

METAL ESASLI MALZEMELERİN MEKANİK TESTLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

BASMA DENEYİ

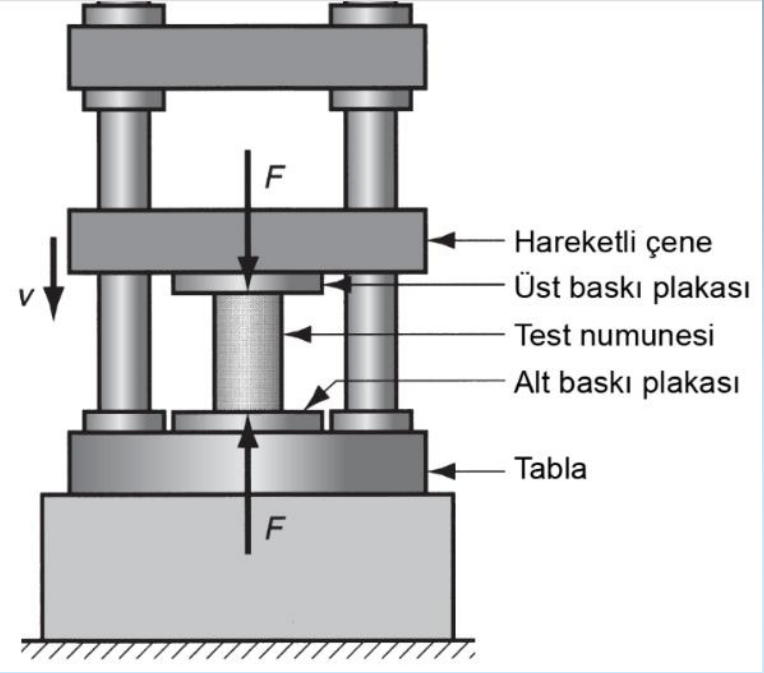
E 9 – 89a An American National Standard

**Standard Test Methods of
Compression Testing of Metallic Materials at Room
Temperature¹**

BASMA DENEYİ

Basma deneyi, çekme deneyinin yapıldığı test cihazlarında basma kuvveti uygulamak sureti ile yapılır.

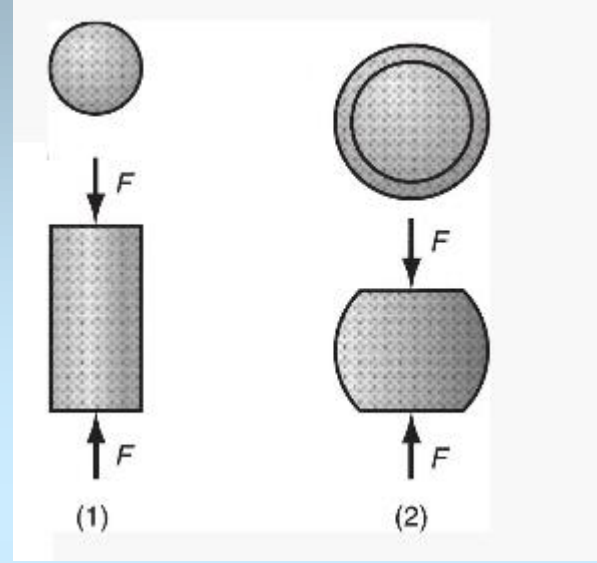
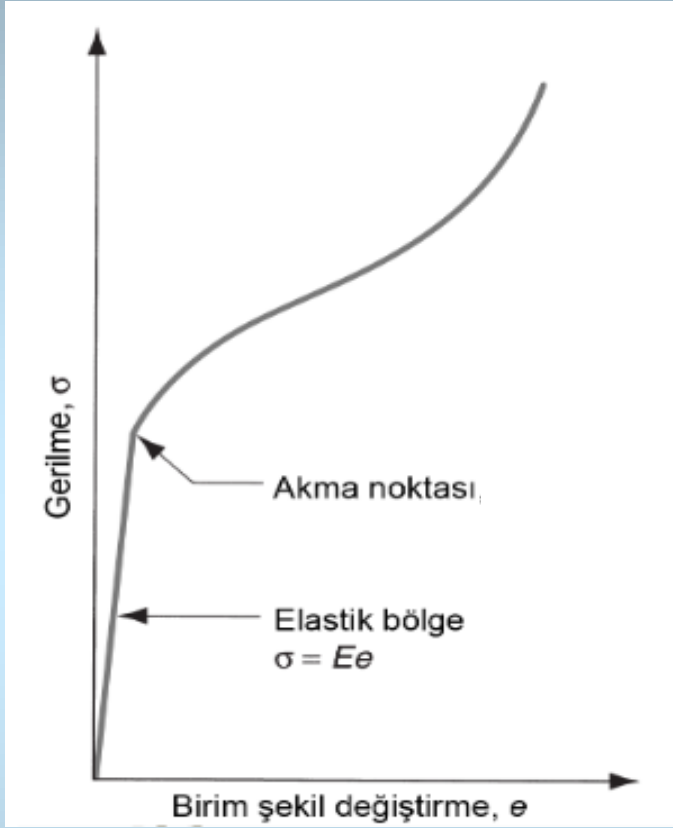
Basma kuvvetinin etkin olduğu uygulamalarda kullanılan gevrek malzemelerin, mukavemet değerleri basma testi ile belirlenir.



Basma deneyi işlem itibariyle çekme deneyinin tamamen tersidir.

Basma gerilmesine maruz kalan malzemelerin temel mekanik özellikler genellikle basma deneyi ile belirlenir.

Örnek olarak, gri dökme demir, yatak alaşımları gibi metalik malzemeler ve tuğla ve beton gibi metal dışı malzemelerin basma mukavemetleri çekme mukavemetlerine göre çok daha yüksek olduğu için basma kuvvetinin uygulandığı yerlerde kullanılırlar.



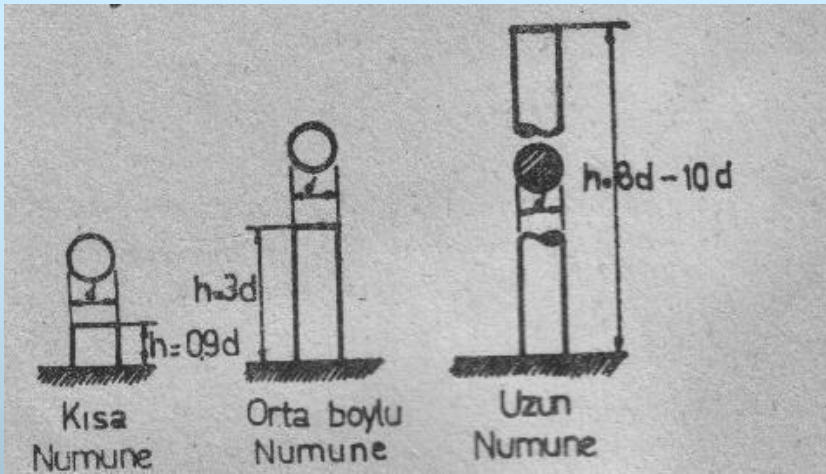
Basma deneyi sırasında numunenin kesit alanı sürekli olarak büyüdüğü için boyun oluşumu yoktur.

Homojen bir metalsel malzemenin gerçek gerilme-birim şekil değişimi için çekme ve basma durumları aynıdır.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad e = \frac{h - h_0}{h_0}$$

BASMA NUMUNELERİ

Basma deneyinde, homojen bir gerilme dağılımı elde etmek için genellikle silindirik numuneler kullanılır. Ancak, özel durumlarda kare ve dikdörtgen kesitli numuneler de kullanılır. Basma numunelerinde önemli bir parametre, numunenin boy/çap oranıdır. Bu oranın çok büyük olması durumunda bükülme problemi ortaya çıkar. Metalik malzemelerde bu oran genellikle 2 olarak alınır. Ancak, daha küçük ve büyük oranlarda kullanılabilir. Kısa numuneler yatak alaşımları için, orta boydaki numuneler diğer bütün metalik malzemeler için, uzun numuneler de elastisite modülü tayininde kullanılır.



Standart basma

Note 1—Metric units represent converted specimen dimensions close to, but not the exact conversion from inch-pound units.

Specimens	Diameter		Length		Approx L/D Ratio
	In.	mm	In.	mm	
Short	1.12 ± 0.01	30.0 ± 0.2	1.00 ± 0.05	$25. \pm 1.$	0.8
	0.50 ± 0.01	13.0 ± 0.2	1.00 ± 0.05	$25. \pm 1.$	2.0
Medium	0.50 ± 0.01	13.0 ± 0.2	1.50 ± 0.05	$38. \pm 1.$	3.0
	0.80 ± 0.01	20.0 ± 0.2	2.38 ± 0.12	$60. \pm 3.$	3.0
	1.00 ± 0.01	25.0 ± 0.2	3.00 ± 0.12	$75. \pm 3.$	3.0
	1.12 ± 0.01	30.0 ± 0.2	3.38 ± 0.12	$85. \pm 3.$	3.0
Long	0.80 ± 0.01	20.0 ± 0.2	6.38 ± 0.12	$160. \pm 3.$	8.0
	1.25 ± 0.01	32.0 ± 0.2	12.50 min	320 min	10.0

⁴ Other length-to-diameter ratios may be used when the test is for compressive yield strength.

BASMA DİYAGRAMI

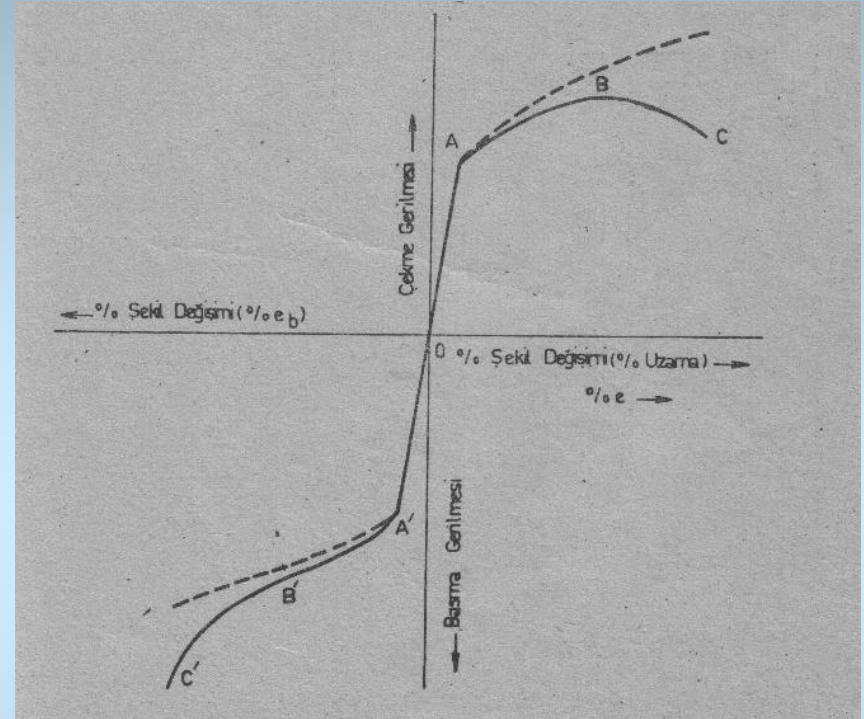
Metalik malzemelerin basma ve çekme diyagramlarının şekli genel olarak birbirine benzer.

Basma deneyinde de önce bir elastik bölge (OA') görülür. (A') noktası elastik sınır olarak tanımlanır ve bu noktadan sonra plastik deformasyon başlar.

Bu bölge, çekme deneyinde elde edilen bölge ile tamamen aynıdır. Plastik deformasyon bölgesinin ilk kısmı (A'B') çekme diyagramının plastik deformasyon eğrisinin ilk kısmına benzer bir eğimle devam eder, fakat daha sonra basma eğrisinin eğimi artar.

Bunun nedeni, deney sırasında numunenin kesit alanının sürekli artmasıdır. Deneyin sonuna doğru, kesit çok arttığına gerilme de ani olarak yükselir.

Öte yandan, numunenin gerçek kesit alanına bağlı olarak hesaplanan gerçek gerilme değeri ise mühendislik gerilme değerinden daha düşüktür. Basma ve çekme deneylerinden elde edilen gerçek gerilme-gerçek birim uzama diyagramları aynıdır



Çekme ve basma gerilme-birim şekil değiştirme diyagramı

BASMA GERİLMESİ VE BASMA ŞEKİL DEĞİŞİMİ

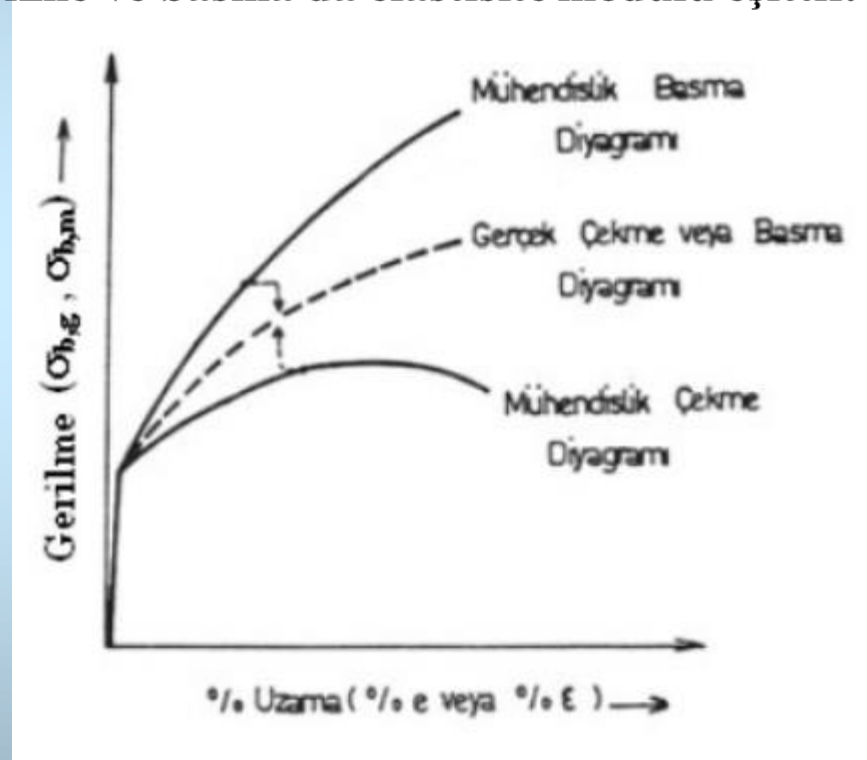
Basma deneyi ile elde edilen şekil değişimi ve dayanım büyüklüklerinin tanımları genellikle çekme deneyindekilere benzer. Basma deneyinde de basma yükünün orijinal kesit alanına bölünmesiyle mühendislik basma gerilmesi hesaplanır. Burada da akmaya neden olan yükün numunenin deney öncesi orijinal kesit alanına bölünmesiyle akma gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_{m,a} = F_a/A_0$$

Basma deneyi sırasında gerçek kesitin (A_i) giderek büyüdüğü dikkate alınır, gerçek basma gerilmesi ($\sigma_{b,g}$), çekme deneyine benzer şekilde; $\sigma_{b,g} = F_i/A_i$ yardımıyla bulunur.

Metalik malzemelerin gerçek çekme ve basma diyagramları birbirinin aynısıdır. Ancak, mühendislik çekme ve basma diyagramları, plastik bölgede birbirinden farklıdır. Bu bölgede mühendislik basma gerilme değerleri mühendislik çekme gerilmesi değerlerinden daha fazladır.

Elastik bölge içerisinde ise çekme ve basma değerleri eşit olduğundan, **bir malzemenin çekme ve basma da elastisite modülü eşittir.**



Metalik malzemelerde mühendislik ve gerçek çekme ve basma diyagramlarının karşılaştırılması

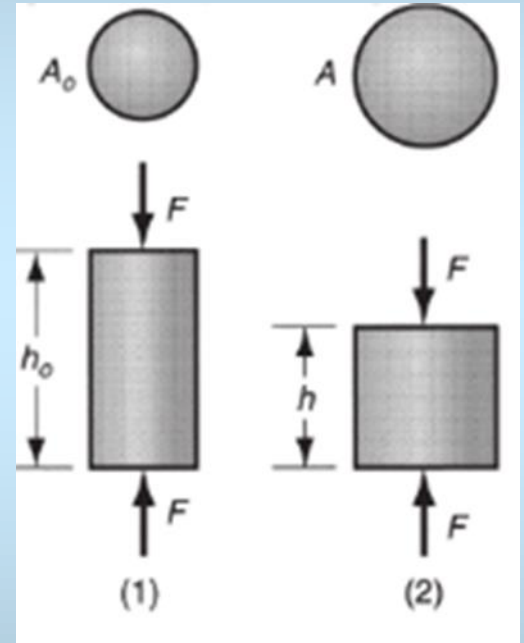
Basma deneyinde, mühendislik ve gerçek şekil değişimi oranları çekme deneyine benzer şekilde hesaplanır. Basma deneyinde **mühendislik şekil değişimi** (e_b), numunenin yüksekliğindeki azalma miktarının orijinal yüksekliğe oranının yüzde olarak ifadesidir.

$$\begin{aligned}\% \text{ basma şekil değişimi } (\% e_b) &= \frac{h-h_0}{h_0} \times 100 \\ &= (h/h_0 - 1) \times 100\end{aligned}$$

Burada;

h_0 =Numunenin deney öncesi (orijinal) yüksekliği

h =Numunenin deney sonrası yüksekliği



Basma deneyinde gerçek şekil değiştirme (ϵ_b) oranı da çekme deneyinde olduğu gibi hesaplanır.

$$\epsilon_b = \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{h} = \ln \frac{h_1}{h_0} = -\ln \frac{h_0}{h_1} \quad h_0 > h_1$$

Basmada gerçek şekil değiştirme oranı da negatif değerdedir.

Gerçek ve mühendislik basma gerilmesi değerleri arasında da çekme deneyinde olduğu gibi aşağıdaki bağıntı geçerlidir.

$$\sigma_{b,g} = \sigma_{b,m} (1 + e_b)$$

Yukarıdaki bağıntıda basma mühendislik birim şekil değiştirmenin negatif değerinde olduğu unutulmamalıdır.

Basmada gerçek şekil değişimi oranı ile mühendislik şekil değiştirme oranı arasındaki bağıntı ise aşağıdaki gibidir.

$$\epsilon_b = \ln(1 + e_b)$$

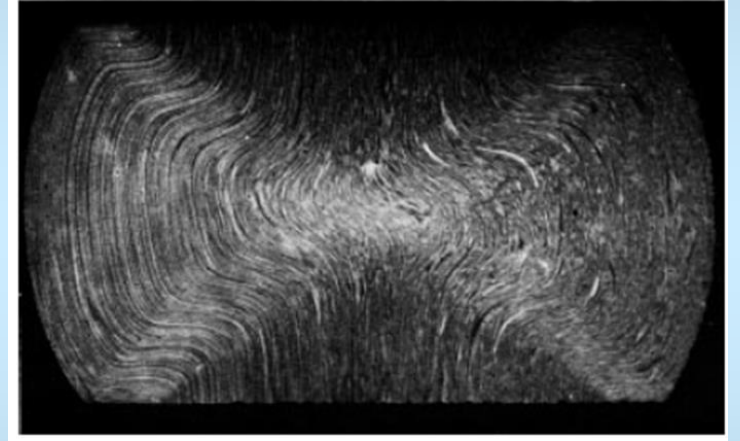
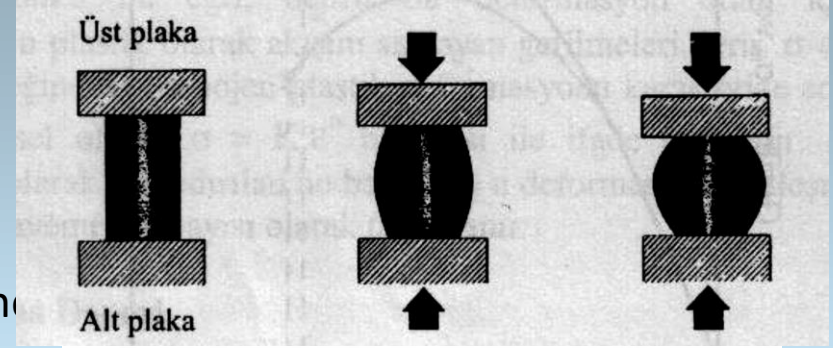
Basma deneyi ile malzemelerin süneklığı veya deformasyon kabiliyeti %şekil değiştirme oranı ile belirlenir.

Basmada malzemenin süneklığı, genel olarak numune yüzeyinde ilk görülebilir çatlağın teşekkül ettiği deformasyon miktarı olarak tayin edilir.

Bunu yaparken karşılaşılan en büyük zorluk, numune ile plakalar arasındaki sürtünmeden kaynaklanan şişme veya fıçı oluşumudur.

Bu durumda homojen olmayan deformasyon meydana gelir ve elde edilen deęerlerin güvenilirlięi azalır.

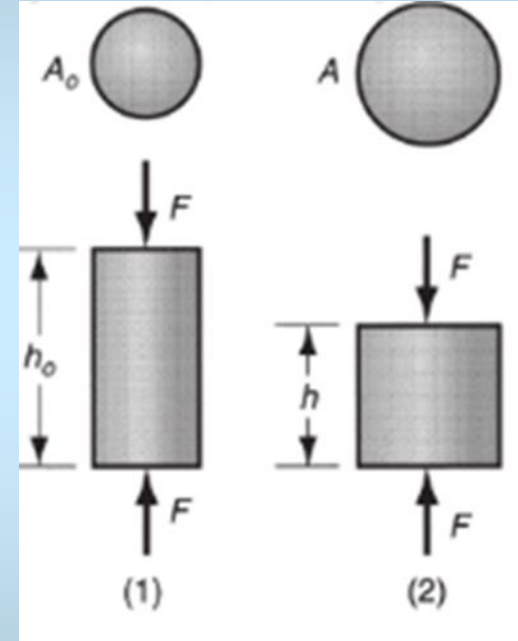
Bunu önlemek için uygulanan yöntem ara yüzeyin yağlanması ve bu sayede sürtünme etkisinin minimuma indirilmesidir.



AISI 4340 çeliği (HRC = 40) silindirik numunesinin basma testi sonucu % 57 şekil değişimi uygulanmış hali. Test numunesinin kesitinin parlatılıp dağlandıktan sonra makro fotoğrafı.

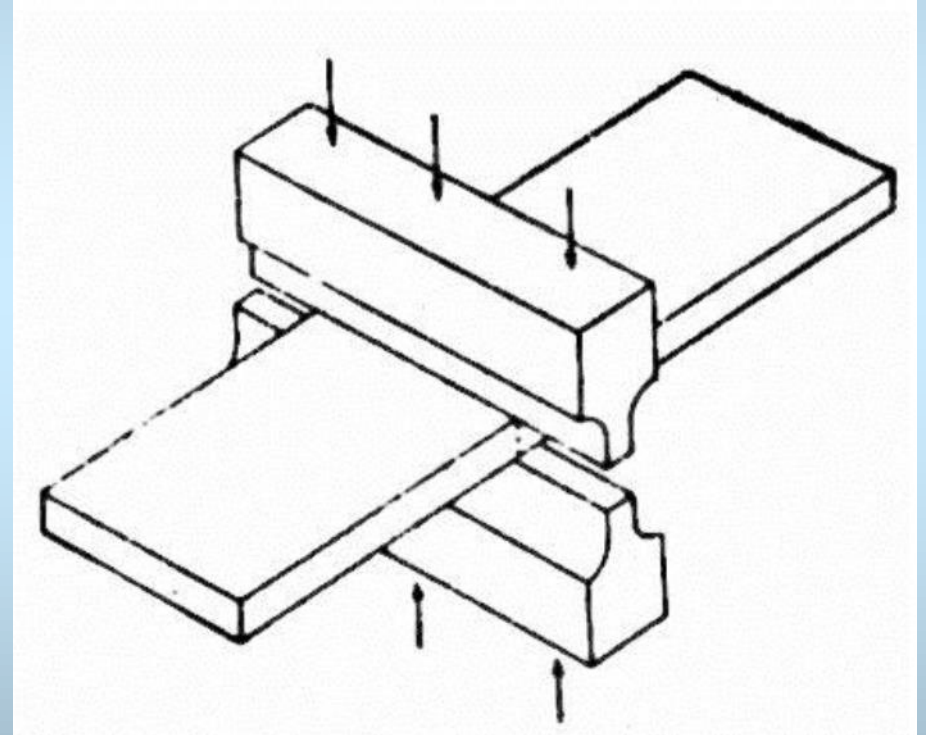
Çekme deneyinde hesaplanan % kesit daralması yerine, basma deneyinde % kesit değişimi hesaplanır.

$$\begin{aligned}\% \text{ kesit değişimi} &= \Delta A/A_0 \times 100 \\ &= A-A_0/A_0 \times 100\end{aligned}$$



DÜZLEM ŞEKİL DEĞİŞİMLİ BASMA DENEYİ

Kalınlığı çok az olan metalik malzemelerden silindir şeklinde basma numunesi hazırlanamaz. Bu nedenle ince levha ve sacların basma deneyleri, düzlem şekil değişimli basma deneyi ile yapılır.



Bu deneyde, örneğin sacdan kesilmiş bir şerit, genişliği boyunca iki basma plakası arasında basılır. Basma plakalarının basma yüzeylerinin genişliği dar olup, boyu ise basılan şerit şeklindeki malzemenin genişliğinden daha fazladır.

Düzlem şekil değişimli basma deneyinde, uygulanan yükün basma yüzeyine bölünmesiyle hesaplanan basma gerilmeleri, basma yüzeyinin alanı sabit olduğundan gerçek basma gerilmeleri olup,

$$\sigma_{db,g} = \frac{P}{w \cdot b}$$

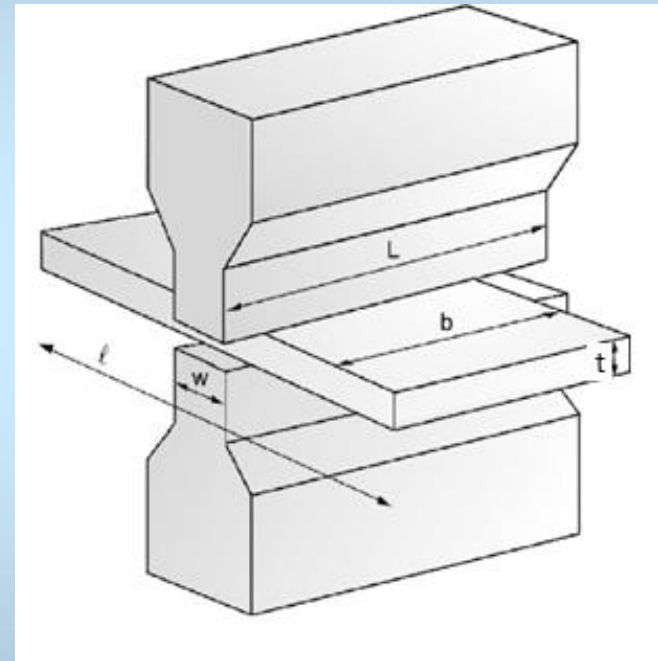
eşitliğiyle hesaplanır. Burada,

$\sigma_{db,g}$: Düzlem şekil değişimli basma deneyinde gerçek gerilme,

P : Uygulanan yük,

w : Basılan malzemenin genişliği,

b : Basma plakalarının genişliği olarak tanımlanmıştır.



Düzlem şekil değişimli basma deneyinde deney numunesinin deformasyonu

- Yukarıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanan basma gerilmeleri, t , malzemenin deformasyon sonrası kalınlığı, b , basma plakalarının genişliği olmak üzere, ancak (t/b) oranı $\frac{1}{4}$ ile $\frac{1}{2}$ arasında olduğu durumlarda doğru değerlerdedir. Düzlem şekil değişimli basma deneyinde, (t/b) oranını $\frac{1}{4}$ ile $\frac{1}{2}$ arasında tutmak amacıyla basma plakaları değiştirilerek maksimum % 90 oranında deformasyon sağlanabilir. Düzlem şekil değişimini sağlamak için aynı zamanda $(w/b) > 5$ olmalıdır.
- Düzlem şekil değişimli basma deneyinde % şekil değişimi, kalınlık değişiminden hesaplanır. Mühendislik düzlem basma % şekil değişimi,

$$\%e_{db} = \frac{t_1 - t_0}{t_0} \cdot 100 = \left(\frac{t_1}{t_0} - 1 \right) \cdot 100$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada;

- t_1 : Malzemenin deney sonrası kalınlığı,
- t_0 : Malzemenin orijinal kalınlığıdır.

Gerçek şekil değişimi oranı (ϵ_{db}) ise,

$$\epsilon_{db} = \ln \frac{t_1}{t_0} = -\ln \frac{t_0}{t_1}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

Normal basma deneyinden elde edilen gerçek basma eğrisi, düzlem şekil değişimli basma deneyinden aşağıdaki eşitlikler yardımıyla elde edilebilir:

$$\sigma_{b,g} = \frac{\sigma_{db,g}}{2} = \frac{\sigma_{db,g}}{\sqrt{3}}$$
$$\epsilon_{b,g} = \frac{2}{\sqrt{3}} \epsilon_{db} = 1.155 \epsilon_{db}$$

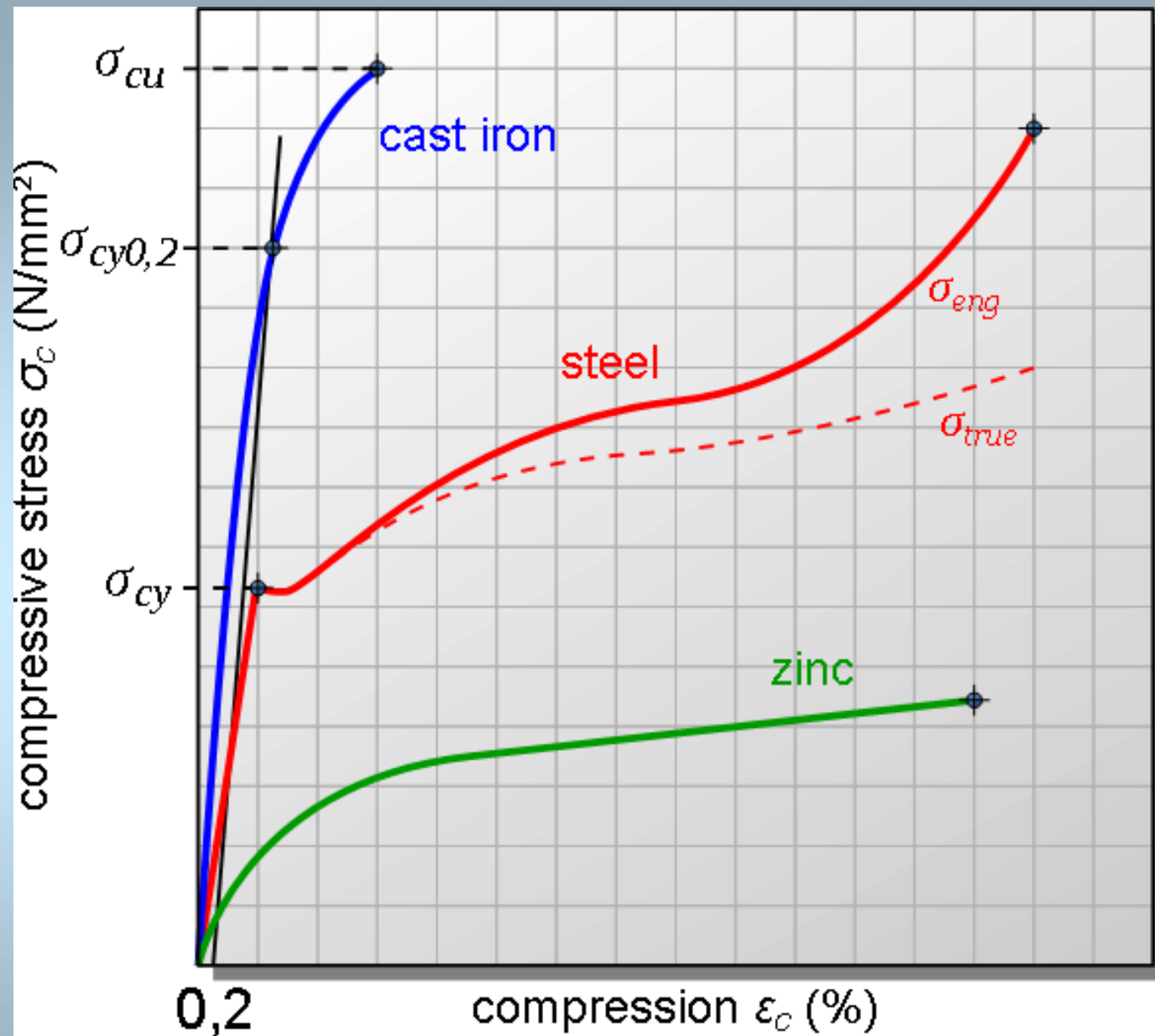
Burada;

$\sigma_{b,g}$: Basma deneyindeki gerçek gerilme,

σ_{db} : Düzlem şekil değişimli basma deneyindeki gerçek gerilme,

$\epsilon_{b,g}$: Basmada gerçek şekil değiştirme oranı,

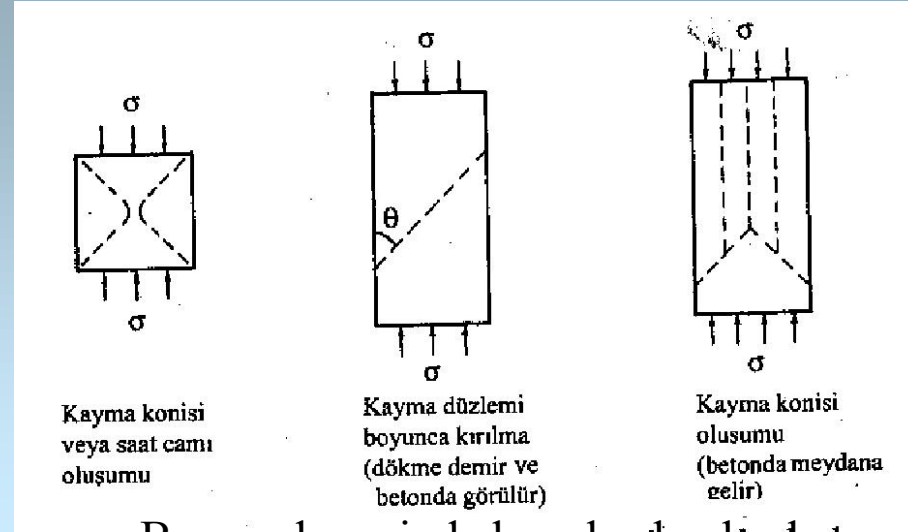
ϵ_{db} : düzlem şekil değişimli basmadaki gerçek şekil değiştirme oranı olarak tanımlanmıştır.



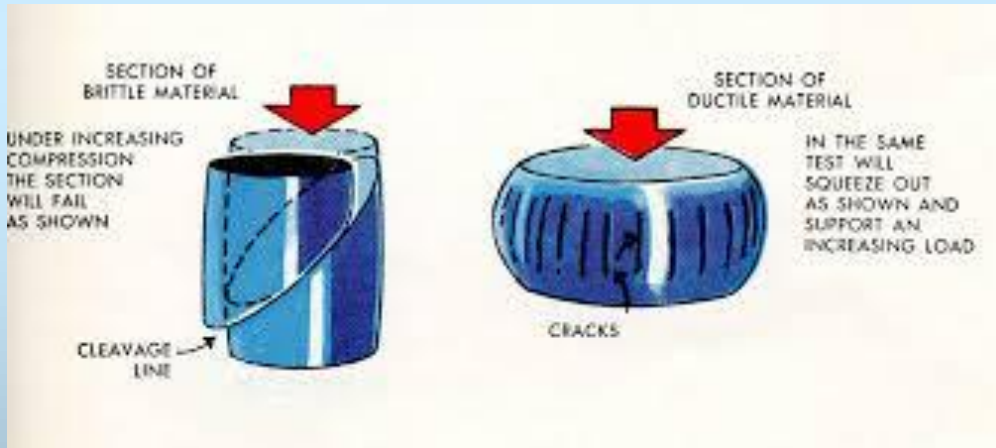
Farklı metallerin basma eğrileri

KIRILMA ŞEKİLLERİ

Sünek malzemeler basma deneyi sırasında kırılmadan deforme olur ve şişme göstererek yığılırlar. Gevrek malzemelerde kırılma, genellikle kayma ile numunenin iki parçaya ayrılması şeklinde olur. Pirinç gibi yarı sünek malzemelerde ise koni şeklinde kırılma meydana gelir.



Basma deneyinde karşılaşılan başlıca kırılma tipleri



ARAŞTIRMA ÖDEVİ

- 1) Sürtünme kuvvetlerinin basma deneyinden elde edilen gerilme-birim şekil değiştirme eğrisini nasıl etkilediğini araştırınız.
- 2) Basma deneyi ile ilgili standartları araştırınız.

memmt2020odev@gmail.com

KAYNAKÇA

- 1) Chandler, H; Hardness Testing, Second Edition, ASM International, United States of America, 1999.
- 2)Pürçek, G.; Mekanik Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler (Ders Notu), 2014
- 3) Kayalı, E.S.; Ensari, C. ve Dikeç, F.; Metalik malzemelerin mekanik deneyleri, İ.T.Ü. Kimya Metalürji Fa. Ofset Atölyesi, İstanbul, 1990.
- 5) Güleç, Ş. ve Aran, A.; Malzeme bilgisi, Cilt 1, TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Gebze, 1988.