

METAL ESASLI MALZEMELERİN MEKANİK TESTLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

EĞME VE KATLAMA DENEYLERİ

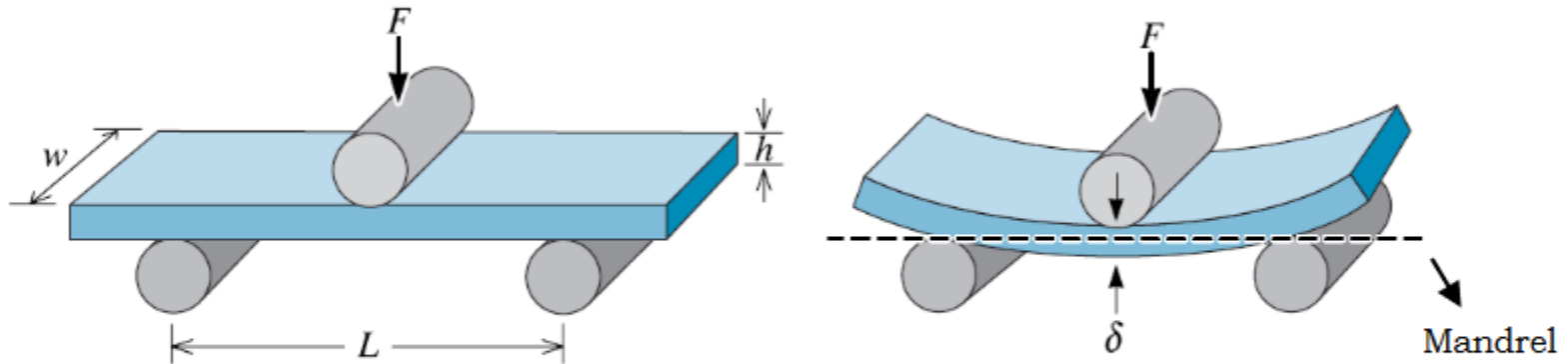
Eğme ve katlama deneyleri deneyin yapılışı açısından birbirlerinin benzeri olup, deneyin amacı açısından farklılık gösterirler. Türk Standartlarındaki (T.S. 205) tanımlamalara bakılacak olursa;

— *Eğme* : İki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının, yön değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişmesidir.

— *Katlama ise*, eğmenin özel bir durumu olup daire veya dikdörtgen kesitli deney parçasının iki kolunun birbirine paralel duruma getirilmesi (180° eğme) işlemidir.

Metalik malzemelerin katlama deneyi, malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında genellikle kalitatif bir bilgi edinme gayesiyle yapılır. İmalat esnasında eğerek veya katlayarak form verilen malzemelerin şekil değiştirme kapasitesinin tayininde çoğu kez bu deneyden faydalanılır (Örneğin; kazan saçı, gemi saçı, v.s.)

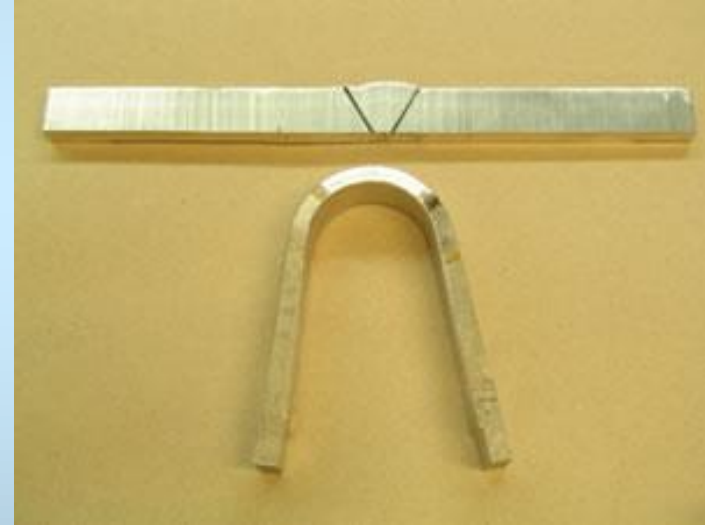
Eğme deneyinde ise, kalitatif sonucun yanında, eğme momenti (M_e) eğilme dayanımı (σ_e) esneklik modülü (E_e) ve eğilme miktarı (Y) gibi kantitatif değerlerde hesaplanır. Kantitatif deneyler genellikle kırılğan ve gevrek malzemeler için yapılır (Örneğin; dökme demirler, yüksek mukavemetli çelikler, çelik döküm parçaları).



Üç nokta eğme test düzeneği

F [Kuvvet] – h [Kalınlık] – w [Genişlik] – L [Mesnetler arası mesafe] – δ [Sehim]

Katlama deneyi, malzemenin kendisi için uygulandığı gibi, bu malzemelerden kaynak yolu ile birleştirilmiş parçalar için de uygulanabilir. Böylece, kaynak dikişinin şekil değiştirme kapasitesi, hatta kaynak dikişi ile esas malzeme arasında iyi bir bağlantının olup olmadığı tesbit edilebilir.



Eğme, iki desteğe serbest olarak oturtulan daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişikliğidir.

Değişik yöntemlerin hepsinde (ileri–geri eğme hariç) amaç, malzemeyi çatlayıncaya kadar tek yönde eğmektir.

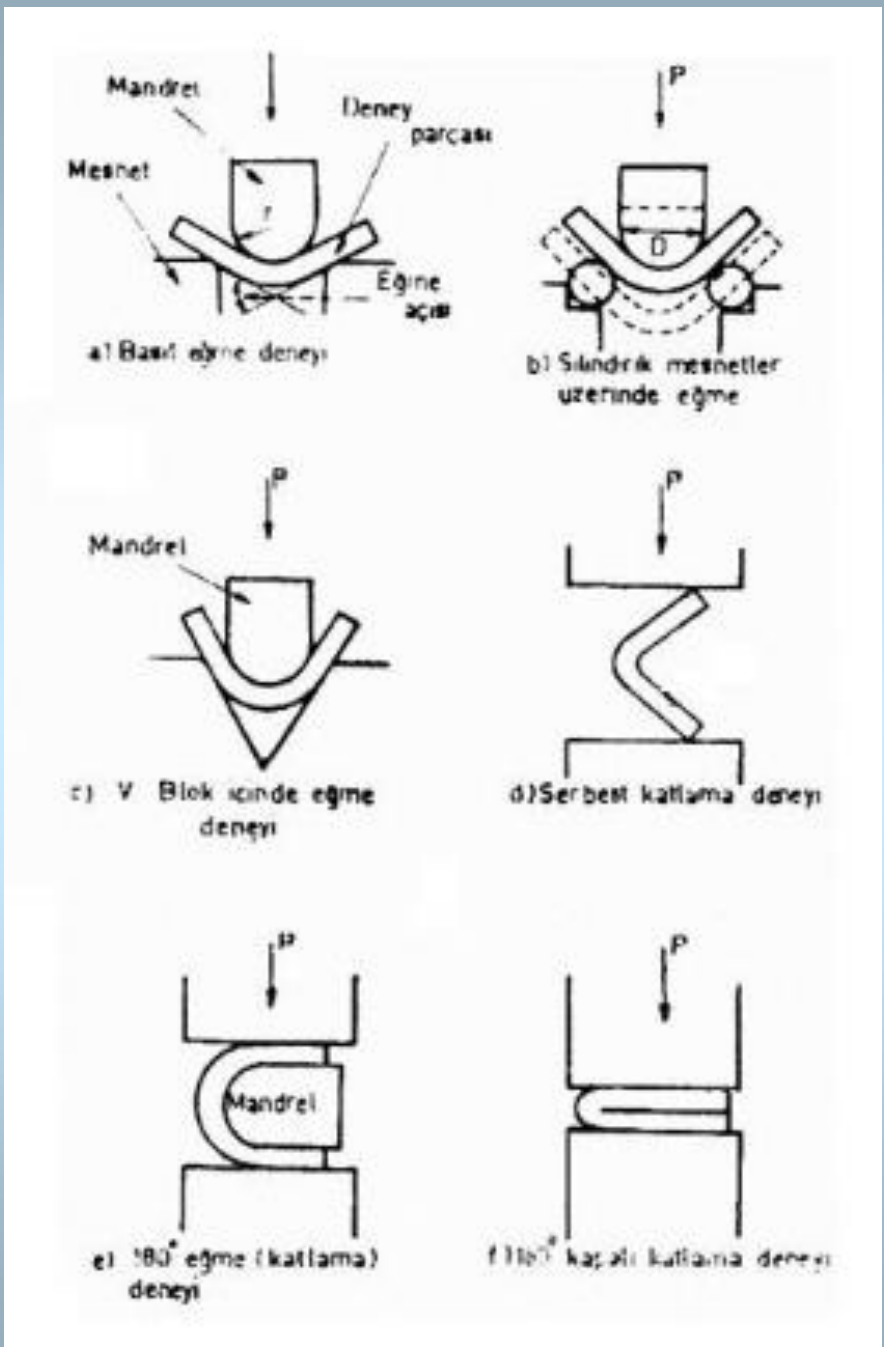
Katlama ise eğmenin özel bir durumu olup daire veya dikdörtgen kesitli deney parçasının iki kolunun birbirine paralel duruma getirilmesi (180° eğme) işlemidir. Katlama deneyinde sünekliği iyi olan malzemeler 180° katlanmalarına rağmen çatlama göstermezler. Böyle malzemelerin deney sonucunda 180° katlanmaya rağmen çatlamanın görülmediği belirtilir.



Şekil 1’de değişik eğme ve katlama deney düzenekleri verilmiştir.

Ayrıca alternatif (ileri-geri) eğme deneyi bulunmaktadır. Bu deneyde, numune cihaza sağlam bir şekilde oturtulur ve yarıçapı belli olan mandreller etrafında ileri-geri bükülür (Şekil 2). Bu sırada numunenin kesiti alternatif olarak çekme ve basma gerilmelerine uğrar. Burada malzemenin çatlama göstermesi için tatbik edilen eğme sayısı kriter olarak kullanılır.

Eğme deneyinde deney yapılacak numuneye bir kuvvet uygulandığında, numune kesitinin bir kısmında basma gerilmesi, kesitin geri kalan kısmında çekme gerilmesi meydana geliyorsa numune eğilme halindedir. Eğilme halindeki numunelerin kesitinde, iç yüzeye yakın bölgede basma gerilmeleri, dış yüzeye yakın bölgede ise çekme gerilmeleri meydana gelmektedir (Şekil 3)



Eğme deney numuneleri uluslararası veya ulusal standartlara göre hazırlanır. Deney numuneleri genellikle yuvarlak veya dikdörtgen kesitli çubuklardır.

Eğme deneyi sonucunda, malzemenin eğme momenti (M_e), eğilme dayanımı (σ_e), eğilme miktarı (Y) ve elastisite modülü (E_e) gibi değerlerin hesaplanabilmesi için aşağıdaki formüllerden de anlaşılacağı üzere deney sırasındaki (P) eğme yükü ile (Y) eğilme miktarının duyarlılıkla ölçülmesi ve mesnet merkezleri arasındaki uzaklığın bilinmesi gerekir.

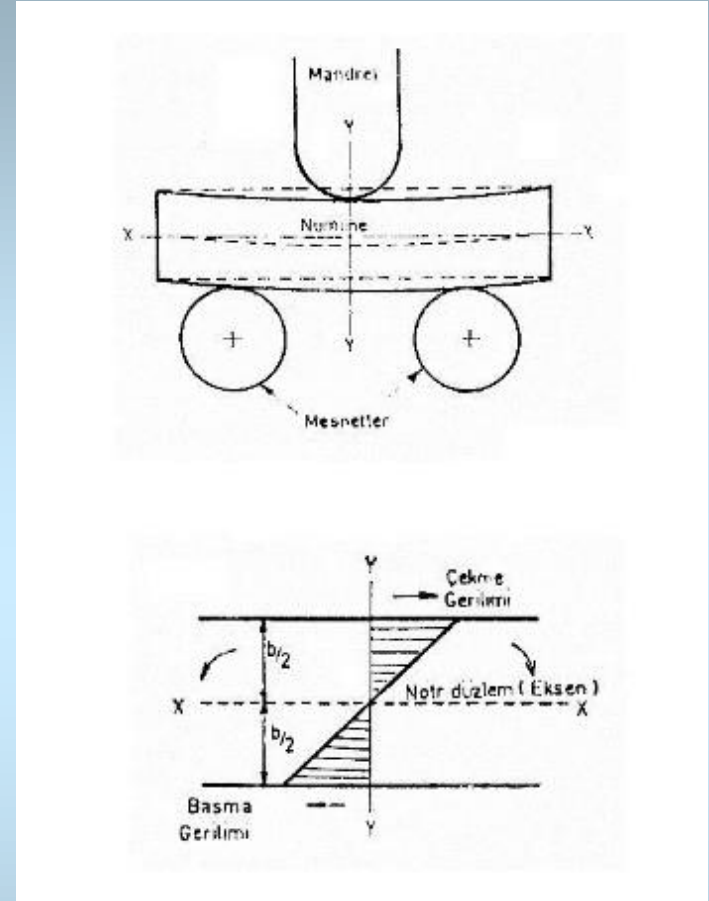
a) Eğme momenti (M_e) :

$$M_e = \frac{P.L}{4}$$

M_e : Eğme Momenti (N-m)

P : Uygulanan Kuvvet (N)

L : Mesnet merkezleri arasındaki uzaklık (m)



Eğme sırasında oluşan elastik gerilme dağılımının şematik gösterimi

b) Eğilme Dayanımı (σ_e , max) veya Kırılma Modülü (K.M.) :

Eğilmeye maruz kalmış bir çubukla Y-Y doğrultusu boyunca farklı gerilmeler oluşur. X-X eksenini boyunca simetrik kesitli çubuklarda çubuğun X-X nötr (tarafsız) düzleminde (ekseninden) herhangi bir Y mesafesindeki bir düzlemde (liflerde) oluşan eğilme gerilmesidir.

$$\sigma_e = \frac{M \cdot y}{I}$$

σ_e : Eğilme Gerilmesi

M : Eğilme Momenti

I : Çubuğun nötr eksenine göre eylemsizlik momenti.

y : Nötr eksenden uzaklık.

Gerilmeler nötr ekseninde sıfırdan başlayarak en dış düzlemlerde (liflerde) max değerlerini alırlar.

Nötr eksenin bir tarafından basma, diğer tarafından çekme gerilmeleri oluşur. Çubuğun en dış düzlemlerinin (liflerin) koordinatı olan y, c harfi ile gösterildiğinde max. gerilme :

$$\sigma_{e, \max} = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{Z}$$

olarak yazılır. Bu değer “Eğilme Dayanımı (veya Kırılma Modülü)”olarak tanımlanır. I/c oranı genellikle, kesit modülü veya karşı koyma momenti olarak adlandırılıp, Z harfi ile gösterilir. (I) eylemsizlik momenti ve (Z) kesit modülü değerleri çubuk kesitinin geometrik şekline bağlıdır.

Örneğin dairesel kesitli veya dikdörtgen kesitli bir çubuğun simetri eksenine göre (I) eylemsizlik momenti ve (Z) kesit modülü aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$\text{Dairesel Kesit : } I = \frac{\pi.D^4}{64} \quad Z = \frac{\pi.D^3}{32}$$

$$\text{Dikdörtgen Kesit : } I = \frac{B.H^3}{12} \quad Z = \frac{B.H^2}{6}$$

Eğme Dayanımı (veya kırılma modülü) cihazda okunan eğme kuvveti cinsinden ifade edilecek olursa, aşağıdaki formül yazılabilir.

$$\sigma_{e,\max} = \frac{M_e}{Z} = \frac{P_{\max}.L}{4.Z}$$

$\sigma_{e,\max}$: Eğilme Dayanımı (veya kırılma modülü) (N/m²)

L: Mesnet merkezleri arası açıklık (m)

Z: Kesit modülü (m³)

P_{max} : Kırılma anında numuneye uygulanan kuvvet (N)

M_e : Eğme momenti (N-m)

Dairesel Kesitlilerde:

$$K.M = \sigma_{\varepsilon, \max} = \frac{8.P_{\max}.L}{\pi.D^3} = 2,546. \frac{P_{\max}.L}{D^3}$$

Dikdörtgen Kesitlilerde:

$$K.M = \sigma_{\varepsilon, \max} = \frac{3.P_{\max}.L}{2.B.H^2} = 1,5. \frac{P_{\max}.L}{B.H^2}$$

yazılır. Burada:

K.M: Kırılma Modülü (Eğilme Dayanımı) (N/m^2)

D: Numune Çapı (m)

B: Numune genişliği (m)

H: Numune Kalınlığı (m)

c)Elastisite Modülü (E_e):

Elastisite Modülü (E_e), gerilmenin deformasyonla doğru orantılı olduğu bölgede (elastik bölgede) σ_e eğme gerilmesinin onunla ilgili (Y) eğilme miktarına ilişkin (ε) birim şekil değişimine bölünmesi ile elde edilir. (Y) eğilme miktarına bağlı olarak (ε) deformasyon oranı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\varepsilon = 6.Y.H / L^2 \text{ (Dikdörtgen kesitli numunelerde)}$$

$$\varepsilon = 6.Y.D / L^2 \text{ (Dairesel kesitli numunelerde)}$$

Burada:

ε : Elastik birim şekil değişimi (m/m)

Y : Eğilme miktarı (m)

L : Mesnet merkezleri arasındaki uzaklık (m)

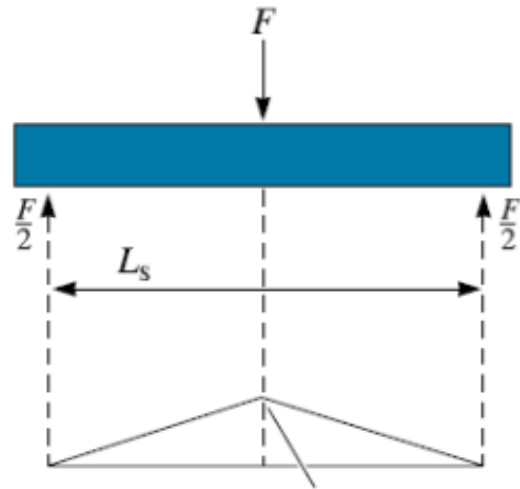
D : Numune çapı (m)

H : Numune kalınlığı (m)

Bu durumda elastik modülü $E_e = \sigma_e / \varepsilon$ bağıntısıyla hesaplandığında aşağıdaki bağıntı bulunur:

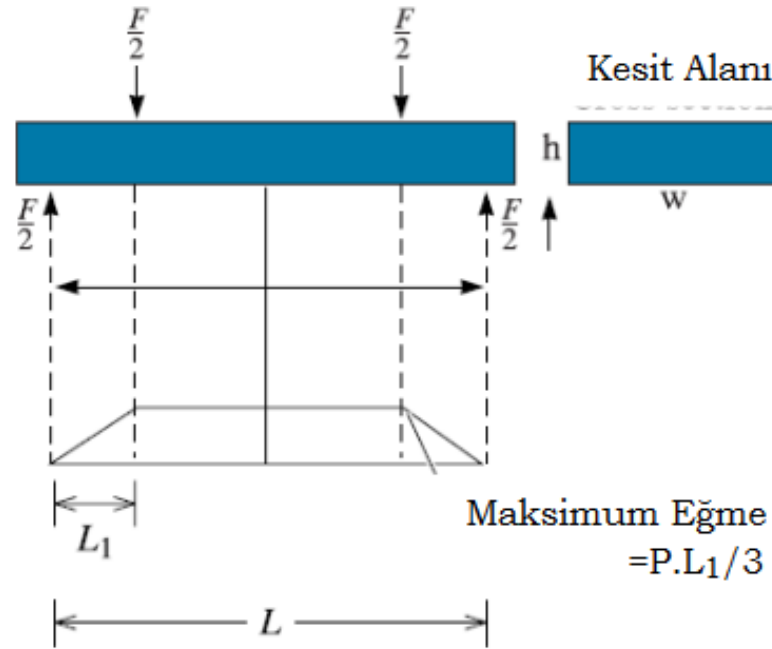
$$E_e = 4.P.L^3 / 3.\pi.Y.D^4 \text{ (Dairesel Kesitli Numunelerde)}$$

$$E_e = P.L^3 / 4.Y.B.H^3 \text{ (Dikdörtgen Kesitli Numunelerde)}$$



Maksimum Eğme Momenti
 $M_e = P \cdot L_s / 4$

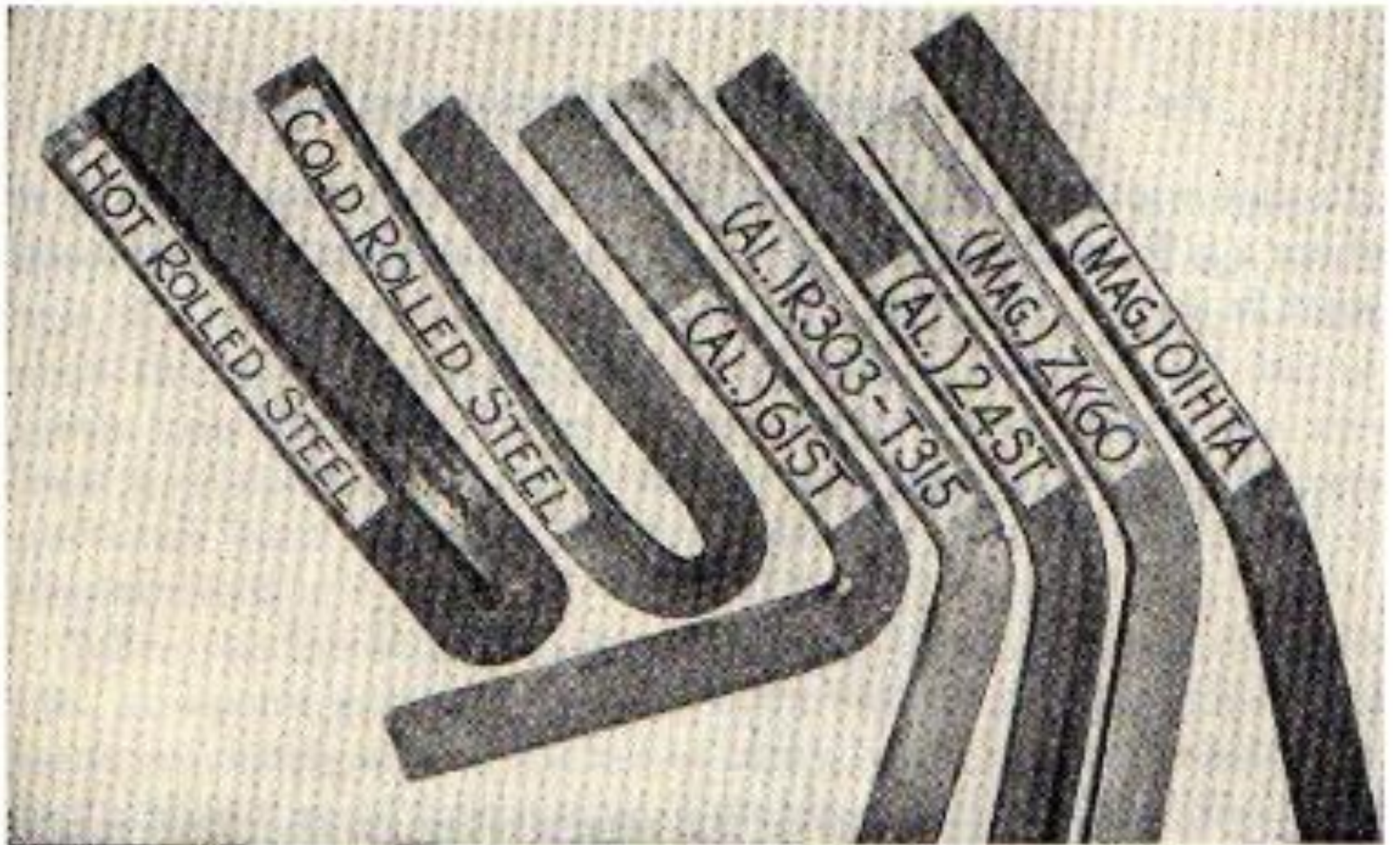
(a)



Maksimum Eğme Momenti
 $= P \cdot L_1 / 3$

(b)

[a] Üç nokta [b] Dört nokta eğme test düzeneği



STANDARTLAR

E 855-90 (1995)

Yay uygulamaları için düz metalik malzemeleri eğme testi

E 190-92 (1997)

Kaynakların sünekliğini belirlemek için eğme testi

E 290-97a

Metalik malzemelerin sünekliğini belirlemek için eğme testi

T.S. 205

Metalik malzemeleri eğme ve katlama muayenesi

a) 3 mm den daha ince saç ve şeritlerde numune kalınlığı, malzemenin kalınlığıdır. Genişlik olarak 20 ± 5 mm alınır. Daha dar ürünlerde, ürün genişliği aynen kabul edilir.

b) 10 mm kalınlığa kadar yassı ürünlerde genişlik, kalınlığın en az 4 katı alınır.

c) Yarı ürünlerin haddelenmiş kalınlığı 25 mm den fazla ise, bu kalınlık tezgahlarda işlenerek 20 ± 5 mm kalınlığa indirilir. Numune genişliği 25 ila 50 mm arasında alınır.

d) Daire veya çok kenarlı (poligonal) kesite sahip numunelerin olduğu gibi (işlemeye tabi tutulmadan) kullanılabilmesi için numune çapı veya poligonun dışına çizilecek daire çapı 50 mm'yi geçmemelidir. Aksi takdirde bu çap en az 50 mm'ye indirilmelidir.

Katlama deneyi numunelerinin boyları en az 150 mm olmak üzere, uygun uzunluklarda seçilir.

Yukardaki prensipler dışında, malzemelerin standardlarında özel bir kayıt varsa, bu özel duruma uyulur.

REFERANSLAR:

- 1–KAYALI, E.S., ENSARİ, C., DİKEÇ, F., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ. Kimya-Metalurji Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul, 1996
- 2–ÖZBEK, Tekin., Mukavemet, Birsen Yayınevi
- 3–ASM Metals Handbook, Vol.8, Bending Testing, Metals Handbook, Mechanical Testing, Ninth Edition,1978
- 4–DIETER,G.E., Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, Second Edition,Singapore, 1977
- 5–DAVIS,H.E.,TROXELL,G.E., WISKOCIL,C.T., The Testing and Inspection of Engineering Materials, Third Edition, Mc-Graw Hill-Book Co.,1964
- 6–LIDDICOAT, R.T., POTTS, P.O., Laboratory Manual of Materials Testing, The Macmillan Company ,1952
- 7–TS 205 / Şubat 1977 Metalik Malzemelerin Eğme ve Katlama Deneyleri, TSE
- 8–TS 6067 / Ekim 1988, Teknoloji Eğme Deneyi, Basınç Alın Kaynağı ile Birleştirilmiş ve Kaynakla Kaplanmış Metalik Malzemeler İçin, TSE
- 9–TS 281 / Mayıs 1989, Teknolojik Eğme Deneyi, Ergitme Kaynağı ile Kaplanmış Metalik Malzeme İçin, TSE
- 10–Bernstein, M.L., Zaimovsky, V.A., Mechanical Properties of Metals, Mir Publishers, Moscow, 1983