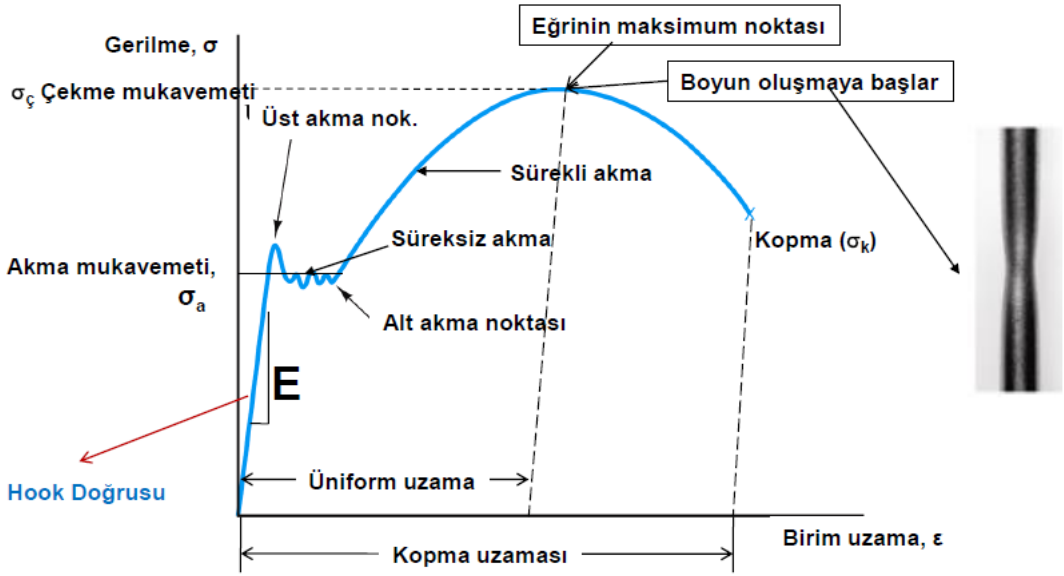
Metallere Plastik Şekil Verme



Düşük karbonlu çelik için gerilme-birim uzama eğrisi

1.Malzemelerin Mekanik Davranışları
2.Metalurjik Esaslar
3.Sürtünme ve Yağlama
4.Dövme
5Haddeleme
6.Ekstrüzyon
7.Çekme
8.Saç İşleme Yöntemleri

Üretim yöntemlerinin tanımı

1) Döküm ve Sinterleme: Akışkan haldeki malzemenin şekillendirilmesidir.

2) Plastik Şekillendirme: Katı haldeki bir malzemenin şeklinin plastik olarak değiştirilmesidir (sac şekillendirme, dövme, haddeleme gibi).

3) Ayırma: Katı haldeki malzemenin şeklinin kesme gibi yöntemlerle parça çıkarılarak değiştirilmesidir (frezeleme, parlatma, taşlama, delme gibi).

4) Birleştirme: İki ya da daha fazla parçanın bir geometrik şekil oluşturmak üzere bir araya getirilmesidir. Üçe ayrılabilir; kuvvet ile (vida gibi), malzeme ile (kaynak gibi) ve form ile (perçin gibi) birleştirmedir.

5) Kaplama: Şekilsiz haldeki malzemenin bir parça üzerinde bir katmana dönüştürülmesidir (laklama, emaye kaplama, fosfatlama gibi).

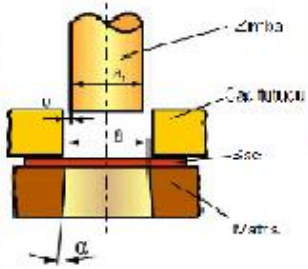
6) Malzeme özelliklerini değiştirme: Malzemenin şekilini değiştirmeden özelliklerinin değiştirilmesini amaçlayan işlemlerdir (ısıl işlemler gibi).

Üretim yöntemlerinin tanımı

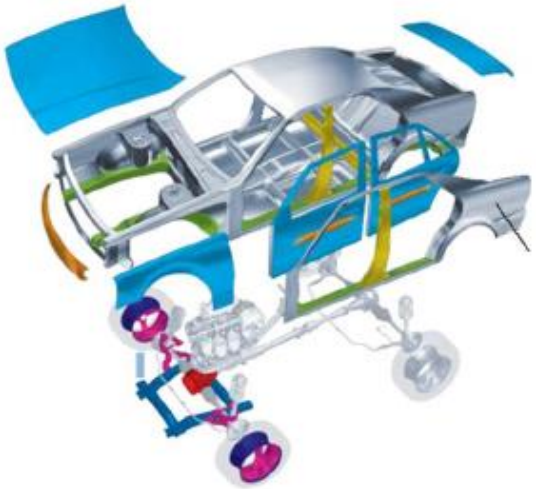
Malzeme

Belirsiz geometri

Üretim yöntemleri



Ürün (Parça)



Belirli geometri

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.

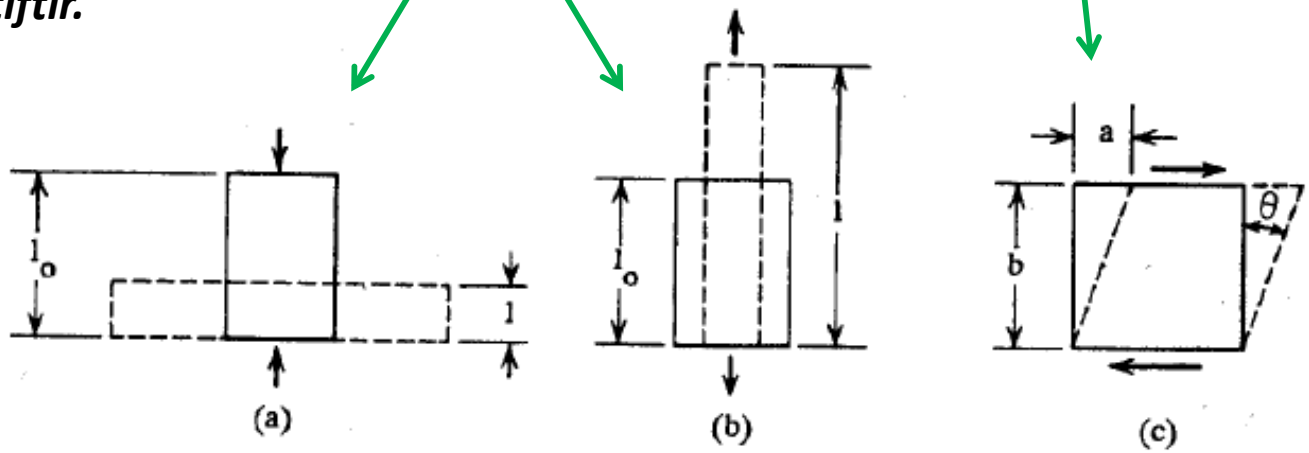
Bu yöntemlerle üretilen parçaların en önemli uygulama alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

— 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 donatımlar.

e değeri basmada negatif,çekmede pozitiftir.

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

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

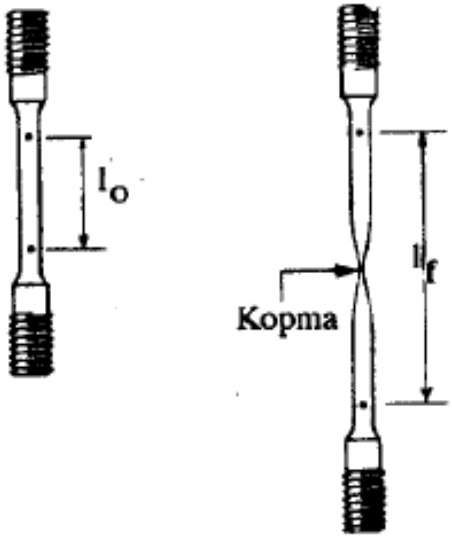


Şekil 1.1. Üç temel şekil değişimi. (a) Basma. (b) Çekme. (c) Kayma.

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

1.2 Çekme Deneyi

Kuvvet ve şekil değiştirme arasındaki bağıntıların incelenmesi bakımından uygulanan en basit deney çekme deneyidir.



Şekil 1.2. Çekme deney çubuğu.

A_0; başlangıç kesit yüzeyi
A ; P kuvvetinin uygulandığı andaki kesit yüzeyi

Nominal (mühendislik) gerilme $$\sigma_n = \frac{P}{A_0}$$

Gerçek gerilme $$\sigma = \frac{P}{A}$$

l_0; başlangıç ölçü boyu
l ; P kuvvetinin uygulandığı andaki ölçü boyu

Nominal şekil değişimi $$e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Gerçek şekil değişimi $$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$

$$\frac{l}{l_0} = 1 + e \longrightarrow \varepsilon = \ln(1 + e)$$

Plastik şekil değişimi esnasında hacim sabittir.

$$A_0\, l_0 = A l \longrightarrow A = A_0 \frac{l_0}{l}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \longrightarrow \sigma = \frac{P}{A_0} \cdot \frac{l}{l_0}$$

Gerçek gerilme $\longrightarrow \sigma = \sigma_n (1 + e)$

Çekme deneyinde, e ve ε değerlerinin kıyaslanması.

e	0,01	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
ε	0,01	0,049	0,095	0,18	0,4	0,69	1,1	1,8	2,4

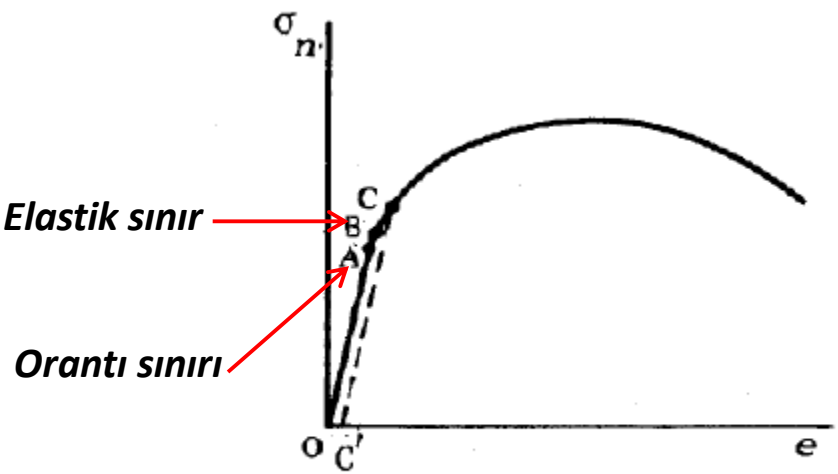
Dairesel kesitli numunede deneyin herhangi bir anında, belirli bir çekme kuvveti için, gerçek şekil değişimi çubuğun o andaki çapı ölçülerek hesaplanabilir.

$$A_0\, l_0 = A l$$

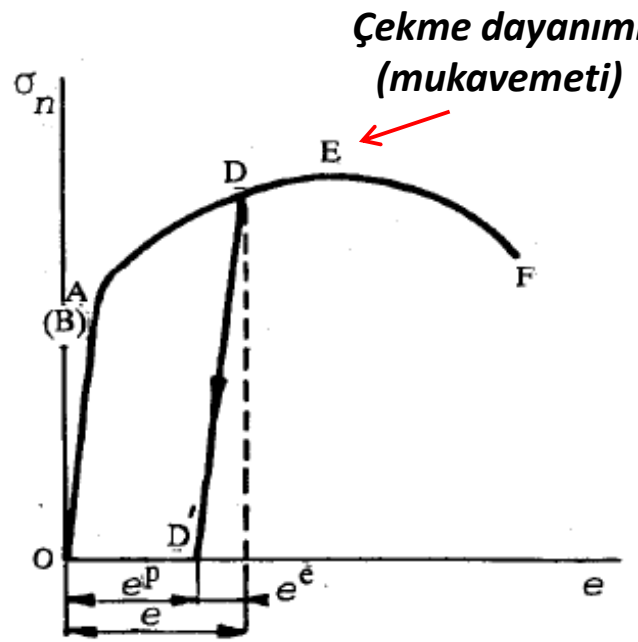
$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{A_0}{A} = 2 \ln \frac{D_0}{D}$$

Çekme diyagramı

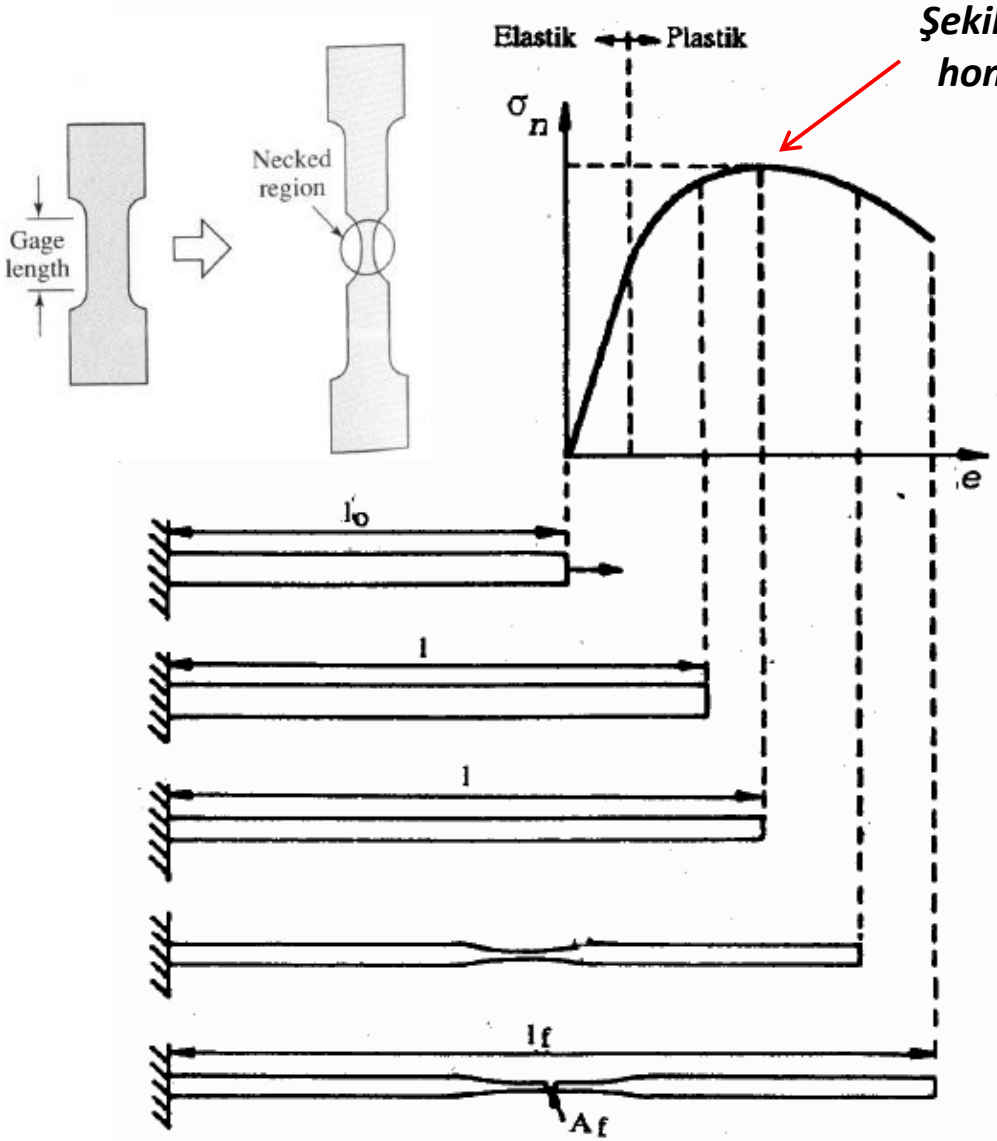
Çekme deneyinde parça uzarken kesit yüzeyi de azalır. Deney çubuğunun eksenine dik doğrultudaki birim şekil değiştirme (en veya kalınlık doğrultusu) ile eksenel (boyuna) doğrultudaki birim şekil değiştirme arasındaki oranın mutlak değerine Poisson oranı denir ve ν ile gösterilir. Örneğin tungsten için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



Şekil 1.5. Çekme deneyinde üniform uzama, büzülme ve kopma.

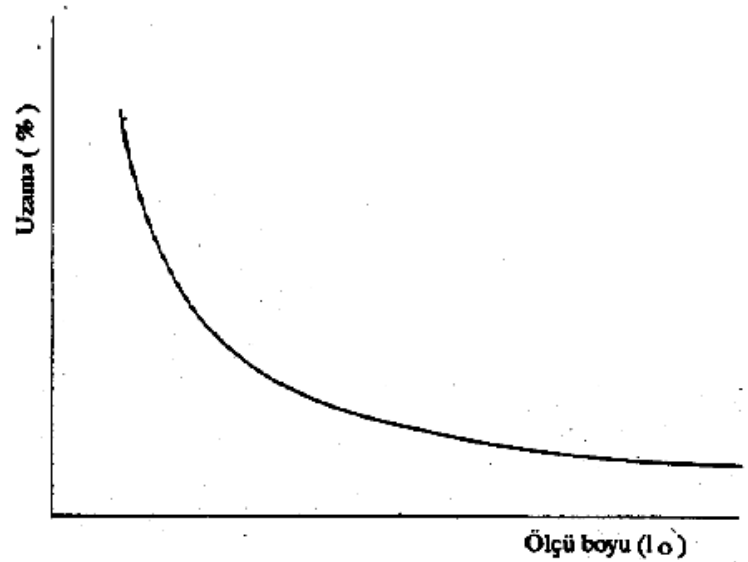
% Kopma uzaması

$$e_f = \frac{l_f - l_0}{l_0} \cdot 100 = \frac{\Delta l_f}{l_0} \cdot 100$$

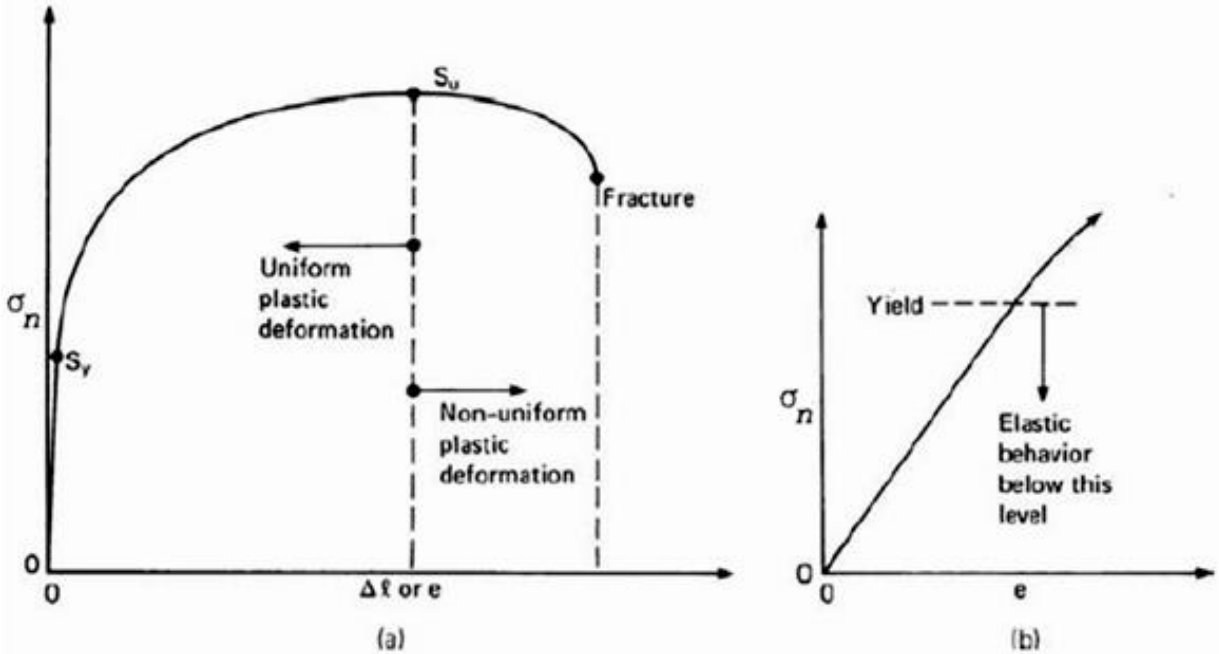
Kopma uzaması ne kadar büyük ise malzeme o kadar sünektir.

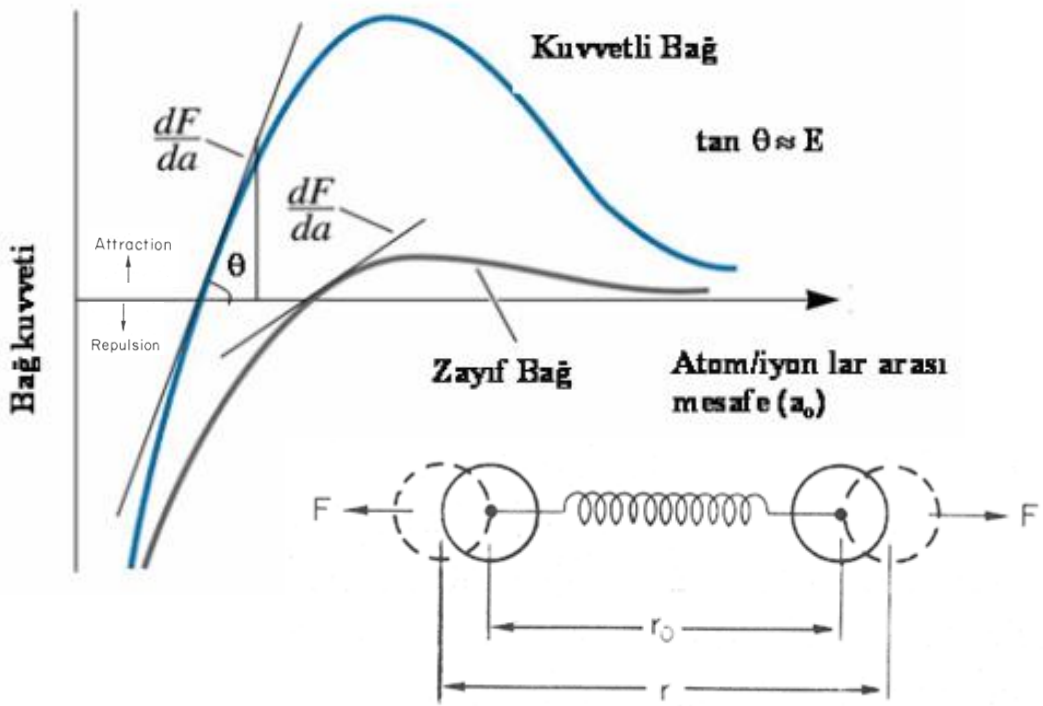
% Kopma büzülmesi

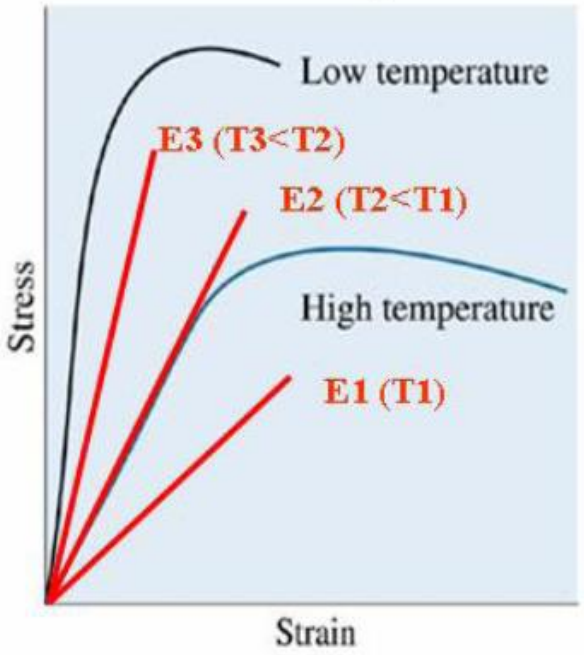
$$\frac{A_0 - A_f}{A_0} \cdot 100$$

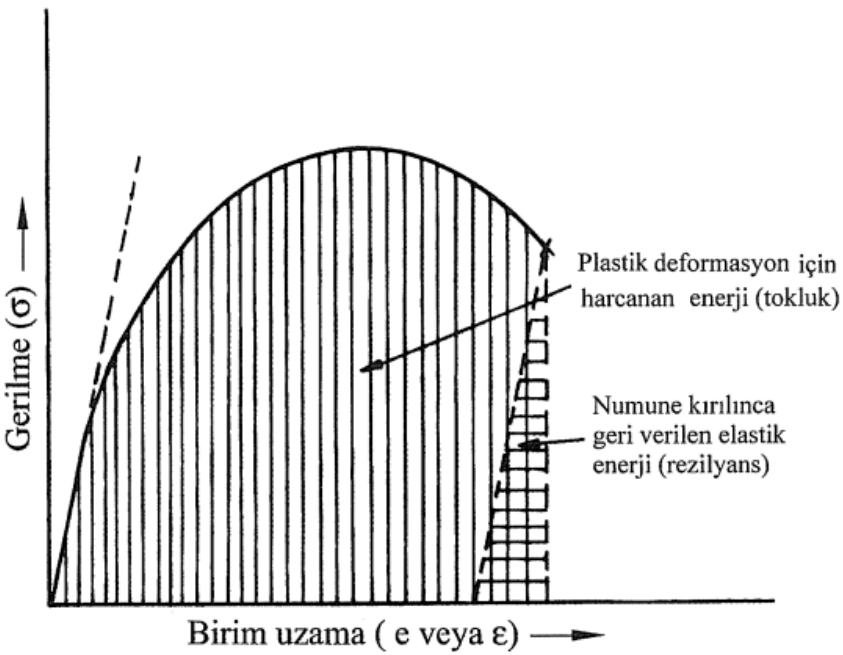


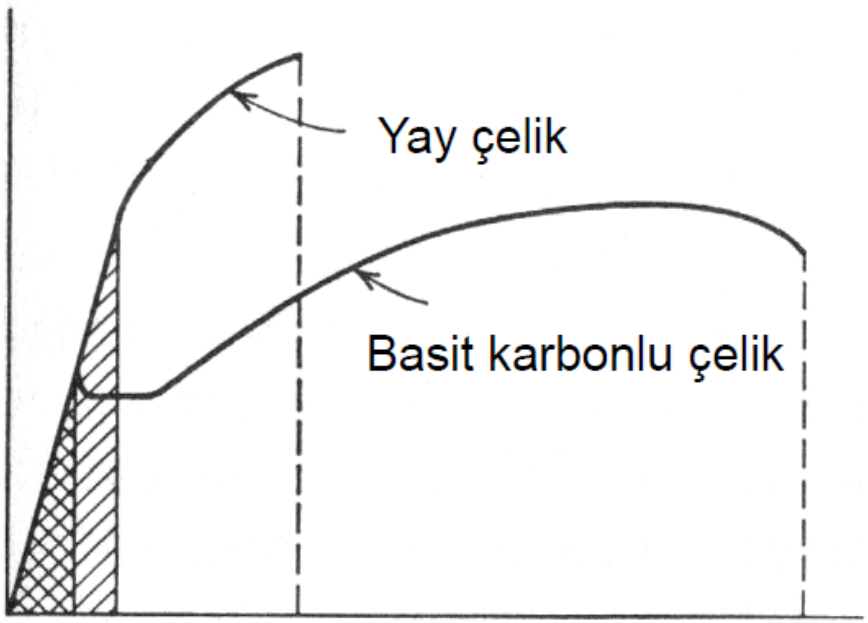
Şekil 1.6. Başlangıç ölçü boyunun % uzamaya etkisi (şematik).


S_u
Fracture
Uniform plastic deformation
σ_n
S_y
Non-uniform plastic deformation
0
0
Δℓ or e
(a)
Yield
σ_n
Elastic behavior below this level
0
0
e
(b)


Kuvvetli Bağ
$\frac{dF}{da}$
tan θ ≈ E
$\frac{dF}{da}$
Attraction
θ
Repulsion
Bağ kuvveti
Zayıf Bağ
Atom/iyon lar arası mesafe (a_o)
F
F
r_o
r

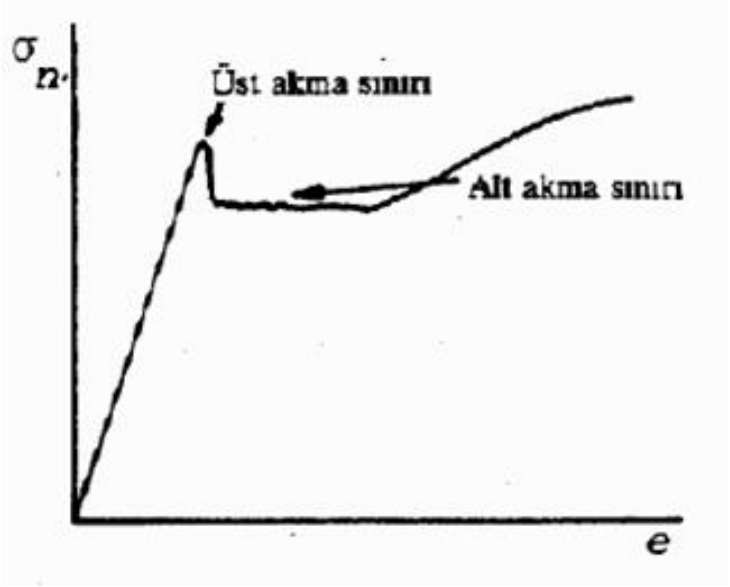

Low temperature
E3 (T3<T2)
E2 (T2<T1)
High temperature
E1 (T1)
Stress
Strain

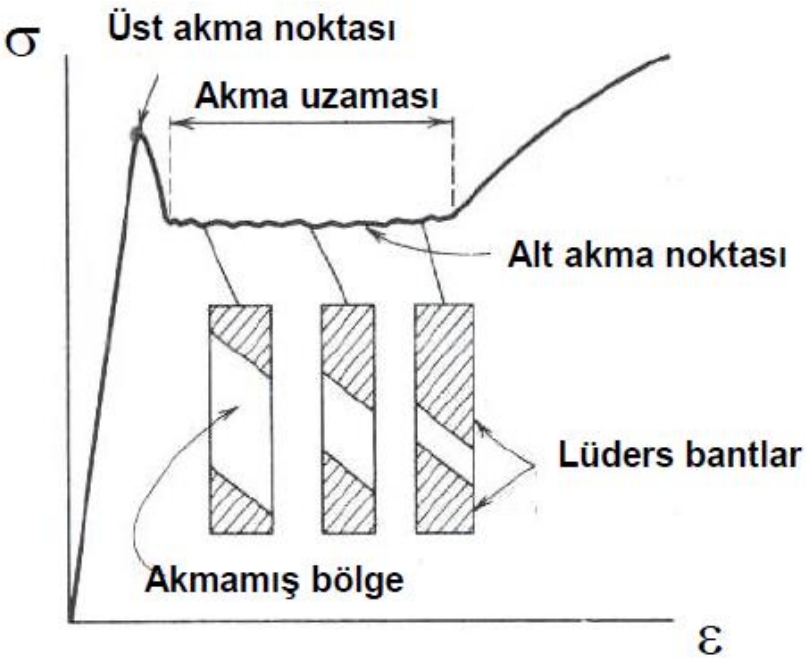




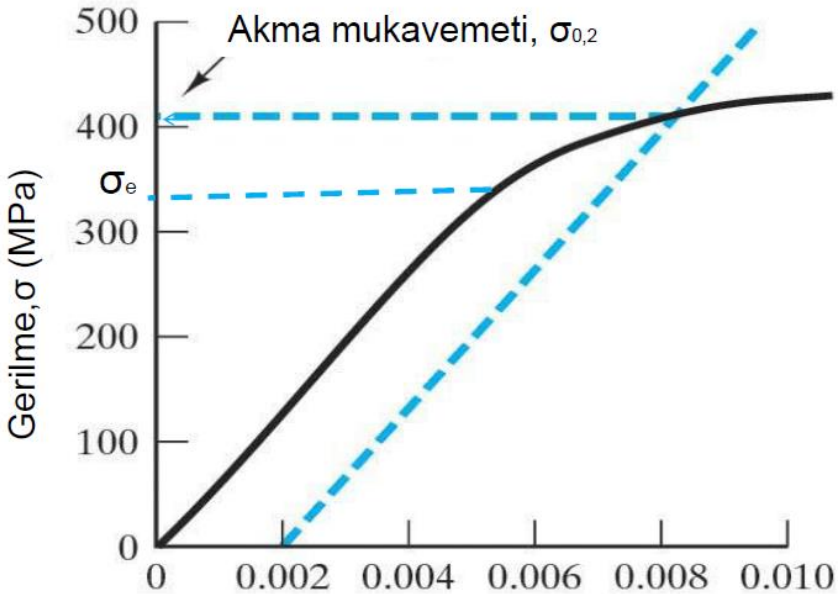
$$\text{Rezilyans modülü} = \frac{\sigma_0 e_0}{2} = \frac{\sigma_0^2}{2E}$$

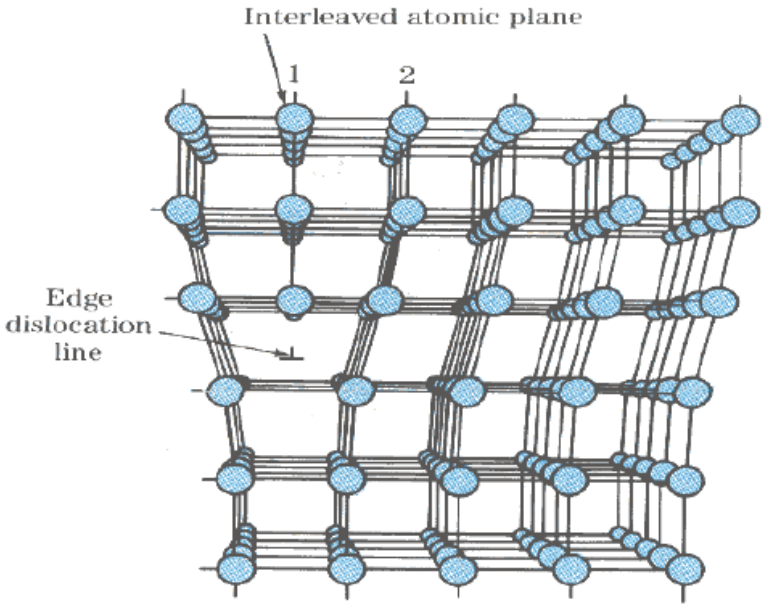
Belirgin akma noktası gösteren malzeme



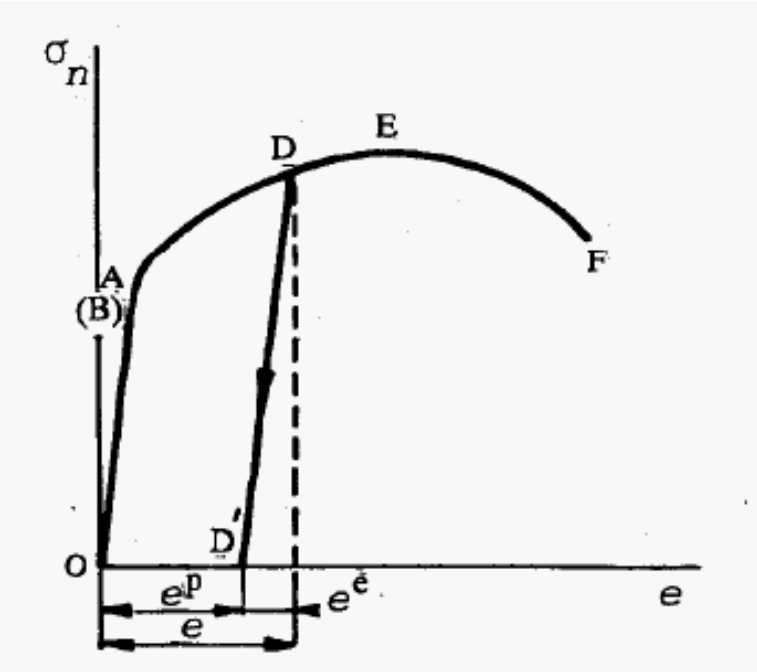


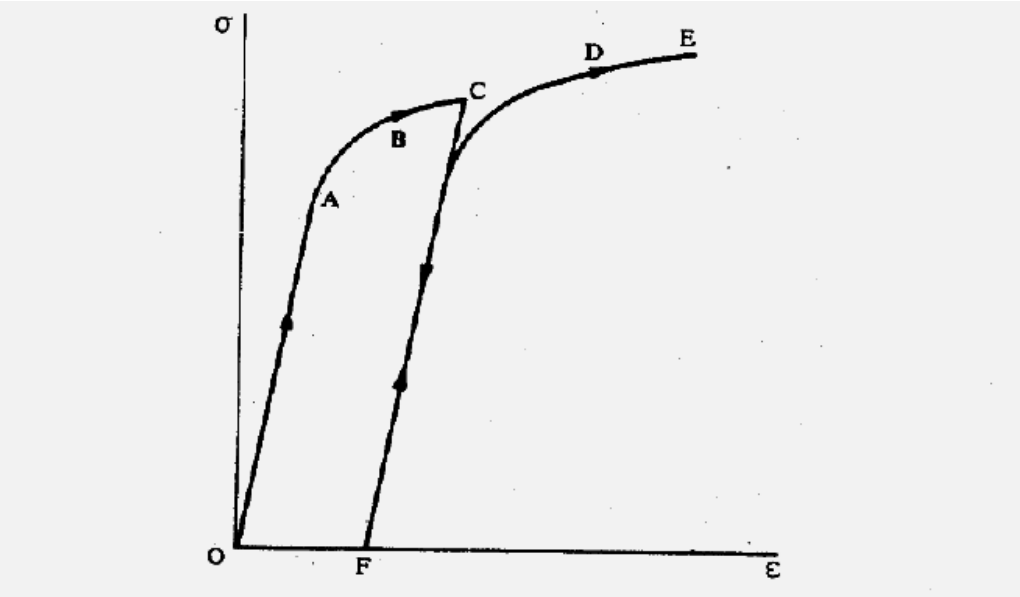
Belirgin akma noktası göstermeyen malzeme





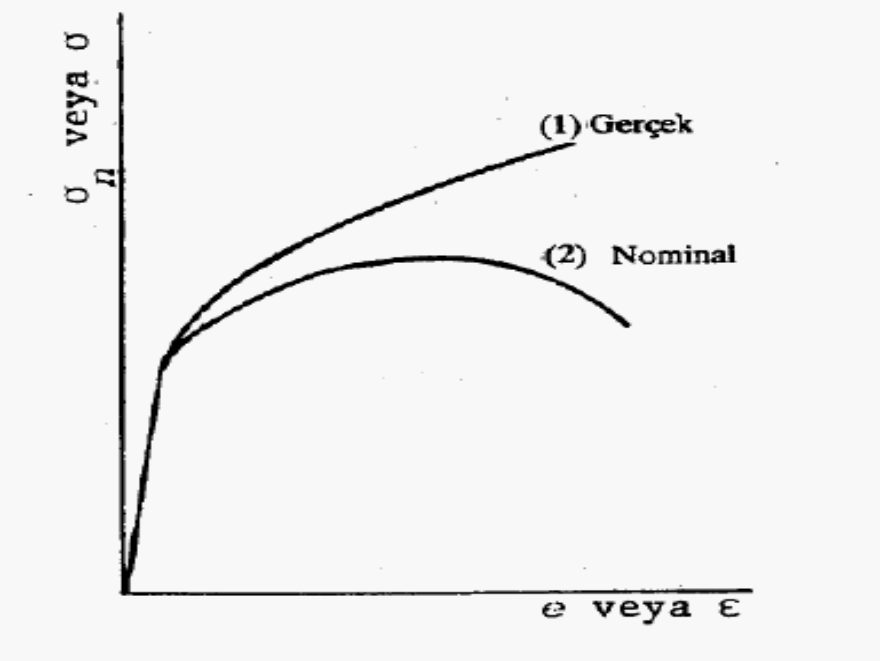
PEKLEŞME



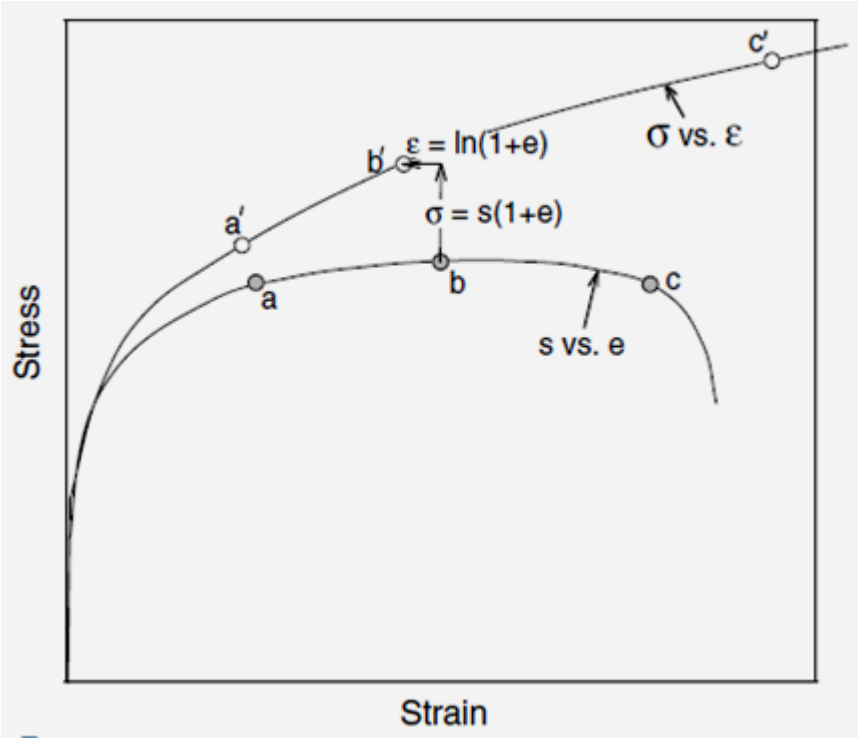


Şekil 1.9. Gerçek çekme diyagrami ve bu diyagramda homojen plastik şekil değişimi bölgesinde çekme kuvveti boşaltıldıktan sonra hemen yeniden yüklenmesi.

Akma sınırının A noktasından D noktasına yükselmesine pekleşme ya da şekil değiştirme sertleşmesi denir.



Şekil 1.8. Gerçek ve mühendislik çekme diyagramları.



$$\sigma_n = \frac{P}{A_0}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Gerçek Gerilme – Gerçek Şekil Değiştirme Eğrileri İçin Yaklaşık Denklemler

Ludwig sabit sıcaklık ve sabit şekil değiştirme hızında ampirik denklemler geliştirmiştir.

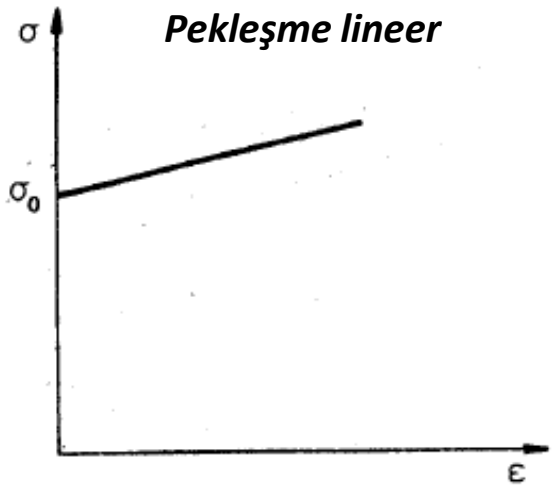
Akma Sınırı

Pekleşme üsteli

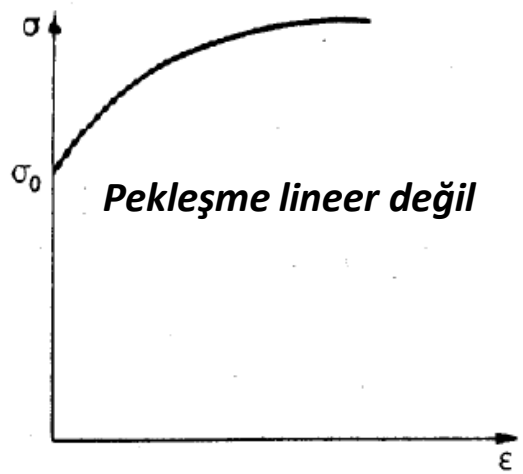
$$\sigma = \sigma_0 + K\varepsilon^n$$

Mukavemet katsayısı

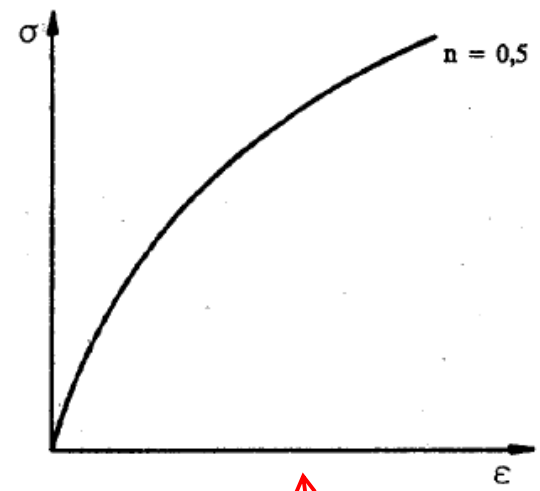
a) $n = 1$ hali $\sigma = \sigma_0 + K\varepsilon$



b) $n < 1$ hali $\sigma = \sigma_0 + K\varepsilon^n$

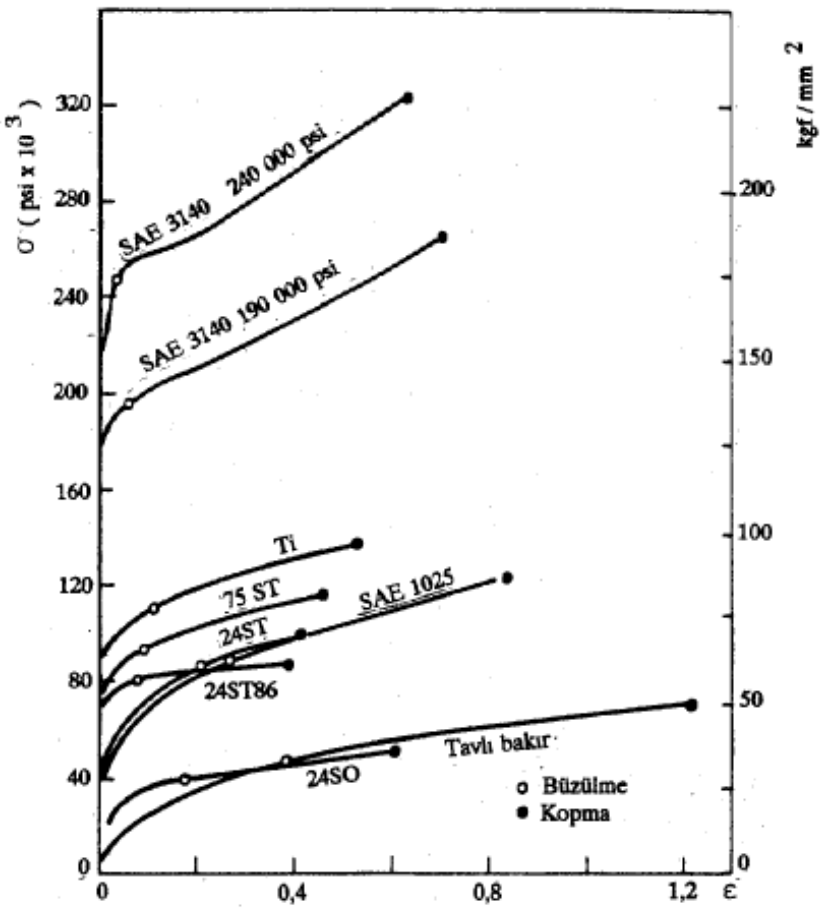


c) $n < 1$, $\sigma_0 = 0$ hali $\sigma = K\varepsilon^n$

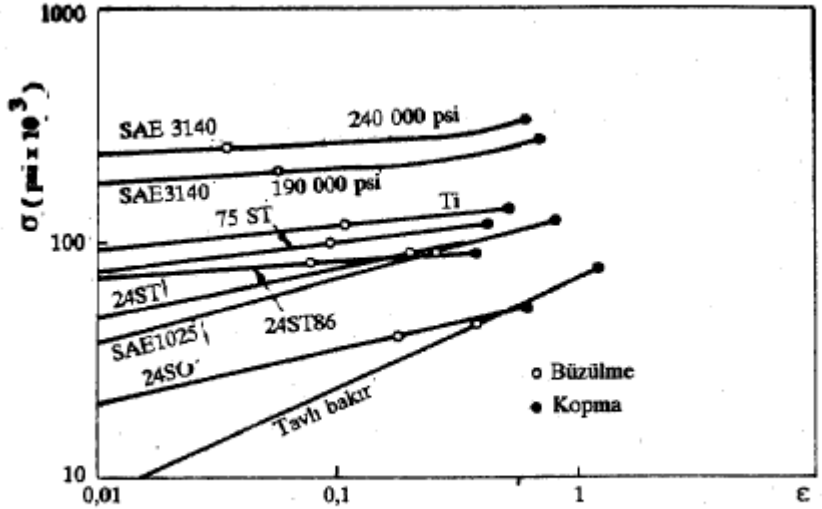


Elastik davranış göstermeyen ve akma sınırı belirgin olmayan malzeme; pekleşme lineer değil.

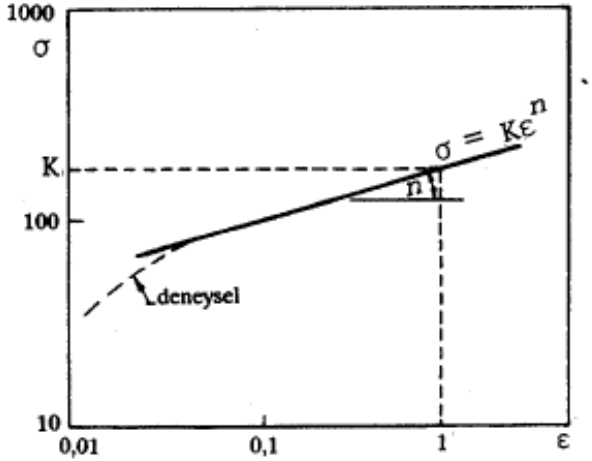
Gerçek Gerilme – Gerçek Şekil Değiştirme Eğrileri İçin Yaklaşık Denklemler



Şekil 1.13. Çeşitli malzemelerin gerçek çekme diyagramları (Trans. ASM, 46, 998, 1954).



Şekil 1.14 Çeşitli malzemelerin logaritmik koordinatlarda, gerçek çekme diyagramları.



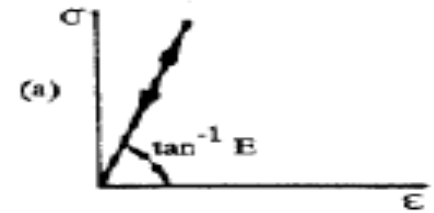
Şekil 1.15. Logaritmik koordinatlarda, gerçek çekme diyagramı.

Ludwig bağıntısı gerilme-gerinme diyagramının bütünü için geçerli midir?

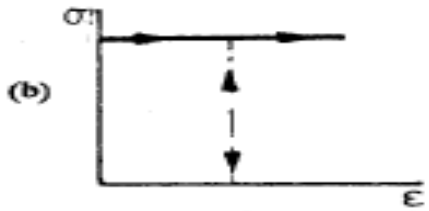
$$\sigma = \sigma_0 + K\varepsilon^n$$

Büzülme anında $\varepsilon = n$

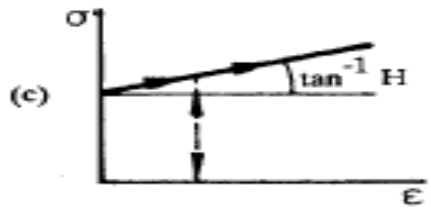
İdealleştirilmiş Gerçek Gerilme – Gerçek Şekil Değiştirme Diyagramları



Tam elastik davranış (cam, seramik gibi)



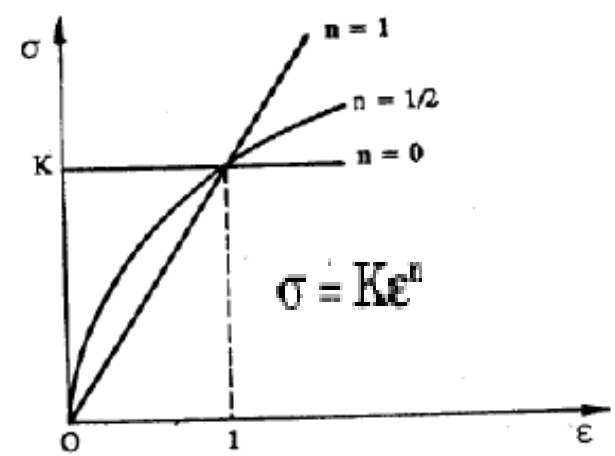
Rijit,Tam plastik davranış: elastik değişim yoktur, akma sınırından sonra pekleşme olmadan plastik şekil değişimi



Rijit, lineer pekleşen davranış: elastik değişim yoktur, akma sınırından sonra lineer pekleşme vardır. Şekil değişimine devam edebilmek için gerilmeyi artırmak gerekir

Elastik, Tam plastik davranış

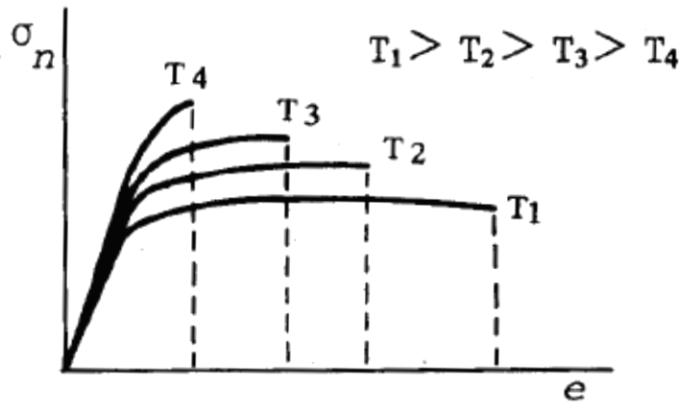
Elastik, lineer pekleşen davranış



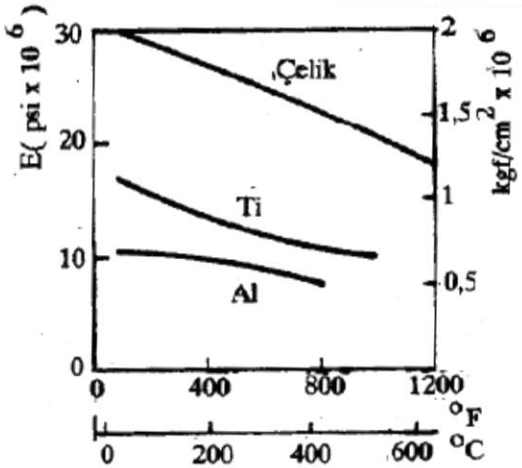
Pekleşme üstelinin etkisi

Sıcaklığın Malzeme Özelliklerine Etkileri

Genelleştirilme yapılması bir dereceye kadar zor olmakla beraber, sıcaklığın yükselmesi çoğunlukla süneklikle tokluğu arttırır, elastiklik modülü, akma sınırı ve çekme dayanımını ise düşürür (Şekil 1.19 ve 1.20).

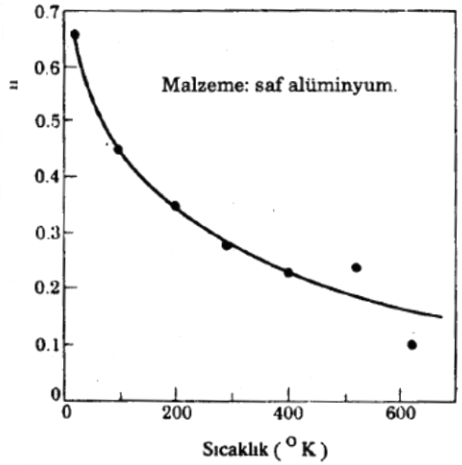


Şekil 1.19 Sıcaklığın mühendislik çekme diyagramına etkisi.



Şekil 1.20. Sıcaklığın elastiklik modülüne etkisi.

Pekleşme üsteli de sıcaklıktan etkilenen bir malzeme özelliğidir. Sıcaklığın yükselmesi pekleşme üstelinin düşmesine yol açar (Şekil 1.21).



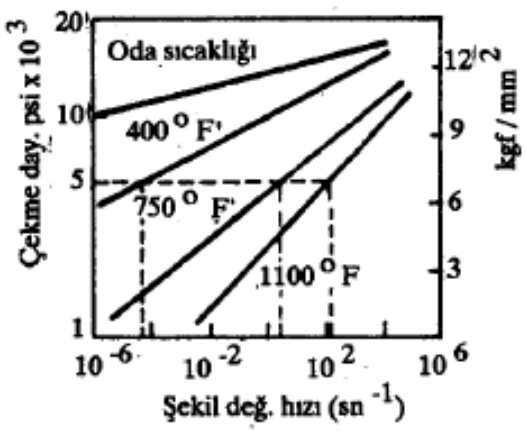
Şekil Değiştirme Hızı ve Malzeme Özelliklerine Etkileri

Tarif olarak şekil değiştirme hızı $\dot{e} = de/dt$ ve $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt$ şeklinde ifade edilir. Birim şekil değiştirme $e = (l - l_0)/l_0$ ve gerçek şekil değiştirme $\varepsilon = \ln (l/l_0)$ olduğuna göre, mühendislik (birim) şekil değiştirme hızı

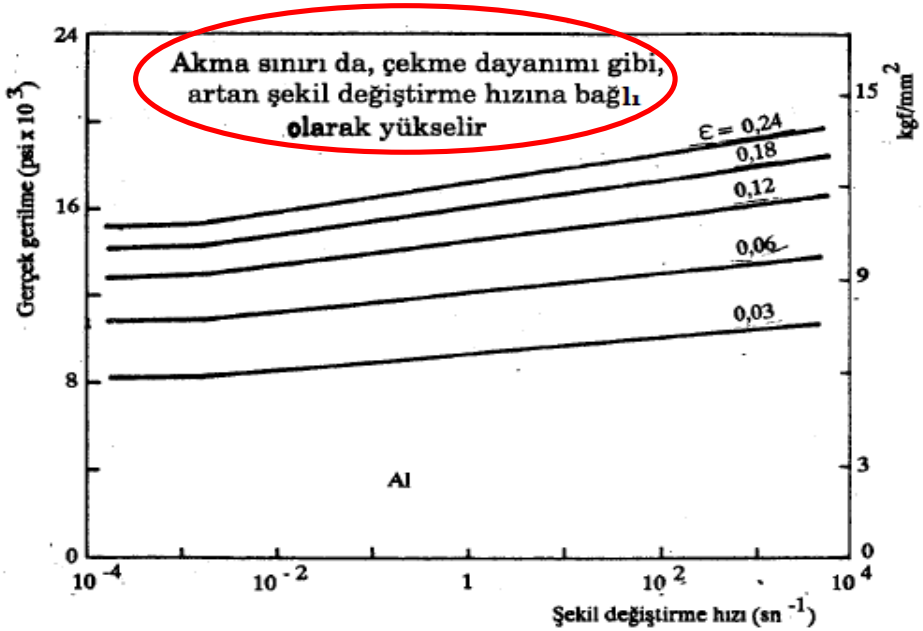
$$\dot{e} = \frac{d\,(l - l_0)/l_0}{dt} = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{dl}{dt} = \frac{v}{l_0} \qquad (1.18)$$

ve gerçek şekil değiştirme hızı

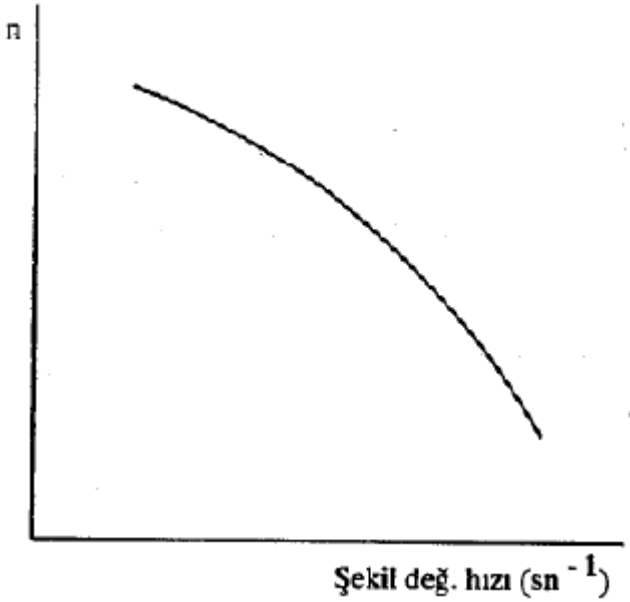
$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\,(\ln \frac{l}{l_0})}{dt} = \frac{1}{l} \cdot \frac{dl}{dt} = \frac{v}{l} \qquad (1.19)$$



Şekil 1.22 Saf alüminyumda, şekil değiştirme hızının çekme dayanımına etkisi (G. V. Smith, Properties of Metals at Elevated Temperatures, McGraw Hill Book Co., New York, 1950, p. 88).



Şekil değiştirme hızının akma sınırına etkisi (U.S. Lindholm, Behavior of Materials Under Dynamic Loading, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1965, p. 51).



Şekil değiştirme hızının mukavemete etkisi, sabit sıcaklık ve birim şekil değiştirme miktarı için, genel olarak

$$\sigma = C\dot{\varepsilon}^{m} \tag{1.20}$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada C, K mukavemet katsayısına benzer şekilde bir malzeme sabiti, m ise şekil değiştirme hızı duyarlılığı üstelidir. Sıcaklığın yükselmesi m değerinin de artmasına yol açar. Soğuk şekil vermede $m < 0{,}05$, sıcak şekil vermede $m = 0{,}05 \ldots 0{,}4$, süperplastik malzemeler için $m = 0{,}3 \ldots 0{,}85$.

Süperplastisite

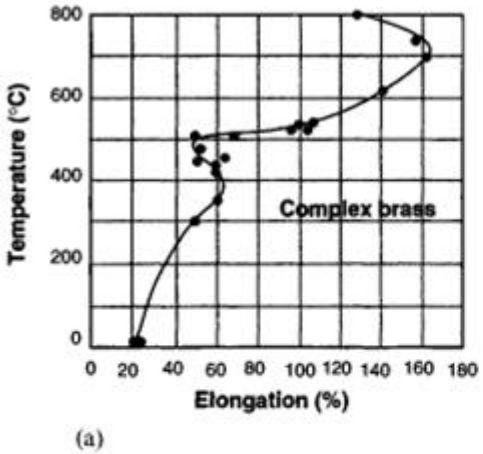
"polikristalin malzemenin hasara uğramadan önce izotropik olarak çok yüksek çekme uzaması gösterebilme yeteneğine süperplastiklik denir.

$$\sigma = C\dot{\varepsilon}^{m}$$

Table 1.2 Achievements in superplasticity

Property	Level of achievement	Material or contributor
Maximum superplastic elongation in a metal	8000%	Commercial bronze [6]
Maximum superplastic elongation in an intermetallic	>800%	Ti_3Al (super α–2)
Maximum superplastic elongation in a metallic composite	1400%	SiC_w/Al 6061 (thermal cycling) [7]
Maximum superplastic elongation in a ceramic	1038%	YTZP [8]
Maximum superplastic elongation in a ceramic composite	625%	YTZP/Al_2O_3 [9]
Maximum superplastic elongation at a very high strain rate	1250% at 50 s^{-1}	Mechanically alloyed aluminum IN 9021 [10
Highest strain rate sensitivity	$m=2$	α' sialon, β'' sialon, two-phase sialons [11]
Finest grain size in a consolidated material	30–40 nm	Al_2O_3/SiO_2 (9:1) and ZrO_2 (Y_2O_3-stabilized)
Structural components manufactured per year	265 000	Superform, Ltd.
Longest continuous research career on superplasticity	over 33 years	Professor Presnyakov, Russia [12]
Largest (and only) institute for superplasticity	400–person level	Ufa, Russia

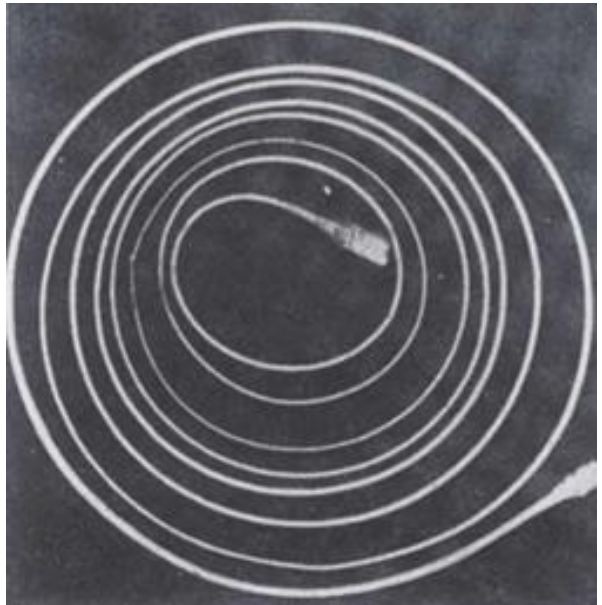
Süperplastisite



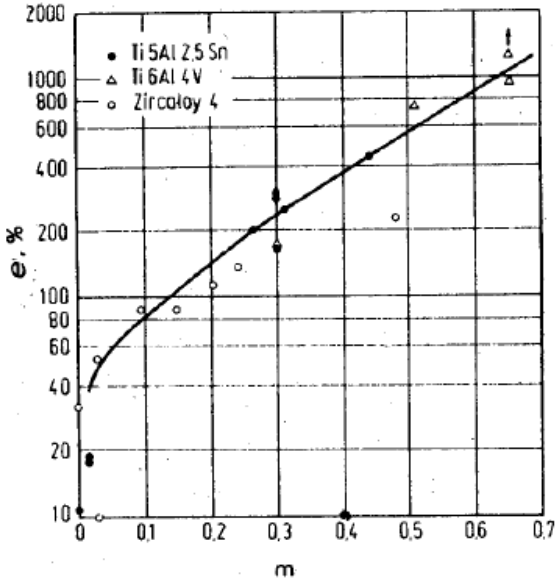
İlk fotoğraf;
%300 -400 uzama, Cd-Zn ve Pb-Sn ötektikleri (1928,Jenkins)

Kayıtlara geçen ilk yayın;
Cu-40% Zn, 700 ºC , %163 uzama (1912 , Bengough)

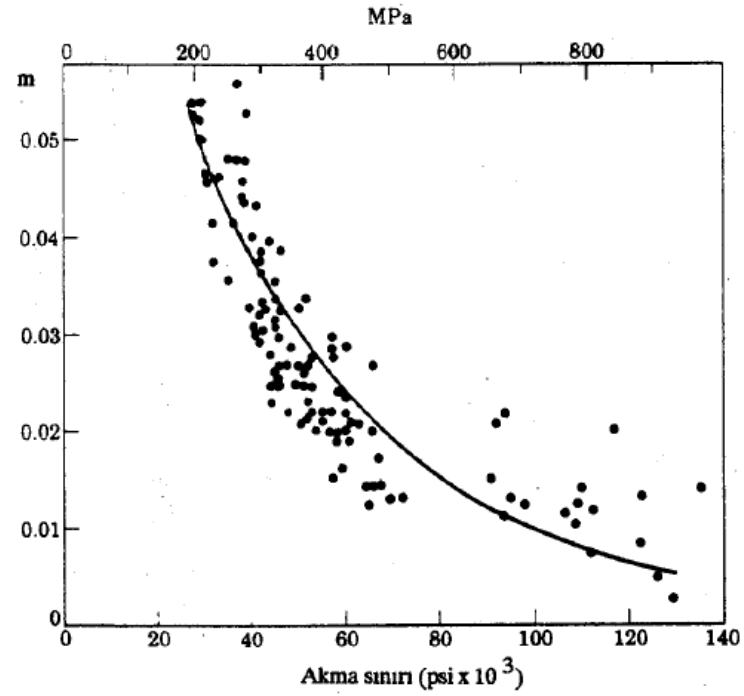
Bi-Sn alaşımını yaklaşık 2000% oranında deformasyon(1934, Pearson)



Şekil Değiştirme Hızı ve Malzeme Özelliklerine Etkileri

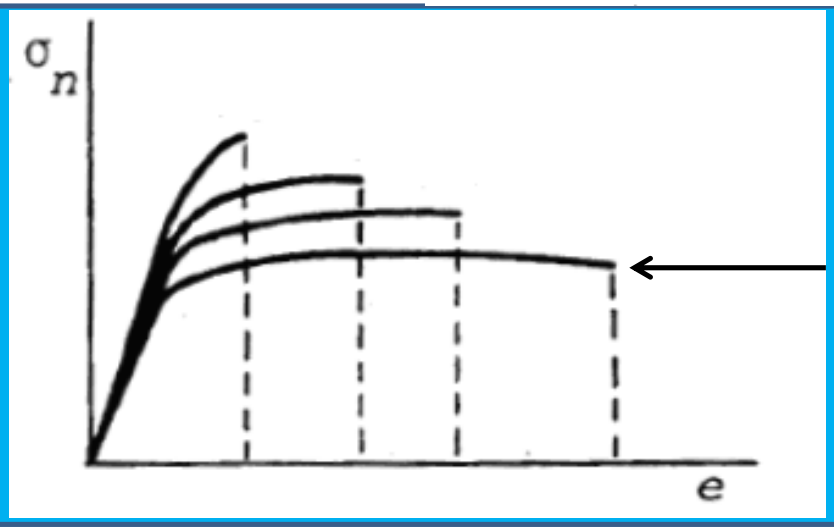


Çekme deneyinde, m değerinin % kopma uzamasına etkisi. Sıcaklık aralığı 20-1000°C (D. Lee – W. A. Backofen, Trans. AIME, vol. 239, 1967, pp. 1034-1040).



Sıcak ve soğuk haddelenmiş az karbonlu çeliklerde, m değerinin çekmedeki akma sınırı ile değişimi. Oda sıcaklığı. (A. Saxena – D.A. Chatfield, SAE paper 760209, 1976).

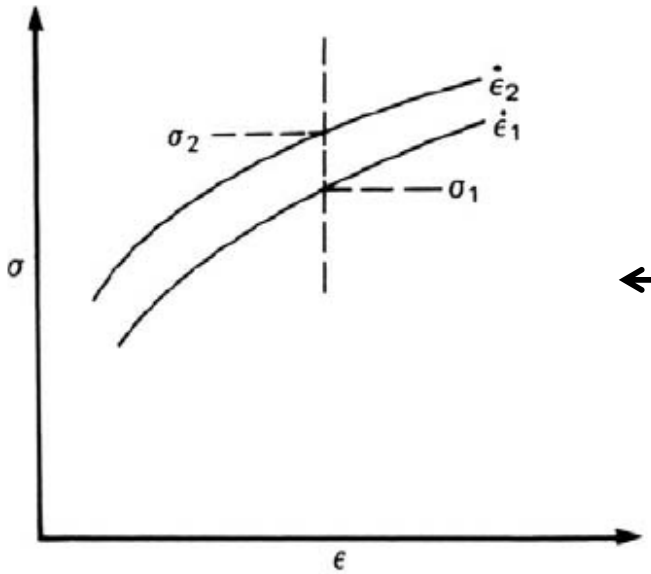
Büzülme bölgesinde pekleşmeden dolayı mukavemet ve deformasyon hızı diğer kısma göre daha yüksektir.



Örnek; hangisinde m değeri daha büyük olur?

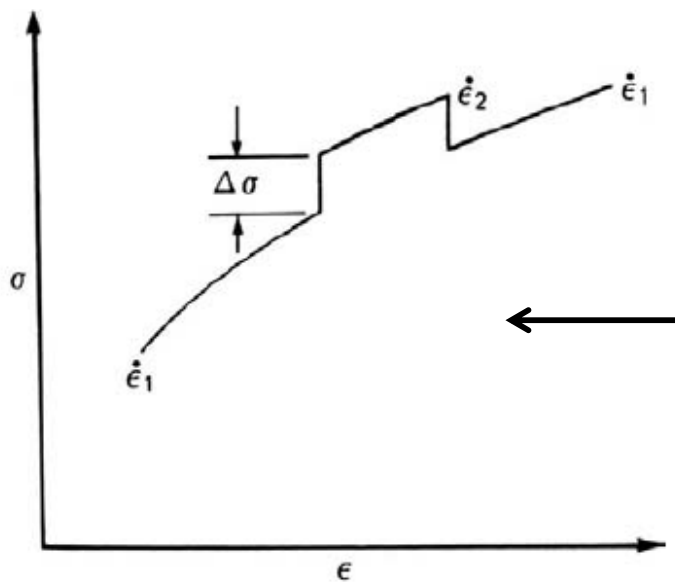
m değerinin bulunması

$$\sigma = C\dot{\varepsilon}^m$$



(a)

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{\dot{\varepsilon}_2}{\dot{\varepsilon}_1}\right)^m$$

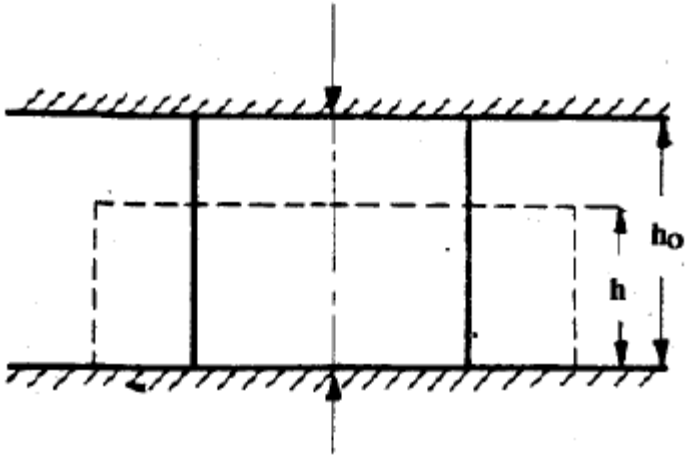


(b)

Figure 5.2. Two methods of determining m. (a) Two continuous stress-strain curves at different strain rates are compared at the same strain and $m = \ln(\sigma_2/\sigma_1)/\ln(\dot{\varepsilon}_2/\dot{\varepsilon}_1)$. (b) Abrupt strain-rate changes are made during a tension test and $m = (\Delta\sigma/\sigma)/\ln(\dot{\varepsilon}_2/\dot{\varepsilon}_1)$.

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} \cong m \ln\frac{\dot{\varepsilon}_2}{\dot{\varepsilon}_1} = 2.3\, m \log\frac{\dot{\varepsilon}_2}{\dot{\varepsilon}_1}$$

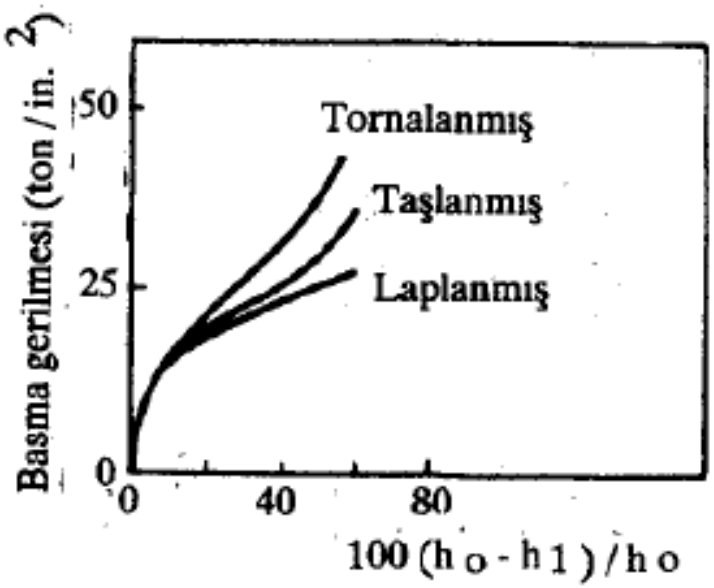
1.9 Basma Deneyi



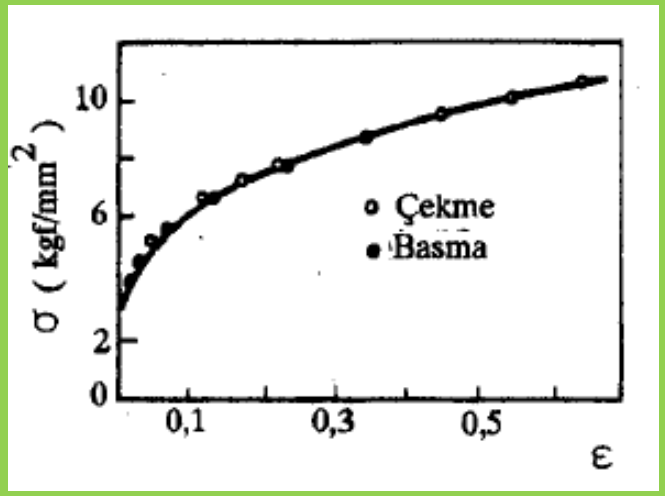
Şekil 1.30 İdeal basma deneyi.

Şekil 1.31. Basmada, deney parçasının fıçı şeklinde şişmesi.

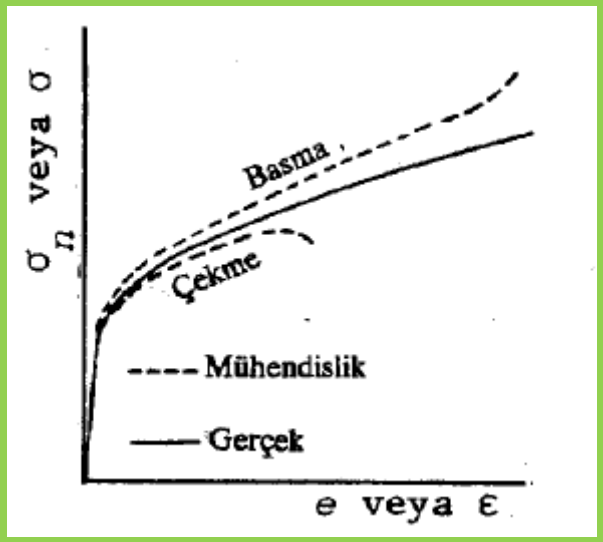
Basma sırasında, deney parçasının fıçılaşan yan yüzeylerinde çatlaklar oluşur. Bu olay, metalin sünekliğinin tayininde kullanılır.



Sünek Malzeme



Gevrek Malzeme



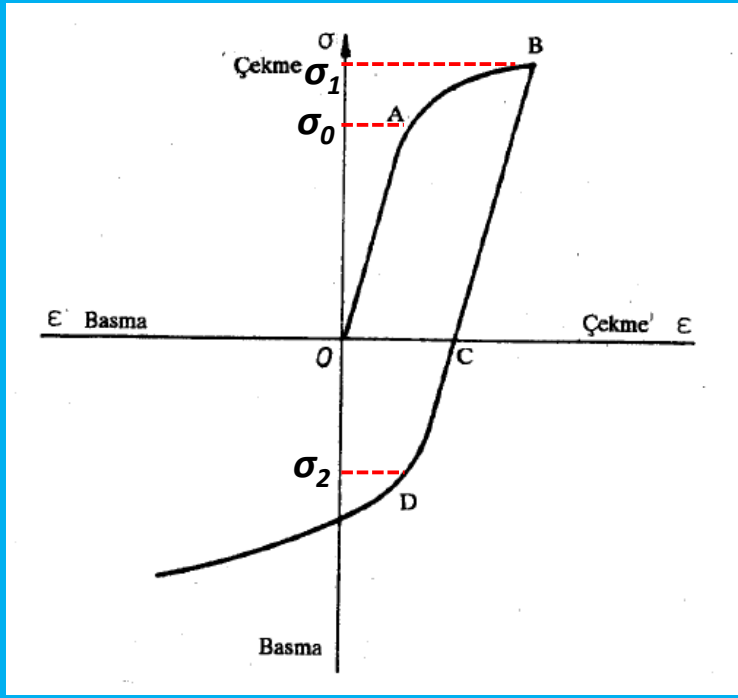
Bauschinger Etkisi

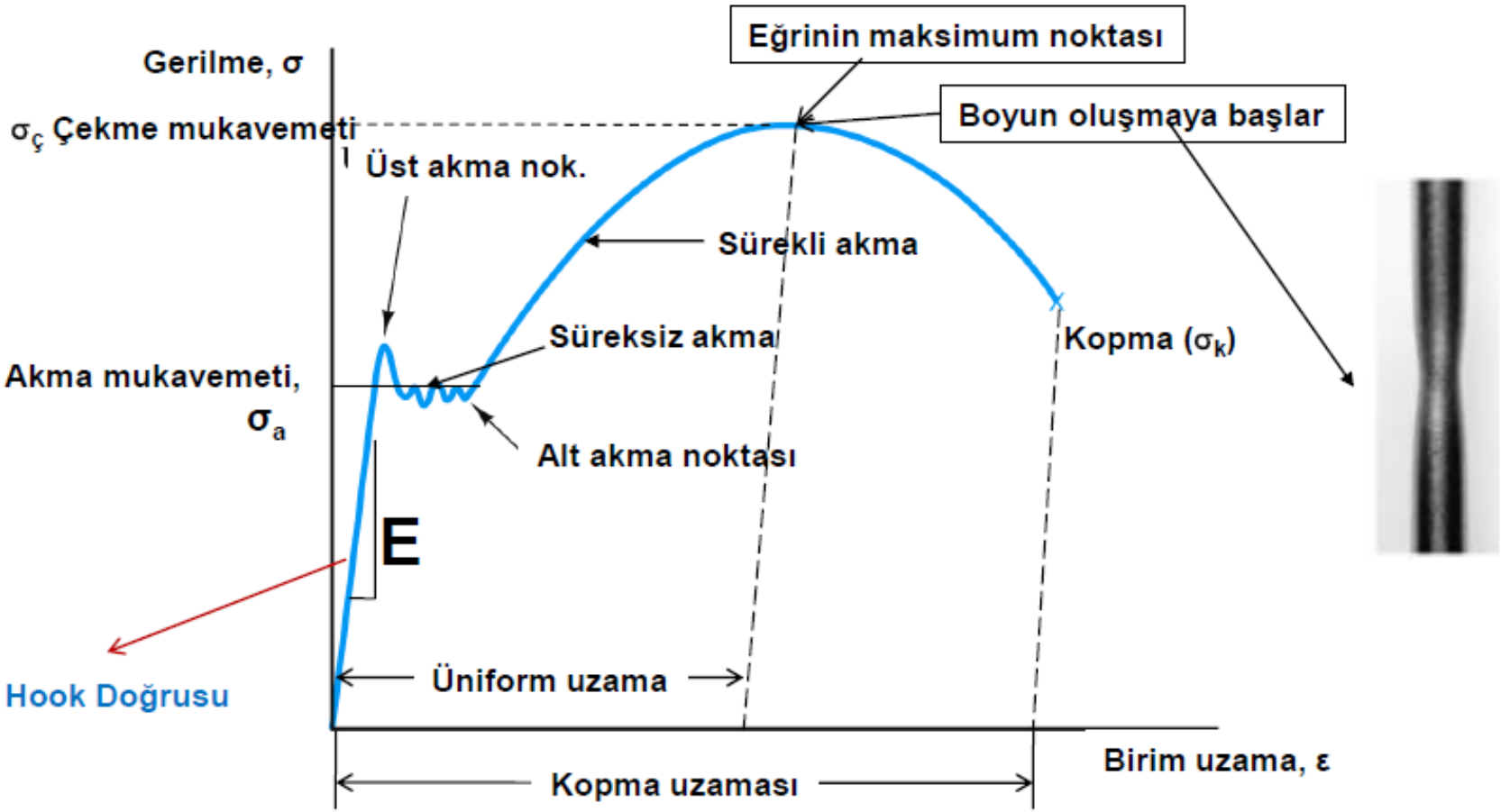
$$\sigma_1 > \sigma_2$$

σ_1 ve σ_2, σ_0 dan her zaman büyüktür.

Bu işlem tersinirdir.
Isıl işlem ile giderilebilir.

Bu etki gerilmenin sürekli yön değiştirdiği plastik şekil değişimlerinde oldukça önemlidir.





Düşük karbonlu çelik için gerilme-birim uzama eğrisi

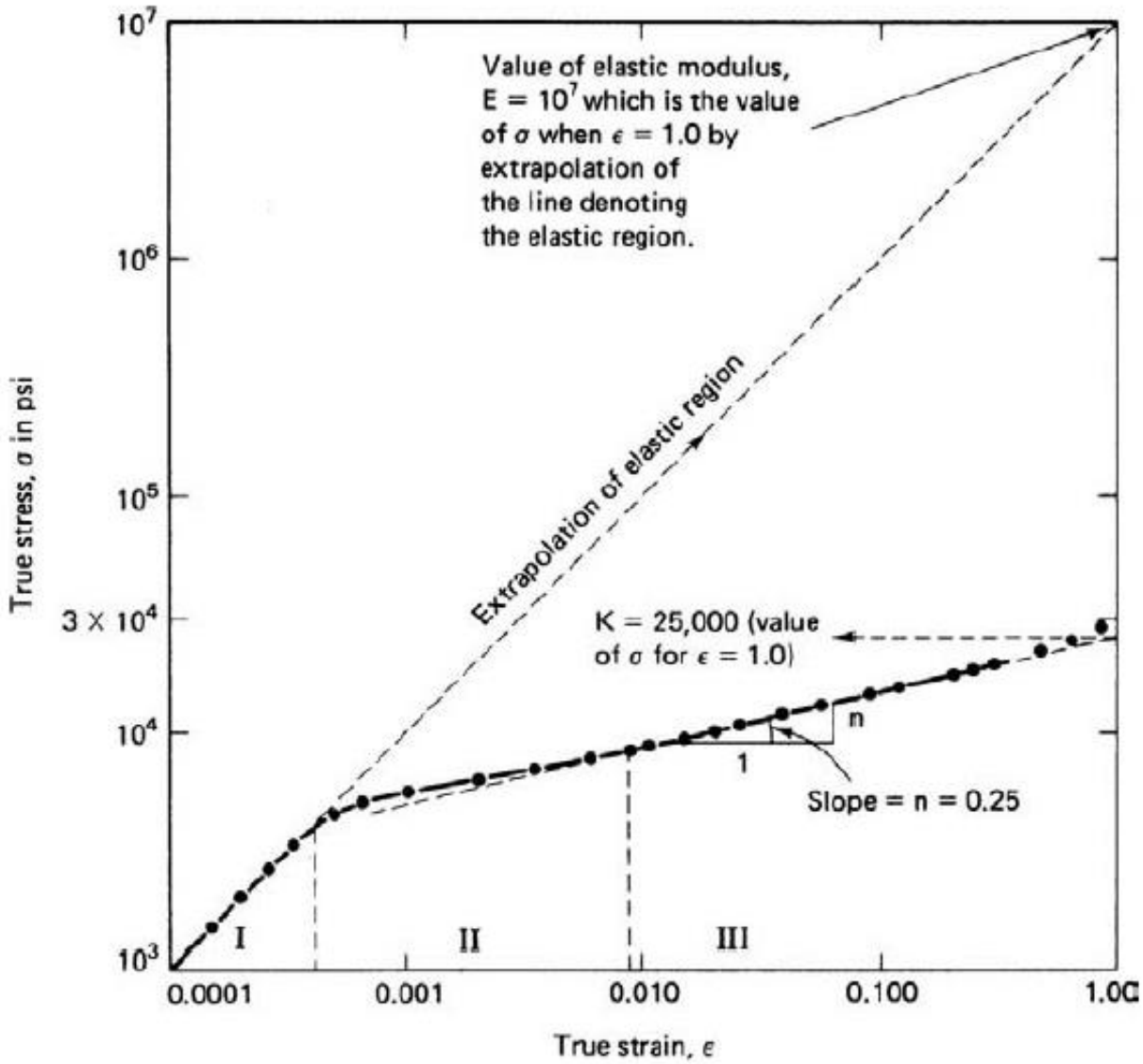


Figure 3.5. True stress-strain curve of aluminum 1100-O plotted on logarithmic coordinates.