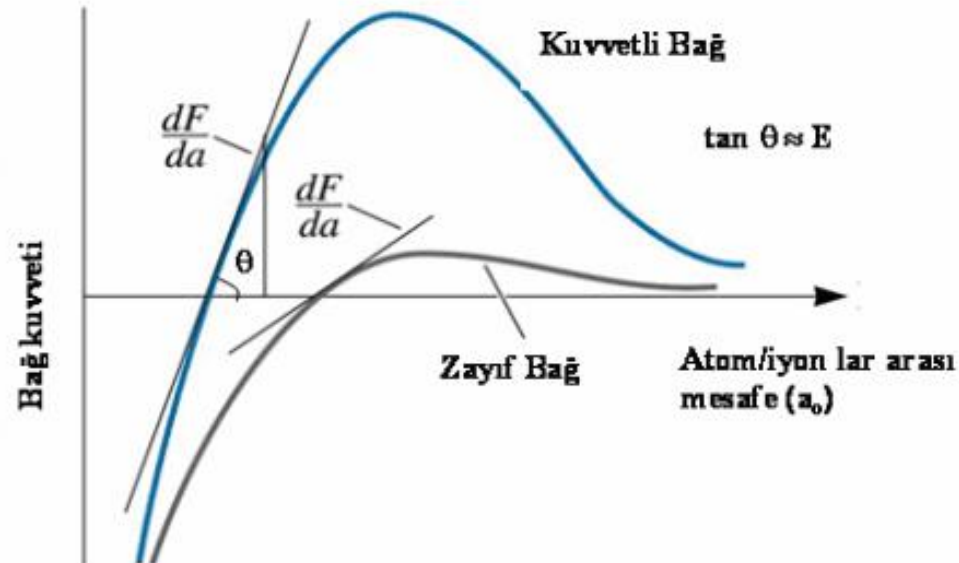




Met.ve Malz. Müh. Giriş

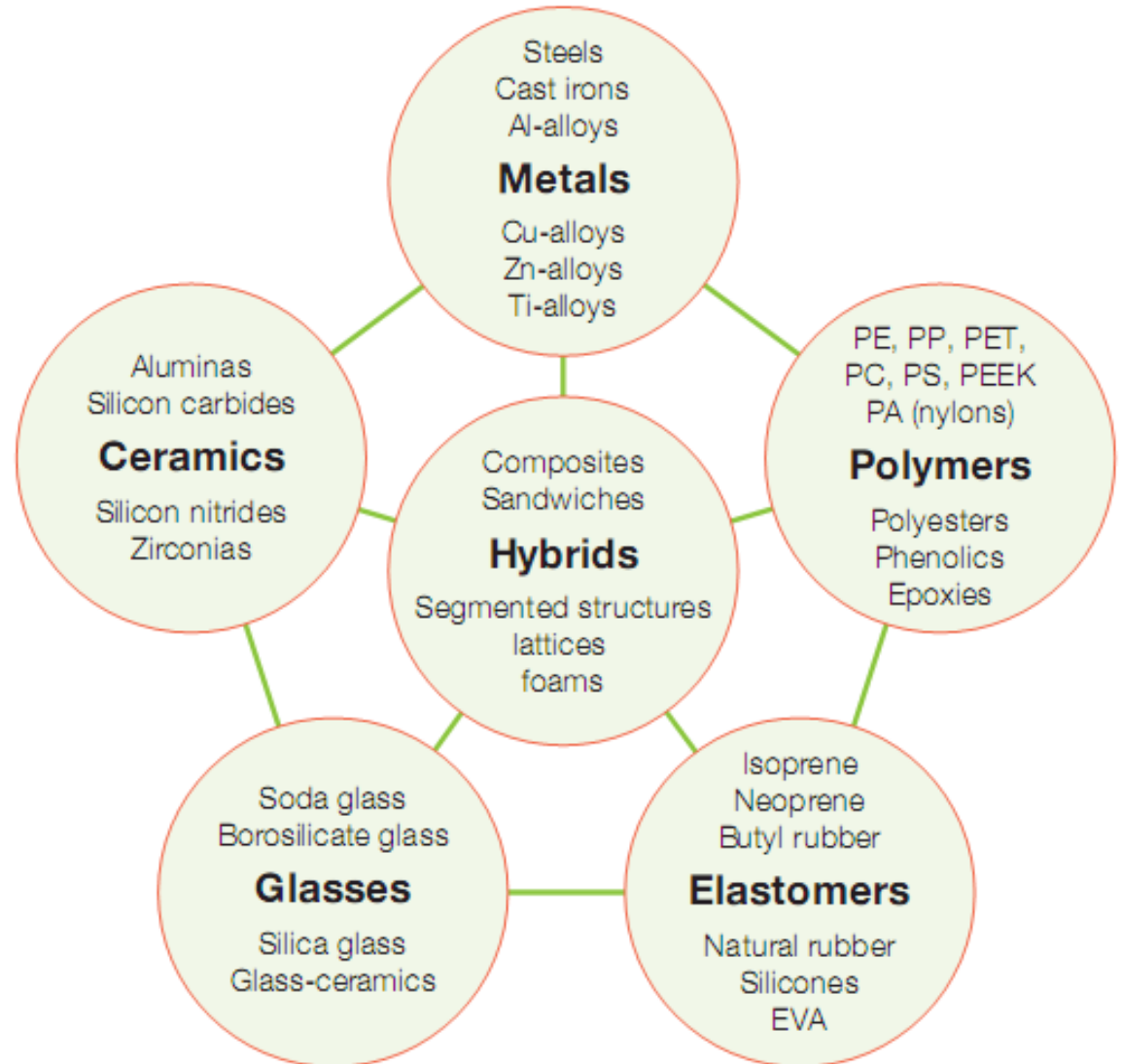


Malzemelerin karakteristik özellikleri ve ait olduğu özellik grupları

Özellikler	Ait Olduğu Grup
Yoğunluk Elastik Modül, Sönümlleme Akma ve Çekme Mukavemeti ve Sertlik Kırılma Tokluğu, Tokluk Yorulma Mukavemeti Termal Yorulma Direnci Sürünme Mukavemeti	Mekanik Özellikler
Elektiriksel özellikler Manyetik özellikler Optik özellikler Termal özellikler	Mekanik Olmayan (Fiziksel) Özellikler
Oksidasyon ve Korozyon Sürtünme, Abrasyon ve Aşınma	Yüzey Özellikleri
Üretim Kolaylığı, İşlenebilirlik Nihai İşlemler	Üretim Özellikleri
Görüntü, Doku ve Dokunma Hissi	Estetik Özellikler
Fiyat ve Bulunabilirlik	Ekonomik Özellikler

Mühendislik Malzemeleri ve Özellikleri

Mühendislik malzemeleri genel olarak benzer özellikler, benzer üretim prosesleri, benzer uygulamalarda kullanımlarına göre 6 ana başlık altında sınıflandırılırlar.



METALLER;

- ✓ **İyi elektrik ve ısı iletkenliği**
- ✓ **İyi darbe direnci**
- ✓ **Rijitlerdir.**
- ✓ **Görece yüksek elastik modül.**
- ✓ **Saf olduklarında, çoğu yumuşak ve kolay şekillendirilir.**
- ✓ **Kısmen süneklikleri nedeniyle yorulmaya karşı zayıftırlar.**
- ✓ **Bütün malzeme tayfı içerisinde korozyon direnci en düşük olandır.**
- ✓ **Yapı ve yük taşıma uygulamaları için kullanışlıdırlar.**

METALLER;

- ✓ ***Isıl işlem, mekanik işlem ve alaşımlama ile güçlendirilebilirler.***
- ✓ ***Aynı zamanda sünekliklerini korudukları için deformasyon ile şekillendirilebilirler.***
- ✓ ***Bazı yüksek mukavemetli alaşımlar %1 kadar düşük bir sünekliğe sahiptirler. (Ör; yay çeliği) ama yine de kırılma olmayacak şekilde akmasını sağlamak mümkündür. Kırılmaları tok ve sünek bir şekilde olmaktadır.***

METAL ve Alaşımlarının rnek uygulama alanları;

Malzemeler	rnek Malzeme/Alaşımlar	Kullanım Yerleri
Cu esaslı malzemeler		
Saf Cu	100 Cu	Tel, su boruları, ring keçeler
Pirinç	Cu+Zn	Vida, su keçeleri, mermi
Bronz	Cu+10-30 Sn	Yatak, gemi pervanesi, an
Cu-Ni alaşımları	Cu+30 Ni	Para
Fe esaslı malzemeler		
Saf Fe	Fe	Yumuşak magnet
Derin çekilen sa	<0.1 C	Otomotiv sanayi
Sementasyon elikleri	0.2 C	Diřli aksamı
Islah elikleri	0.3 C	Otomotiv sanayi
Takım elikleri	>0.5 C	Takım, bıçak, kalıp
Paslanmaz elikler	18 Cr, 8 Ni	Kimyasal tehzizat, atal-bıçak
Dökme demir	Fe-3C	Silindir bloėu



METAL ve Alaşımlarının rnek uygulama alanları;

Ni esaslı malzemeler

Nimonic

Ni-20Cr-4(Al,Ti)

Yüksek sıcaklık uygulamaları

Monel

Ni-30Cu-1Fe-1Mn

Isı eřanjörü

Süper alaşımlar

Ni-20Cr-6(Al,Ti)-5(W, Mo)

Türbinler, jet motorları

Fe-38Ni-14Cr-15Co+(Al, Ti)

Türbinler, jet motorları

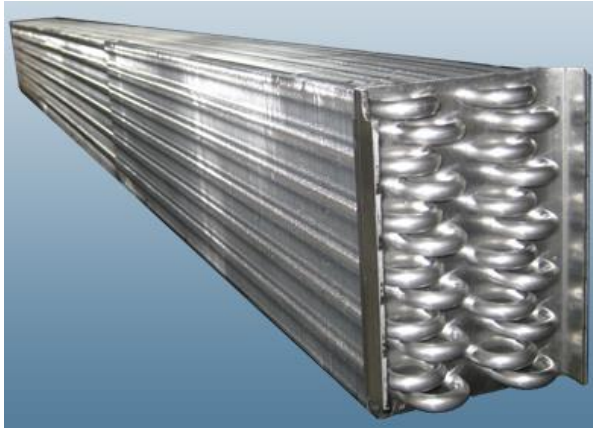
Co-10Ni-20Cr-10W

Türbinler, jet motorları

ODS-Süper alaşımları

Ni-20Cr-6(Al,Ti)-5(W,Mo) +Y₂O₃

Türbinler, jet motorları



METAL ve Alaşımlarının örnek uygulama alanları;

Al esaslı malzemeler

Saf Al
(1000) Serisi
Al-Cu (2000)
Al-Mn (3000)
Al-Si (4000) (+Mn)
Al-Mg (5000)
Al-Mg-Si (6000)
Al-Zn-Si (7000)
Al-Li
Al-Al₄C₃



Çelikle güçlendirilmiş Al-kablo



Al-folyo

Elektrik kablosu

Folyo

Havacılık

Tencere

Otomobil pistonu

İçki kutusu

Ekstürüzyon ürün. (pencere çer.)

Havacılık sanayi

Havacılık sanayi

Yüksek sıcaklık uygulamaları



İmplant
Diş

Ti esaslı malzemeler

α - β Ti alaşımları

Ti-6Al-4V



Havacılık sanayi, kimyasal
teçhizat, protezler.



Ti-6Al-4V (havacılık ürünleri)

SERAMİKLER;

- ✓ Bunlarda **yüksek elastik modüle** sahiplerdir, ancak metallerin tersine **kırılganlardır**.
- ✓ Mukavemetleri, gevrek kırılma mukavemetlerine karşılık gelir.
- ✓ Metaller ile kıyaslandığında gevrek parçalanma mukavemetleri **15 kat** daha büyüktür.
- ✓ Yüksek-basınç gerilimlerinden ya da gerilim konsantrasyonlarından (çatlak veya oyuk gibi) dolayı düşük toleransa sahiptirler. Dolayısıyla **sünek değildirler**.
- ✓ Sünek malzemeler akma mukavemetlerinin küçük bir kısmı içerisinde statik yükler altında kullanılabilirler. Fakat **seramikler kullanılamazlar**.

SERAMİKLER;

- ✓ *Süneklikleri ve darbe dayanımları düşük olduğundan yapı ve yük taşıma uygulamalarında metallerden daha az kullanılırlar..*
- ✓ *Gevrek malzemelerin mukavemet dağılımları çok geniş bir aralıktadır. Mukavemetleri yük altındaki malzemenin **hacmine** ve **uygulana zamanına** bağlıdır. Bu yüzden metaller gibi tasarlanmaları çok kolay değildir.*
- ✓ *Rijit,sert, abrazyon direnci, yüksek sıcaklıklarda mukavemetini korur, korozyon dirençleri iyidir.*

SERAMİKLER;

ÖRNEK;

Eğer metalden yapılmış bir çerçevenin nokta kaynağında bağlantı uyumu zayıf ise metal lokal olarak deforme olur ve bel vererek yükü yeniden dağıtır. Ancak çerçeve kırılğan bir malzemedan yapılırsa bağlantı noktasındaki hata lokal gerilimler ile çatlakların çekirdeklenmesine ve çatlakların büyümesine neden olur. Ve sonuç olarak malzemenin hasara uğramasına sebep olur.

SERAMİKLERİN örnek uygulama alanları;

Yüksek (güçlü) teknoloji seramikleri

Oksitler

Karbürler

Nitrürler

Elmas

Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , ZrO_2

SiC , WC , ZrC , TiC , VC

Si_3N_4 , BN , TiN , Sialone

C

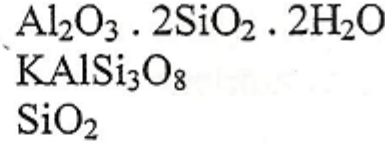
Uygulama: Kesici takımlar, aşınmaya dayanıklı parçalar, yatak malzemeleri, motor ve türbin parçaları.



SERAMİKLERİN örnek uygulama alanları;

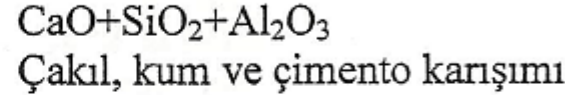
Porselen

Kaolinit
Feldspat
Kuars



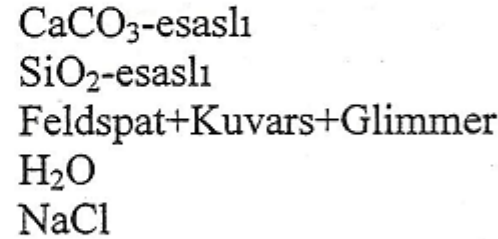
Çimento ve Beton

Çimento
Beton



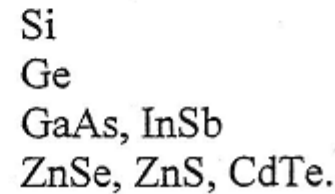
Doğal Seramikler

Kireç taşı
Kum
Granit
Buz
Tuz

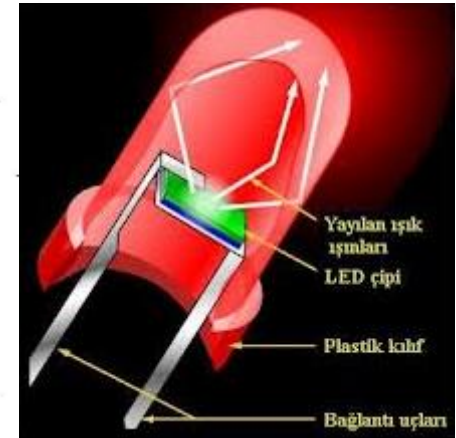


Yarı iletkenler

Silisyum
Germanyum
III-V. Grup Elementler
II-VI. Grup Elementler



Uygulama: Elektronik, Opto-elektronik.



CAMLAR;

- Kristalin olmayan “**amorf**” katılardır.
- Soda-kireç ve borsilika camlar şişe ve fırıncabı olarak kullanılırlar (**Ör; borcam**).
- Kristal yapının yokluğu **plastisiteyi önler** ve seramikler gibi camlar **sert, gevrek ve gerilim konsantrasyonlarına karşı korumasızdırlar**.
- Metallerde yeteri kadar hızlı soğutulduklarında kristal olmayacak şekilde üretilebilirler. (**Ör; atomizasyon ile toz metal üretimi**).



CAMLARIN örnek uygulama alanları;

Camlar

Kuvars cam

Sodyum silikat camlar

Bor silikat camlar

Cam seramikler

SiO_2

$70\text{SiO}_2, 10\text{CaO}, 15\text{Na}_2\text{O}$

$80\text{SiO}_2, 15\text{B}_2\text{O}_3, 5\text{Na}_2\text{O}$

$\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

Uygulama: Pencere camı, şişeler, laboratuvar malzemeleri, tencere (pyreks), fırın plakaları



POLİMERLER;

- ✓ Bazıları kristalin, bazıları amorf, bazıları hem amorf hem kristalindir.
- ✓ Elastik modülleri metallerinkinden yaklaşık **50 kat** düşüktür. Ancak,onlar kadar güçlü olabilirler.(elastik eğilmeleri yüksek).
- ✓ Korozyona karşı **dirençlidir.** (boyalar)
- ✓ **Düşük sürtünme** katsayısına sahiptirler.
- ✓ Oda sıcaklığında bile sürünme gözlenebilir.
- ✓ Özellikleri **sıcaklığa güçlü** olarak bağlıdır.
- ✓ Kolay şekillendirilirler.
- ✓ Polimerlerin sehimli uygulanan **yükün süresine** bağlıdır.

POLİMERLER;

- ✓ Kompleks parçalar **tek bir adımda** dökülebilirler.
- ✓ Yüksek elastik deformasyon polimer bileşenlerinin hızlı ve ucuz bir şekilde üretilmesini sağlar.
- ✓ Son işleme gerek kalmadan **boyut hassasiyeti** sağlanır.
- ✓ 20 °C' da esnek ve tok olan bir polimer 4 °C' de gevrek olabilir.
- ✓ Bazıları 200 °C üstünde mukavemetlerini korurlar.
- ✓ **Geçirgenlikleri** amorf yapı ile ilişkilidir.
- ✓ **Ağırlık başına mukavemet** söz konusu olduğunda metallerle yarışabilirler.

POLİMERLERİN örnek uygulama alanları;

Termoplastikler

<u>P</u> oli <u>E</u> tilen	(PE)
<u>P</u> oli <u>P</u> ropilen	(PP)
<u>P</u> oli <u>S</u> terol	(PS)
<u>P</u> oli <u>V</u> inil <u>C</u> lorür	(PVC)
<u>P</u> oli <u>T</u> etra <u>F</u> lor <u>E</u> tilen	(PTFE, “Teflon”)
<u>P</u> oli <u>A</u> kril <u>N</u> itril	(“Orlon”, “Dralon”)
<u>P</u> oli <u>M</u> etil <u>M</u> et <u>A</u> krilat	(PMMA, “Plexiglas”)
<u>P</u> oli (hegzametilenadipamid)	(Nylon)
<u>P</u> oli <u>E</u> tilen <u>T</u> eraftalat	(PET)



Orlon

Uygulama: Paketleme, borular, şişeler, halatlar, dişliler, basınçlı döküm parçaları, keçeler, yataklar, tekstil fiberleri, döşeme, çerçeve, plak, manyetik bantlar.



Polietilenteraftalat



Politetrafloretilen



Plexiglas

ELASTOMERLER;

- ✓ **Camsı geçiş sıcaklığının üstünde uzun zincirli polimerlerdir.**
- ✓ **Polimer zincirlerinin birimlerini birbirine bağlayan kovalent bağ bozulmadan kalırken camsı geçiş sıcaklığının altında zincirleri birbirine bağlayan zayıf Van der Waals ve Hidrojen bağları kopuyor. Bu durum elastomerlere eşsiz özellikler veriyor.**
- ✓ **Young modülleri metallerinkinden 10^5 kat daha düşüktür. Sıcaklıkla artar ve eşsiz bir elastik uzama özelliği kazanır.**
- ✓ **Katıların özelliklerini karakterize etmek için uygulanan testler elastomerlerde farklılık gösterir.**

ELASTOMERLERİN örnek uygulama alanları;

Elastomerler

Poliizopren

Polibütadien

Polikloropren

(Doğal kauçuk)

(Sentetik kauçuk)

("Neopren")

Uygulama: Ses izolasyonu, keçeler, deprem emniyeti.



Kauçuk



Yalıtkan paspas(doğal kauçuk)



Neopren



Kompozit Malzemeler;

- ✓ *İki ya da daha fazla malzemenin kombinasyonlarıdır.*
- ✓ *Diğer malzeme ailelerinin kusurlu özelliklerinden kaçınarak onların etkili özelliklerinin kombine edilmesi.*
- ✓ *Hafif, rijit, güçlü ve tok olabiliyorlar.*

Hibrit malzeme ailesi; Fiberler

Partikül kompozitler

Sandviç yapılar

Latis yapılar

Kablolar

Köpükler

Plaka yapılar

Doğada çoğu madde hibrittir. (ağaç, kemik, yaprak, deri..)

Kompozitler;

- ✓ *Kompozitlerin kullanımı oldukça geniştir.*
- ✓ **Fiber destekli** kompozitler en çok bilinenlerdir.
- ✓ **Cam, karbon** (kevlar) fiberler ile desteklenmiş **polimer matriksli** kompozitler mühendislik malzemelerinde iyi bir pozisyona sahiptir.
- ✓ Bileşen olarak polimer kullanılan kompozitler 250 °C üstünde kullanılamazlar(yumuşaklar).
- ✓ Oda sıcaklığında üstün performans sergileyebilirler.
- ✓ **Birleştirilmeleri ve biçimlendirilmeleri** görece zordur.
- ✓ Tasarımcı ek maliyetlerini göz önünde tutarak onların ekstra özelliklerinden faydalanmayı seçmelidir.
- ✓ Yakıt verimi ve yüksek performans vurgusu kullanımlarındaki artışı destekliyor.

Kompozit Malzemelerin örnek uygulama alanları;

Metal matriksli kompozitler

- Al+Si-fiberler
- Al+C-fiberler
- Al+plastik fiberler



GFRP-Yüksek ısı uygulamaları

Seramik matriksli kompozitler

- Çelik-beton
- Sertmetal (Cermet)
- Seramik-seramik

(Betonarme)

WC+Co

Karbon fiberle sertleştirilmiş karbon (CFRC), SiC-visker veya Al_2O_3 -fiberler –seramik içi–

Plastik matriksli kompozitler

- Cam fiber takviyeli plastik
- Karbon fiber takviyeli plastik
- Bor fiber takviyeli plastik
- Aramit fiber takviyeli plastik
- Metal fiber takviyeli plastik

(GFRP)

(CFRP)

(BFRP)

Uygulama: Havacılık ve uzay sanayi, gemi inşaat sanayi, hobi malzemeleri.



GFRP



Metal matriksli seramik

Malzeme sınıflarının niteliksel kıyaslanması

Karakteristik Öz.	Metal	Seramik	Plastik	Kompozit
E-Modül	Yüksek	Çok yüksek	Düşük	Yüksek
T _{ergime} (sıcaklık dayanımı)	Yüksek	Çok yüksek	Düşük (<250°C)	Yüksek
Yoğunluk	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek
Mukavemet	Yüksek, ayarlanabilir	Çok yüksek	Orta, E'ye oranla yüksek	Yüksek
Tokluk	Yüksek	Düşük	İyi, özellikle yoğunluğa oranla	Yüksek
İletkenlik	Yüksek	Düşük	Düşük	-
Korozyon dayanımı	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Sürtünme	-	Düşük	Çok yüksek	-

ÖDEV SORUSU:

✓ Mekanik tasarım ve imalat sırasında malzemelerin mekanik davranışlarının bilinmesi çok önemlidir. Malzemelerin başlıca mekanik özellikleri nelerdir ve hangi testler yardımıyla belirlenir. Çekme deneyine tabi tutulan bir çelik malzemeye ait tipik bir gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi grafiğini çizerek elastik şekil değişimi, plastik şekil değişimi (homojen ve heterojen bölge), kopma noktalarını gösteriniz. Çelik ve alüminyum malzemelerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrilerini aynı grafik üzerinde karşılaştırmalı olarak çizerek gösteriniz.

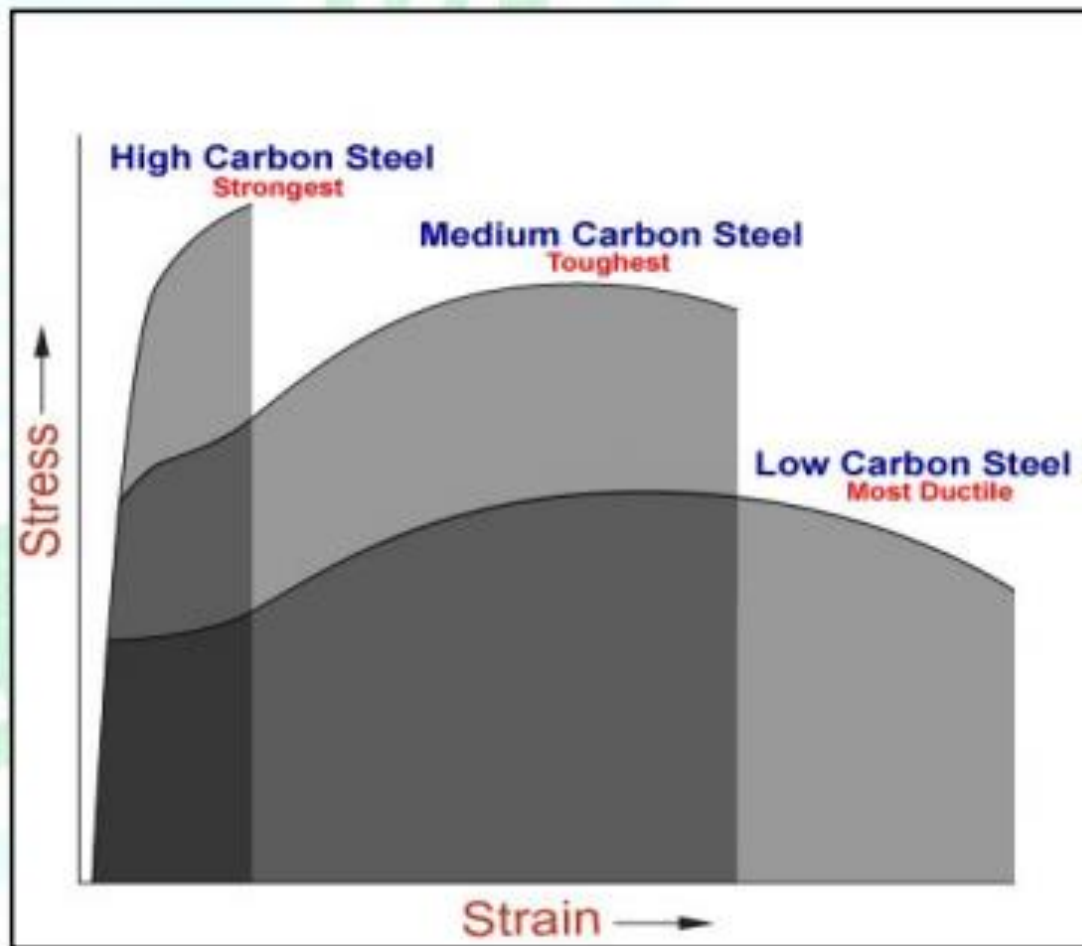
✓ *Elastiklik, plastiklik, sertlik, rijitlik, tokluk, elastik modül, rezilyans, akma dayanımı, çekme dayanımı, kopma dayanımı, statik zorlama, dinamik zorlama*

✓ *SÜNEKLİLİK : Bir malzeme plastik olarak deforme edildiğinde deformasyon miktarının bir ölçüsüdür.*

✓ *GEVREKLİK : Bir malzeme zorlandığında plastik deformasyon göstermeden hasar vermesi, onun gevrek olması sebebiyledir.*

✓ *TOKLUK : Bir malzeme zorlandığında hem yüksek mukavemet göstermesi hem de yüksek süneklik göstermesi halinde tok malzeme olarak anılır. Malzemelerde (Mukavemet + süneklilik) göstergesidir. Aynı zamanda gerilme altında malzemeyi kırmak için harcanan enerjinin de bir ölçüsüdür. Çekme deneyi eğrisi altında kalan eğrinin alanı “enerji” ifadesidir.*

✓ *KIRILMA TOKLUĞU : Yük altında malzemenin çatlak yayılmasına karşı direncinin sayı ile ifade edilmesidir. $K = \sigma (\pi.a)^{1/2}$ formülü ile gösterilir. K' sı büyük olan malzemeler çatlak yayılmasına karşı daha dirençli olacaklardır*



1.Malzemelerin Mekanik Davranışları

Bir katı cismin şeklini başka bir şekle dönüştürmek amacıyla uygulanan ve bu işlem sırasında cismin malzemesinde kütle ve bileşim değişikliğine yol açmayan üretim yöntemlerine plastik şekil verme yöntemleri denir.

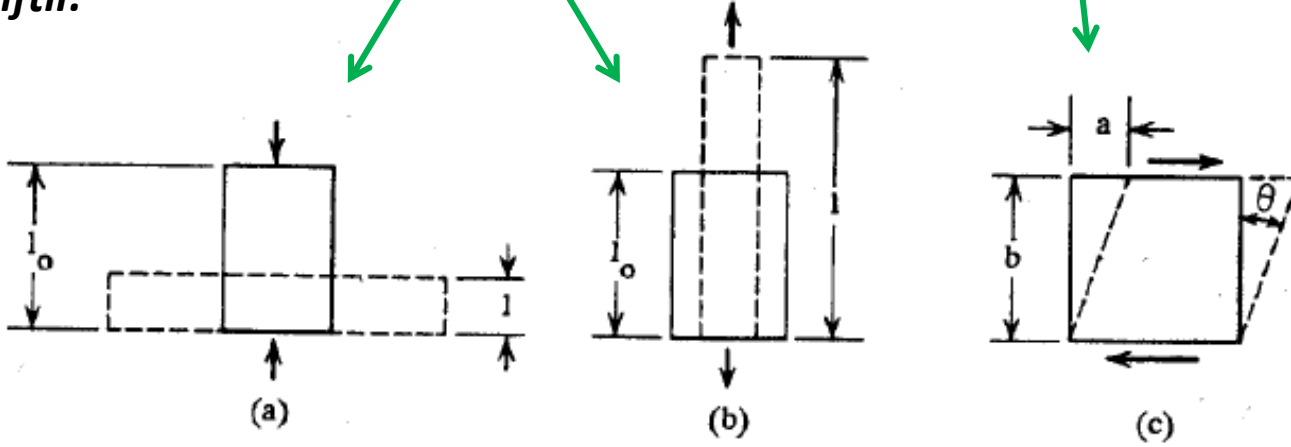
Bu yöntemlerle üretilen parçaların en önemli uygulama alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Otomotiv, takım tezgâhları gibi çeşitli endüstriler için üretilen sayısız parçalar (örneğin otomobil kaportaları, krank milleri).
- Bağlama elemanları (vida, somun, cıvata, perçin...).
- El takımları(kerpeten, çekiç, tornavida...) ve tıp aletleri (örneğin pansuman makası).
- Her çeşit metal kutular.
- Tünel, maden ve taş ocaklarında kullanılan yapı elemanları (tavan ve duvar elemanları, maden direkleri).
- İnşaat sektöründe, örneğin kapı ve pencerelerde kullanılan donatılar.

*e değeri basmada
negatif, çekmede
pozitiftir.*

$$e = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\gamma = \frac{a}{b} = \tan \theta$$



Şekil 1.1. Üç temel şekil değişimi. (a) Basma. (b) Çekme. (c) Kayma.

Plastik şekil verme işlemini gerçekleştirecek kuvvetin bilinmesi önemlidir. Bu nedenle, şekil değiştirme ile bu şekil değiştirmeyi veren kuvvet arasındaki bağıntı temel parametrelerden biridir.

Metallerin Mekanik Özellikleri

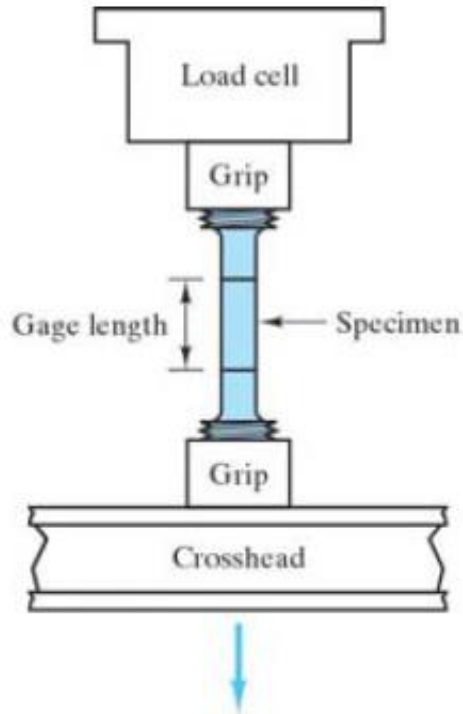
✓ Metaller ve metal alaşımları mekanik tasarımda en çok tercih edilen malzeme grubundandır. Metaller özellikle kuvvet taşıyan elemanlarda yaygın olarak kullanılırlar. Bu nedenle malzemelerin mekanik özelliklerini bilmek büyük önem taşır. Malzemelerin mekanik özellikleri şu başlıklarda incelenecektir:

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

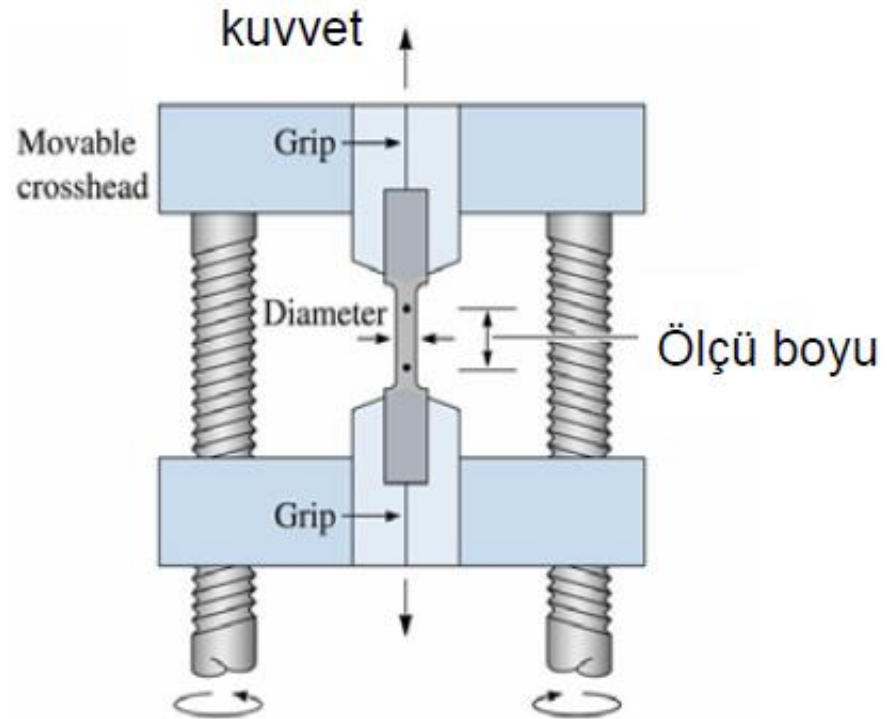
1. ÇEKME ÖZELLİKLERİ: Tasarımda en çok önemsenen özellikler, malzemelerin ne kadar dayanıklı oldukları ve ne ölçüde şekil değiştirebilme kabiliyetine sahip olduklarıdır. Malzemelerin dayanım ve şekil değiştirme özelliklerini belirlemede kullanılan en yaygın test; “**ÇEKME DENEYİ**” dir. Çekme deneyi, bu amaç için hazırlanan bir test numunesinin (çekme numunesi) çekme makinesine bağlanarak çekme kuvvetine maruz bırakılmasıdır. Etki eden kuvvet numune koparılan kadar arttırılır. Bu esnada, etki eden kuvvet ve test numunesinde meydana gelen uzama sistem tarafında sürekli olarak kaydedilir.

Çekme Deneyi

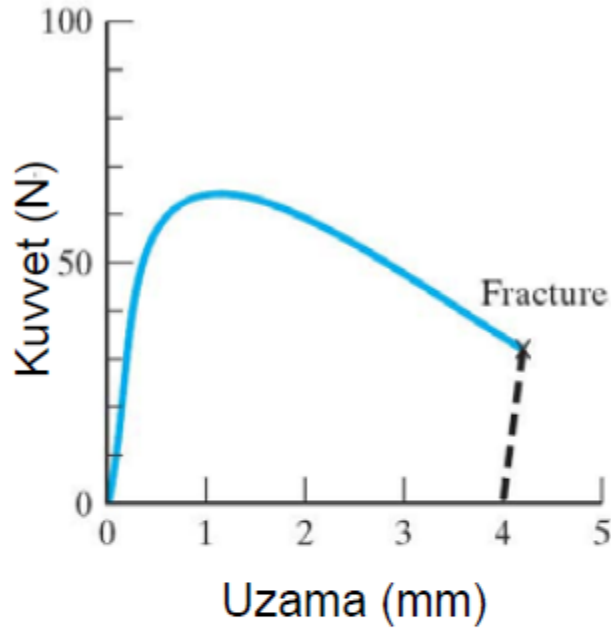
- ✓ Malzemenin statik kuvvetler altında dayanımı ve diğer mekanik özelliklerinin test edilmesinde kullanılır.



Çekme deneyi

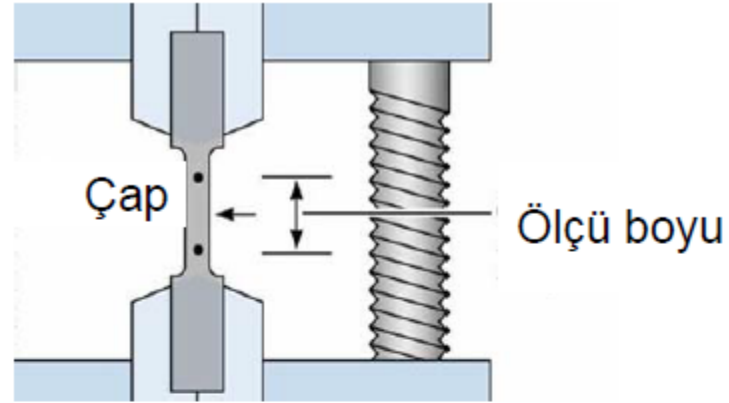


Çekme Deneyi



Çekme deneyinden elde edilen
F-ΔL (kuvvet uzama) eğrisi

Çekme deneyinden elde edilen F-
ΔL (kuvvet uzama) verilerinden
σ-ε diagramına geçmek gerekir.

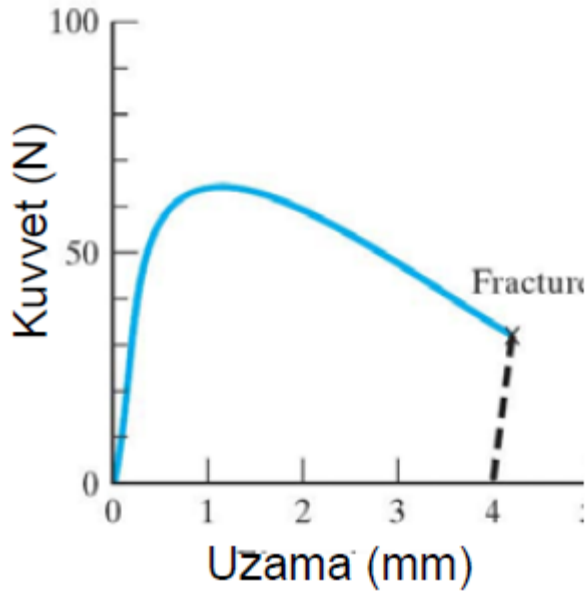


$$\text{gerilme} = \frac{\text{Parçaya} \cdot \text{etkiyen} \cdot \text{çekme} \cdot \text{kuvveti}}{\text{Kesit} \cdot \text{alanı}}$$

$$\text{Birim} \cdot \text{şd} = \frac{\text{uzama} \cdot \text{miktarı}}{\text{ilk} \cdot \text{ölçü} \cdot \text{boyu}} \quad (\text{gerinim})$$

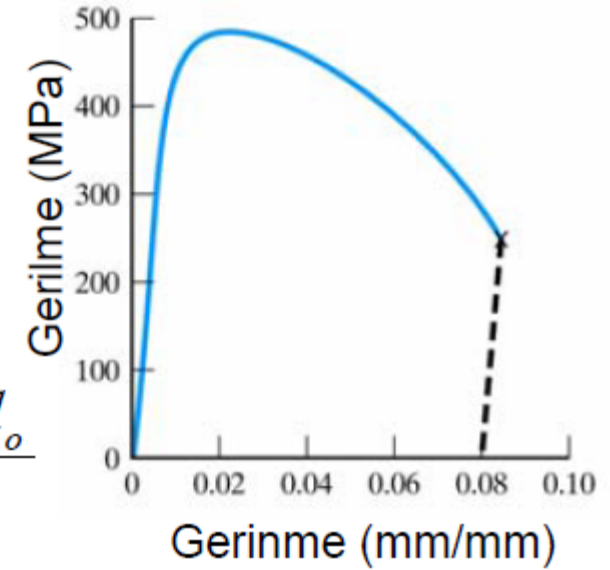
$$\sigma = \frac{F}{A_o} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o}$$

Çekme Deneyi



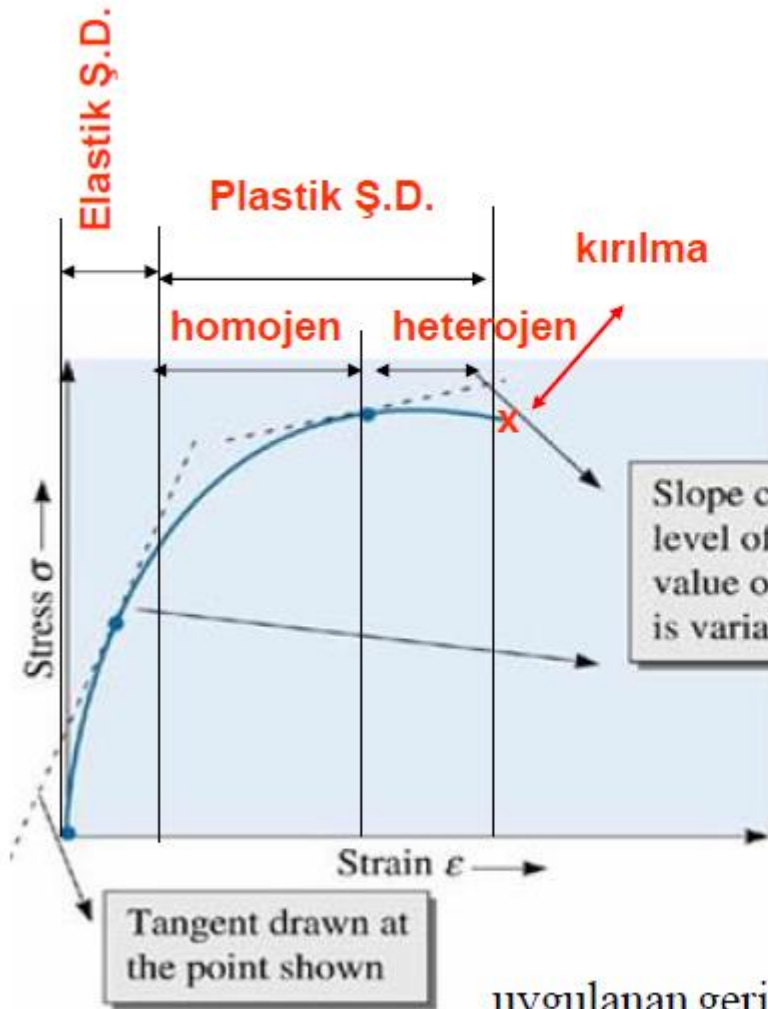
Çekme deneyinden elde edilen
F- ΔL (kuvvet uzama) eğrisi

$$\sigma = \frac{F}{A_o}$$
$$\Rightarrow$$
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o}$$



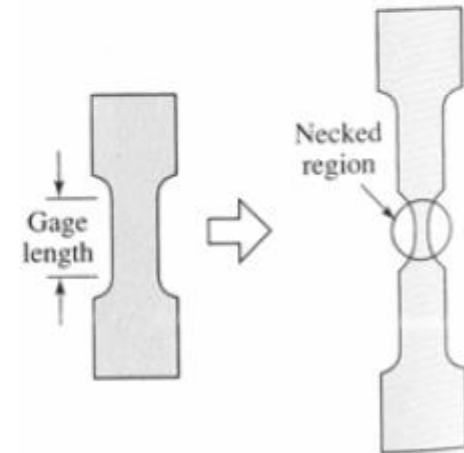
Yandaki veriler normalize
edilerek elde edilen σ - ε
(Gerilme-Gerinme) eğrisi

Çekme Deneyi



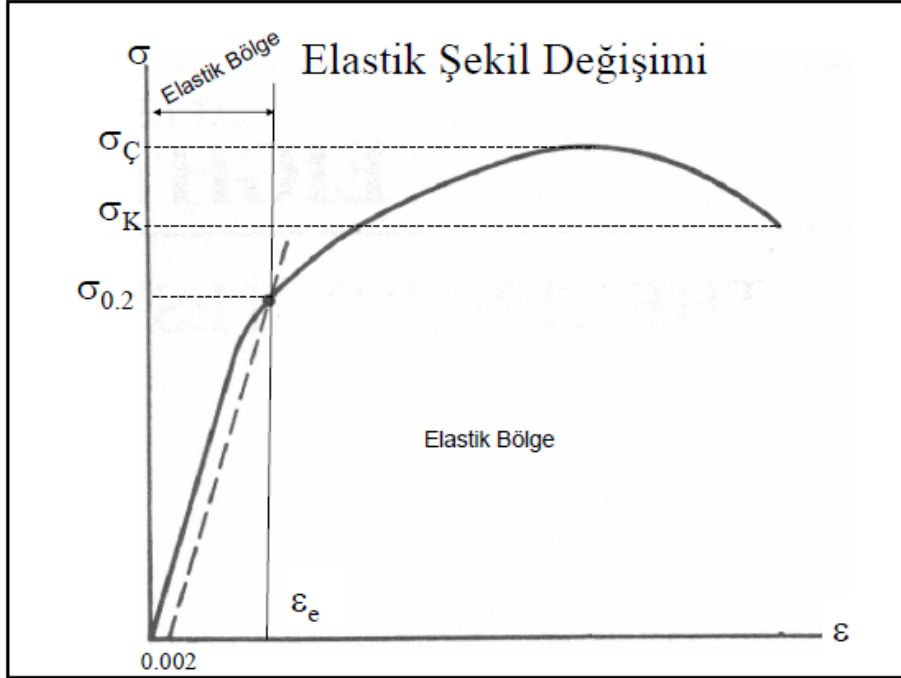
Şekil değişimi:

- Elastik şekil değişimi
- Platik şekil değişimi
 - Homojen
 - Heterojen (boyun verme)
- Kırılma



uygulanan gerilme < akma dayan. $\Rightarrow$ elastik

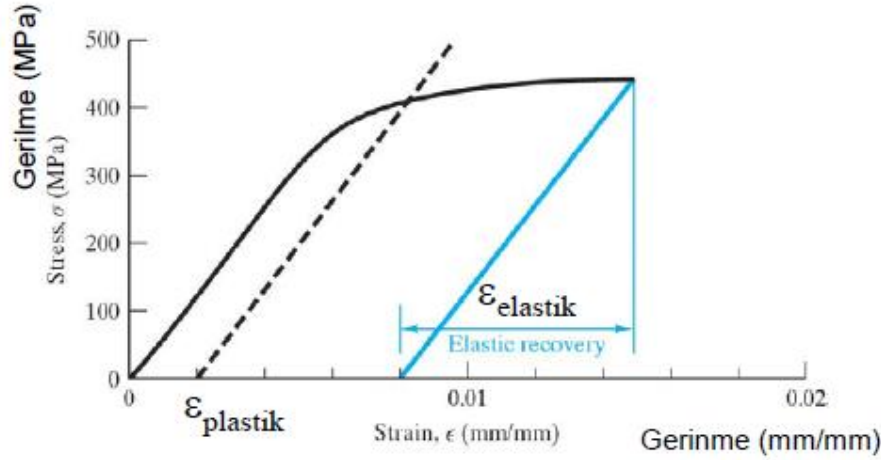
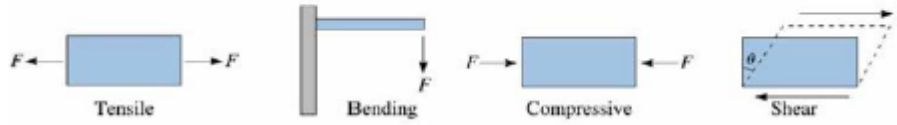
uygulanan gerilme > akma dayan. $\Rightarrow$ plastik + elastik



Elastik şekil değişimi

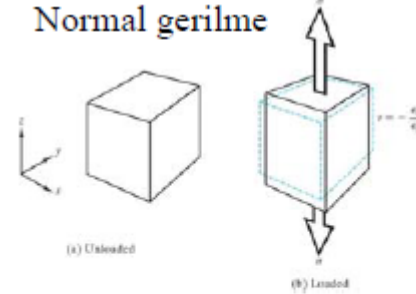
- Elastik bölgede **Hook kanunu** geçerlidir.
- Gerilme ile birim uzama **lineer** olarak **değişir**.
- **Kuvvet kalkınca**, elastik uzama **ortadan kalkar**.
- **E**, Elastiklik Modülü, **malzemenin karakteristik özelliğidir** (malzemeden malzemeye değişir)
- **E büyüdükçe** malzeme daha **rijit**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

Hook Kanunu



Önceden plastik şekil değişimine uğramış malzemeden kuvvet kaldırıldığında elastik şekil değişimi ortadan kalkarak 0 değerine geri döner. Sadece plastik şekil değişiminden dolayı olan kalıcı şekil değişimi söz konusu olur.

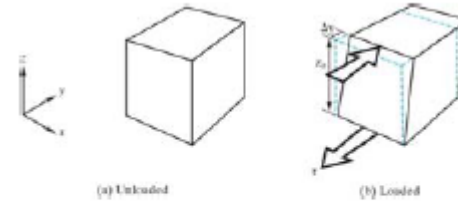
Normal gerilme



$$\sigma = E \times \epsilon$$

σ = Normal gerilme
 ϵ = Birim şekil değişimi
 E = Elastiklik modülü

Kayma gerilmesi



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

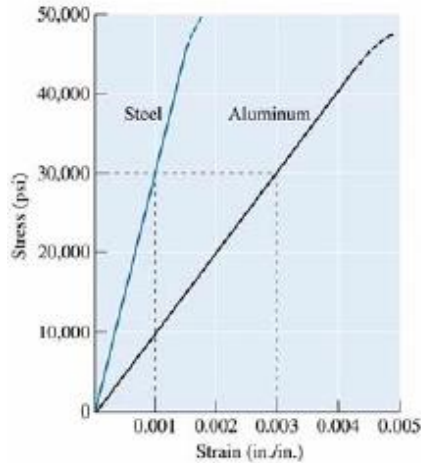
τ = Kayma gerilmesi
 γ = Kayma birim şekil değişimi
 G = kayma modülü

Elastik Modülü

- Elastiklik modülü **kimyasal bileşimin** değişmesi ile ve **ortam sıcaklığından** etkilenir.
- Isıl işlemden etkilenmez.** (Aynı çeliğin yumuşak hali ile sertleştirilmiş hali aynı E ye sahiptir).

Kimyasal kompozisyonun etkisi

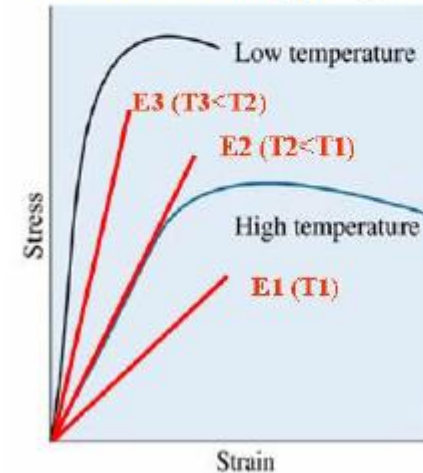
E, bir malzeme özelliğidir. Çelik Alüminyuma göre daha rijittir.
E, kimyasal kompozisyondan etkilenir



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

Sıcaklığın etkisi

E, sıcaklıktan etkilenir.
Sıcaklık arttıkça E, azalır.



Poisson oranı

✓ Malzemenin statik kuvvetler altında dayanımı ve diğer mekanik özelliklerinin test edilmesinde kullanılır.

- Malzemelerin **elastik** özelliklerini belirleyen **diğer bir parametredir**.
- Elastik şekil değişimi sırasında malzeme **hacminde değişiklik olur**.
- **Çekme** yönünde malzeme **uzarken** buna **dik yönde kısalma** gerçekleşir.
- Aradaki **oran poisson oranı** yardımıyla **belirlenir**.
- **Metaller için 0.28 ile 0.32** arasında değişir. **Genelde 0.3 tür**.
- **Plastik şekil değişimi** söz konusu ise hacim sabit kalır ve poisson oranı **0.5** değeri alır.

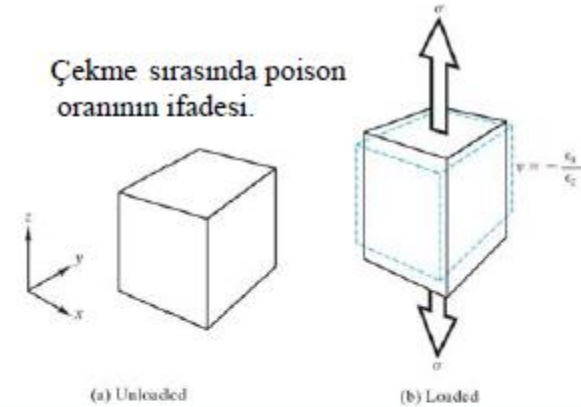
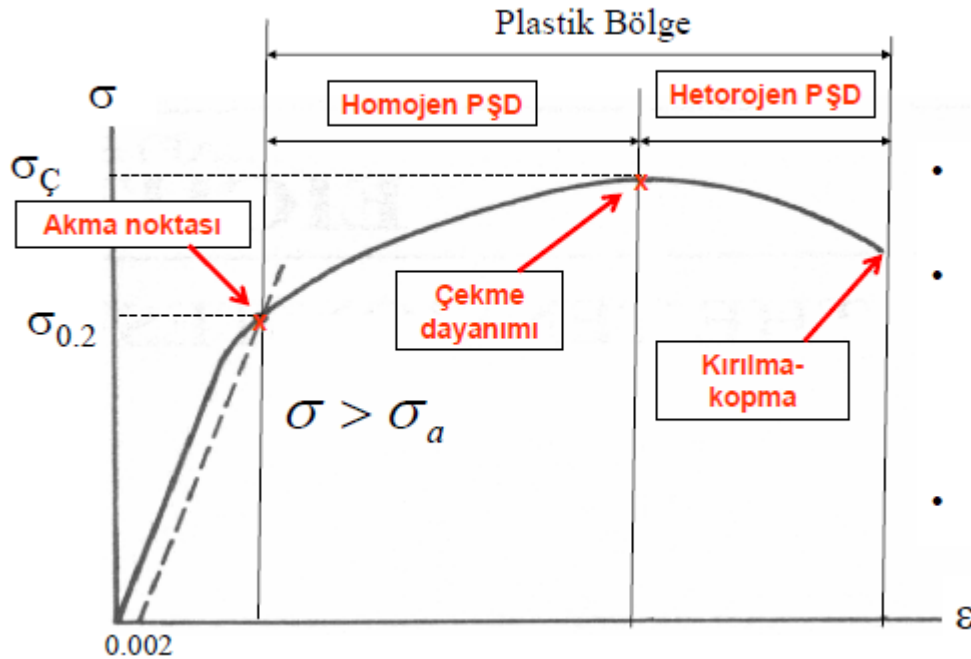


TABLE 6-3 ■ Elastic properties and melting temperature (T_m) of selected materials

Material	T_m (°C)	E (psi)	Poisson's ratio (μ)
Pb	327	2.0×10^6	0.45
Mg	650	6.5×10^6	0.29
Al	660	10.0×10^6	0.33
Cu	1085	18.1×10^6	0.36
Fe	1538	30.0×10^6	0.27
W	3410	59.2×10^6	0.28
Al_2O_3	2020	55.0×10^6	0.26
Si_3N_4		44.0×10^6	0.24

✓ Elastik deformasyon bölgesi özelliğidir. Bir malzeme elastik olarak zorlandığında Çap yönündeki değişimin Boyca değişime oranına poisson oranı denir

Plastik Şekil Değişimi



- 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.

- Malzemelerin dayanımını ifade eden Akma dayanımının üzerinde gerilmeler uygulanması durumunda plastik şekil değişimleri (kalıcı-geri dönüşsüz) (PŞD) başlar.
- Bu noktada PŞD, dislokasyonlar kaymaya başlamasıyla meydana gelir.

Benzeş sıcaklık

$$T_B = \frac{T_C(^{\circ}K)}{T_E(^{\circ}K)} \cdot T_E = \text{Malzemenin erime sıcaklığı}$$

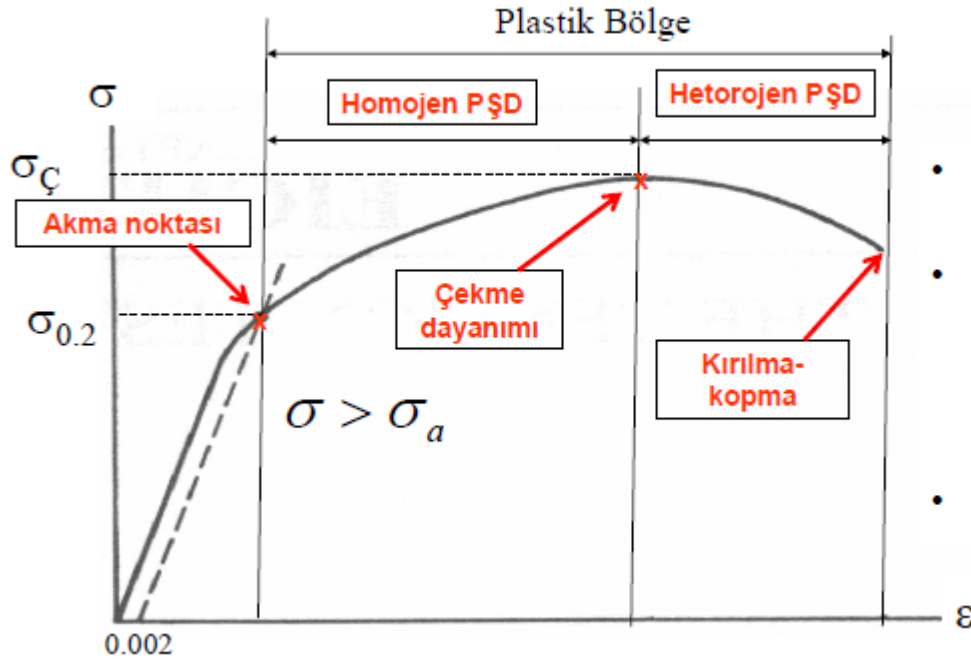
$T_C = \text{Çalışma sıcaklığı}$

$0 < T_B < 0.25$	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 Değiştirme



- 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.

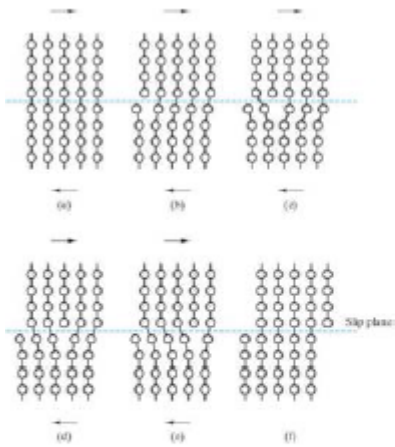
- Malzemelerin dayanımını ifade eden Akma dayanımının üzerinde gerilmeler uygulanması durumunda plastik şekil değişimleri (kalıcı-geri dönüşsüz) (PŞD) başlar.
- Bu noktada PŞD, dislokasyonlar kaymaya başlamasıyla meydana gelir.

Soğuk Şekil Değişirme;

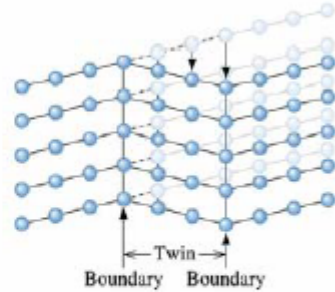
✓ Soğuk şekil değişiminde iki tür şekil değiştirme mekanizması etkin olabilir:

1. Kayma
2. İkizlenme

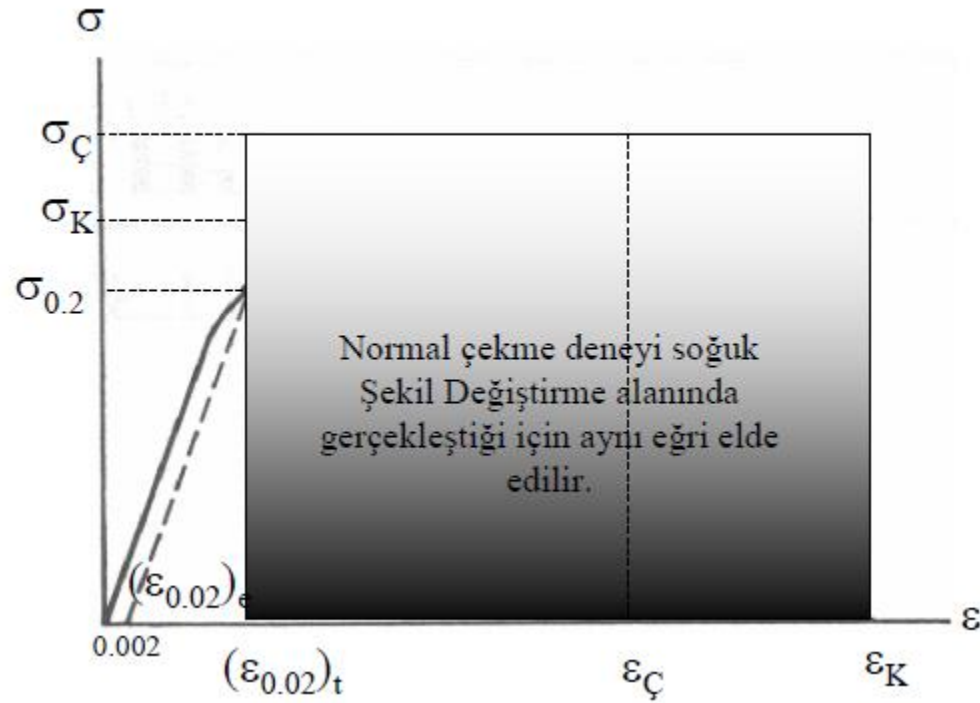
KAYMA /İKİZLEME



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



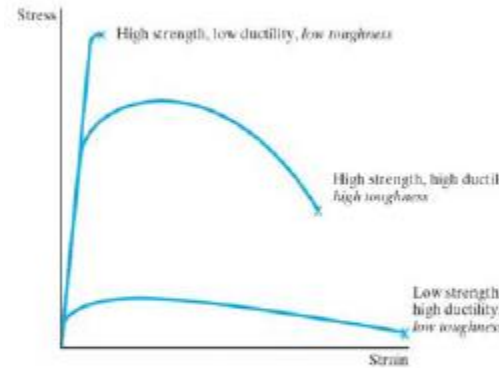
Kaymanın zor olduğu durumlarda plastik şekil değişimi **ikizleme** (twinning) ile gerçekleşir.



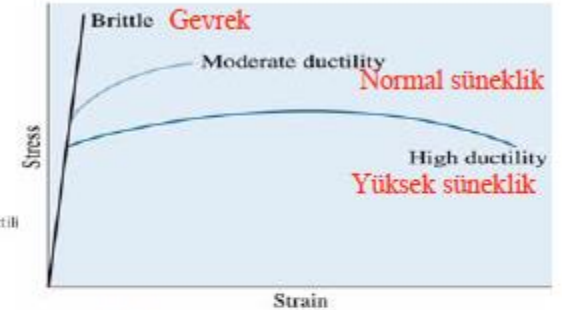
Süneklik / Gevreklik / Tokluk

- **Süneklik:** Bir malzemenin plastik şekil değiştirme kabiliyetini ifade eder. Bu değerın büyümesi, malzeme kopana kadar daha büyük plastik şekil değiştirme gerçekleştirebiliyor anlamına gelir. Kopma uzaması ve alan daralması parametreleri ile ifade edilebilir.
- **Gevreklik:** Plastik şekil değiştirme kabiliyetinin olmaması durumunu ifade eder. Eğri bazen elastik sınırdan bazende elastik sınıra çok yakın bir noktada son bulur.
- **Tokluk:** Malzemenin kopana dek absorbe ettiği toplam enerjiyi ifade eder. Sünek malzemelerin tokluğunun daha yüksek, gevrek malzemelerin tokluğunun da düşük olduğu anlamı çıkarılabilir.

Statik Tokluk

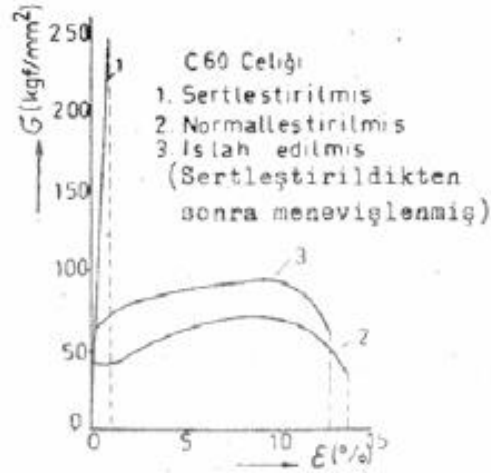


Şekil 6.9: Bir alışımda tokluk malzemenin dayanım ve sünekliğinin kombinasyonudur.

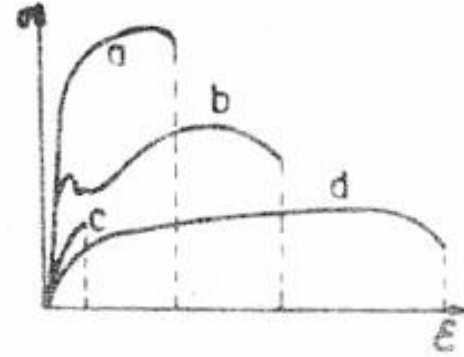


Malzemenin kırılana kadar ne kadar enerji yutacağının göstergesidir.

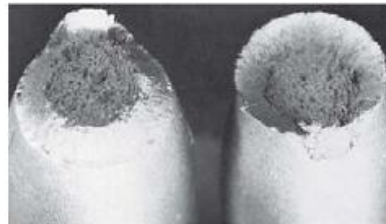
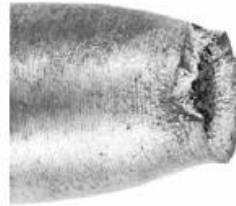
$$Tokluk = \int \sigma \cdot d\epsilon$$



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

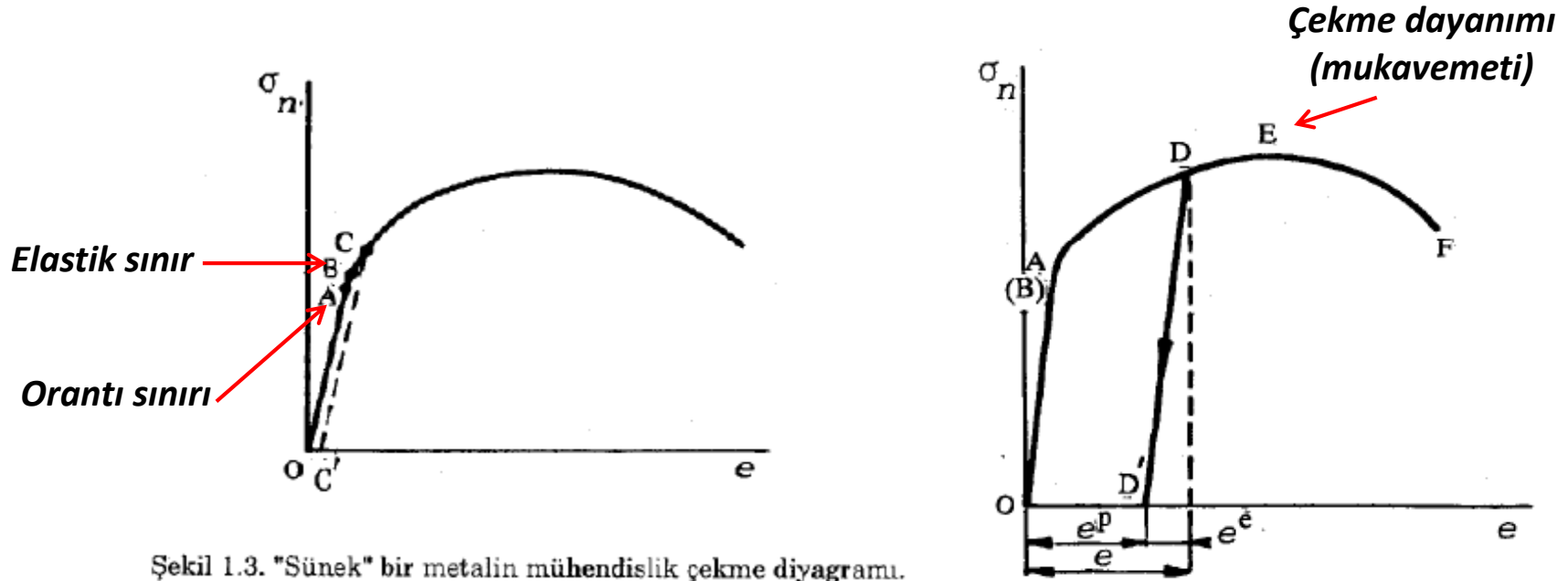


Şekil.8. Çeşitli malzemelerin çekme diyagramları
 a:Yüksek mukavemetli çelik (yarı sünek)
 b:Yumuşak çelik (sünek)
 c:Kır dökme demir (gevrek)
 d:Tavlama bakır (sünek)



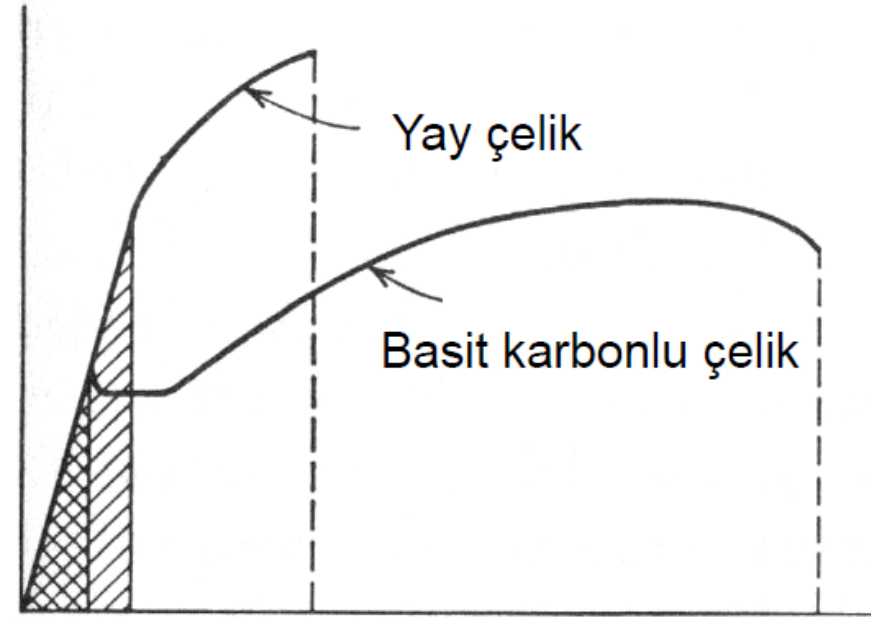
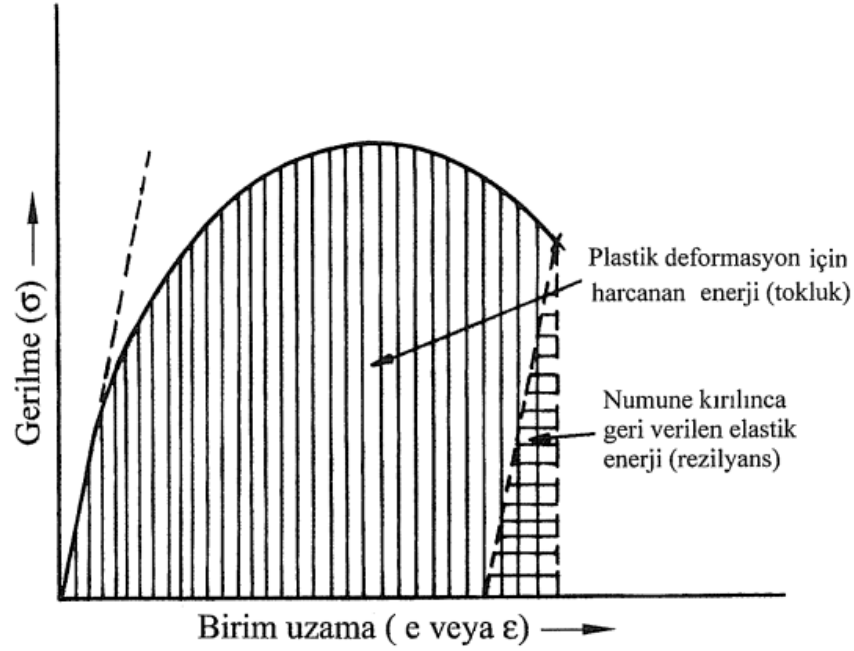
Çekme diyagramı

Çekme deneyinde parça uzarken kesit yüzeyi de azalır. Deney çubuğunun eksenine dik doğrultudaki birim şekil değiştirme (en veya kalınlık doğrultusu) ile eksenel (boyuna) doğrultudaki birim şekil değiştirme arasındaki oranın mutlak değerine **Poisson oranı** denir ve ν ile gösterilir. Örneğin tungsten için $\nu = 0,27$, alüminyum ve alaşımları için $\nu = 0,31...0,34$, alaşımsız çelik için $0,33$ değerindedir.



Şekil 1.3. "Sünek" bir metalin mühendislik çekme diyagramı.

Tarif olarak $e^p = 0,002$ (%0,2) plastik birim uzamaya karşılık olan nominal çekme gerilmesine akma sınırı ($\sigma_{0,2}$) denir.



$$\text{Rezilyans modülü} = \frac{\sigma_0 e_0}{2} = \frac{\sigma_0^2}{2E}$$