (deformasyon sertleşmesi) kabiliyetini** gösterir.
- $n$  arttıkça **boyun** verme zorlaşır, **homojen şd.** kabiliyeti **artar.**
- $0 < n < 0.4$  arasında değerler alır.
- Bir çok mühendislik malzemedde  $0.15 < n < 0.25$
- Sıcak deformasyonda  $n \Rightarrow 0$
- $K$ , doğrudan malzemenin dayanımı hakkında bilgi verir.

Tablo 6.2: Çeşitli metal ve alaşımlar için  
pekleşme parametre değerleri.

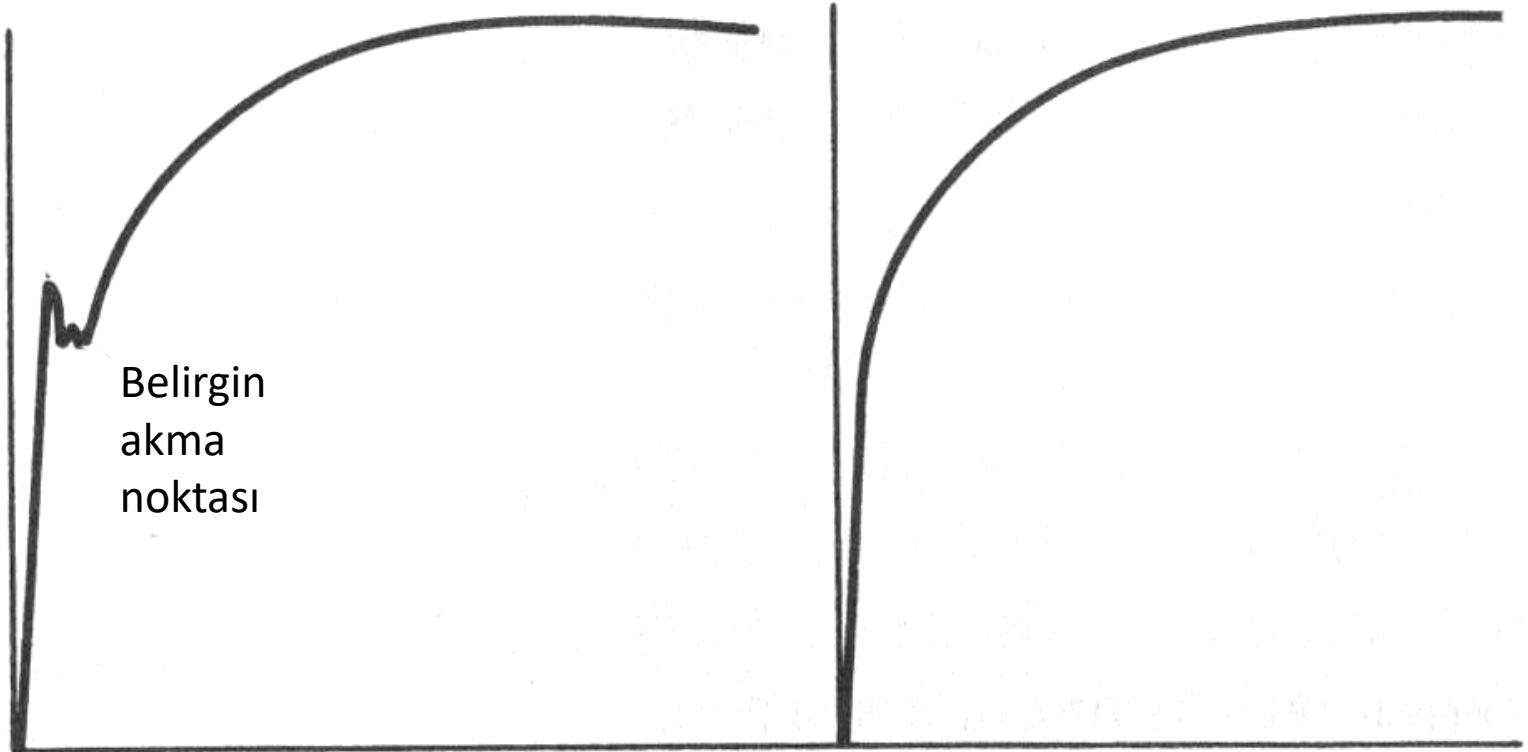
<b>Alloy</b>	<b><math>K</math> [MPa (ksi)]</b>	<b><math>n</math></b>
Low-carbon steel (annealed)	530 (77)	0.26
4340 low-alloy steel (annealed)	640 (93)	0.15
304 stainless steel (annealed)	1,275 (185)	0.45
Al (annealed)	180 (26)	0.20
2024 aluminum alloy (heat treated)	690 (100)	0.16
Cu (annealed)	315 (46)	0.54
Brass, 70Cu–30Zn (annealed)	895 (130)	0.49

Source: Data from S. Kalpakjian, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1984.

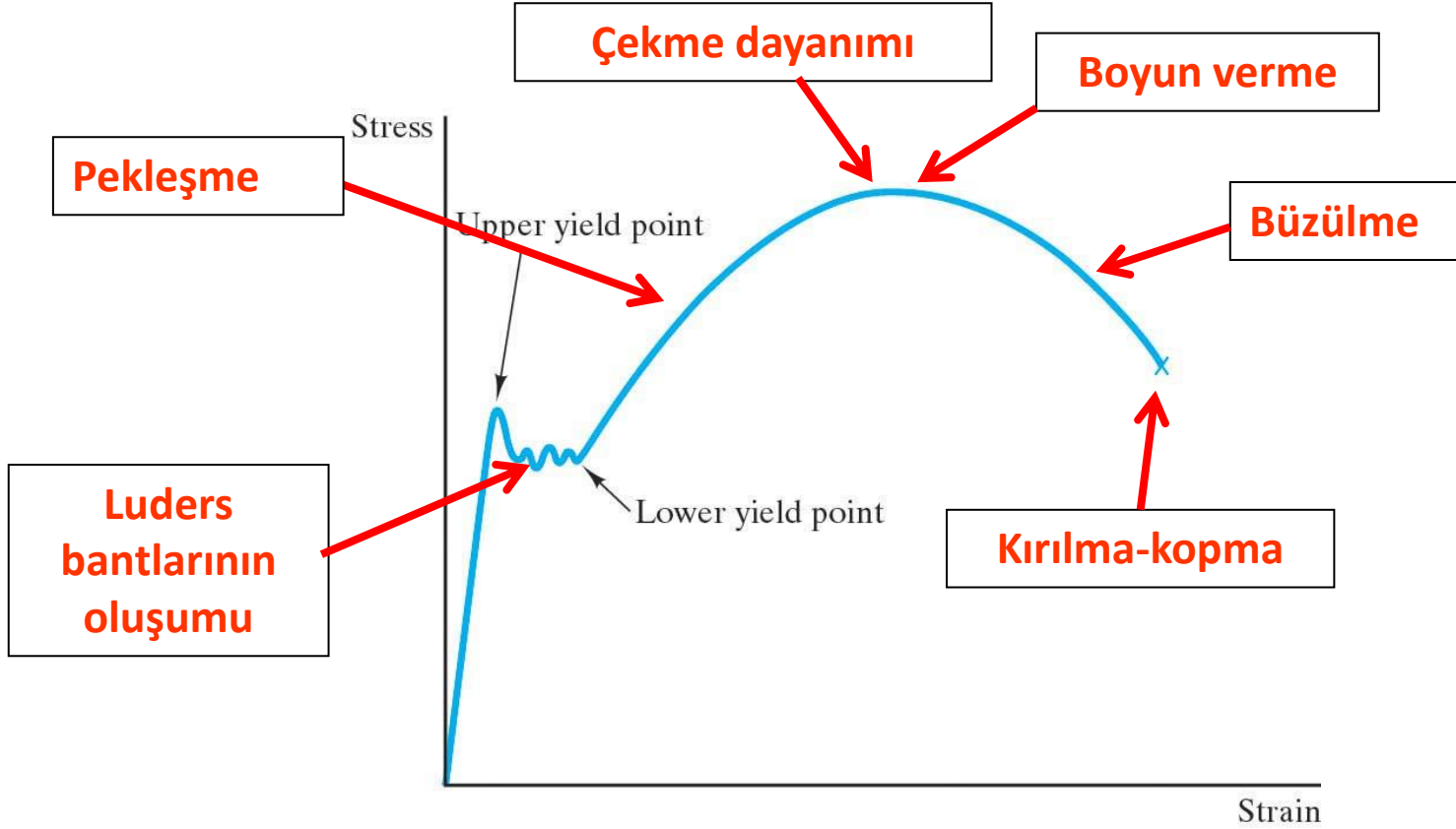
<sup>a</sup>Defined by Equation 6.4.

# Çekme diyagramı

1. **Belirgin akma gösteren** malzemelerin  $\sigma - \varepsilon$  diyagramları
2. **Belirgin akma göstermeyen** malzemelerin  $\sigma - \varepsilon$  diyagramları



# Belirgin akma gösteren malzemeler



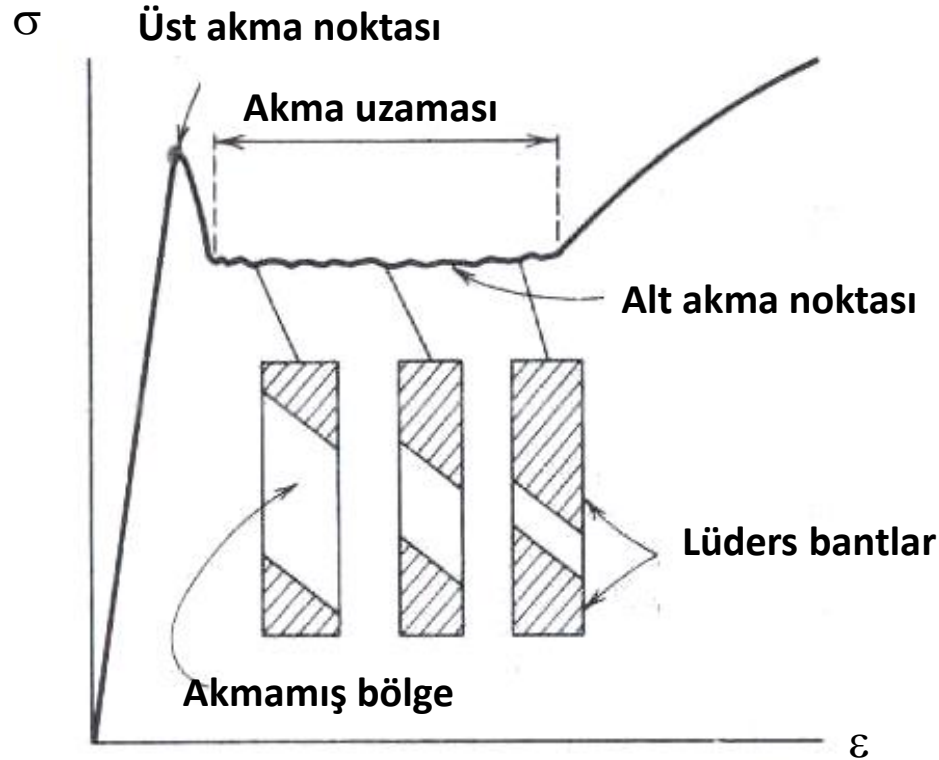
Şekil 6.10: Düşük karbonlu çelik belirgin akma noktası gösterir. Ayrıca 2 adet akma noktası tanımlanmıştır: (a)Üst akma noktası, (b) Alt akma noktası.

# Belirgin akma ve Cottrell atmosferi

- Bu olaya C, N gibi arayer atom kümelerinin **dislokasyonların** alt kısmına yerleşip hareketlerini **kilitlemesinin** sebep olduğu düşünülür.
- Bu arayer atom bulutuna “**Cottrell atmosferi**” adı verilir.
- C ve N den arındırılmış malzemeler belirgin akma göstermiyor.



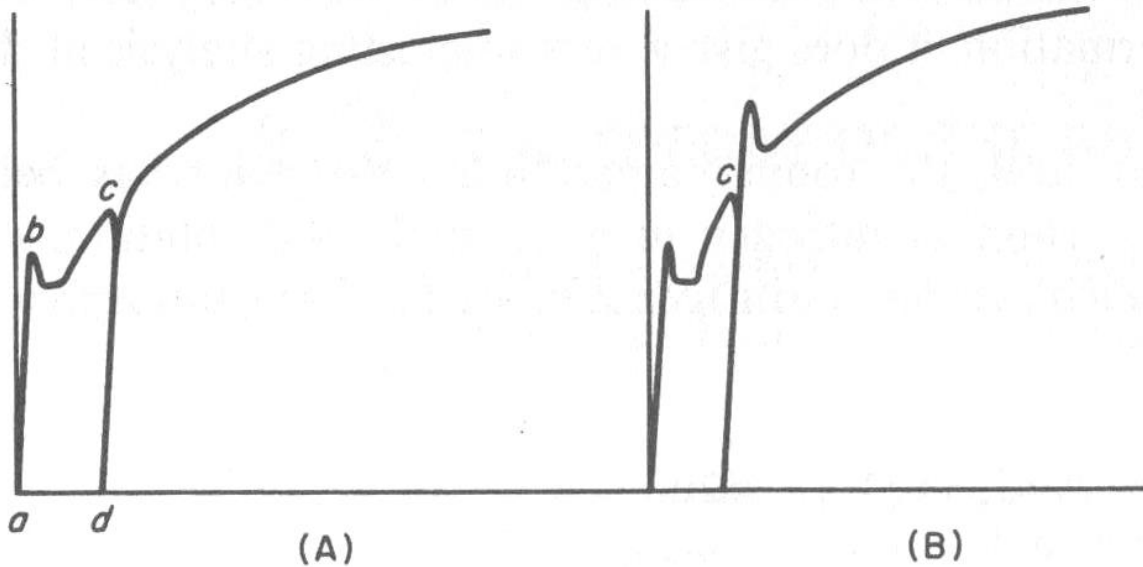
- **Üst akma noktası** mekanik olarak **bu kilitlerin kırılması**nı ifade eder. İlk akmanın meydana geldiği kayma bandının pekleşme ile kilitlenmesinden sonra diğer düzlemlerde akma meydana gelir.
- Bu olayın kesit boyunca devamı ile **luders bantları** oluşur.
- Bu olay **tamamlanınca homojen şekil değişimi** başlar.

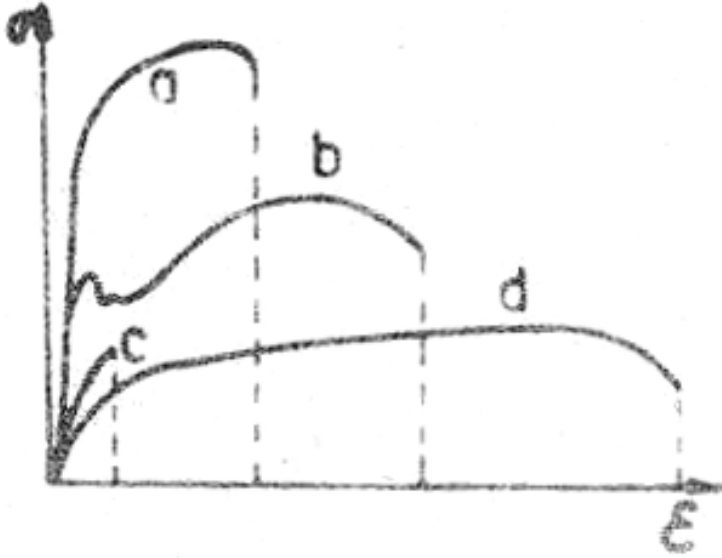


# Deformasyon yaşlanması

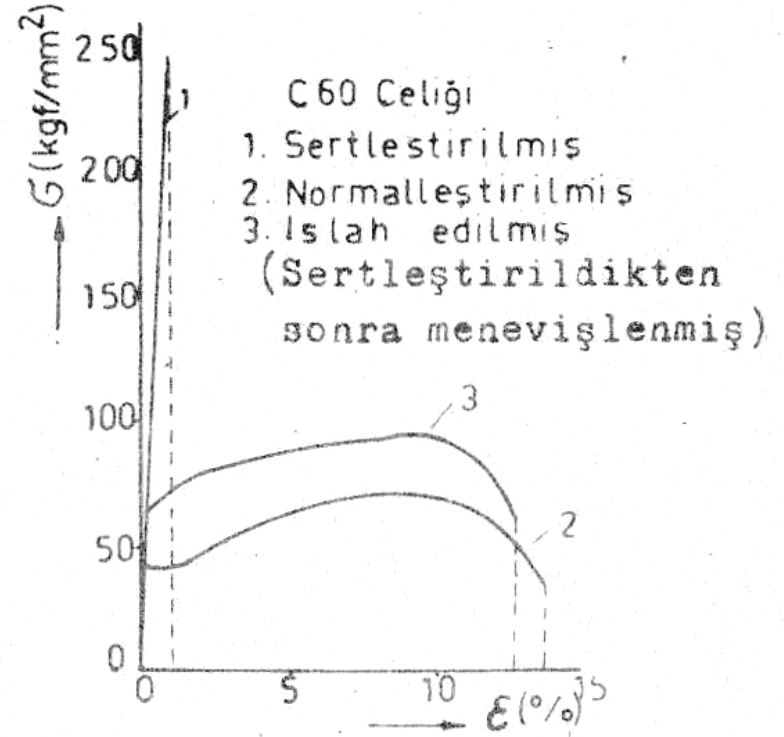
Normal malzemenin davranışı.

- A. Eğer deney x te durdurulup, **beklenmeden devam ettirilirse, eğri kaldığı yerden devam eder.**
- B. Eğer deney y de **durdurulup 100-200°C civarında ısıl aktivasyon uygulanırsa** ve soğutulan malzemeye yeniden çekme uygulanırsa, **belirgin akma noktası** tekrar görülür.





Şekil.8. Çeşitli malzemelerin çekme diyagramları  
a:Yüksek mukavemetli çelik (yarı sünek)  
b:Yumuşak çelik (sünek)  
c:Kır dökme demir (gevrek)  
d:Tavlınmış bakır (sünek)



Şekil.7. C 60 Çeliğinin çeşitli durumları için çekme diyagramları  
(1 durumunda  $\epsilon_K$  tamamen elastik dolayısıyla  $\delta=0$   
2 ve 3 durumlarında  $\delta \approx \epsilon_K$ )

# Sıcak şekil değiştirme

şekil değişiminin sıcakta gerçekleşmesi ile **ısıl aktivasyon** mekanizmaları **aktif hale gelir**.

- **Pekleşme olamaz:**

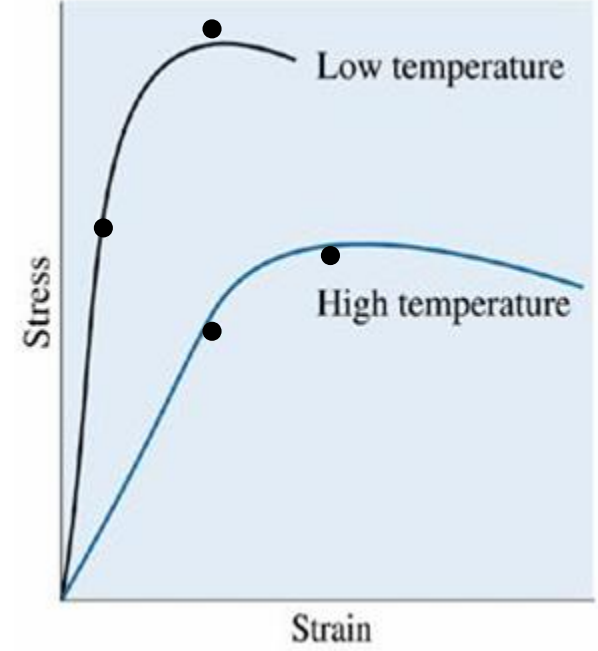
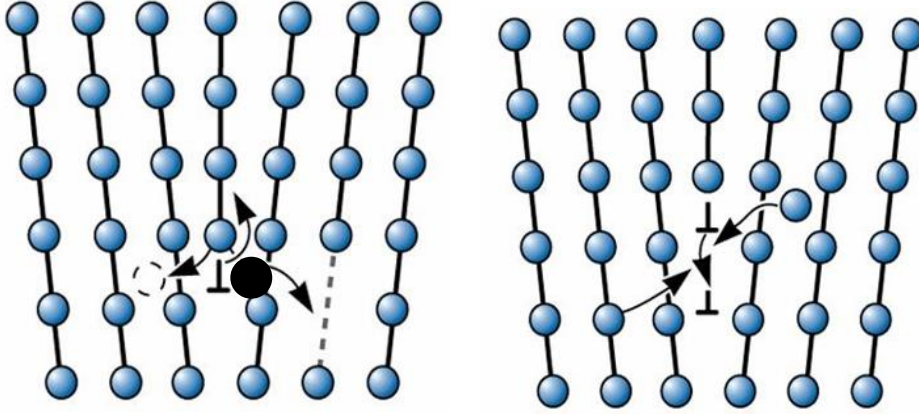
- Kenar dislokasyonlarda **tırmanma** (climb)

- Vida dislokasyonlarında **apraz kayma** (cross slip)

Mekanizmaları aktif hale gelir ve dislokasyonlar engellerden kurtularak kaymaya devam ederler

- **Dislokasyon yoğunluk artışı olmaz.** Pozitif ve negatif kenar dislokasyonları üst üste dizilip tam düzlem haline gelir ve dislokasyon yoğunluğunu azalır.

- **Tane sınırı kayması olur:** Artan sıcaklıkla birlikte taneleri bir arada tutan kuvvet azalır. Difüzyon mekanizmasının etkinleşmesi ile taneler birbirleri üzerinde kayarlar.



- (a) Dislokasyon tırmanması: artan atom arayer veya boşluklara yerleşebilir
- (b) Fazla atomların eklenmesi dislokasyon aşağı inebilir.

Sıcaklığın artması ile;

- Elastiklik modülü azalır,
- Pekleşme etkisi azalır veya ortandan kalkar.

# KAYMA: PEKLEŞME KAVRAMI

- Plastik deformasyon sırasında, **dislokasyonlar** kayma düzlemlerinde **kayarak hareket ederler**.
- **Fakat** bu sırada yeni dislokasyonlar meydana gelir ve **yoğunlukları artar**.
- Sayılarının artması ile **birbirlerinin** hareketini engellemeye veya **başka engellere** (boşluk, yer alan, ara yer, tane sınırı, çökelti, vs.) takılmaya başlarlar.
- Böylece hareketleri için daha yüksek gerilmeler gerekir.
- Bu durum **deformasyon sertleşmesi** veya **PEKLEŞME** (strain hardening-work hardening) olarak adlandırılır.

# HOMOJEN PŞD BÖLGESİ

- $\sigma - \varepsilon$  eğrisinin akma noktası ile tepe noktası (boyun verme) arasında kalan kısmıdır.

Açıklama:

- PŞD de parça uzunluğu sürekli artar. **Hacim sabit** kalır ve uzunluktaki artış **kesit alanında daralma** ile dengelenir.
- Akma noktasından sonra **tepe noktasına kadar** malzeme pekleşir ve daha çok gerilme gerekir fakat pşd oldukça kesit küçülür böylece gerilme artar bu **iki durum birbirini dengeler**.

# HETEROJEN PŞD BÖLGESİ

$\sigma - \epsilon$  eğrisinin tepe noktası (boyun verme) ile kopma noktası arasında kalan kısmıdır.

Açıklama:

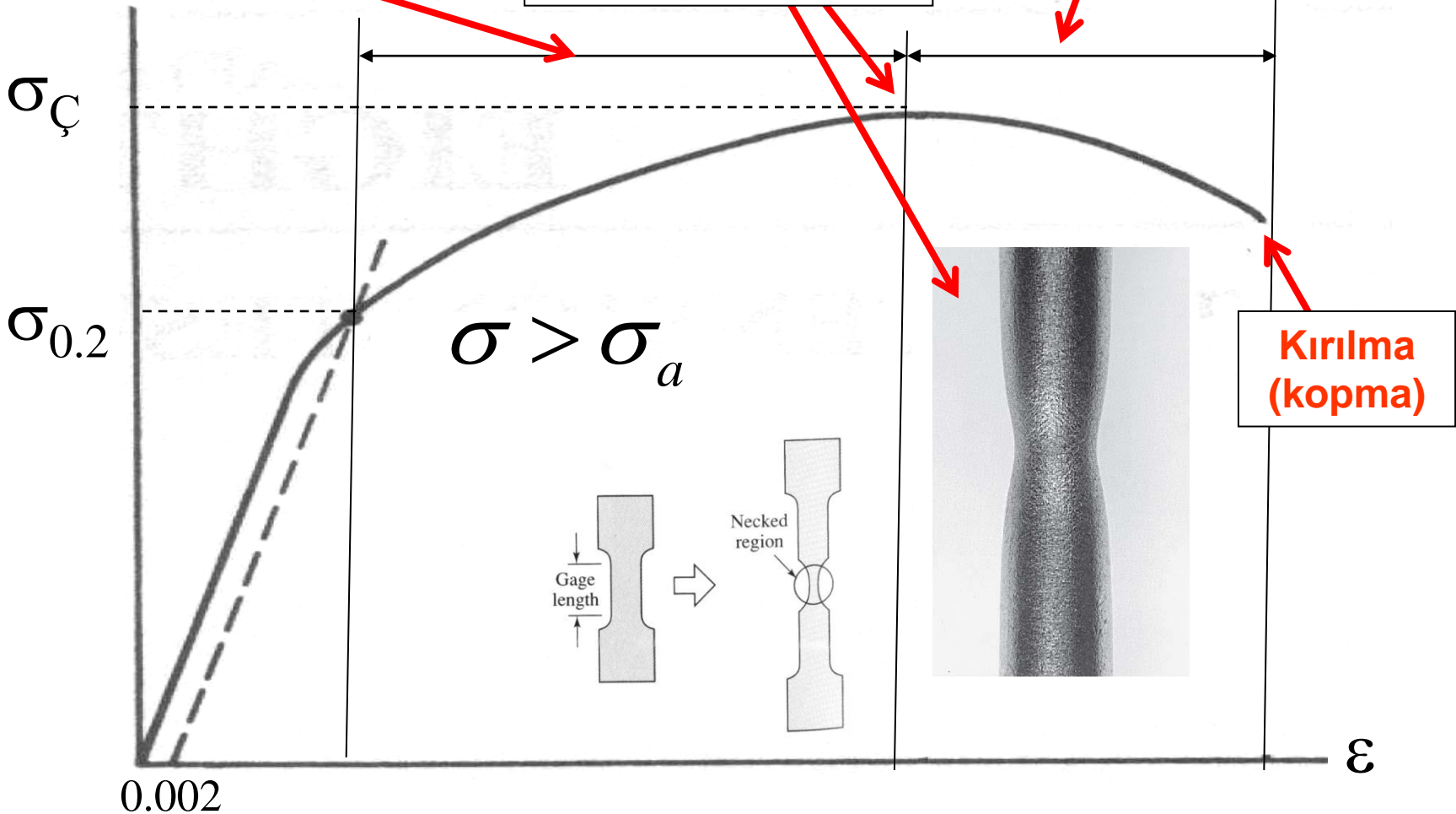
- Tepe noktasından (çekme dayanımı) sonra **plastik kararsızlık** başlar. Kesit bir bölgede hızla daralmaya başlar ve malzeme **boyun (neck) verir**.
- Şekil değişimi için gereken kuvvet azalır. Bu nedenle eğri aşağı doğru döner. Belli bir noktada **kopma** gerçekleşir.

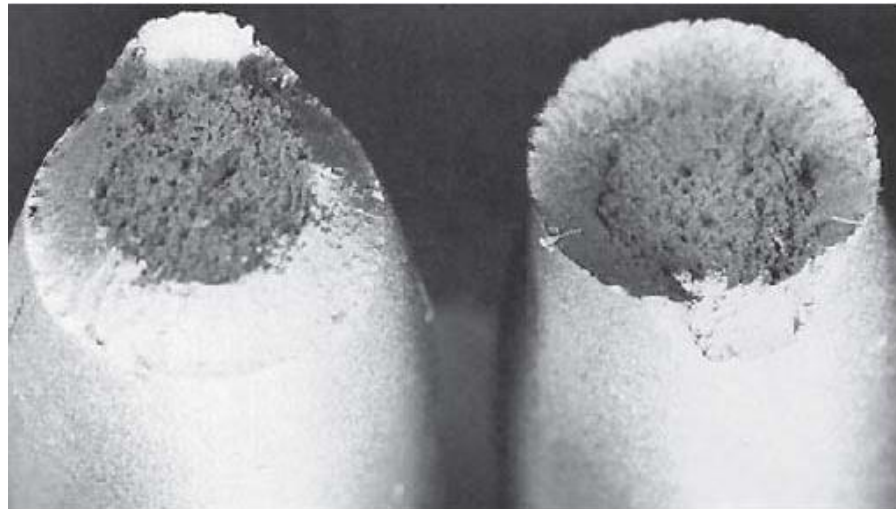
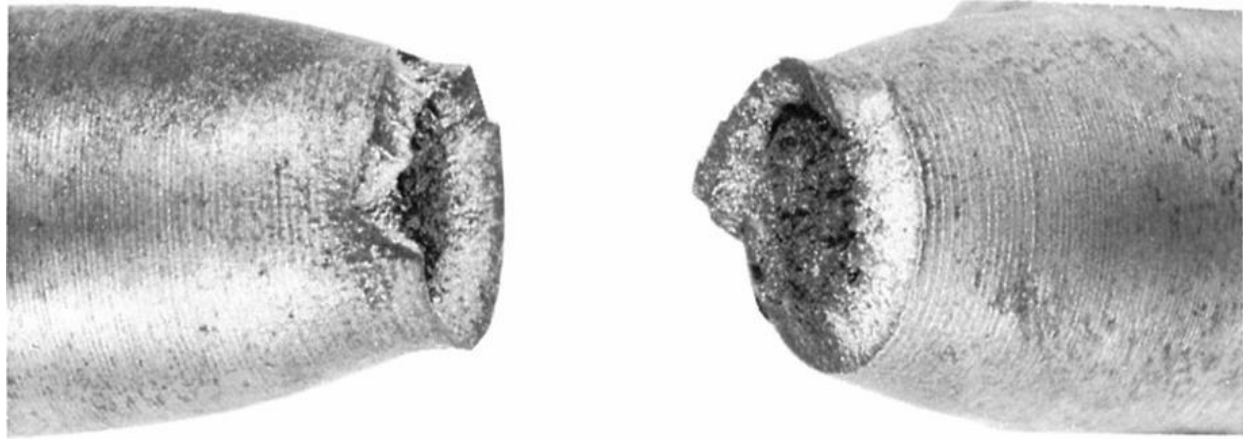


Akma noktasından sonra homojen PŞD. (pekleşme / kesit daralması dengesi)

Boyun verme başlangıcı

Max noktadan sonra heterojen PŞD.(dengenin bozulması)





Tablo 6.1: Çekme dayanım değerleri.

Alloy	E [GPa (psi)]	Y.S. [MPa (ksi)]	T.S. [MPa (ksi)]	Percent elongation at failure
1. 1040 carbon steel	200 ( $29 \times 10^6$ )	600 (87)	750 (109)	17
2. 8630 low-alloy steel		680 (99)	800 (116)	22
3. a. 304 stainless steel	193 ( $28 \times 10^6$ )	205 (30)	515 (75)	40
c. 410 stainless steel	200 ( $29 \times 10^6$ )	700 (102)	800 (116)	22
4. L2 tool steel		1,380 (200)	1,550 (225)	12
5. Ferrous superalloy (410)	200 ( $29 \times 10^6$ )	700 (102)	800 (116)	22
6. a. Ductile iron, quench	165 ( $24 \times 10^6$ )	580 (84)	750 (108)	9.4
b. Ductile iron, 60–40–18	169 ( $24.5 \times 10^6$ )	329 (48)	461 (67)	15
7. a. 3003-H14 aluminum	70 ( $10.2 \times 10^6$ )	145 (21)	150 (22)	8–16
b. 2048, plate aluminum	70.3 ( $10.2 \times 10^6$ )	416 (60)	457 (66)	8
8. a. AZ31B magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )	220 (32)	290 (42)	15
b. AM100A casting magnesium	45 ( $6.5 \times 10^6$ )	83 (12)	150 (22)	2
9. a. Ti–5Al–2.5Sn	107–110 ( $15.5–16 \times 10^6$ )	827 (120)	862 (125)	15
b. Ti–6Al–4V	110 ( $16 \times 10^6$ )	825 (120)	895 (130)	10
10. Aluminum bronze, 9% (copper alloy)	110 ( $16.1 \times 10^6$ )	320 (46.4)	652 (94.5)	34
11. Monel 400 (nickel alloy)	179 ( $26 \times 10^6$ )	283 (41)	579 (84)	39.5
12. AC41A zinc			328 (47.6)	7
13. 50:50 solder (lead alloy)		33 (4.8)	42 (6.0)	60
14. Nb–1 Zr (refractory metal)	68.9 ( $10 \times 10^6$ )	138 (20)	241 (35)	20
15. Dental gold alloy (precious metal)			310–380 (45–55)	20–35